DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

PÉTERFI CSABA ATTILA

GÖDÖLLŐ

2026

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

ELLÁTÁSI-LÁNC FOLYAMATOK ELEMZÉSI MÓDSZERI, ÉS HATÉKONYSÁG JAVÍTÁSI LEHETŐSÉGEI SZIMULÁCIÓS MODELLEZÉSSEL

Doktori (PhD) értekezés

Péterfi Csaba Attila

Gödöllő

2026

A doktori iskola

megnevezése: Gazdaság- és Regionális Tudományi Doktori Iskola

tudományága: Gazdálkodás és Szervezéstudományi

A doktori program

megnevezése: **Fenntartható Üzlet és Menedzsment Program**

Vezetője: **Dr. Szente Viktória, PhD**

egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Témavezető(k): **Dr. Gyenge Balázs PhD**

Egyetemi docens

Budapesti Metropolitan Egyetem

Üzleti Tanulmányok Intézet

....

A programvezető aláírása A témavezető(k) jóváhagyása

Nyilatkozat

Alulírott Péterfi Csaba Attila, a Ellátási-lánc folyamatok elemzési módszeri, és hatékonyság javítási lehetőségei szimulációs modellezéssel című dolgozat készítője, nyilatkozom, hogy a dolgozat készítése során az MTA hatályos Tudományetikai Kódexe alapján, a tématerületemen szükséges kutatási normák és engedélyek tudatában és birtokában jártam el. Ahol nem a saját gondolataim és a saját eredményeim jelennek meg az értekezésben, azt egyértelműen és azonosítható módon jeleztem az értekezésben.

..... Doktorjelölt

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS 3
1.1. A téma aktualitása 4
1.2. Célkitűzések 5
1.3. Hipotézisek 6
1.4. A kutatási eredmény gyakorlati hatásai 7
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS 10
2.1. Logisztika, ellátási lánc 10
2.2. Vizuális szimulációk 20
2.2.1. Fejlődési szakaszok szerinti áttekintés 22
2.2.2. A szimulációs megközelítések történeti áttekintése: 27
2.2.3. A szimulációs modellezés ága 32
2.3. Digitális Ikrek és Mesterséges Intelligencia tudatos, adaptív szimulációk a logisztikában Vizuális szimulációk 33
2.3.1. Digitális Ikrek és valós idejű szimuláció a logisztikai rendszerekben 34
2.4. Szisztematikus áttekintés 39
2.5. Kutatási téma a tudományos paradigmák tükrében 39
2.6. Q-módszertan 41
3. ANYAG ÉS MÓDSZER 44
3.1. A kutatási munkafolyamat részei 44
3.2. A kutatás módszertana 44
3.3. Szisztematikus áttekintés 45
3.3.1. Adatgyűjtés 47
3.3.2. Elemzés 48
3.4. Kvalitatív kutatás 49
3.4.1. Alkalmazott módszerek a kvalitatív kutatás során 49
3.4.2. Faktoranalízis 49
3.5. A kutatás struktúrája 50
3.5.1. A kutatási kérdés meghatározása 50
3.5.2. Pilótakutatás 51
3.5.3. A Q-készlet megtervezése 52
3.5.4. A kutatásban részt vevő személyek kiválasztása 57
3.5.5. A Q-szortiment adatok begyűjtése 58
3.5.6. A kutatási eredmény validálása 58
4. EREDMÉNYEK 61

4.1. Szisztematikus áttekintés 61
4.1.1. Alapvető információs elemzési szint 61
4.1.2. Alapvető tartalomelemzési szint 66
4.2. A kvalitatív kutatás 75
4.2.1. A faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel 75
4.2.2. A faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése 84
4.2.3. Véleménycsoportok összehasonlítása 93
4.3. Az ellenőrző kutatás eredményei 94
4.3.1. A faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel 94
4.3.2. A faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése 101
4.3.3. Véleménycsoportok összehasonlítása 107
4.4. Kutatási hipotézisek igazolása, illetve cáfolata 108
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 111
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 112
6.1. A kutatás főbb teoretikus és metodológiai következtetései 113
6.2. Gyakorlati és stratégiai javaslatok (Menedzsment-implikációk) 114
6.3. A kutatás limitációi és jövőbeli kutatások irányai 115
7. ÖSSZEFOGLALÁS 117
8. SUMMARY 119
MELLÉKLETEK 121
M1: Irodalomjegyzék 122
M2: Ábrák jegyzéke 132
M3: Táblázatok jegyzéke 134
M4: Írásbeli interjúkérdések 135
M5: A Q-készlet állításai 136
M6: Pearson-féle korrelációs mátrix 137
M7: A 8 főkomponens kereszttáblája 138
M8: faktortelítettségek 139
M9: Ellenőrző kutatás Pearson-féle korrelációs mátrixa 141
M10: Ellenőrző kutatás 8 főkomponens kereszttáblája 142
M11: Ellenőrző kutatás faktortelítettségei 143

1. BEVEZETÉS

A történelem során a logisztika jelentős fejlődésen ment keresztül attól kezdve, hogy a hadsereget támogató tudományágból napjainkra a hétköznapi élet minden egyes szegletét teljes mértékben átitató, hozzáadott értéket teremtő, mégis sok esetben láthatatlan tudományterületről lehet beszélni. A jövő ennél sokkal izgalmasabb, a hatékonyságot meginkább elősegítő eszközöket kínál, amelyet használni kell a piac fejlesztése, a vásárlói igények magasabb szintű kielégítése és a környezettudatosabb felhasználás érdekében.

A rohamosan fejlődő informatika új típusú lehetőségeket teremtett a menedzsment területén - például a dolgok internete (Internet of Things), a Big Data, a szimuláció -, amelyek a logisztikai vagy ellátási láncban már megkerülhetetlenek. A logisztika nem csupán a vállalat bejövő anyagáramlása, hanem több vállalkozás szoros együttműködése, hogy a működésüket összehangolják, az információkat, a költségeket és a hasznot pedig megosztják egymás között. Az ellátási lánc maga is értéket teremthet, nemcsak a hozzáadott értéken keresztül, hanem a közös megfelelés és a több szálon futó komplex szolgáltatási szintek kialakulásán keresztül. Ezért erősen ajánlott a komplex hálózati struktúrák és a többszereplős értékáramlás alapos feltárása, valamint a szimuláció nevű eszköz használata, amelyre a mérnöki területeken már évtizedek óta támaszkodnak.

Mindig is megvolt az akarat megfigyelni, hogyan is működik a világ, ez egy alapvető emberi törekvés, ami az embereket körülvevő világot előre hajtja. Ahogy a múltban, úgy a jelenben is módszereket és eszközöket fejlesztettek ki a kihívások kezelésére a kor szellemének megfelelően.

Ezekben a napokban a kutatók számára szerencsés helyzetet jelent, hogy az ipar 4.0-nak köszönhetően (Majstorovic – Mitrovic, 2019) egyre több lehetőség van arra, hogy megismerjék a környezetüket, a körülöttük lévő világot. A technológia fejlődésével ma már lehetőség van arra, hogy a szimulációs modellezés segítségével a változásokat és a fejleményeket meg lehessen figyelni és tanulmányozni. Ahogy Grygoryev mondja: A modellezés a valós problémák megoldásának egyik módja. Bizonyos esetekben nem engedhetjük meg magunknak, hogy valódi tárgyakkal kísérletezzünk, és így keressük a megoldást: építsünk, romboljunk, vagy ha a változtatások túl drágák, veszélyesek vagy lehetetlenek. Ezekben az esetekben modelleket építhetünk, modellező nyelveket használhatunk a valóság ábrázolására. (Grigoryev, 2018). Szerintem ez a gondolat különösen igaz a jelenlegi kiélezett globális verseny piacára.

A szimuláció fejlődése kéz a kézben jár a számítástechnikával, amely az elmúlt évszázadban gyorsan fejlődött. (Goldsman et al., 2010) A szimuláció művészete jól ismert és gyakran vagy mindig használt a mérnöki tudományok területén. (Clymer, 1999), de az ellátási láncban még sok a javítanivaló, amivel hatékonyabbá lehetne tenni.

A mesterséges intelligencia elkezdett behatolni az élet minden területére, úgy, mint a chatbotok esetében (Darkhabani et al., 2023), amelyek megváltoztatták az egész call center szolgáltatást. Az AI napról napra egyre jobb és jobb lesz, és hatással lesz a munkamagatartásra és a tudományterületekre is. (Avin et al., 2020) A mesterséges intelligencia nagy lehetőséget rejt magában arra, hogy a kutatás módját megváltoztassa, ami a logisztikai területre is igaz lesz. Véleményem szerint ez a változás már a szemünk előtt zajlik, amely napról napra gyorsabb lesz a technológia fejlődésével.

1.1. A téma aktualitása

A fokozódó verseny, a hatékonyság és a profitorientáltság napjaink vállalatainak működését nagyban meghatározzák. Míg a XX. században a hangsúly a tömegtermelésen, a nagy sorozatszámon és a méretgazdaságosságon volt, addig a jelenleg a fogyasztói igények jelentősen megváltoztak az egyedi személyre szabott termékek és szolgáltatások irányába. A fogyasztó elvárja a szinte tökéletes minőséget, a kedvező árat és az azonnal elérhető készleteket. Éppen ezért az ellátási láncot a lehető legtökéletesebben szükséges a fogyasztói igényekhez idomítani. Azonban minden apró változtatásnak, a vállalat működésében, különböző hatásai jelentkezhetnek, amelyekre azonnal reagálnia kell a vezetőknek.

Egy vállalatnál, ahol segéd- és üzemanyagok, félkész, vagy késztermékek valamilyen áramlása valósul meg, az ellátási lánc megfelelő kialakítása olyan fókuszpont, amely nagyban meghatározza annak működését és eredményességét, hiszen a logisztikai költségek jelentős mértékben befolyásolják a termékek és szolgáltatások fogyasztói árait. A témám stabil alapját a logisztikai ismeretek és az ezt kiterjesztő ellátásilánc-menedzsment adja, amely már egy-egy szereplő helyett a teljes ellátási láncot vizsgálja. A XXI. század információs és IT fejlődése lehetővé teszi új megközelítések alkalmazását ezen a területen is és olyan szemléletmód kialakítását, amely során nem utólag lehet felmérni a változtatások hatásait, hanem előre felkészülni rájuk.

Kutatási munkámban a logisztikai tevékenységek szimuláció útján való optimalizálása kerül a fókuszpontba. A technikai sportok, a mérnöki munkavégzés szerves részét képezi a szimuláció már jónéhány éve, amely az ellátásilánc menedzsment területén még nem használatos, amely lehetőséget biztosítana a változtatások hatásainak elemzésére kockázat nélkül és eszköz lenne a vállalatok számára a tevékenységeik lemodellezésére és azok mérésére is. A mérhetőség pedig lehetőséget biztosítana korrigálásra, javításra, ami a hatékonyság és eredményesség fokozásában elengedhetetlen szerepet játszik.

A téma különös jelentőséggel bír napjainkban szakembereinknek, ugyanis ahogyan a világ változik, úgy az ellátásilánc eszköztára, hatékonyságának fejlesztéséhez használt módszerek egyaránt fejlődnek. A fogyasztók igényeinek minél magasabb színvonalú kiszolgálásához a legmodernebb módszerek bevezetésére van szükség, ami hosszú távon biztosíthatja a vállalat sikerességét és fennmaradását. Kutatásom célja egy innovatív, merőben új szemléletmód bemutatása a logisztika és ellátásilánc területén, amelynek köszönhetően új lehetőségeket és kutatási eredményeket fogok bemutatni. Kutatásomban igen fontos motívum egy olyan elemzés készítése, amelyben definiálható lesz a logisztika és a szimulációk kapcsolata, és a fejlődésüknek iránya, amelyet egy több, mint ötezer publikációt feldolgozó szisztematikus áttekintés során mutatok be. Azon kívül, hogy a jelenlegi kapcsolatát fogom feltárni a vizuális szimulációknak és a logisztikának, egy a logisztika területén új módszertannal a logisztikai felsővezetők és döntéshozók véleményét fogom megismerni, amelyet véleménycsoportokba fogok rendezni. Ebben a segítségemre a Q-módszertan és a faktoranalízis lesz. Ezért választott témám azon túlmenően, hogy a logisztika és a szimuláció tudományos területen elért összefonódását felderítem, a gyakorlati szakemberek különböző véleménycsoportjain keresztül bemutatom a véleménycsoportok szerinti hozzáállásukat a szimuláció alkalmazásának a logisztikában.

Témám érdekes lehet mindazoknak, akik a logisztikára csupán egy támogató tevékenységre tekintenek a vállalati folyamatokon belül, ugyanis napjainkra már a logisztikára, mint egy lehetőség az értékteremtésre, hozzáadott érték létrehozására, a vevői igények magasabb szintű kielégítésére. Másrészről az új technológiák bevezetése versenyelőny kiharcolására adhat

lehetőséget, ami végső soron a vállalat fennmaradását jelentheti hosszú távon, ezért az ellátásilánc szereplőinek egyaránt érdekes lesz a témám.

1.2. Célkitűzések

Kutatásom első állomásaként a célokat és célkitűzéseket fogom meghatározni, melyek megválaszolásában a szakirodalmi áttekintés részletes elemzése fog alapot nyújtani. Ezt követően a hipotézisek kerülnek majd definiálásra, melyre kvalitatív kutatási módszertan alapján elvégzett elemzés segít majd elfogadni, vagy elutasítani. Így ebben az alfejezetben a célkitűzések kerülnek bemutatásra, azonban a kutatás logikai menetét figyelembe véve nem feltétlenül egymás követően valósulnak meg.

C1

Egy olyan szakirodalmi áttekintés elkészítése, amely rávilágít a szimulációk és a logisztika közös metszéspontjára, és amely ezen két témakör jelenlegi helyzetét teljesen új formában foglalja össze. A vizuális szimulációk és a logisztika közös területének szakirodalmi áttekintése magába foglalja a téma aktualitásának, publikációs lefedettségének feltérképezését a legfrissebb publikációs források alapján. Célom, hogy ez a szisztematikus áttekintés olyan színvonalú és informatív legyen, amely így további kutatások alapjaként szolgálhat. A szisztematikus áttekintés módszertana lehetővé teszi számomra egy átfogó adatbázis elemzését különböző szempontok szerint, amelyből trendeket és összefüggéseket figyelhetek meg.

A logisztika jelentősége folyamatosan növekszik a vállalatok életében, és a megújulás fejlesztés versenyelőnyt jelenthet a piacokon, ezért a szimuláció, mint forradalmi új eszköz új lehetőségeket is kínál. Pontosan ezért célom, hogy a logisztika és a szimulációk témakörökben szisztematikusan áttekintsem a legfrissebb szakirodalmakat.

C2

A szakirodalom aktuális állása nagyon fontos a kutatás szempontjából, viszont a nemzetközileg is releváns kutatáshoz az aktuális témakör irányának feltérképezése is fontos. Így második célkitűzésem a szakirodalmi áttekintés alapján publikációs trendek megfigyelése, amely alapján a logisztika és szimulációs témakörök jövőbeli kutatási irányára következtethetek.

Véleményem szerint a két témakör közösen rendkívüli fejlődésen mehetett keresztül, ezért ennek vizsgálatára az elemzésre váró adatbázis rekordjait kulcsszóelemzéseknek fogom alávetni, amelyet tematikus térképpel egészítek ki.

C3

A politikatudományban már régóta használt, azonban a társadalomtudományban, főleg hazánkban nem annyira elterjedt Q-módszertani elemzés elkészítése. Ezzel a forradalmi módszertan alkalmazása ilyen komplex kérdéskörben, mint a logisztika és a szimuláció témaköreiben teljesen új megvilágításba fogja helyezni az eddig vélt, vagy valós kapcsolatokat.

Harmadik célom az, hogy a Q-módszert a gyakorlatban is alkalmazzam, amelynek előfeltétele a Q-módszertan megismerése és a Q-készlet kialakítása a tényleges vizsgálat előfeltételeként. A Q-készlet kialakításához írásbeli interjúkat fogok alkalmazni, többnyire szakmai ismerőseim köréből, akik a logisztikában felsővezetői, döntéshozói pozícióban vannak különböző vállalatoknál. Természetesen a szakirodalmi alapvetések és a szisztematikus áttekintés eredményei is beépítésre kerülnek a Q-készlet állításaiba, amellyel kiegészülve a témát teljes egészében lefedő állításhalmazt biztosítok a kutatásban résztvevők számára.

C4

A publikációk feldolgozása és trendek megfigyelése elengedhetetlen, azonban a gyakorlati szakemberek véleménye, gondolataiknak felderítése érdekes megvilágításba helyezheti a publikációk feldolgozásának eredményét. Negyedik célom ezért olyan kutatás elvégzése, amelyben logisztikai felsővezetők, döntéshozók gondolatainak feltérképezését fogom elkészíteni logisztika és szimuláció témakörökkel kapcsolatban.

A szakemberek véleményének megismerésére írásbeli interjús megkérdezést fogok alkalmazni, ami egyrészről a vélemények megismerése mellett a Q-készlet kialakításában is a segítségemre lesz.

C5

A logisztikai döntéshozók véleményeinek megismerését követően megfigyeléseket, trendeket szeretnék felfedezni a válaszaikban, amely alapján véleménycsoportokba lehet tömöríteni őket. Ötödik célom olyan közös változók meghatározása, amely alapján a válaszadókat csoportokba sorolhatom és így szélesebb körű megfigyeléseket tehetek a gyakorlati szakemberek logisztika és szimulációs témakörben megfigyelt véleménycsoportjaik alapján. Az elméleti tudás akkor a leghasznosabb, ha gyakorlati alkalmazással is párosul, ezért kiemelten fontosnak tartom megismerni a különböző hozzáállásokat a szakemberek részéről.

A Q-módszertani vizsgálat eredményeinek elemzésével különböző véleménycsoportokat (faktorokat) fogok meghatározni faktoranalízis segítségével. A faktorok elkülöníthetősége érdekében Varimax rotációt fogok alkalmazni. Az alkalmazott módszertan alapján hasonló véleménycsoportok figyelhetőek meg más egyének megkérdezése esetén is, ezért különösen érdekes az eltérő véleménycsoportok megfigyelése.

C6

A Q-módszertan segítségével egy viszonylag alacsony számú megkérdezéssel jól elkülöníthető faktorokat határozhatok meg, amelyek másik személyek, alanyok megkérdezése esetén is hasonlóak. Ennek a tesztelésére a Q-faktoros megkérdezéshez kutatásom hatodik célja, hogy az eredményt igazolni tudjam újból elvégzem a megkérdezést a Q-készlettel és a két kutatás eredményét össze fogom hasonlítani. A hatodik célom a konstruktumvaliditás és a faktorstruktúra stabilitásának ellenőrzése a minták között.

1.3. Hipotézisek

H1

H0: A logisztika és szimuláció között nincs szignifikáns szakirodalmi kapcsolat.

H1: A logisztika és szimuláció között szignifikáns szakirodalmi kapcsolat mutatható ki.

H2

H0: A logisztika és szimuláció témakörök együttes publikációs volumene és jelentősége nem növekszik.

H1: A logisztika és szimuláció témakörök együttes publikációs volumene és jelentősége folyamatosan növekszik.

H3

H0: A logisztika és szimuláció témák nem mennek keresztül folyamatos szerkezeti/tematikus fejlődésen.

H1: A logisztika és szimuláció témák folyamatos szerkezeti/tematikus fejlődésen mennek keresztül.

H4

H0: A Q-módszertan nem alkalmas a logisztikai döntéshozói attitűdök és vélemények új megközelítésű strukturálására.

H1: A Q-módszertan alkalmas a logisztikai döntéshozói attitűdök és vélemények új megközelítésű strukturálására.

H5

H0: A gyakorlati szakemberek nem használják a mindennapi munkájuk során a szimulációkat.

H1: A gyakorlati szakemberek mindennapi munkájuk során aktívan használják a szimulációkat.

H6

H0: A gyakorlati szakemberek nem nyitottak a szimulációk alkalmazására.

H1: A gyakorlati szakemberek nyitottak a szimulációk alkalmazására.

H7

H0: A logisztikai döntéshozók véleménycsoportjainak megoszlása nem mutat állandó mintázatot.

H1: A logisztikai döntéshozók véleménycsoportjainak megoszlása állandó mintázatot mutat.

H8

H0: Az alapkutatásban azonosított faktorstruktúra egy újabb megkérdezés során nem reprodukálható (a faktorok eltérőek lesznek).

H1: Az alapkutatásban azonosított faktorstruktúra egy újabb megkérdezés során stabilan reprodukálható (a faktorok hasonlóak lesznek).

1.4. A kutatási eredmény gyakorlati hatásai

A logisztika napjainkra minden vállalat szerves működésében szerepet játszik, akár gyártó, vagy szolgáltatást nyújtó szervezetről van szó. Az értékteremtési folyamat során szükség van az anyagok áramlására, amelyet minden vezető döntéshozónak szem előtt kell tartania, mivel a logisztikai költségek meghatározhatják egy vállalat nyereségességét, így fennmaradását is a piacon.

A költségek kontrollálása különös figyelmet igényel a vállalatok számára, különösen, ha olyan kihívásokkal néznek szembe, mint a háborúk okozta nyersanyaghiány, vagy a növekvő energiaárak, ezért az új technológiák bevezetése rendkívül fontos, mint amilyen a szimulációk a logisztika számára.

Kutatásomban ezért egy szakirodalmi áttekintést készítek, melyben az utóbbi évek tendenciáit és a jövőbe mutató irányát kísérlem meg meghatározni a logisztika és a szimulációk vonatkozásában. Ennél is tovább fogok menni, ugyanis szisztematikus áttekintést fogok készíteni a logisztika és a szimulációk releváns publikációiból készített adatbázisából. Ezt az adatbázist elemezve különböző eredményeket és tendenciákat mutatok majd be.

Kutatásom második felében Q-módszeres vizsgálatot végzek el, amely a politikatudományban már egy közismert vizsgálat, azonban a közgazdaságban, különösen Magyarországon még újkeletű. Be fogom bemutatni a logisztikai szakemberek szimulációval kapcsolatos véleményeit. A véleményeket faktorok alapján fogom megkülönböztetni, amelyek alapján a véleménycsoportokat jellemezni fogok. A gyakorlati szakemberek véleményéből pedig következtetéseket fogok levonni és bemutatni. Ezt azért tartom nagyon fontosnak, mert a rendelkezésre álló technológia hiába elérhető, ha a szakemberek valamiért nem hajlandóak használni és kihasználni az általa nyújtott előnyöket, ezért mindenképpen fontosnak tartom a vélemények és hozzáállások felderítését a logisztikai szakemberek részéről a szimulációk felé.

A kutatásom a gyakorlati szakemberek elmélet és gyakorlat közötti esetleges résről adhat tanúbizonyságot, ugyanis míg a szakirodalom és a mérnöki gyakorlat elengedhetetlennek tartja a szimulációk alkalmazását, addig a logisztikai döntéshozók körében szkepticizmus, adatigény- és alkalmazási korlátok tapasztalhatók.

1. táblázat: Célok, hipotézisek és kutatási módszertanok táblázata

Célok	Hipotézisek	Kutatási módszertanok
C1: Logisztika és szimulációk kapcsolatának feltárása	H1: A logisztika és szimuláció között szignifikáns szakirodalmi kapcsolat mutatható ki.	Kulcsszóelemzés: Kulcsszófelhő Kulcsszavak előfordulásának vizualizációja Hőtérkép
C1: Szisztematikus szakirodalmi áttekintés elkészítése	H2: A logisztika és szimuláció témakörök együttes publikációs volumene és jelentősége folyamatosan növekszik.	Szakirodalmi áttekintés Szisztematikus áttekintés
C2: Publikációs trendek megfigyelése	H3: A logisztika és szimuláció témák folyamatos szerkezeti/tematikus fejlődésen mennek keresztül.	Szakirodalmi áttekintés Szisztematikus áttekintés Tematikus térkép
C3: Q-módszertan elsajátítása és alkalmazása	H4: A Q-módszertan alkalmas a logisztikai döntéshozói attitűdök és vélemények új megközelítésű strukturálására.	Írásbeli interjú Q-készlet kialakítása (teszt kutatás) Q-módszertani vizsgálat Eredmény tesztelése (ellenőrző kutatás)
C4: Felsővezetők és döntéshozók gondolkodásának feltérképezése	H5: A gyakorlati szakemberek mindennapi munkájuk során aktívan használják a szimulációkat.	Írásbeli interjú Q-készlet kialakítása (teszt kutatás) Q-módszertani vizsgálat
	H6: A gyakorlati szakemberek nyitottak a szimulációs eszközök alkalmazására	Írásbeli interjú Q-készlet kialakítása (teszt kutatás) Q-módszertani vizsgálat
C5: Véleménycsoportok meghatározása a kutatás alapján	H7: A logisztikai döntéshozók véleménycsoportjainak megoszlása állandó mintázatot mutat.	Faktoranalízis Varimax rotációval
C6: Q-módszer igazolása	H8: Az alapkutatásban azonosított faktorstruktúra egy újabb megkérdezés (ellenőrző kutatás) során stabilan reprodukálható.	Q-módszer újbóli lefuttatása

Forrás: Saját szerkesztés

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Logisztika, ellátási lánc

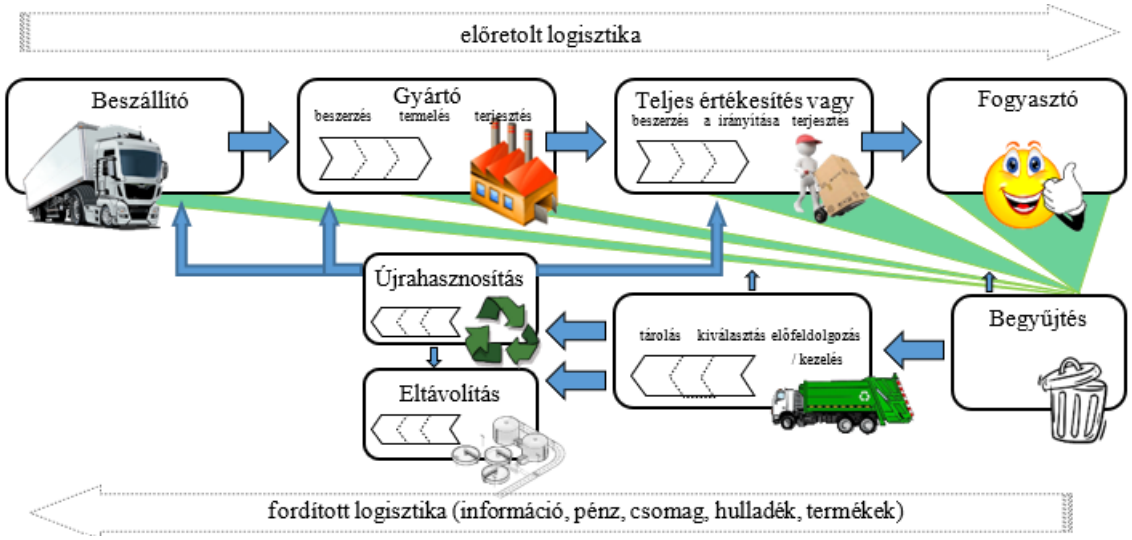
Az elmúlt évtizedekben a logisztika az üzleti működés hatékony javításának egyik eszköze volt. Valójában, a logisztika fontos az áruk, szolgáltatások, információk és pénz szempontjából a beszállítótól a fogyasztóig. (Shollunayagam–Thoo, 2018). Nincs különbség a termeléssel, szolgáltatással vagy információval foglalkozó vállalatok között abból a szempontból, hogy a logisztikára is koncentrálniuk kell. A logisztika a tevékenységek olyan rendszere, amely biztosítja, hogy az üzleti folyamatok zavartalan lebonyolításához szükséges termékek a megfelelő helyen és időpontban, a szükségleteknek megfelelő mennyiségben és választékban álljanak rendelkezésre.(Chikán, 2020) Chikán meghatározása alapján kijelenthető, hogy alapvetően a logisztika az anyagáramlás a folyamat kezdetétől a nyersanyagok, alkatrészek, segédanyagok vagy támogató berendezések formájában az áruk összeszerelésén keresztül egészen a fogyasztóig tartó folyamat. Minden folyamatot a logisztika úgy irányít, hogy a teljes költséget minimalizálja és a vevői elégedettséget maximalizálja. (Kopcsay, 2016). Kopcsay kiskereskedelmi oldalról vizsgálja meg azt, hogy hogyan érhető el versenyelőny a disztribúción és az informatikai rendszeren keresztül. Állítása szerint a disztribúciós tevékenységhez szorosan kapcsolódnak az informatikai rendszerek, amelyek a költségek csökkentésén keresztül segíthetik a versenyelőnyök kialakítását, a beszerzési és elosztási tevékenységek támogatásával. A nagy kiskereskedelmi cégek ilyen rendszerek alakítanak ki a beszállítóikkal, hogy a folyamataikat összehangolják és az információkat megosszák egymással, így javítható a működési hatékonyság, a költségek csökkennek és ezért a profit növekedik.

Kopcsay meglátásával teljes mértékben egyetértek saját szakmai tapasztalatom alapján – amelyet hat év kiskereskedelmi és két év beszállítói környezetben szereztem - megerősíthetem, hogy én is hasonlóképpen látom a logisztika és az informatikai rendszerek kapcsolatát. Az információmegosztás rendkívüli mértékben tudja javítani a készlettartási költségeket, amely a Lean szemlélet szerint is az egyik legnagyobb veszteségforrás, ráadásul az ostorcsapás-effektus hatását - amely a készlethiány elkerülése miatti készletingadozás – tudja megszüntetni, vagy tompítani. A kiskereskedelmi láncok és beszállítók közötti elektronikus információmegosztás, mint a rendelések EDI-on történő küldése ma már elkerülhetetlen, és ezen felül számos szorosabb és hatékonyabb együttműködésről is szó lehet.

Az ellátási láncok mentén keletkező jelentős mennyiségű adat (Big Data) hatékony felhasználása érdekében a logisztikai menedzsment egyre inkább a prediktív analitikára támaszkodik (Waller–Fawcett, 2013). Waller és társa kutatásában úttörő keretrendszerbe foglalta az adattudomány (Data Science), a prediktív analitika (Predictive Analytics), és a Big Data fogalmát kifejezetten az ellátásilánc-menedzsment kontextusában. A tanulmány rámutatott arra, hogy a Big Data és egyéb gépi tanulás algoritmusok használata radikálisan csökkenti a kereslet-előrejelzési hibákat a hagyományos statisztikai módszerekhez képest. Rávilágítanak arra, hogy a folyamatosan áramló adatok elemzése lehetővé teszi a raktári készletek dinamikus szintre hozását és a szállítói útvonalak hatékonyabb megtervezését. Ezen felül véleményük szerint az ellátási lánc vezetőinek a jövőben a logisztikai szakismeretek mellett adatelemzési és kvantitatív kompetenciákkal is rendelkezniük kell. Teljesen egyetértek Wallerrel és Fawcett-tel, hozzátéve, hogy ez a kompetencia a mai üzleti környezetben már nem jövőbeli elvárás, hanem alapkövetelmény. Hiszen az ipar 4.0 az adatok mentén, azok feldolgozásával vezérelt gyártás, amelyet ki kell szolgálnia a logisztikának. A gépi tanulási algoritmusok és szimulációk kombinációja lehetővé teszi a kereslet pontosabb előrejelzését a készletszintek dinamikus optimalizálását és a szállítási útvonalak valós

idejű újratervezését. Ez a megközelítés közvetlenül hozzájárul a vásárlói élmény maximalizálásához, mivel kiküszöböli a készlethiányt és pontosabb szállítási időablakokat garantál (Nguyen et al., 2018). Nguyen és társai egy átfogó szisztematikus szakirodalmi áttekintés keretében elemzik és osztályozzák a Big Data Analytics alkalmazását az ellátási lánc különböző területein, mint a beszerzés, gyártás, logisztika és értékesítés. Analitikai szinteket különböztettek meg a tanulmányukban a logisztikai döntéshozatalban, amelyek: leíró, előrejelző és előíró/optimalizáló elemzési modellek. Rámutatott a tanulmányuk arra, hogy a prediktív analitika alkalmazása közvetlenül hozzájárul a készlethiány-kockázatok elkerüléséhez, a szállítási átfutási idők pontosításához és a vásárlói elégedettség növeléséhez. Mindezek mellett felhívták a figyelmet arra is, hogy a legtöbb vállalat még csupán az adatgyűjtési fázisban tart, és komoly hiány van az olyan integrált elemzési/szimulációs modellekből, amelyek valós időben támogatják a komplex döntéshozatalt. Nguyen és társaival egyetértek, hogy a gépi tanulás és a szimulációk segíthetnek a vevői elégedettség maximalizálásában, hozzátéve, hogy a logisztika ezekkel az új eszközökkel még több hozzáadott értéket teremthet a vásárlóknak, és én is nagy hiányosságot látok a döntéstámogató rendszerek kapcsán, mégpedig azt, hogy tapasztalataim szerint a gyakorlati szakemberek még ritkán alkalmazzák a logisztikai döntéshozatalban.

A fogyasztást követően, azaz az előremenő logisztika után, az anyagok áramlása folytatódik, amit fordított logisztikának hívnak, ami szintén nagyon fontos minden vállalat számára, több oldalról is: költséghatékonyság, hulladékgazdálkodás, jogi megfelelés és természetesen az üres hulladékok szempontjából is, ahogy ez az 1. ábrán látható (Gyenge et al., 2022), és az új megközelítés szerint összekapcsolható a városi logisztikával. (Rubio et al., 2019). A fordított, vagy visszutas logisztika hozzájárul a vevői elégedettséghez, mert a szabályozások fejlődésével a fogyasztás közben keletkezett hulladékok összegyűjtése, feldolgozása vagy megsemmisítése a folyamat fontos részévé vált. De Brito és Dekker a fordított logisztikát az anyagok, a technológiai készletek, a csomagolás és a késztermékek visszavételének tervezési, végrehajtási és ellenőrzési folyamataként határozzák meg, a gyártás, a forgalmazás vagy a felhasználás helyétől a hasznosításig vagy a megfelelő ártalmatlanításig (de Brito–Dekker, 2004).

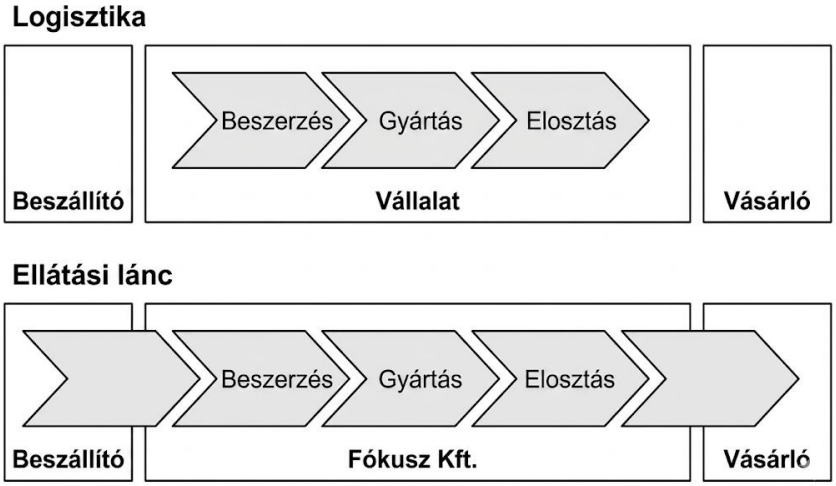


1. ábra: A hagyományos és a fordított logisztikai folyamat fogalmi kerete

Forrás: (Gyenge et al., 2022)

Az anyagáramlási folyamatok rendkívül összetettek, viszont a logisztika és az ellátási lánc közötti különbség leegyszerűsítve így foglalható össze: ha csak belső folyamatról van szó, amely nem lépi át a vállalat határait, akkor logisztikának, de ha több vállalat kapcsolódik egymáshoz, és az

anyagáramlás folyamatosan áthalad a vállalatokon, akkor ellátási láncnak lehet nevezni, amit a 2. ábra mutat be.

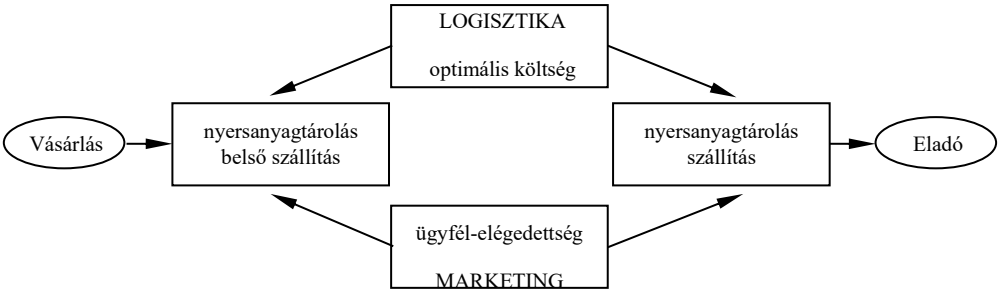


2. ábra: Logisztika és ellátásilánc-menedzsment

Forrás: (Delfmann et al., 2000)

Az ellátási lánc egy nagyon fontos részlege a vállalatnak, amelyet értékteremtő lehetőségnek kell tekinteni, és amelyhez a vállalat vezetése részéről kifinomultabb látásmódra van szükség. (Benseddik, 2019; Ellinger et al., 2012). Benseddik publikációjában számokkal támasztotta alá, hogy az ellátási lánc ügyfélértékét az ügyfél kapcsolat menedzsment, a beszállítói kapcsolat menedzsment és az együttműködési programok javítják szignifikánsan, amelyek együttesen pozitívabb hatást váltanak ki, mint külön-külön egyesével. Benseddik kutatása az ellátásilánc-menedzsment vevői értékteremtésére hoz példát, amely új és kihagyhatatlan lehetőség példája azon vállalatok számára, melyek versenyképesek szeretnének maradni. Ha az ellátási láncot nem csak a vállalat költségének tekintik, hanem olyan hozzáadott értéket teremtő szolgáltatásnak, amely elégedettebbé teheti a fogyasztót, akkor az veszteségből versenyelőnnyé válhat bármely piacon. Ellinger és társai az ellátásilánc-menedzsment hozzáadott értékét egy pénzügyi mutató segítségével mérhetővé tették, mégpedig az economic value added EVA azaz gazdasági hozzáadott értékkel. Ezt a pénzügyi mutatószámot a részvényesi érték teremtéséből vezették le. Az EVA tulajdonképpen az adózás utáni nyereség és az ehhez felhasznált tőke tényleges költsége közötti különbség. A vállalatok a részvényesi érték növelésére törekednek, ezért az EVA-t az ellátásilánc-menedzsment kompetencia révén történő értékteremtés mutatójaként alkalmazzák. Az EVA-ra az ellátásilánc-menedzsment több területen tud közvetlenül hatni.

Az figyelhető meg Benseddik és Ellinger publikációi keresztül, hogy az ellátásilánc-menedzsment a vállalat vevői- és részvényesi értékteremtésére egyaránt hatással van, másszóval, a vásárlói élményt és a tulajdonosok pénzügyi eredményét is képes meghatározni, amiért a logisztikai folyamatokat kiemelt fontossággal kell kezelni.

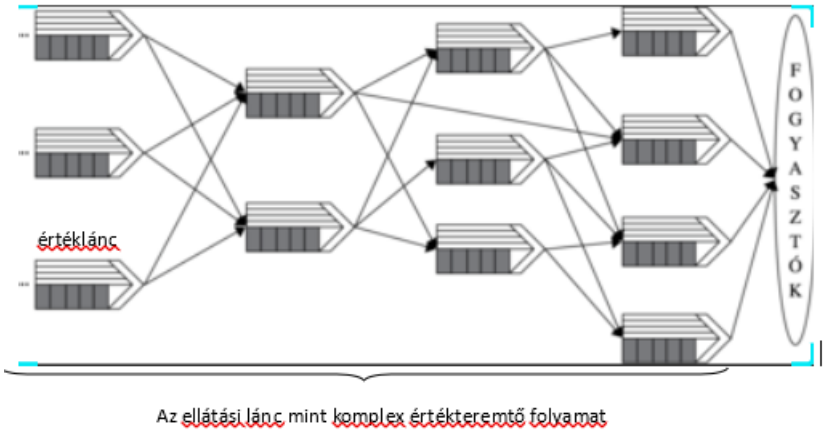


3. ábra: A logisztika és a marketing szerepe

Forrás: Saját szerkesztés Kopcsay (2016) alapján.

Tehát nagy hatással van a költségekre és a vevői elégedettség maximalizálására, a 3. ábrán látható módon, amint azt Porter értéklánc-elmélete is bizonyítja, ahol a logisztika az elsődleges tevékenységek, más néven értékteremtő tevékenységek közé sorolták. A bejövő és kimenő logisztika révén az értékteremtő folyamatokon keresztül hatással van a vállalat működésére, a kapacitáskihasználásra és a költségek alakulására, amely egyre inkább meghatározóvá válik Porter (Porter, 1985) több, mint 40 évvel ezelőtti modellje óta.

Az ellátási láncok a logisztikai folyamatok és az értékláncok határokon átnyúló, a vállalatok közötti összekapcsolódásán keresztül alakulnak ki, amelyek számos előnyt biztosítanak a lánc tagjai számára, és sokkal szorosabb együttműködést igényelnek, a 4. ábrán látható módon.



4. ábra: Az értéklánc fogalmának kiterjesztése az ellátási lánc szintjére

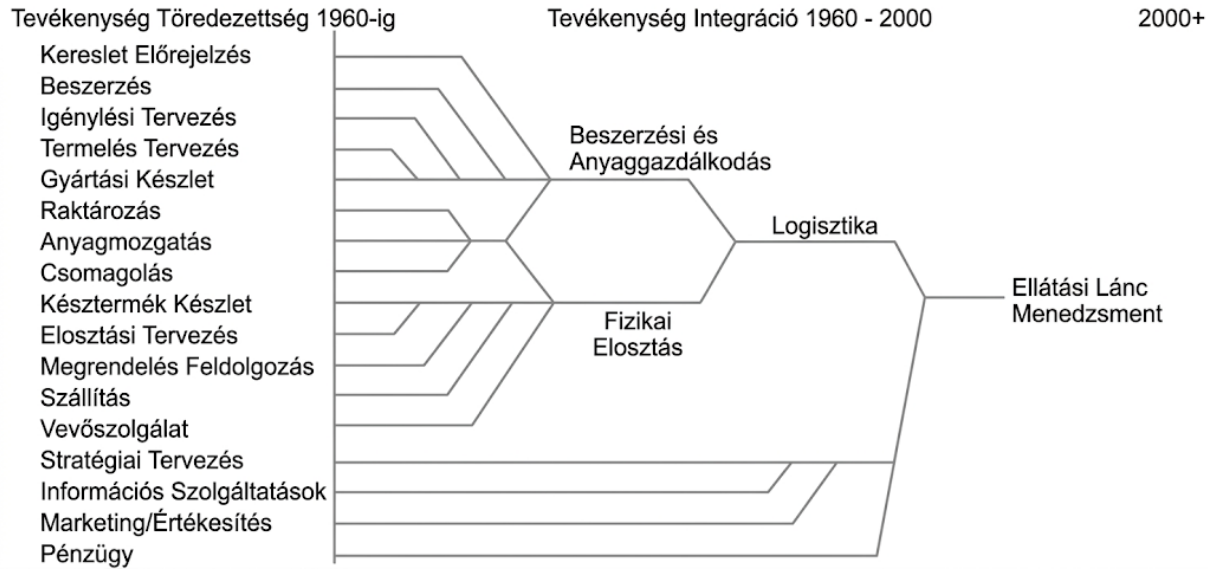
Forrás: (Szász–Demeter, 2017)

Az ellátási láncok fejlődésével a lánc tagjai összehangolták beszerzési, termelési, értékesítési és információs tevékenységeiket, ahogy a 4. ábra mutatja, így szűkebb értelemben a logisztika és tágabb értelemben az ellátásilánc-menedzsment kapott és koncentrált különleges felelősséget. Ez már nem csak a költségek és az értékteremtő tevékenységek révén befolyásolja a vállalat jövedelmezőségét, hanem a működést is szabályozza, és az ellátási lánc hatékonyságában már nem csak egy, hanem minden vállalat érintett.

Minden részlegnek saját kulcsfontosságú teljesítménymutatói (KPI-k) vannak a vállalaton belül - ami segít abban, hogy a részlegek, illetve az alkalmazottak céljai illeszkedjenek a vállalat céljaihoz, (Ishak et al., 2019)- de ezek kapcsolódnak egymáshoz, és hatnak egymásra is, amit az

5. ábra meg is mutat. A fő cél, hogy ne csak a részlegek, egyenként, hanem az egész vállalat a legjobban teljesítsen. A részlegek teljesítménymutatói sokszor egymás ellen, egymással szemben vannak meghatározva, azonban mindegyik KPI-nak a vállalati célkitűzésből kell kiindulnia és felülírnia az alacsonyabb szintű célkitűzéseket. Az eddigi tapasztalataim alapján ez egy rendkívül nehezen menedzselhető feladat a vállalati kultúrában. A folyamatok összefonódása egy olyan stratégiai döntés a magasabb szintű vezetés részéről, amely nem hagyhatja figyelmen kívül az ellátási lánc fontosságát. Ezért az utóbbi évtizedekben egy új megközelítés terjedt el, az úgynevezett ellátásilánc-menedzsment. (Jääskeläinen–Heikkilä, 2019; Melnyk et al., 2009; Palang–Tippayawong, 2019; Reimann–Ketchen, 2017). Jääskeläinen és Heikkilä publikációjában a különböző társosztályok közötti integrációt és annak eredményeit mutatják be, amelyen keresztül kiválóan megfigyelhető a hatékonyság növekedése. Nem egyszerűen egy kis növekedésről számolnak be, hanem a társosztályok know-how-ja miatt olyan szaktudást építhetnek be a társosztálytól a saját osztály működésébe, amely exponenciális hatékonyságnövekedést eredményez. Melnyk-ék kutatásában egy Delphi kutatás keretében 25 fős szakértői fókuszcsoport segítségével elemezték az ellátásilánc-menedzsment helyzetét, amiben arra sikerült fényt deríteniük, hogy sokkal jobban ki kellene használni az ellátásilánc-menedzsmentben rejlő potenciált, amelyet a vezetők nem teljesen látnak át, és nem kezelik úgy, hogy a vevői értéket maximalizálni lehetne rajta keresztül. Továbbá nincs megfelelő számú képzett ellátásilánc szakértő, aki ezt előre tudná mozdítani. Palang és Tippayawong cikke a ellátásilánc-menedzsment értékeléséről szól a turizmus iparágban. Ebben a publikációban is az az összefüggés kerül felszínre, hogy azok tudnak sikeresek lenni, amely vállalatok alosztályai összehangolják a működésüket, vagyis ellátásilánc-menedzsment folyamatokat végeznek, így magasabb vevői kiszolgálást és elégedettséget érnek el. Míg Reimann és Ketchen az ellátási lánc tagjai közötti erőviszonyok alapján közelíti meg a kérdéskört, melyben kifejtik az erőfölényen és az erőfölény feladásán alapuló együttműködés különböző aspektusait.

Az ellátásilánc-menedzsment egy új irány, amely révén a különböző osztályok vállalaton belüli együttműködésére van szükség, ennek eredménye a vevői elégedettség növekedéséből, a részvényesi érték emelkedéséből, a költségek csökkentéséből derül ki. Mindamellett látható, hogy rengeteg irányból és megközelítésből vizsgálható az ellátásilánc-menedzsment, a felhozott példákból, hogy mindegyik irány az együttműködést és annak pozitív hatásait emeli ki, mint értéknövelő tevékenységet, amelyet különböző formában tettek mérhetővé és ezzel nyertek igazolást a kutatási kérdésükre.



5. ábra: Az ellátásilánc menedzsmentjének fejlődése

Forrás: (Gibson et al., 2014)

Az ügyfelek igényei napról napra fejlődnek, és tökéletes szolgáltatást, időben történő szállítást és a legalacsonyabb árat kérnek, amelyeknek nem könnyű megfelelni. (Yi–Nataraajan, 2018). Másrészt a termék vagy szolgáltatás logisztikai költségei eldönthetik, hogy sikeres lesz-e vagy sem.

Egy működő ellátási láncban a hatékonyság - és a költséghatékonyság - kulcsfontosságú, különösen manapság, amikor a szállítási költségek döntő hatással lehetnek egy vállalat nyereségességére, vagy további szolgáltatások révén versenyelőnyt biztosíthatnak, ami a teljes ellátási lánc hatékonyságában és rugalmasságában testesül meg. A piaci verseny rendkívül éles, ezért minden lehetőséget meg kell ragadni a piaci pozíció megtartása érdekében.

A globális piacon nincs olyan termék, amely ne lenne elérhető az egész bolygón. Ennek hátterében egy a teljes földet behálózó logisztikai hálózat áll, amely folyamatosan növekszik, és a globális logisztikai ipar mérete meghaladja a 10 billió dollárt, és még mindig növekszik. (Statista Research Department, 2025). Az anyagok szállítása történhet légi, tengeri, vasúti vagy közúti úton, Varnavskii megvizsgálta a logisztikai infrastruktúra globális hálózatát, és a következő tendenciákat fedezte fel: (Varnavskii, 2019)

- A gazdasági tevékenységek globalizációja felgyorsította a globális kereskedelem és értékláncok fejlődését.
- A konténerizáció a tengeri kikötők és a tengeri szállítás fontosságának hihetetlen növekedéséhez vezetett, amelyek a mai globális logisztikai hálózat magját adják.
- Az 1970-es évektől kezdve a szállítókonténerek tömeges elterjedésének köszönhetően a közlekedési infrastruktúra is globalizálódott. A konténertechnológia jellemzője az intermodalitás, amely lehetővé teszi ipari és fogyasztási cikkek nagy mennyiségű szállítását alacsony költségek mellett világszerte.

Varnavskii megfigyelésével teljesen egyetértek, ugyanis a szállítókonténerek forradalmasították a nagy mennyiségű áruk szállítását globálisan. A ma működő logisztikai hálózatok gyakorlatilag működésképtelenek lennének a konténeres szállítás nélkül. Jól mutatja a jelentőségét, hogy intermodális jellegéből adódóan a tengeri, vasúti és közúti szállítás egyarán alkalmazkodott a konténerekhez. A globális kitettségek, a geopolitikai konfliktusok és az ellátási láncok

megszakadásai miatt a hangsúly a tisztán költségfókuszú (Lean) működésről áttolódott a reziliens, azaz rugalmasan ellenálló ellátási láncok létrehozására (Wieland–Durach, 2021). Wieland és Durach publikációjukban kétféleképpen értelmezik a rezilienciát, egyrész mérnöki, másrészt ökológiai/evolúciós szempontból. Mérnöki szempont szerint vissza kell térni a sokk után mielőbb a normális működéshez (bounce back). Evolúciós szempontból pedig rávilágítanak arra, hogy a globális komplex hálózatokban a megszakadások után nem az eredeti állapothoz kell visszatérni, hanem a megváltozott környezethez alkalmazkodva át kell alakítani és tovább kell fejleszteni a rendszert (bounce forward). Ezt a továbbfejlesztett rendszert az utóbbi években számos alkalommal láttuk a gyakorlatban is úgy, mint a chiphiány, üzemanyag, energiaellátási problémák. Egy vállalat életében is előfordulhatnak hasonló folyamatok, amelyre előre fel kell készülni. A vállalatok egyre inkább a kiszervezési stratégiájuk felülvizsgálatára kényszerülnek, előtérbe helyezve a termelés közelebbre hozását (nearshoring), ami bár növelheti az operatív költségeket, de jelentősen csökkenti a logisztikai kockázatokat és a szállítási átfutási időket (Sarkis, 2020). Sarkis Covid-19 okozta ellátási sokkot elemzi a fenntartható ellátásilánc-menedzsment szempontjából. Véleménye szerint a váratlan krízisek miatt az elnyújtott, sérülékeny ellátási láncok átgondolására van szükség, és előtérbe helyezi a regionálisabb közelebbi beszerzést. Fenntarthatósági szempontból rávilágít, hogy a társadalmi és környezeti szempontok integrálása az ellátási láncokba nem csökkenti, hanem növeli a vállalatok válságálló képességét és hosszú távú rugalmasságát. Véleményem szerint is az ellátási láncok megbízható működése előrébb való, mint a költséghatékonyság, mert amit az ellátási láncban megtakarítható költségmegtakarítás, azt a gyártásleállás során többszörösen felmerülhet költségként, amelyet számításba kell venni. A szimulációs eszközök alkalmazása itt kulcsfontosságúvá válik, hiszen a segítségükkel modellezhetők a különböző kockázati forgatókönyvek anélkül, hogy a fizikai rendszerek veszélyeztetve lennének.

Sajnos minden szállítási módszer szennyezi a Globust, amelyet meg kell védenünk a jövő generációjának. Tehát nem elég megtalálni a leghatékonyabb logisztikai módot, hanem a környezet számára legbiztonságosabb és fenntartható módon kell ezt megtenni. (Beske–Seuring, 2014; Castillo et al., 2018; Ceniga–Sukalova, 2020; Majercak, 2020). Beske és Seuring a publikációjában megkülönböztették az ellátásilánc-menedzsmentet (supply chain management) és a fenntartható ellátásilánc-menedzsmentet (sustainable supply chain management). Kutatásukban arra keresték a választ, melyek azok a pontok, amelyben a fenntartható jelző rejlik. Öt kulcs kategóriát határoztak meg amelynek kiemelt jelentősége van a fenntartható ellátásilánc-menedzsment elérése érdekében. Ezek a következők: fenntarthatóság, kontinuitás, kollaboráció, kockázatkezelés és proaktivitás. Második lépésben ezen öt kategória alkalmazásának gyakorlati lépéseit mutatták be és végül a fenntartható teljesítményű ellátásilánc-menedzsment elérési módját fejtették ki. Kutatásuk szerint három különböző szintre osztották az ellátásilánc-menedzsment működését úgy, mint stratégiai értékekre, amelyben az ellátásilánc-menedzsment szemlélet beépítésének fontosságát jegyezték meg, struktúrára, ahol a hosszú távú együttműködés, partnerek kiválasztása és fejlesztése, és folyamatok, ahol az integráció, kommunikáció, közös fejlesztés, standardizálás, bizonyítványok és innováció fontosságára tértek ki.

Azt gondolom, hogy nagyon érdekes aspektusból mutatták be a fenntarthatóság fontosságát, kulcselemeit és a fenntartható ellátásilánc-menedzsment kialakításának főbb elemeit. Napjainkban a fenntarthatóság kiemelt fontosságú a Föld értékeinek megőrzésében, amelyet minden vállalatnak figyelembe kell venni, akár törvényileg szabályozott, akár nem, hiszen a számos vásárló tekintetében hozzáadott értékként is megjelenik.

Castillo és társai szintén a fenntartható ellátásilánc-menedzsment oldaláról közelítik meg a kutatásukban a logisztikai folyamatokat. Viszont ők már tovább mennek és azt mondják, hogy a

fókusz a fenntartható ellátásilánc-menedzsmentre összpontosul az üzleti szakemberek és kutatók felől. A klímaváltozás, a geopolitika, a munkaerő állapota és számos egyéb ok miatt a vállalati fókusz átalakulóban van és már nem a három pillér elve (Triple Bottom Line-TBL), amely eddig a környezeti, társadalmi és pénzügyi eredmény elérése volt. A millenniumi fogyasztók egyre nagyobb részt vesznek ki a fogyasztásból és számukra az érték alapú felhasználás és fogyasztás az elsődleges és elvárják, hogy a vállalatok egyre inkább elszámoltassák magukat az ellátási láncban elért környezeti és szociális eredmények alapján. Ebből következik, hogy egyre fontosabbá válik a vállalatok számára, hogy megértsék, hogyan lehetnek még fenntarthatóbbak. Castillo és társai abból a feltevésből indulnak ki, hogy az üzleti és etikai döntések összefonódnak, ezért bevezették az ellátási lánc integritásának fogalmát (supply chain integrity) annak feltárására, hogy az üzleti és etikai döntések egymástól való függése hogyan javíthatja a fenntartható ellátásilánc-menedzsment gyakorlatokat. Kutatásukban a globális ellátási lánc gyakorlatok és azok etikai erkölcsi és ezek fogyasztókra gyakorolt hatásait vizsgálták, amely hozzájárulhat a vállalat fenntarthatóságához és eredményéhez úgy, mint versenyelőny szerzés miatt az alapanyag beszerzéshez használt munkaerő körülményei nem tisztázottak, vagy a pénzügyi eredményeik rovására helyezzék előtérbe a környezetvédelmet. Castilloék azt mondják, hogy az átláthatóság az ellátási láncban a megfelelő erkölcsi és etikai hozzáállás növeli az elérhető hírnév tőkét és ezáltal a fogyasztók jobb megítélését és lojálisabb hozzáállást tanúsítanak a vállalat felé, amely végül pénzügyi eredményben is kifejezhető.

Castillo és társai véleményével részben egyetértek, mivel a mai tudatos vásárlóknak fontos a fenntartható működés, a megbízható alapanyagbeszerzés és a megfelelő erkölcsi és etikai elvek betartása és ezekre azt gondolom minden esetben törekednie kell egy vállalatnak. Fogyasztói oldalról az a véleményem, hogy ezek az irányelvek betartása mindaddig fontos, amíg ez a végső fogyasztói árban nem indukál növekedést. Ezt a gondolatmenetet azzal érdemes kiegészíteni, hogy e területeket a nemzetközi szabályozói kereteknek kell lefedniük, mert a fogyasztó az árat fogja priorizálni. Az autóiparban a különböző ISO és VDA nemzetközi szabályozásban már működnek ezek az elvek, viszont az autóipar a repülő és gyógyszergyártás mellett a leginkább szabályozott iparág, amely ebben elöl jár és abszolút pozitív példával.

A fenntarthatóság napjainkban már nem csupán önkéntes vállalati döntés, vagy marketingeszköz, hanem kemény szabályozási kényszer. Az Európai Unió által bevezetett fenntarthatósági direktívák és az ESG (Environmental, Social, Governance) szempontrendszer szigorú elvárásokat támaszt a teljes ellátási lánc átláthatóságával szemben (Schoenmaker–Schramade, 2019). Schoenmaker és társa a fenntartható pénzügyekre helyezik a fókuszt és bemutatják, miként alakítható át a teljes pénzügyi és vállalati szektor a hosszútávú fenntarthatósági célok támogatására. Érvelésük szerint a pénzügyi szektornak át kell térnie a tisztán pénzügyi hozamok maximalizálásáról az úgynevezett integrált értékteremtésre, amely a pénzügyi, környezeti és társadalmi tőkét egyaránt figyelembe veszi. Véleményük szerint az ESG szempontok beépítése a döntéshozatalba nem jár a hozamok feladásával, viszont elengedhetetlen a környezeti és társadalmi externáliák internalizálásához. Rámutatnak a vállalati működés és az ellátási láncok átláthatóságának jelentőségére, felkészítve a szervezeteket a szigorodó fenntarthatósági szabályozásokra és jelentési kötelezettségre. Ez arra kényszeríti a logisztikai döntéshozókat, hogy a szénlábnyom-csökkentést és az etikus beszállítói hálózatok fenntartását beépítsék a kulcsfontosságú teljesítménymutatók közé. Bár véleményem szerint a fenntarthatóság és az erőforrásokkal való megfelelő gazdálkodás rendkívül fontos, sajnos leginkább Európában élvez prioritást. Ez globális szinten rendkívüli versenyhátrányt jelent az Európai cégeknek és a fő cél az lenne, hogy ezen szabályozások globális szinten érvényesüljenek, biztosítva a bolygó védelmét a jövő nemzedékei számára.

Ceniga és Sukalova is a fenntarthatóság szemszögéből közelíti meg a logisztikai folyamatokat, méghozzá abból az aspektusból, hogy az információ korában felgyorsult a fejlődés. Az erőforrások és a nyersanyagok korlátozottan állnak rendelkezésre, és a jövő generációira is gondolnunk kell. A logisztikai költségek egy meghatározó része az anyagmozgatás, amelyet költséghatékonyabbá, versenyképesebbé és környezetbarátabbá kell tenni. Megvizsgálták a fogyasztók körében milyen arányban vásárolnának fenntartható de drágább termékeket, és ők is arra következtetésre jutottak, hogy fogyasztói értékként határozható meg a fenntarthatóság. Nem csupán a pénzügyi mutatókra szabad gondolniuk a cégvezetőknek, hanem az előző cikkben ellátásilánc integritás néven említett, Ceniga és Sukalova publikációjában gazdasági, szociális és ökológiai (ecological) szempontok szerint.

Majercak szerint az ellátásilánc hatékonyságát a logisztikai költségek optimalizálásán keresztül lehet megvalósítani, hiszen ennek mértéke kihat a vállalat végső eredményére is. Manapság a vállalatok azért, hogy versenyképesek és fentartható fejlődéssel bírjanak, folyamatosan optimalizálniuk kell a logisztikai lánc folyamataikat az egész láncra vetítve, nem csupán lánctagokat vizsgálva. Majercak véleményével teljes mértékben egyetértek, hiszen a logisztikai költségek a termék, vagy szolgáltatás árának jelentékeny százalékáért felelős és képes eldönteni azt, hogy a vállalat nyereséges, vagy veszteséges lesz-e.

A világ változó gazdasággal néz szembe, ahol a fenntarthatóság a vállalatok és a fogyasztók számára is alapvető készség. Napjainkban az ügyfelek számára fontos, hogy a terméket vagy szolgáltatást hogyan és mennyire kielégítően állították elő és szállították le számukra fenntartható módon vagy sem. (L. Chen et al., 2021). Chen publikációjában vizsgálta a fenntartható fogyasztási szokásokhoz milyen változók járulnak hozzá, amelyből az derült ki, hogy a magasabb iskolázottság, a magasabb jövedelem és nemek szerinti megoszlásban a nőkre inkább jellemző. A vállalati felelősségvállalás és a fenntarthatóságra való törekvést Chen is hozzáadott értékként definiálta a cikkében.

A fenti forrásokból is látható, hogy a fenntarthatóság, a költségek kontrollálása összetett kihívást jelent az ellátásilánc-menedzsment számára, ugyanakkor a költségek nem kizárólag az elsődleges szempont, hiszen a fogyasztók számára egyre inkább erősödő szempont az átláthatóság, a megbízható beszerzés és a megfelelő etikai és erkölcsi irányelvek betartása úgy tetszik a társadalmi felelősségvállalás.

A logisztika könnyen elérheti ezt a magasabb szintű szolgáltatást vagy fogyasztói értéket, mert többféle módon is képes megkülönböztető értéket teremteni és hozzáadni a termékhez, ami ma már egyre fontosabb, fenntartható és költséghatékony lehet, pl. a következő összetett értékek: méretgazdaságos szállítási módok, megújuló energiát használó közlekedési eszközök, stb. (Thompson, 2023) környezetbarát anyagok, belső logisztikai folyamatok magas szintű automatizálással, erősen digitalizált kapcsolatok, IoT, Ipar 4.0/5.0 stb. segítségével. Mindegyik változat ugyanazt helyezi a középpontba: a kevesebb környezetszennyezést, ami jó a vállalatnak, az ügyfeleknek, a társadalomnak és a jövőnek is.

Thompson szerint jelenleg egy instabil időszakban vagyunk a globális kereskedelem szempontjából, a háborúk miatt nőnek a nyersanyag és energiaárak, munkaerőhiány léphet fel, ezért sok vállalkozás előtérbe helyezi a költségeket. A vállalkozások egyre inkább az automatizált technológia alkalmazására törekednek, amely segít optimalizálni a hatékonyságot, csökkentik a költségeket az ellátási láncban, és minimalizálják a hibákat. Véleménye szerint a beltéri robotok, az automatizált készletgazdálkodási szoftverek a kibővített logisztikai szolgáltatások (5PL), a

mesterséges intelligencia és a fenntartható szállítási lehetőségek, amelyek jelentősebb szerepet kapnak a közeljövőben.

Teljesen egyetértek Thompson meglátásaival, mert a technológiai fejlődés előrehaladtával az ellátásilánc szereplőinek az elérhető fejlesztéseket bele kell építeniük a munkafolyamataikba máskülönben lemaradnak a versenyben ezen a globális piacon. A fogyasztók, vagy a logisztikai szolgáltatást igénybe vevők igényei is változtak. A fogyasztók már két végpont közötti teljes logisztikai szolgáltatást igényelnek, amelyben a szállítás önmagában már nem elégséges. Továbbá az automatizálás munkafolyamatokat egyszerűsíthet és válthat ki, amely a költségek szempontjából rendkívül jelentős, azonban a rendszereket véleményem szerint mindig ellenőrizni, kontrollálni kell, folyamatos emberi felügyeletet igényel.

A technológiai evolúció következő nagy lépése az ellátásilánc-menedzsment területén a Digitális Iker (Digital Twin) koncepciója, amely a fizikai ellátási lánc valós idejű, dinamikus szimulációs megfelelője (Ivanov–Dolgui, 2021). Ivanov és Dolgui az Ipar 4.0 korszakában az ellátási láncok megszakadási kockázatának és rezilienciájának (rugalmas ellenálló képességének) kezelésére a Digitális Iker koncepcióját javasolják. Véleményük szerint a Digitális Iker a fizikai ellátási lánc valós idejű, dinamikus szimulációs megfelelőjeként működik, ami lehetővé teszi a kockázatok hatékonyabb elemzését és elhárítását. Az ellátási lánc megszakadása a lehető legnagyobb kockázat az ellátási lánc szempontjából, ezért rendkívül fontos szempontnak tartom és egyetértek Ivanov és Dolgui meglátásával, miszerint szimuláció útján csökkenteni lehet az ellátási lánc megszakadásának kockázatát és elemezni lehet a vállalat rezilienciáját. A Digitális Iker nem csupán statikus modellezést tesz lehetővé, hanem a folyamatosan áramló adatok alapján képes szűk keresztmetszetek előrejelzésére még azok bekövetkezése előtt (Tozanlı et al., 2020). Ez a megközelítés hidat képez a klasszikus logisztikai folyamatok és a modern szimulációs eszközök között, direkt módon támogatva az operatív és stratégiai döntéshozatalt. Tozanli és társai publikációjukban a zárt hurkú ellátási láncokban alkalmazható anyagáramlási stratégiákat vizsgálják az ipar 4.0 kontextusában. Rávilágítanak a modern technológiák és az Internet of Things alapú adatáramlás hatására a visszutas logisztika (visszagyűjtés, újrafeldolgozás) és a fenntartható működési modellek tekintetében.

A logisztika, mint a vállalaton belüli támogató egység, évtizedekkel ezelőtt kezdett egyre fontosabbá válni, de ma már az ellátásilánc-menedzsment koncepció eredményeként egyre inkább külső és különálló érdekként jelenik meg, amely a felhasználói érték további rétegeit generálja. (Gibson et al., 2014; Xu et al., 2022).

Gibson és társai bemutatták az ellátásilánc-menedzsment kialakulását, amelyben a különböző osztályok teljesítménymutatóját a vállalati cél elérése érdekében nem külön-külön, hanem összességében a vállalat eredményessége szerint legmegfelelőbb módon szükséges meghatározni. Véleményem szerint a gyakorlatban sok esetben nehéz így cselekedni, hiszen a vezetőket a saját osztályuk teljesítménye alapján értékelik, ami nem feltétlenül van összhangban a társosztályokkal elérhető közös összteljesítmény maximalizálásával.

A vállalaton kívüli logisztikai folyamatok nem tekinthetők pusztán a vállalatok közötti anyagi és szolgáltatási akcióknak, hanem sokkal inkább egy versenyképesebb lánc kiépítésének és további értékteremtésnek a lehetőségét jelentik, ahol az információk, a tudás, a kockázatok és az előnyök is megoszthatók. (Mukhtar–Azhar, 2020) A megosztáson felül Mukhtar és szerzőtársa, Azhar leírja, hogy a versenyképes értékláncok akkor alakulhatnak ki, ha a szereplői értékegyüttes teremtésre és integrációra törekednek. Egy modellt is kidolgoztak, amely szerint az integrált értékláncok, amelyekben magas értékalapú társteremtő képességek vannak, az egész ellátási láncot

hatékonyabbá teszik. Ez alapján azok a vállalatok, amelyek fejlesztik az értéktársteremtő képességeiket és ezzel párhuzamosan szorosan integráltak, képesek a teljes értéklánc hatékonyságának növelésére.

Véleményem szerint ez a meglátás rendkívül lényegre törő és szakmailag teljes mértékben megalapozott. Manapság az értékláncok egyre összetettebbek, ahogy egyre jobb kiszolgálást próbálnak megvalósítani. A vállalatokon átívelő értékláncok legösszetettebb kihívása az integráció és a közös hatékonyság növelése, ezért Mukhtar és Azhar meglátása rendkívül pontos és helyénvaló.

A gyorsan fejlődő logisztikai és ellátásilánc- hálózati anyag- és információáramlási folyamatok már nem csupán az úgynevezett alapfolyamatokról (RST - Raktározás, Szállítás, Tárolás/Anyagmozgatás) szólnak, hanem a klasszikus költség- és időcsökkentési célok is folyamatosan átalakulni látszanak az ellátási lánc mentén. (Balázs et al., 2019)

Napjainkban a logisztika már nem csupán egy értékesítésösztönző tevékenység, hanem sok esetben a vásárlási élményt is meghatározza. A bővülő online vásárlási szokások mellett a fogyasztók elvárják a termékek azonnali hozzáférhetőségét és használatbavételét. A vásárlási élményt nagyban meghatározza a termék átvételének időpontja. A vállalatok az átfutási idők csökkentésével próbálnak reagálni ezekre az igényekre: a készleteket közelebb viszik a felhasználókhoz, valamint csökkentik az ellátási láncban lévő szintek számát.

Emellett sok esetben a küldemények útjának valós idejű nyomon követhetősége az eladótól a fogyasztóig olyan extra információt és hozzáadott értéket jelent, amely a múltban nem volt fontos, ma viszont elengedhetetlen a vásárlói élmény maximalizálásához.

Ezért kijelenthető, hogy ma már nem a termékek és szolgáltatások, hanem egész ellátási láncok versenyeznek egymással, ami a versenyelőny megszerzésének kritériumaként értelmezhető, és az ellátási lánc fő célja az érték maximalizálása és az ügyfelek igényeinek kielégítése. (Kozma–Pónusz, 2016)

A vevői igények egyre komplexebbek, amelyeket egy-egy vállalat már nem képes kiszolgálni, ezért a teljes vállalatokon átívelő értékláncoknak kell versenyezniük. Kozma és Pónusz meglátásával egyetértek, hiszen a fő cél a vevők magas szintű kiszolgálása és elégedettsége. Ehhez pedig minden egyes lánctag hozzáad, ezért a teljes ellátási láncok versenyeznek egymással. Így minden egyes lánctag hatással van a teljes rendszer eredményességére, ami szoros kölcsönös függőséget alakít ki a szereplők között.

A logisztika és ellátásilánc-menedzsment egy folyamatosan változó, fejlődő tudományterület, amelynek elsődleges feladata a versenyelőnyök kihasználása és a fogyasztók egyre növekvő elvárásainak való megfelelés a technikai és technológiai újítások saját működésébe és folyamataiba való beépítésével. Mivel az ellátási láncok komplexitásából adódó változások kiszámíthatatlan kockázatokat és veszteségeket generálhatnak, kiemelten fontossá válik az olyan korszerű döntéstámogató eszközök alkalmazása, mint a szimulációs modellezés. A logisztikai alapfolyamatok és elméleti keretek áttekintése után a dolgozat következő fejezete a szimulációk szakirodalmi áttekintését mutatja be.

2.2. Vizuális szimulációk

A számítógépek és a PC-k fejlődésével egyre több lehetőség nyílt arra, hogy megfigyeljük a körülöttünk lévő világot. Az adattárolási és elemzési kapacitások drámaian kibővültek. (Di Staso et al., 2022). Di Staso és társai érdekes szempontból vizsgálták az adattárolási lehetőségek

bővítését, mégpedig különböző nyílt adatok és adatrendszereken alapuló játékok által. A játékokat szempontok szerint vizsgálták, és azokat elemezték, amelyek vagy valós világbeli problémákon alapulnak így forgatókönyveket tudnak a résztvevők kipróbálni, vagy kitalált környezetben figyelhetik meg így új tárgyak feltalálását, illetve döntések, hipotézisek helytállását tesztelhetik. A vizsgálatukban legfőbb konklúzióként megállapították, hogy a legtöbb játék az adattudatosság növelésén keresztül igyekszik fejleszteni az adatképességet.

A megállapításuk véleményem szerint figyelemreméltó, mivel ezeknek a játékoknak az elsődleges szerepe a szórakoztatás, az oktatás és azon lehetőségek kipróbálása, amelyeket költséghatékonyabb először a virtuális térben kipróbálni és megfigyelni. Emellett Di Staso és társai rámutattak arra is, hogy ezek a játékok az adattudatosság növelésével hozzájárulnak az adatképességek fejlesztéséhez egyaránt, így a játékélményen felül fejlesztik az informatikai képességeket is.

Új szolgáltatások és módszerek jelentek meg, mint például a Big Data, a felhőszolgáltatások, az Internet of Things, a mesterséges intelligencia (AI) és a szimulációk és digitális ikrek is. Fontos kiemelni a hagyományos szimuláció és a Digitális Iker (Digital Twin) közötti alapvető különbséget: míg a klasszikus szimuláció döntően elszigetelt, statikus adatkészleten alapuló offline kísérletezést tesz lehetővé, addig a Digitális Iker az IoT-szenzorok segítségével kétirányú valós idejű adatkapcsolatot tart fenn a fizikai objektummal vagy folyamattal. Ezek az ipar 4.0 tartópillérei, amelyek nem csupán külön-külön, hanem egymással összefonódva is teljes mértékben átalakítják a mindennapi munka és a tudományok világát is. Az ipar 4.0 nem egy találmány, hanem egy tudatosan felépített keretrendszer, amely a technológiai fejlődés és a gazdasági igények találkozásából alakult ki. Az Industrie 4.0 kifejezést először egy Hannoveri előadáson mutatták be Siegfried Dais és Henning Kagermann részvételével 2011-ben, melynek célja a német gyártóipar versenyképességének megőrzése a digitalizáció és az informatika integrálásával. (Kagermann et al., 2011) Kagermann és társai méltatták a 2011-ig elért ipari gazdasági eredményeket, és kijelölték az utat, amerre tovább szükséges lépni, hogy a versenyképességet megtartsák. Ehhez paradigma váltásra volt szükség, és egy olyan keretrendszerre, amely a kockázatokat az adatok elemzésével minimalizálják, és kiküszöbölik a szubjektív torzítást a döntéshozatalaikból. Véleményem szerint ezt az irányt hihetetlenül pontosan látták előre, és a kidolgozott keretrendszerüket is pontosan megfogalmazták. Nem elég, hogy megelőzték a korukat, de iránymutatást is adtak a többi szereplőnek.

Az ipar 4.0 egyik része a szimuláció. A szimulációk vitathatatlan előnye, hogy a változtatások elvégzése után a folyamatokat építkezés, rombolás és költséges változtatások nélkül figyelhetjük meg. Ahogy az evolúció része a környezeti változásokhoz való folyamatos alkalmazkodás és fejlődés, úgy a gazdasági szereplők is hasonló kihívásokkal szembesülnek a gazdasági környezet változásai miatt. A szimulációk segítségével a vállalatok felkészülhetnek, mi több, profitálhatnak a változásokból, elkerülhetik a veszélyeket, és kihasználhatják a lehetőségeket.

Az első komoly feladat a szimuláció fogalmának meghatározása, mielőtt a témával foglalkoznék, ezért az alábbiakban összegyűjtöttem néhányat:

Grigorjev (az Anylogic képzési központjának vezetője) szerint a modellezés a valós problémák megoldásának egyik módja. Bizonyos esetekben nem engedhetjük meg magunknak, hogy valódi tárgyakkal kísérletezzünk a megoldások megtalálásához. Ezekben az esetekben modelleket építhetünk, és modellező nyelveket használhatunk a valóság ábrázolására. (Grigoryev, 2018).

Robinson és munkatársai kijelentették, hogy a szimulációs modell olyan eszköz, amelyen dinamikus kísérleteket lehet végezni - ez a meghatározás kizárja a szimulációs modellek

szórakoztatásra és játékra való használatát. A modell felhasználója tehát kísérleteket végez a modellen azzal a céllal, hogy megértse, mi fog történni a valós rendszerben; ez az a rendszer, amelyet a modell reprezentálni hivatott, függetlenül attól, hogy az ténylegesen létezik-e vagy sem. (Robinson et al., 2004).

Shannon szerint a szimuláció egy valós rendszer modelljének megtervezése és kísérletek végzése ezzel a modellel a rendszer viselkedésének megértése vagy a rendszer működésére vonatkozó különböző stratégiák értékelése céljából (egy kritérium vagy kritériumkészlet által meghatározott korlátokon belül). (Shannon–Johannes, 1975).

Rengeteg meghatározás van, és Tuncer 100-at gyűjtött össze belőlük. (Tuncer Ören, 2011).

A definíciókat figyelembe véve én is elkészítettem a sajátomat: a szimuláció a valós világ azon problémáit reprezentálja, amelyeket szeretnénk megtanulni és megfigyelni, egy szimulátor, rendszermodell és szimulációs keretrendszer segítségével.

A szimuláció az informatikával párhuzamosan fejlődött ki, bár a "mi lenne, ha" kérdés már korábban is létezett. Mindig is szükség volt arra, hogy tudjuk, mi fog történni a való életben, ha a rendszer valamelyik összetevője megváltozik (például az érzékenységvizsgálatok és a kísérletsorozatok).

A meghatározást követően, a szimulációk kialakulásának és fejlődésének főbb eseményeit tekintem át. A szimulációk fejlődése több szempontból is vizsgálható:

- felhasználási cél,
- programozási nyelv és fejlesztői környezet, valamint
- az alkalmazási területek szerint.

David Goldsman, Richard E. Nance és James R. Wilson azonban érdekes megközelítésből tekintette át a téma fejlődését. A szimulációk fejlődését befolyásoló események és felfedezések sorát foglalták össze. (Goldsman et al., 2009)

2.2.1.Fejlődési szakaszok szerinti áttekintés

A szimulációk fejlődéstörténete több elkülöníthető szakaszra oszlott, amelyek egyenként időrendi sorrendben kerülnek bemutatásra. A fejezetben megjelenő korszakok:

- 1777–1945: Számítógép előtti korszak
- 1945–1970: Formálódó korszak
- 1970–1980: A bővülési időszak
- 1981–1990: A megszilárdulás időszaka
- 1991–napjainkig: Integrációs időszak és Digitális Ikrek

Első lépésként a számítógép előtti időszak kerül bemutatásra:

Buffontól a második világháborúig. (1777–1945)

A Monte Carlo-módszert általában Buffon tűkísérletéből vezetik le. A híres "tűdobási" kísérlet, amelyet először Buffon javasolt 1777-ben, jó példája a valószínűségi modellezésnek geometriai szempontból (Hey et al., 2010). Tegyük fel, hogy van egy nagy síkfelület, amelyet egyenlő távolságra lévő párhuzamos vonalak sorozata választ el egymástól d távolsággal. (Szemléltetésképpen elképzelhető egy amerikai zászló piros-fehér csíkos felülete). Egy adott hosszúságú kísérleti tűt "véletlenszerűen" a felületre kiszámítható a valószínűsége, hogy a tű a párhuzamos vonalak valamelyikét metszi (pl. a zászló a piros és a fehér csíkon fekszik).

Feltételezve, hogy a felület elég nagy ahhoz, hogy a tű mindig érintse azt, és hogy a határfelületi hatások elhanyagolhatóak. Mivel Buffon publikált megoldása tartalmazott egy hibát, amelyet Laplace 1812-ben kijavított, a Buffon-Laplace terminológiát a tűproblémára is használják. (Laplace, 1812)

Egy évszázaddal később a szimulációk meglepő szerepet kaptak az egyik legfontosabb alkalmazott statisztikai fejlesztésben. William Sealy Gosset 1899-ben, 23 évesen lett az Arthur Guinness, Son– Co. Ltd. sörfőzője. A Guinness megengedte Gossetnek, hogy bizonyos kulcsfontosságú statisztikai eredményeket publikáljon, feltéve, hogy álnevet használt, és nem használt fel védett adatokat. Ezeket az eredményeket "Student" álnéven publikálta 1908-tól kezdve egy cikkel, amelyben megfogalmazta a ma Student-eloszlás nevű elméletet (Student, 1908). Mivel Gosset elemzési eredményei hiányosak voltak, a kézi szimuláció nyers formáját használta a Student-féle t-eloszlás valószínűségi sűrűségfüggvényére vonatkozó feltevéseinek tesztelésére. Ez a szimuláció első alkalmazása az ipari területen.

A szimuláció használatának fő problémái közé tartozik a szimulációs kísérlet megtervezésének stratégiai problémája, valamint az alábbi taktikai kihívások merülnek fel a kísérleti terv szerinti futtatás során:

- Az indítási probléma, azaz annak megállapítása, hogy a szimuláció mikor éri el az állandósult állapotot (steady state), vagyis mikorra szűnnek meg a kezdeti állapotból eredő tranziensek;
- Az állandósult állapotra vonatkozó becslések pontosságának (varianciájának) becslése szimuláció alapján; és
- Az alternatív rendszerszimulációk pontos összehasonlítása. Más szóval, a legjobb alternatív rendszerek vagy rendszerkonfigurációk halmaza egy versenyben.

A rendszerindítási problémára Conway (Conway, 1963a) javasolta az első széles körben használt csonkítási (törlési) szabályt a szimuláció által generált inicializációs torzítással szennyezett megfigyelésekre.

Conway figyelemre méltó betekintést nyújtott azokba a problémákba és megoldási stratégiákba, amelyek a következő ötven évben meghatározzák a szimulációt.

Második szakasz: A formálódó időszak (1945–1970)

Goldsman és munkatársai úgy vélték, hogy a szimulációk gyors fejlődése ebben a korszakban két tényezőnek volt köszönhető:

- Az első általános célú elektronikus számítógépek, például az ENIAC megépítése (Burks–Burks, 1995);
- Stanislaw Ulam, John von Neumann és mások munkája, akik a Monte Carlo-módszert használták elektronikus számítógépeken, hogy megoldjanak bizonyos, analitikusan megoldhatatlan problémákat a neutronok diffúziójával kapcsolatban a hidrogénbomba kialakulása során. (Cooper et al., 1989)

Az 1950-es években az elektronikus számítógépek elterjedése és elérhetősége elősegítette a szimulációs technikák elterjedését a különböző tudományágakban.

1960-ban Keith Douglas Tocher, a Southamptoni Egyetem operációkutatással foglalkozó professzora kifejlesztette a General Simulation Programot (GSP), az első általános célú szimulátort, amely egy gépeket tartalmazó ipari üzem szimulációjának eszköze volt. (Tocher–Owen, 2008)

Tocher szerepe a 1960-as években kiemelkedő és meghatározó volt, hiszen 1963-ban megalkotta az első szimulációs tankönyvet, a The Art of Simulation (1963) címűt, 1964-ben pedig a tevékenység-ciklus diagramot (ACD). Az ACD az Egyesült Királyságban a szimulációs oktatás sarokkövévé vált, és a hetvenes években a programgenerátorokkal kapcsolatos kutatások középpontjába került.

Tocher jóval az amerikai szimulációs nyelvben való megjelenése előtt kidolgozott és megvalósított egy kombinált szimulációs (diszkrét események és folyamatos modellfuttatás) megközelítést. (Tocher–Splaine, 1966)

1960-61-ben Geoffrey Gordon az IBM Advanced Systems Development igazgatójaként vezette be az általános célú szimulációs rendszert (GPSS). A GPSS-t az összetett, távoli adatfeldolgozási és kiszolgálási rendszerek – mint például a városi forgalomirányítás vagy a telefonközpontok – gyors modellezésére tervezték. Az IBM akkori könnyű kezelhetősége és szoftvermarketing-politikája a GPSS-t a legnépszerűbb oktatási szimulációs nyelvvé tette az Egyesült Államokban. A GPSS történetének részletes leírását Gordon foglalja össze. (Gordon, 1978)

A 60-as években jelent meg a SIMSCRIPT szimulációs program. A FORTRAN-on, egy elterjedt programozási nyelven (Backus, 1978) alapuló SIMSCRIPT szimulációs program 1963-as kezdeti változata olyan felhasználóknak készült, akik nem voltak számítógépes szakemberek, és egy képletet használt a modell definiálására, a modell inicializálására és a jelentések létrehozására.

A második generáció, a SIMSCRIPT 1.5 megszüntette a FORTRAN korlátait, a SIMSCRIPT II pedig koncepció- és ötletgenerátorként szolgált, akkoriban a legambiciózusabb programozási nyelvfejlesztésnek számított. A kiadott SIMSCRIPT II egy "rétegzett" nyelv volt, öt meghatározott szinttel. A SIMSCRIPT átfogó leírását Markowitz (Markowicz, 1979) és Nance munkái tartalmazzák. (Nance, 1996).

Philip Kiviat, az egyesült államokbeli Cornell Egyetem munkatársa nagy szerepet játszott a SIMSCRIPT II kifejlesztésében és végrehajtásában az US Steelnél 1961-ben, ahol kifejlesztette a GASP (General Activity Simulation Program) programot. Kiviat 1963-ban csatlakozott a RAND Corporationhoz, és a SIMSCRIPT II fő mozgatórugója lett. A GASP sikeres változatát Alan Pritskerrel közösen fejlesztették ki.

RAND, IBM, Cornell és U.S. Steel mellett a Norvég Királyi Számítástechnikai Központ is a szimulációs nyelv fejlesztésének egyik melegágya volt.

Kristen Nygaard és Ole-Johan Dahl 1961-ben kezdett el dolgozni a SIMULA-val (Nygaard, 1962). Az Univac erőteljes támogatásával és a kettőjükön kívül jelentős programozói gárdával a SIMULA I az ALGOL 60 kiterjesztéseként jött létre, létrehozva a számítástechnika vitathatatlanul legnagyobb hatású programozási nyelvét. A Simula fejlesztésének történetét Nygaard és Dahl 1978-ban foglalja össze (Nygaard et al., 1978).

A Winter Simulation Conference (WSC) elődje 1967-ben a Conference on Simulation Applications Using the General Purpose Simulation System volt, amely ma a rendszerszimuláció legújabb fejlesztéseinek terjesztésének legfontosabb nemzetközi fóruma.

R. W. Conway, B. M. Johnson és W. L. Maxwell a Cornell Egyetemről lefektették a digitális szimuláció központi problémáit. A szimulációs problémákat két nagy kategóriába sorolták (Conway et al., 1959):

- Szimulációs struktúra és
- A szimuláció használata

A szimulációs modell felépítésével kapcsolatos problémák a következők (Conway, 1963):

- A szimulációs programok moduláris felépítése a könnyű átdolgozás érdekében;
- Számítógépes memóriakezelés;
- A digitális szimulációban rejlő összes folytonos mennyiség diszkretizálásából eredő hibák ellenőrzése;
- Hatékony időgazdálkodási mechanizmus kialakítása és végrehajtása; és
- Szimulációs entitásokat tartalmazó fájlok kezelése.

Bár a fenti problémák közül sok már megoldódott, az egyes eseménytípusok kezelésére szolgáló hatékony, időtakarékos eljárás kialakítása és végrehajtása - még a mai napig is - kutatással és fejlesztéssel jár.

Harmadik szakasz: A bővülési időszak (1971–1980)

Ebben az időszakban a szimuláció területén dolgozó szakemberek a fejlődő számítástechnikai eszközökkel párhuzamosan folyamatosan fejlesztették az analitikai eszközöket.

A diszkrét eseményű számítógépes szimulációs modellező nyelvek tekintetében meg kell említeni: Pritsker és Hurst GASP IV (Pritsker, 1974), amelyben a szerzők lefektették a hibrid, azaz a diszkrét és folytonos szimulációs módszertan alapjait.

Kiviat, Villanueva és Markowitz SIMSCRIPT II.5 (Kiviat et al., 1973) Kiviat és társai ebben a tudományos műben fektették le a modern szimulációs nyelveknek az alapjait.

Pritsker és Pegden SLAM (Pritsker–Pegden, 1979) Pritsker és Pegden rendkívül jelentős áttörést publikáltak ebben a könyvükben, amiben a SLAM nyelvet vezették be, így tudták egyesíteni a hálózati, diszkrét és folytonos szemléleteket.

Pegden SIMAN-ról szóló könyvét bár csak az 1980-as években publikálták (Pegden, 1987), maga a nyelvfejlesztés már az 1970-es évek végén lezajlott. Ez a mű vált a mai modern gyártásszimulációs szoftverek logikai alapjává.

Végül, amit még meg kell említeni ebből az időszakból, az Nance kúpos módszertana az objektumorientált modellfejlesztéshez (Nance, 1981). Nance-nek ebben a tudományos művében sikerült kifejtenie a szimulációs modellezés hierarchikus és objektumorientált megközelítését.

A sorra vett meghatározó művek és a szimulációs szakemberek tevékenységei alapján kijelenthető, hogy a bővülési szakasz a szimulációk fejlődésének modern kori alapjait, további fejlődésének irányát fektette le.

Az ebben a korban kifejlesztett modellező nyelvek alapjai a jelenleg is használt ipar 4.0-nak, ami azt jelenti, hogy rendkívül jelentős mérföldkőnek bizonyultak. Míg ebben a szakaszban a szimulációk szigetszerű megoldások voltak, ami azt jelentette, hogy külön számítógépen futott, kézzel bevitt adatok alapján, addig az Ipar 4.0-ban ezek a funkciók a vállalati rendszerekbe már be vannak ágyazva.

A szimulációk fejlődéstörténete nem ért véget 1980-ban, csupán Goldsman és társai publikációjukban eddig az időpillanatig dolgozták fel a témát. A munkájuk kiegészítésre kerül napjainkig, hogy a teljes időszak áttekintése megtörténjen, és így a szimulációk fejlődéstörténetének szakaszolása a számítástechnikai hardver és szoftver architektúrák evolúcióját követi, az 1980-as évek mikroszámítógépes áttöréseitől a mai adatvezérelt rendszerekig (Robinson, 2005). Robinson a diszkrét eseményalapú szimuláció teljes történetét, akkori helyzetét és jövőjét tekinti át. A cikk a szimuláció 50 éves történetét osztja fel 4 szakaszra,

és bemutatja, hogyan alakult át a szimuláció a korai gépi kódú számításoktól a számítógépes forradalmon át a mai komplex szoftverekig. Az időszakok szakaszolása részben egyezik Goldsman tanulmányával, és az 1980 után meghatározott két szakasza kerül bemutatásra.

Negyedik szakasz: A megszilárdulási időszak (1981–1990)

A személyi számítógépek (PC) és a grafikus felhasználói felületek az 1980-as évekbeli elterjedése alapjaiban változtatta meg a szimulációs szoftverek fejlesztését. Ebben az évtizedben a szimuláció kikerült a nagyszámítógépes környezetből, és elérhetővé vált az ipari mérnökök szélesebb köre számára. A korszak meghatározó áttörését a vizuális interaktív szimulációs rendszerek és a grafikus animációs képességek megjelenése jelentette.

A PC-alapú célszoftverek (például: SIMAN, AutoMod) lehetővé tették, hogy a modellező ne csupán a futás utáni statisztikai kimutatásokból, hanem valós idejű 2D-s vizuális visszacsatolás alapján értékelje a rendszer dinamikus viselkedését és tárja fel a szűk keresztmetszeteket, lefedve a szimulációs modellezés teljes életciklusát a rendszerépítéstől a kiértékelésig (Law, 2015).

Ötödik szakasz: Az integráció és a Digitális ikrek időszaka (1991–napjainkig)

Az 1990-es évektől napjainkig tartó időszak a szoftveres objektumorientáltság teljessé válása, a fejlett 3D-s animáció, az elosztott szimulációk és a vállalati információs rendszerekkel (ERP, MES) való integráció jellemzi. A szimulációs modellek önálló, zárt alkalmazásokból az integrált döntéstámogató rendszerek szerves részévé váltak.

Erre az időszakra jellemző a fejlett 3D-s vizualizáció és objektumorientáltság, ugyanis a modern modellező környezetek (például AnyLogic, FlexSim) az objektumorientált paradigmára építve összetett, újrahasznosítható modellelemeket és 3D-s virtuális környezetet biztosítanak, ami átfogó módszertant nyújt a modellezéstől az adatgyűjtésen át az eredményértékelésig (Banks et al., 2005).

Az integráció időszakára jellemző, hogy a komplex rendszerek igényei hívták életre a Magas Szintű Architektúrát (High Level Architecture – HLA), amely szabványos keretet biztosít a földrajzilag elosztott, heterogén szimulációs modellek hálózati együttműködését (Kuhl et al., 2000).

A Big Data, a dolgok internete (Internet of Things) és a felhőalapú számítás térnyerésével a szimuláció belépett a legújabb evolúciós szakaszába. Míg a hagyományos szimulációk offline, historikus adatokon alapultak, a modern szimulációs modellek az IoT szenzorokból származó valós idejű adatáram és a szimulációs modellek kétirányú adatkapcsolata hozza létre a digitális ikret. Ez a modell nemcsak leírja és előrejelzi a rendszer viselkedését, hanem a Big Data integráció révén valós idejű beavatkozást és optimalizálást tesz lehetővé a tervezés, gyártás és a szolgáltatások terén (Tao et al., 2018).

A szimulációs szoftverek és hardverarchitektúrák fejlődése elhárította a technológiai gátat a komplex rendszerek modellezése elől. Ugyanakkor a valós idejű adatokra épülő, modern szimulációs környezet és Digitális Ikrek hatékony felépítése megköveteli a megfelelő modellezési paradigma megválasztását. A következő fejezet azt tekinti át, miként alakultak ki a különféle szimulációs megközelítések.

2. táblázat: A szimulációk fejlődési szakaszai

FEJLŐDÉSI KORSZAK	IDŐSZAK	MEGHATÁROZÓ TECHNOLÓGIÁK– MÉRFÖLDKÖVEK	FŐBB ÚTTÖRŐK / SZOFTVEREK	JELENTŐSÉG AZ IPARBAN
SZÁMÍTÓGÉP ELŐTTI KORSZAK	1777–1945	Geometriai valószínűségszámítás, kézi szimulációk, t-eloszlás.	Buffon, Laplace, Gosset (Student)	A stochasztikus és statisztikai gondolkodásmód alapjai.
FORMÁLÓDÓ IDŐSZAK	1945–1970	Mainframe számítógépek, Monte Carlo-módszer, az első célszoftverek és nyelvek.	Von Neumann, Tocher (GSP, ACD), Gordon (GPSS), Dahl–Nygaard (SIMULA)	Az első diszkrét eseményalapú és objektumorientált szimulációs nyelvek megjelenése.
BŐVÜLÉSI IDŐSZAK	1971–1980	Hibrid (diszkrét-folytonos) szimulációk, hálózati modellezés, kúpos módszertan.	Pritsker (GASP IV, SLAM), Pegden (SIMAN), Nance	A modern gyártásszimulációs szoftverek logikai és strukturális alapjainak lefektetése.
MEGSZILÁRDULÁS IDŐSZAKA	1981–1990	PC-forradalom, Grafikus Felhasználói Felület (GUI), 2D animáció (VIS).	Pegden, korai SIMAN és AutoMod	A szimuláció kikerülése a kutatóintézetekből az ipari mérnökök napi gyakorlatába.
INTEGRÁCIÓS IDŐSZAK– DIGITÁLIS IKREK	1991–napjainkig	Objektumorientált 3D vizualizáció, elosztott szimulációk (HLA), IIoT, Big Data, Digitális Iker.	AnyLogic, FlexSim, Siemens Tecnomatix, Tao et al.	Áttérés az offline, statikus modellekről a valós idejű, kétirányú adatkapcsolattal rendelkező Digitális Ikrekre.

Forrás: Saját szerkesztés

2.2.2.A szimulációs megközelítések történeti áttekintése:

A szimulációk történeti áttekintése után - amelyből látható, hogy milyen felfedezések és matematikai módszerek vezettek a mai kor modellezéséhez - most Roberts és Pegden 2017-es munkája alapján kerülnek a modellezési formák és módszerek bemutatásra (Roberts–Pegden, 2017).

Az elmúlt 50 évben a szimuláció egyre inkább az operatív folyamatok elemzésének eszközévé vált. A technológia fejlődésével a szimulációk is különböző módon, elvek szerint fejlődtek, és a kutatás-fejlesztés és az alkalmazás eszközeivé váltak. Roberts szerint a szimulációs modellezés a szimulációs problémamegoldás azon része, amely a modell kialakítására szolgál. Ez egy valós

probléma értelmezését jelenti egy olyan szimulációs nyelven, amellyel a valóságot leképezhetjük, megfigyelhetjük és megoldhatjuk.

A szimulációk használata azonban némi szakértelmet igényel, amelyet a következőképpen fogalmazott meg Kiviat (Kiviat, 1967):

- Az objektumok helyes problémameghatározása és beállítása.
- A modellezési fogalmak használata a rendszer alapvető jellemzőinek modellként történő absztrahálására.
- A modellhez szükséges adatok és inputok összegyűjtése és összeállítása.
- A modell átalakítása a rendszer szimulálására alkalmas, számítógéppel olvasható kóddá.
- A számítógép utasítása a szimuláció helyes és hatékony végrehajtására a különböző forgatókönyvek esetében.
- A teljesítménymérők szimulációs kimenetének összefoglalása és elemzése.

Bár a szimulációs nyelvek az évek során megváltoztak, a szimulációs megközelítések azonban hasonlóak. A szimulációs nyelv egy rendszermodellt hajt végre, hogy dinamikusan befolyásolja a rendszer időbeli viselkedését, miközben a szimulált idő alatt megváltoztatja az állapotváltozók értékét.

A szimulációs nyelvek általában két részre oszthatók:

1. Diszkrét: ahol a rendszer állapota meghatározott események során diszkrét egységekben változik.
2. Folyamatos: ahol a rendszer állapota folyamatosan változik egy meghatározott idő alatt.

Napjainkban a legtöbb szimuláció multimodális, és olyan modellezési paradigmát támogat, amelyben a diszkrét és folyamatos képességek keverednek.

Világnézetek modellezése

A szimuláció 60 éves története során négy különböző világnézet vált használatossá és uralkodóvá:

3. táblázat: Szimulációs világnézetek

Világnézet	Jellemzők
Esemény	Ez biztosítja a legnagyobb rugalmasságot, de nehezebb használni.
Tevékenység	Több kontextust ad az eseményeknek, bizonyos korlátozásokkal.
Folyamat	Könnyebben használható, de csökkenti a modellezés rugalmasságát.
Objektum	Ez a legegyszerűbb és legtermészetesebb, de korlátozza a modell összetettségét.

Forrás: Saját szerkesztés

Ezeket a nézeteket az 1960-as években úttörők dolgozták ki, ((Gordon, 1961); (Markowitz, 1979); (Tocher–Owen, 2008); (Nygaard et al., 1978)) mára jelentősen megváltoztak, az alapgondolatok nem. A modellezési eszközök fejlesztése során a könnyű használhatóság és a rugalmasság közötti egyensúly elérésére összpontosítottak. A szimulációs nyelvek fejlődése arra vezethető vissza, hogy a folyamat- és objektumnézeteket rugalmasabbá tegyék, miközben megőrizték a könnyű használhatóságot. A modern szimulációs nyelvek azonban különböző módszereket ötvöznek, és multimodális rendszerként működnek.

Eseményvezérelt modellezés

Az események olyan egymást követő időpontok, amikor a rendszerváltozásokat hajt végre. A modellező felelőssége annak biztosítása, hogy az események felismerésre kerüljenek és az állapotváltozások bekövetkezzenek. Ha az esemény bekövetkezik, le kell képezni az átmenetet a jelenből az utódba. A kapott adatokat össze kell gyűjteni és meg kell jeleníteni.

Az eseményvezérelt modellezés a jövőbeli események naptárára összpontosít, amely a jövőbeli eseményeket ütemezi. A diszkrét eseményszimulációs nyelv működése a következőképpen írható le:

1. Eltávolítja a következő eseményt a naptárból, és a szimulációs időt erre az időpontra frissíti.
2. Elvégzi az adott esemény állapotfrissítési eljárásait

Ez a logika bármilyen széles körben használt programozási nyelven megvalósítható, például Fortran, C ++, C #. A programozási nyelv funkciói nagyban megkönnyítik a szimulációs program fejlesztését. A SIMSCRIPT II.5 kiegészült az entitások definiálásának, az entitások attribútumokkal való ellátásának és az entitások halmazokba gyűjtésének alapvető lehetőségeivel.

A szimulációk első 20 évében az eseményvezérelt világkép nagyon elterjedt volt rugalmassága és használhatósága miatt, azonban a modelleket nehéz volt megérteni, és nagyfokú jártasságot igényeltek a felhasználótól. A diszkrét események vizuális modellezésének elterjedt módszere a Schruben által bevezetett eseménygráf (Schruben, 1983), amely nagyon hasznos és értékes eszköz, de általános használata erősen korlátozott, mindamellett az eseménygráfok a diszkrét eseményszimulációk elméleti alapozásához és verifikációjához a mai napig fontos eszköznek számítanak.

Modellezés tevékenységekkel

Pidd (Pidd, 2004) egy, a háromfázisú megközelítéshez kapcsolódó modellt ír le, amelyet tevékenységalapú megközelítésnek neveznek.

A megközelítés lényege, hogy az események bekövetkezésekor a tevékenységek képezik az állapotváltozások alapját. A háromfázisú módszer továbbfejlődött, de a tevékenységvizsgálat a következő lépésekből áll:

1. Előrehozza az időt a következő eseményig
2. Feldolgoz egy vagy több későbbi kapcsolódó eseményt és
3. Minden más olyan műveletet feldolgoz, amely a kötött események bekövetkezésétől függ.

Miközben szükség van a jövőbeli események naptárára, szükség van a kötött és feltételes események listájára is. Ezeket a későbbi állapotfüggő (állapotfüggő) eseménylistákat addig kell újra átvizsgálni, amíg semmilyen tevékenység nem indul. A háromfázisú megközelítés központi eleme egy olyan fogalmi modellezési eszköz használata, amelyet ma "tevékenységciklus-diagram" néven használnak (eredetileg "kerékdiagramként" emlegették). Hasznos bármely rendszer tevékenységeinek azonosítására.

Folyamatmodellezés

A folyamatmodellezés leginkább a GPSS (Gordon, 1961) formájában jelent meg. Az IBM-nél kifejlesztett GPSS modellező eszköz és szimulációs nyelv egyaránt. A világot entitásoknak (tranzakcióknak) tekintette, amelyek speciális célú blokkokat mozgatnak egy komplex modellben. Minden blokknak volt egy bizonyos funkciója. A blokkdiagram és a szimulációs kód között szinte

egy az egyben megfelelt. Tehát a szimulációs modellnek van vizuális és írott megfelelője. Ez a megfeleltetés azért fontos, mert a GPSS modellezője a vizuális modellt lényegében szinte közvetlenül utasításokra tudja lefordítani, és a nyelvi szintaxis helyett a vizuális szemantika vált a modellezés elsődleges eszközévé. Ez a megközelítés azt jelentette, hogy a szimulációs modellezőnek nem kellett programozónak lennie, és így a GPSS számos olyan embert vezetett be a szimuláció világába, akik egyébként nem vettek volna részt benne. A következőképpen működött:

A GPSS-ben a szimuláció két listát végzett: egy jövőbeli eseménynaptárat és egy aktuális eseménynaptárt. Az entitások létrehozásakor azok a blokkdiagramon keresztül mozognak, amennyire csak tudnak. Ha olyan blokkal találkoznak, amely egy kicsit későbbre ütemezheti a távozásukat, az entitás a jövőbeli eseménynaptárba kerül. Ha azonban az entitás nem tud továbbmenni (az erőforrások esetleg nem állnak rendelkezésre), akkor az entitás az aktuális eseménynaptárba kerül. Az aktuális eseménynaptárat addig megőrzik és visszakeresik, amíg nem történik további művelet (hasonlóan egy tevékenység beolvasásához), majd a következő eseményt eltávolítják az eseménynaptárból, és az idő előrehalad. Ezeket a módszereket azonban folyamatosan fejlesztették.

Egy továbbfejlesztett változat 1983-ban jelent meg, és számos új folyamatnyelvet fejlesztettek ki. Az 1980-as évek további fejlesztései közé tartozott a jobb véletlenszám- és véletlen variánsgenerálás, a variancia csökkentése, a hatékony naptárkezelés és a statisztikák hatékonyabb gyűjtése.

Objektumorientált modellezés

A folyamatmodellezés egy másik nézete szerint a modell egymással kölcsönhatásban lévő folyamatok vagy általánosabban objektumok halmaza. Az 1960-as években kifejlesztett Simula ((Nygaard et al., 1978) bevezette az objektumokat, mint a szimuláció elemeit, és hogy ezek az objektumok tartalmazhatnak logikai műveleteket, amelyek az adott objektumot irányítják, és amelyek szinkron vagy aszinkron módon kölcsönhatásba léphetnek más objektumokkal. Az objektumorientált szimulációs modellezés általában két táborba sorolható. Az első, amelyet a Simula példáz, azt vallja, hogy a szimulációs nyelvnek objektumorientált fogalmakat kell tartalmaznia, amelyek lehetővé teszik a modellező számára, hogy fejlett szimulációs programokat fejlesszen.

Az e megközelítés szempontjából fontos fogalmak, mint például az absztrakt adattípusok, az öröklődés, a polimorfizmus, a kompozíció, a paraméterezett típusok stb. az objektumok és viselkedések széles skáláját teszik lehetővé. A modellek kompaktak, hatékonyak és bővíthetők. Más szóval jobb környezetet biztosítanak a szimulációs programozáshoz. Ma a modelleket általában C++ vagy Java nyelven építik a szimulációs csomagok keretében. A Simula által bevezetett ötletek adják az alapját néhány legújabb fejlesztésnek a szimulációban a nyelvtervezők számára, hogy a modellezés objektumorientált megközelítését egyszerűen, és rugalmasan használhassák.

Roberts szerint a SIMULA által bevezetett ötletek az elmúlt 50 év legjelentősebb előrelépését jelentik a számítástechnikában.

A másik objektumorientált szimulációs modellező tábor úgy tekint rá, mint ami előre definiált objektumok széles skálájából áll, mindegyikhez tartozik egy sor viselkedés, amelyekről úgy gondolják, hogy relevánsak az objektumok vezérlése és használata szempontjából. Ez a modellezési orientáció leegyszerűsíti a modellépítési folyamatot, mivel egy természetesebb és sok

esetben könnyebben használható modellezési paradigmát kínál. Az objektumalapú modellezési megközelítésben a modellt úgy lehet létrehozni, hogy a rendszer fizikai komponenseit reprezentáló szoftverobjektumok lesznek elhelyezve a modellben.

Az objektumorientációban a modellező egyszerűen leírja a rendszer fizikai komponenseit, valamint az objektumokba már beépített viselkedést és műveleteket. Ezért egy dolgozó objektum előre meghatározott viselkedéssel rendelkezik, amely lehetővé teszi számára, hogy kölcsönhatásba lépjen a modellben szereplő gépekkel és más dolgozókkal. Nehéz elképzelni természetesebb módját a modellépítésnek, mint előre elkészített modellező komponensek gyűjteményét használni, amelyek egy valós rendszer komponenseit utánozzák. A kihívás ezzel a megközelítéssel az, hogy ha a valós világban bármit is modellezünk, akkor egy kiterjedt objektumkönyvtárra van szükség, hogy képes legyen megragadni a valós objektumok hatalmas változatosságát, amelyek megfigyelhetőek.

Rugalmassága miatt a folyamatmodellezés továbbra is széles körben elterjedt, azonban az elmúlt 20 évben egyre nagyobb hangsúlyt kapott az objektumorientált szimuláció.

Az újabb objektumorientált eszközök gazdag objektumkönyvtárakkal rendelkeznek, amelyek olyan speciális alkalmazási területekre összpontosítanak, mint a gyártás, az ellátási lánc és az egészségügy. A Simula az explicit modellezési paradigma részeként bevezette a viselkedési osztályok és az alosztályobjektumok fogalmát is.

A szimulációs nyelvtervezés innovatív munkája objektumorientált szimulációs eszközökkel valósul meg. Előnye a folyamat- és eseményorientált szimulációval szemben, hogy egy lépésben összeállíthatjuk a modellünk logikáját és a hozzá tartozó animációkat.

Rendszerdinamikai modell

A rendszerdinamika (System Dynamics) egy modellezési megközelítés, amelyet Jay Forrester (Forrester, 1999) fejlesztett ki az MIT-n az 1950-es évek végén. Ez a szimuláció egy folyamatos formája, ahol a változók folyamatosan változnak az időben. A rendszerdinamikát néha nagyméretű diszkrét rendszerek közelítésére használják (pl. népességmodellezés). Általános formájában a rendszerdinamika olyan állapotváltozókkal rendelkezik, amelyek dinamikusan kapcsolódnak egy differenciálegyenlet-készlethez. A legtöbb alkalmazás esetében azonban a modellek "szintekből" és "arányokból" állnak, ahol a szintek egyszerűen állapotváltozók, az arányok pedig elsőrendű differenciák (Sterman, 2000).

A rendszerdinamikai modelleket általában készlet- és anyagáramlási diagramok ábrázolására használják. Az oksági hurokdiagramok egy rendszer szerkezetének és viselkedésének vizuális ábrázolásai.

A rendszerdinamika fő szimulációs nyelve a Dynamo volt, manapság a Stella és a Vensim a legelterjedtebb nyelvek. A PowerSim és az AnyLogic tartalmaz rendszerdinamikai komponenseket, de esemény- és folyamatmodell funkciókat is.

A rendszerdinamikai modellekről azt gondoljuk, hogy folytonos modellek, de az alkalmazások többsége nagy, sok entitást tartalmazó diszkrét rendszerek modellezését jelenti.

Ágensalapú modellezés

Az ágensalapú modellezés az objektumok fogalmát kiterjeszti az ágensekre, amelyek tulajdonságai az emberi viselkedéshez kapcsolódnak. Ily módon az ágensek intelligens, független tulajdonságokkal rendelkeznek, és képesek döntéseket hozni. Bár az ágensek függetlenek, mégis

más ágensek veszik körül őket, így vannak olyan szabályok, amelyek az egyéni döntéshozatalt és az ágensek közötti kölcsönhatásokat szabályozzák.

Az ágensalapú modellezés funkcionális felépítése a következő (North–Macal, 2007):

Az ágenseket a rendszerbe helyezik, majd hagyják, hogy az ágensek kölcsönhatásából fejlődjenek. Minden egyes ágens egy különálló entitás, amely kölcsönhatásba lép a rendszer más entitásaival. A hangsúly az ágensek viselkedésének modellezésén van, szemben a rendszer viselkedésével. A hagyományos folyamatorientációban az entitások a rendszer által felülről lefelé meghatározott folyamatlépések sorozatát követik. Ezzel szemben az ágensalapú modellezés alulról felfelé haladva határozza meg az egyes entitások helyi viselkedési szabályait.

Az ágensalapú modellezést gyakran objektumorientált modellezési eszköztárral valósítják meg, ezért az ágensalapú modellezés nem tekinthető egy új világképnek, hanem inkább egy objektumorientált világkép alapján megvalósított alkalmazásnak.

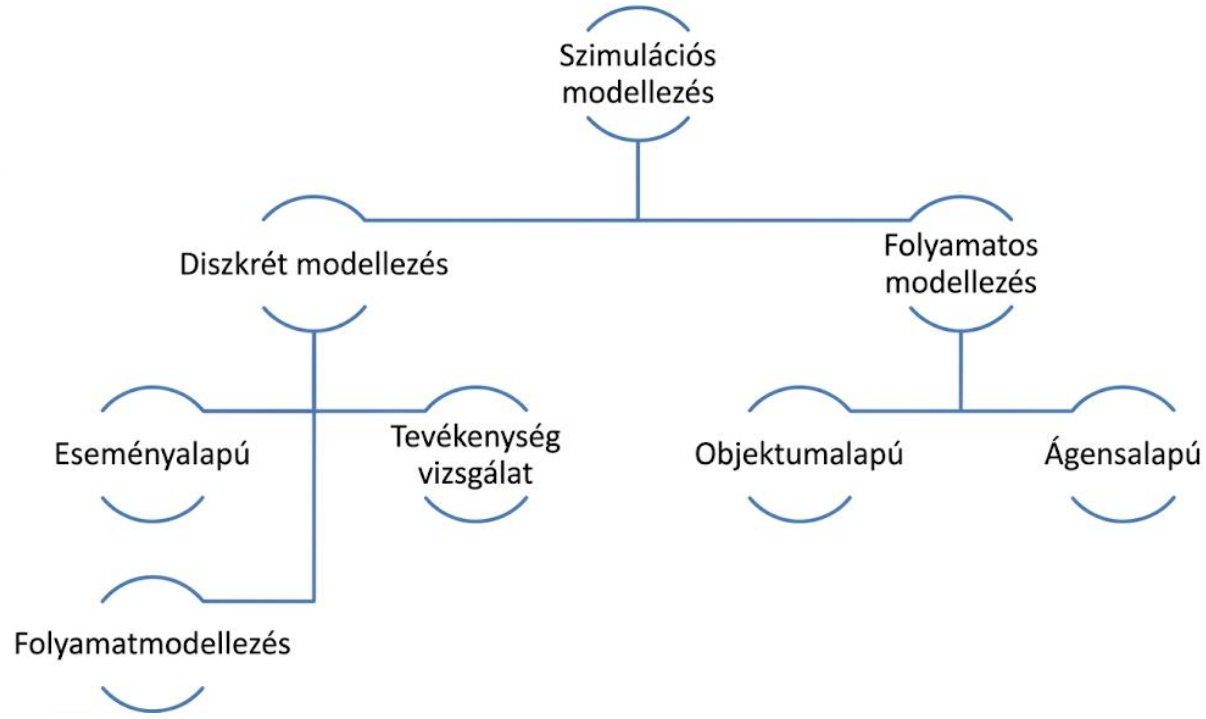
Az állapotdiagram segítségével meghatározható az ágensalapú modellezés kerete és az ágensosztályok viselkedése (C. Elwood, Shannon–Weaver, 1998). Ezek segítségével meghatározhatók az ágensek által felvehető állapotok, valamint azok az átmeneti állapotok, amelyek teljesülése esetén átmenetet eredményez az állapotpárok között. Az egyes diagramok jellemzően egy adott osztályba tartozó objektum viselkedését és az adott osztályba tartozó objektumpéldányok állapotátmeneteit határozzák meg. Bár az állapotdiagramoknak több változata létezik, mindegyik az állapotokat csomópontokként határozza meg, és íveket határoz meg az állapotok közötti átmenetre.

Az ágensalapú modellezés elterjedése az 1990-es évektől kezdve egyre inkább előtérbe került, mivel a számítógépek fejlődésével lehetővé vált az ágensek számának kezelése egy modellen belül, ami nagyfokú rugalmasságot biztosít a felhasználó számára.

A legelterjedtebb ágensalapú eszközök a Swarm, a NetLogo és az AnyLogic.

2.2.3.A szimulációs modellezés ága

A történelem és a megközelítés áttekintése után látható a szimulációs modellezés ágrajza (6. ábra), amellyel a világképeket és orientációkat lehet átláthatóbb formába megfigyelni.



6. ábra: Modellezési ágrajz

Forrás: (Péterfi–Gyenge, 2021)

A fenti ábrából látható, hogy a szimulációs modellezés két fő ágra különül el attól függően, hogy a rendszer diszkrét eseménysorozatok hatására, vagy az idő függvényében folyamatosan változik.

Az ágrajz mélységét tovább elemezve a diszkrét ágon a diszkrét modellezés három. A besorolása az alapján történik, hogy mi a középpontja a modellezésnek: az esemény, a tevékenység vagy a folyamat.

A folyamatos modellezési ágon két alfaj különíthető el, ezek az objektum- illetve az ágensalapú modellezés. Mivel a folyamatos modellezésben a modell folyamatosan változik, ebben az esetben a változások előidézője szerint csoportosíthatjuk a modellünket objektum, illetve ágensalapú modell kategóriába. A modern szimulációs szoftverekben az ágens- és objektumalapú megközelítés diszkrét és hibrid rendszereknél is megjelenik.

2.3. Digitális Ikrek és Mesterséges Intelligencia tudatos, adaptív szimulációk a logisztikában Vizuális szimulációk

A logisztikai rendszerek és ellátási láncok dinamikája, sztochasztikus jellege és egyre növekvő komplexitása kikényszeríti a döntést támogató eszközök folyamatos evolúcióját (Ceniga–Sukalova, 2020). Míg a 20. század második felében és a 21. század első évtizedében a diszkrét eseményvezérelt szimuláció (DES) és a rendszerdinamika (SD) modellek döntően offline, statikus, múltbéli adatokra támaszkodva validációs eszközökként szolgáltak, addig a negyedik ipari forradalom (Ipar 4.0) technológiai áttörései gyökeresen alakították ezt a paradigmát.

A modern logisztikai kutatások fókuszában két egymást szorosan feltételező és kiegészítő tudományos és technológiai irányvonal került a fókuszba:

1. A fizikai és virtuális tér valós idejű, kétirányú szinkronizációját megvalósító Digitális Ikrek (Digital Twins) (Grieves–Vickers, 2016a; Tao et al., 2018), valamint

2. A mesterséges intelligencia, kiemelten a Gépi Tanulás (Machine Learning – ML) és a szimulációs eljárások szimbiotikus integrációja (Abar et al., 2017; Monostori et al., 2016).

2.3.1. Digitális Ikrek és valós idejű szimuláció a logisztikai rendszerekben

A digitális iker (Digital Twin – DT) fogalma eredetileg a gyártás és űrtechnológiai kontextusból származik (Grieves–Vickers, 2016), azonban a logisztika és az ellátásilánc-menedzsment területén alkalmazott értelmezése az utóbbi évtizedben sajátos rendszertechnikai dimenziót kapott (Tao et al., 2018). A hagyományos szimulációs modellek és a Digitális Iker közötti alapvető különbség nem a modellezési elvben (pl. diszkrét esemény- vagy ágensalapú megközelítés), hanem az adatáramlás dinamikájában és a fizikai-virtuális rendszerek közötti kapcsolat jellegében rejlik (Kritzinger et al., 2018).

A szakirodalmi megközelítések (Kritzinger et al., 2018; Tao et al., 2018) alapján a digitális leképezések három szintje különíthető el:

- Digitális Modell (Digital Model): A fizikai objektum vagy folyamat olyan digitális reprezentációja, amelyek között nincs automatikus, valós idejű adatáramlás. Az adategyeztetés és a modellfrissítés manuálisan történik (pl. klasszikus offline DES modellek).
- Digitális Árnyék (Digital Shadow): Olyan egyirányú adatáramlással rendelkező rendszer, ahol a fizikai objektum állapotváltozásai (érzékelők, IoT-eszközök, RFID, WMS rendszerek segítségével) automatikusan frissítik a virtuális modellt, de a virtuális modellből nem indul vissza automatikus vezérlőimpulzus.
- Digitális Iker (Digital Twin): A fizikai és virtuális entitás közötti teljesen integrált, kétirányú (closed-loop), valós idejű vagy közel valós idejű adatáramlás(Grieves–Vickers, 2016). A virtuális térben lefuttatott szimulációs és optimálási algoritmusok döntései közvetlenül (beavatkozó szerveken, robotikai vezérlőkön keresztül) vagy félautomatizált módon (döntéshozói interfészeken keresztül) visszahatnak a fizikai folyamatokra.

4. táblázat: A hagyományos szimuláció és a Digitális Iker összehasonlítása

Dimenzió	**Hagyományos Szimuláció (DES/ABM)**	**Digitális Iker (Digital Twin)**
Adatforrás	Történeti adatok, feltételezett eloszlások	Élő IoT adatfolyamok, RTLS, sensor streaming
Szinkronizáció	Offline, szakaszos (batch) frissítés	Valós idejű / Közel valós idejű (Real-time)
Időhorizont	Stratégiai / Taktikai tervezés	Operatív vezérlés, proaktív zavarkezelés)
Irányultság	Egyirányú elemzés (fizikai --> virtuális)	Kétirányú zárt lánc (fizikai <--> virtuális)
Döntési modell	„Mi lenne, ha...” (What-if) forgatókönyvek	Preskriptív, önadaptív döntéshozatal

Forrás: Saját lekérdezések

A 4. táblázat összefoglalja a hagyományos szimulácó és a Digitális Iker közötti legfontosabb elméleti és technológiai különbségeket. A két megközelítés közötti legfőbb dimenzióbeli ugrás a az irányultságban és a döntési modellben ragadható meg: míg a hagyományos diszkrét eseményvezérelt (DES) vagy ágensalapú (ABM) modellek statikus, múltbéli adatsorokra és

feltételezett eloszlásokra támaszkodnak offline szakaszos (batch) frissítéssel, addig a Digitális Iker élő IoT adatfolyamok (RTLS, sensor streaming) segítségével valós idejű szinkronizációt tart fenn a fizikai rendszerrel. Ellenben időhorizont és döntéshozatal szempontjából a klasszikus szimulációk elsősorban a stratégiai és taktikai tervezést szolgálják ki offline „Mi lenne, ha…" (what if) forgatókönyvek elemzésével. Ezzel szemben a Digitális Iker az operatív szintekre összpontosít, ahol a visszacsatolási hurok zárásával (closed loop) preskriptív, önadaptív döntéshozatalt tesz lehetővé, közvetlen beavatkozási képességet biztosítva a fizikai folyamatokba.

A valós idejű szimuláció (Real-Time Simulation – RTS) a Digitális Iker technológiai magja. A logisztikai operációban - mint például a szortírozó központok, optimalizált magasraktárak vagy cross-docking terminálok - a hagyományos szimulációk korlátja a számítási időigény volt. Egy komplex raktári rendszer heti működésének szimulációja órákat vehetett igénybe, ami meggátolta az operatív, percről percre történő beavatkozást.

A kiberfizikai rendszerek (Cyber-Physical Systems – CPS) és a felhőalapú számítási kapacitások térnyerése (Monostori et al., 2016) lehetővé tette a Gördülő Horizontú Szimuláció (Rolling Horizon Simulation) alkalmazását. Ennek lényege, hogy a Digitális Iker a fizikai rendszer aktuális állapotát (state) veszi kezdőfeltételnek, és a másodperc tört része alatt több száz lehetséges operatív forgatókönyvet futtat le a közeli jövőre (pl. a következő 15–60 percre) vonatkozóan.

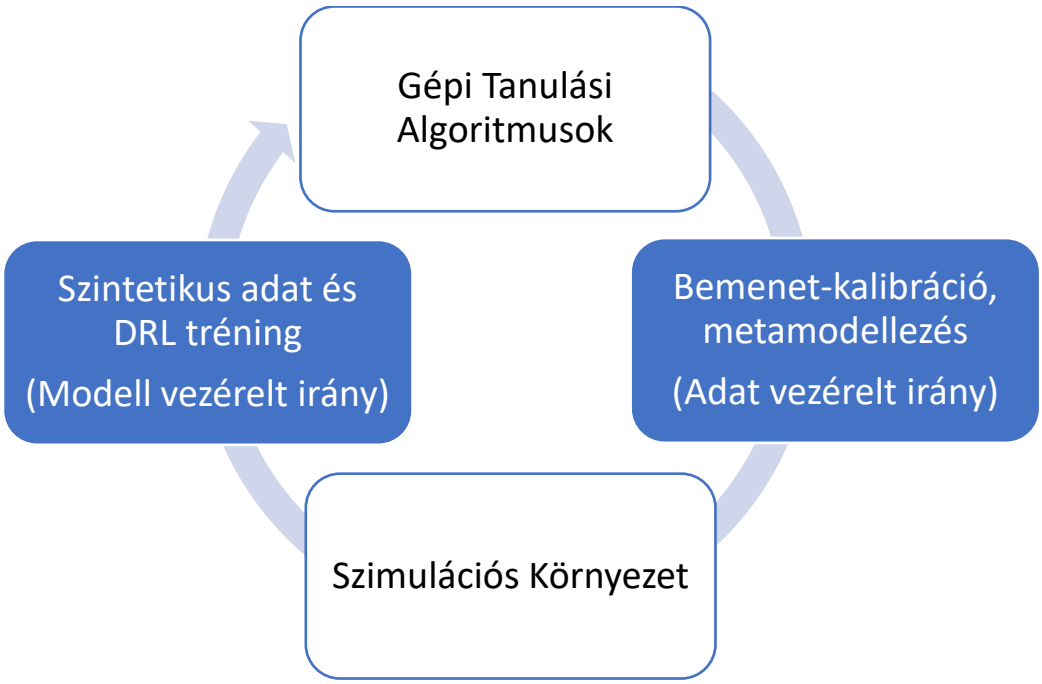
Alkalmazási területek a logisztikában:

- Dinamikus útvonaltervezés és flottairányítás: Raktáron belüli automatizált irányított járművek (AGV-k és AMR-ek) ütközésmentes, torlódáskerülő útvonalainak valós idejű újratervezése (Lee et al., 2024).
- Proaktív szűk keresztmetszet kezelése: A logisztikai csomópontokon (pl. tengeri konténerterminálokon) a torlódások előrejelzése és a kapukiosztás, vagy a daruerőforrások dinamikus átcsoportosítása, mielőtt a fizikai fennakadás bekövetkezne (Grigoryev, 2018).
- Prediktív karbantartás (Prediktive Maintenance): A szállítási és raktári infrastruktúra elemeinek (pl. konvejorpályák, targoncák) fizikai elhasználódási szimulációja a szenzoros rezgés- és hőmérséklet adatok alapján (Tao et al., 2018).

2.3.2.A gépi tanulás és a szimuláció szimbiózisa (Symbiotic Simulation)

A szakirodalomban korábban éles határvonal húzódott a szimulációs modellezés (amely oksági, deduktív, rendszerspecifikus szabályokon alapul) és a gépi tanulás (amely korrelációs, induktív, adatokból mintázatot felismerő módszer) között. A modern kutatások (Abar et al., 2017) azonban rávilágítottak, hogy a két megközelítés önmagában korlátokba ütközik; a szimuláció tiszta formájában túlzottan leegyszerűsítő vagy számításilag túl drága lehet, míg a gépi tanulási modellek „fekete dobozként" (black box) működnek, és hiányzik belőlük a fizikai/logisztikai rendszerek struktúrájának és törvényszerűségeinek megértése.

Ennek feloldásaként jött létre a Szimbiotikus Szimuláció és a Hibrid AI-Szimulációs keretrendszerek koncepciója (Abar et al., 2017; Monostori et al., 2016). A két terület integrációja két alapvető architekturális irány mentén valósul meg.



7. ábra: Szimulációs keretrendszerek architekturális megvalósulása

Forrás: Saját szerkesztés

A 7. ábra a szimbiotikus szimulációs keretrendszer architekturális ciklusát mutatja be, amely a gépi tanulás és a szimuláció kétirányú, egymást erősítő szimbiózisára épül. A jobboldali ágon látható az adatvezérelt irány. A gépi tanulási algoritmusok az adatintegrációs bemenetek dinamikus kalibrációját, valamint a nagy számítási igényű szimulációs modellek milliszekundumok alatt becslő metamodellek (surrogate modeling) betanítását. A baloldali ágon a modellvezérelt irány látható. A szimulációs környezet biztonságos, kontrollált tanítótérként szolgál az AI számára. Ebben az irányban a szimuláció fizikailag valószerű szintetikus adatokat generál a ritka peremhelyzetekről (edge cases), valamint biztosítja a mélymegerősítés tanulási (DRL) ágensek kockázatmentes tréningjét a fizikai rendszer veszélyeztetése nélkül.

1. Adat vezérelt támogatás: Gépi tanulás a szimulációs modellekben (AI-driven simulation)

Ebben a relációban a gépi tanulási algoritmusok a szimulációs modell pontosságát, hatékonyságát és adaptivitását hivatottak növelni.

- A bemeneti adatok automatizált kalibrációja (Imput data modeling): a hagyományos szimulációban a bemeneti változókat (pl. beszállítási átfutási idők, eladási volumenek, elromlási idők) elméleti valószínűségi eloszlásokkal írják le. A logisztikai valóságban ezen eloszlások paraméterei nem konstansak. A Machine Learning algoritmusok (XGBoost, LSTM hálózatok) képesek a környezeti tényezőket (időjárás, szezonalitás, promóciók) figyelembe véve dinamikusan előrejelezni a bemeneti paramétereket, és azokat közvetlenül betáplálni a szimulációs modellbe.
- Metamodellezés (Surrogate Modelling / Emulation): A komplex szimulációs modellek egyik legnagyobb korlátja a magas számítási kapacitás- és időigény (Abar et al., 2017). A szimbiotikus megközelítésben a szimulációs modellt többezer forgatókönyvön futtatják le, majd az így kapott bemenet kimenet papírok bemenet-kimenet párokon egy mély neuronális hálót (Deep Neural Network – DNN) tanítanak be. Ez a „surrogate model” a szimulációs viselkedést milliszekundumok alatt képes becsülni, lehetővé téve a valós idejű optimalizálást.

- Öntanuló szimuláció (Self-Adaptive simulation): A szimuláció futtatása során az ML-algoritmusok folyamatosan hasonlítják össze a szimulált kimeneteket a valós logisztikai rendszerekből érkező tényadatokkal. Eltérés esetén az AI automatikusan módosítja a szimulációs modell belső szabályrendszerét vagy logikai kapcsolatait (Monostori et al., 2016).

2. Modern vezérelt támogatás: Szimuláció a gépi tanulás szolgálatában (Simulation-trained Ai)

A fordított irányú integrációban a szimulációs modell szolgál biztonságos, kontrollált és korlátlan kapacitású tanítókörnyezetként a mesterséges intelligencia számára (Jackson, 2022).

A mély tanulási modellek (Deep Learning) működéséhez hatalmas mennyiségű adatra van szükség. A logisztikában a kritikus, ritka eseményekről (pl. globális ellátási lánc megszakadások, gépmeghibásodások, rendkívüli keresletkiugrások) nagyon kevés valós tényadat áll rendelkezésre. A szimulációs modellek képesek tetszőleges mennyiségű, fizikailag és statisztikailag valószerű szintetikus adatot generálni ezen peremfeltételek (edge cases) mentén az AI modellek felkészítésére (Abar et al., 2017).

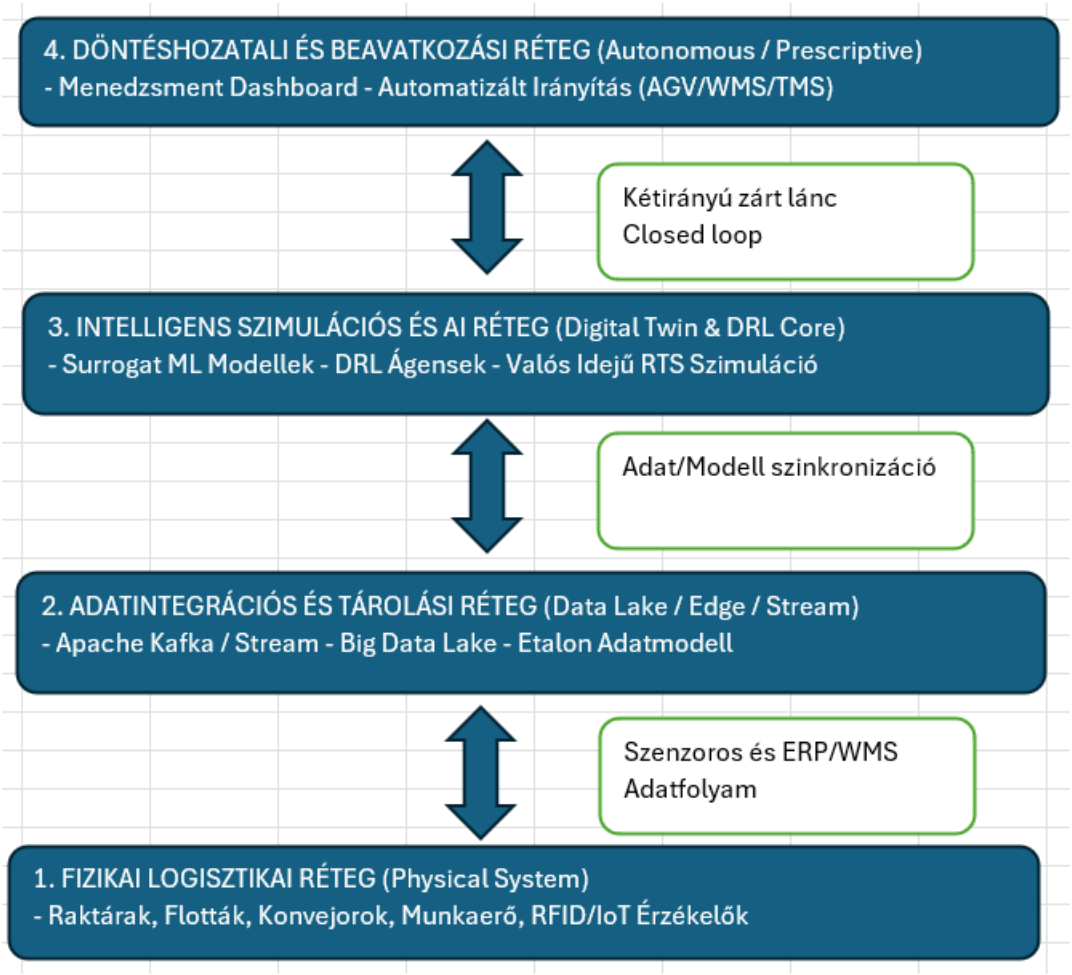
A modern logisztikai döntéshozatal egyik legígéretesebb területe a mélymegerősítéses tanulás (Jackson, 2022). A mélymegerősítéses tanulásban (Deep Reinforcement Learning – DRL) lévő ágens (agent) próbálkozások és jutalmazások (reward) alapján tanulja meg az optimális döntési stratégiát a Markov-féle döntési folyamatok (MDP) keretében. Mivel a fizikai logisztikai rendszerekben a próbálkozásos tanulás hibaforrása nem ritkán milliós kárral járhat, a tanulási folyamat teljes egészében a szimulációs térben (pl. AnyLogic, PyBullet) zajlik.

A DRL és szimuláció integrációjának gyakorlati példái:

Raktári árukiadási és szedési stratégiák: Az ágens szimulált környezetben tanulja meg az áruhely-kiosztás legoptimálisabb szabályait

Ellátási lánc készletirányítása (Multi-Echelon Inventory Control): Többszintű bizonytalan keresletű ellátási hálózatban a DRL ágens a szimuláció segítségével tanuja meg azokat a rendelési politikai küszöbértékeket, amelyek minimálisra csökkentik mind a készletezési költséget, mind a hiánykockázatot (Bullwhip-hatás csökkentése) (Ceniga–Sukalova, 2020; Straka et al., 2021).

Az integrált Digitális Iker és AI szimulációs architektúra a két tárgyalt terület szintéziseként a jövő logisztikai rendszereinek elméleti architektúrája egy négyrétegű kiber-fizikai modellben foglalható össze (Monostori et al., 2016; Tao et al., 2018):



8. ábra: Integrált Digitális Iker és AI-szimulációs architektúra

Forrás: Saját szerkesztés

A 8. ábrán látható négyrétegű kiber-fizikai architektúra a Digitális Iker és az AI-szimuláció teljes körű integrációját szemlélteti egy alulról felfelé építkező (bottom-up) szerkezetben:

1. Fizikai Logisztikai Réteg (1. szint): A rendszer alapja, amely megában foglalja a fizikai infrastrukúrát (raktárak, flotta, konvejorok) és az állapotjelző IoT/RFID érzékelőket.
2. Adatintegrációs és Tárolási Réteg (2. szint): A szenzoros és az ERP/WMS adatfolyamok valós idejű aggregációjáért (pl. Apache Kafka, Data Lake) és az etalon adatmodell fenntartásáért felel.
3. Intelligens Szimulációs és AI Réteg (3. szint): A rendszer elemző és döntéshozó magja (Core), ahol a valós idejű szimuláció (RTS), a surrogat ML modellek és a DRL ágensek futnak. Ez a réteg tartja fent az adat- és modellszinkronizációt a 2. réteggel.
4. Döntéshozatali és Beavatkozási Réteg (4. szint): A legfelső szint, amely a 3. réteg által generált döntéseket zárt láncú (closed-loop) módon visszacsatolja a fizikai tébe – automatizált irányításon (AGV, WMS, TMS) vagy menedzsment dashboardokon keresztül.

A szakirodalmi szintézis alapján megállapítható, hogy a szimuláció szerepe a logisztikai kutatásokban és a gyakorlatban alapvető paradigmaváltáson megy keresztül. A szimuláció már nem csupán egy statikus, a fizikai valóságtól elszigetelt elemző eszköz, hanem a fizikai rendszerrel valós időben együtt élő, a mesterséges intelligencia által folyamatosan tanított és visszacsatolt Digitális Iker (Grieves–Vickers, 2016).

Ez az átalakulás megköveteli a logisztikai kutatóktól és szakemberektől a klasszikus operációkutatási ismeretek, a kiber-fizikai rendszerek architektúráinak, valamint a gépi tanulási módszertanoknak a szimbolikus, integrált szemléletét.

2.4. Szisztematikus áttekintés

A jelenlegi tendenciák meghatározása érdekében szisztematikus áttekintés alkalmazását választottam. Az egyik célkitűzésem az volt, hogy feltérképezzem a kapcsolódó publikációk jelenlegi állapotát és azonosítsam a szakterület főbb összefüggéseit, ezért egy PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) irányelveket vettem alapul. Módszertanomban a naprakész PRISMA 2020, valamint a keresési stratégiák átláthatóságát biztosító PRISMA-S útmutatásokra támaszkodtam (M. L. Rethlefsen–Page, 2022). A szakirodalom szerint a felülvizsgálat elkészítésének a tanulmány terjedelmétől és tárgyától függően különböző megközelítései léteznek:

- gyors értékelés (Tricco et al., 2015, 2016);
- szisztematikus áttekintések (Higgins–Green, 2008);
- és élő szisztematikus áttekintések is (Elliott et al., 2017).

A bibliometriai elemzés mellett döntöttem, mert a bibliometriai módszerrel objektívan nyomon követhető és értékelhető a tudományok és technológiák fejlődése (Osareh, 1996). Ennek megfelelően a bibliometriai megközelítést alkalmaztam a szimulációs trendek és az ellátási láncok kapcsolatában rejlő kutatási hiányosságok vizsgálatára. A bibliometria az írott tudományos eredmények számszerűsítésére szolgál: a statisztikai adatok empirikusan nem csak a tudományos eredmények minőségére utalnak, hanem a tudományos érdeklődés megbízható evolúciós változásaira is. A szakirodalmi konszenzus szerint ez az egyik legelismertebb mutató a tendenciák értékelésére (Ball, 2017).

Ebben a megnövekedett cikkszámban nyilvánvalóan kiemelkedő szerepet játszik a számítógépek és az internet technológiai fejlődése, de azóta az ellátásilánc-menedzsment fogalma is fejlődött és jelentősen átalakult. A technológiai fejlődésnek és az új programozási módszereknek - például az objektumorientált szimulációs modellezésnek - köszönhetően a szakemberek összetettebb kérdésekre válaszoló szimulációkat hoztak létre. Másrészt a globális piac nyitottabbá válásával a vállalatok közötti verseny is élesedett (Yeniyurt et al., 2005). Így a vállalatokon belüli folyamatok is összetettebbé váltak: a logisztikai folyamatok átlépték a vállalati határokat, egymással összekapcsolódva komplex hálózatot alkottak, és bonyolultabb ellátási láncokat alakítottak ki (Avelar-Sosa et al., 2014). Emellett az ellátási láncok rohamosan növekvő jelentősége megalapozta a modern ellátásilánc-menedzsmentet (Szász–Demeter, 2017).

Waltman (Waltman, 2016) három fő bibliometriai elemző adatbázis, nevezetesen a Web of Science (WoS), a Scopus és a Google Scholar együttes használatát javasolja. A WoS emellett kifinomult algoritmusok alapján rangsorolja a releváns idézeteket (Rovira et al., 2018). Ahhoz, hogy a lekérdezést jól definiáljuk, a keresési feladatoknak elég világosnak és specifikusnak kell lenniük ahhoz, hogy a két szegmens közötti kapcsolatra összpontosítsanak, ugyanakkor elég általánosnak is kell lenniük ahhoz, hogy a kapcsolatok széles skáláját mutassák meg (Beatty, 2017).

2.5. Kutatási téma a tudományos paradigmák tükrében

A szimuláció pályája mélyreható átalakuláson ment keresztül, és a matematikai és analitikus formalizmusokban gyökerező kezdeti szakaszából a minőségi építészeti és biológiai folyamatok bonyolultságának felölelése felé fejlődött, ezáltal alakítva a komplex rendszerekben az entitások viselkedésének megértését (Carley, 1999). Kezdetben a szimulációs módszerek túlnyomórészt

kvantitatívak voltak, matematikai egyenleteket és analitikus modelleket használtak a valós világ jelenségeinek leegyszerűsített változatainak ábrázolására (Wagtendonk, 2003). Ezek a korai szimulációk, amelyek gyakran számításigényesek és a rendelkezésre álló feldolgozási teljesítmény által korlátozottak voltak, értékes eszközként szolgáltak a rendszerek viselkedésének előrejelzésére bizonyos körülmények között, különösen olyan területeken, mint a fizika és a mérnöki tudományok (Keane–Mourshed, 2005). A számítási képességek fejlődésével párhuzamosan a szimulációs technikák kifinomultsága és alkalmazási köre is fejlődött, lehetővé téve a bonyolultabb rendszerek feltárását és a minőségi szempontok integrálását a modellezési folyamatba (J. Chen–Pratt, 2012).

Az ágensalapú modellezés megjelenése jelentős paradigmaváltást jelentett, lehetővé téve a kutatók számára, hogy autonóm entitásokból álló rendszereket szimuláljanak, amelyek mindegyike saját viselkedéssel és célokkal rendelkezik (Macal–North, 2006). Ez a megközelítés megkönnyítette az emergens jelenségek tanulmányozását, ahol a rendszer kollektív viselkedése az egyes komponensek kölcsönhatásaiból adódik. Az ágensalapú modellek különösen alkalmasak a döntéshozó entitások eredendő heterogenitásának megragadására (Helbing–Grund, 2013). Alkalmazásai az ősi civilizációk modellezésétől az új piacok tervezéséig terjednek (North et al., 2010).

A minőségi építészeti megfontolások integrálása a szimulációs modellekbe tovább bővítette azok alkalmazhatóságát, lehetővé téve a térbeli és szerkezeti kapcsolatokkal jellemezhető komplex rendszerek elemzését és optimalizálását. Ezek a modellek ágensek, ágenskapcsolatok és a környezet köré épülnek (Aghaie–Heidary, 2019). Ezek az építészeti szimulációk olyan területeken hasznosíthatók, mint a várostervezés és a logisztika, ahol az entitások és erőforrások térbeli elrendezése jelentősen befolyásolja a rendszer teljesítményét. Ezeknek a forgatókönyveknek a szimulálása lehetővé teszi a különböző stratégiák tesztelését a megvalósítás előtt. Ez a képesség lehetővé teszi az érdekeltek számára, hogy virtuális környezetben értékeljék a különböző stratégiák és beavatkozások hatékonyságát, megkönnyítve a megalapozott döntéshozatalt és az erőforrások elosztását a valós világbeli bevezetés előtt (Helbing–Grund, 2013).

A biológiai folyamatok szimulációs modellekbe való beépítése egy másik kulcsfontosságú fejleményt jelent, amely lehetővé teszi a kutatók számára, hogy az élő rendszerek dinamikáját különböző léptékekben vizsgálják, a molekuláris kölcsönhatásoktól az ökoszisztéma viselkedéséig. Ezek a szimulációk felhasználhatók annak megértésére, hogy a különböző összetevők hogyan lépnek kölcsönhatásba egymással. E technikák alkalmazásával a kutatók példátlan betekintést nyertek a biológiai rendszerek széles körének viselkedésébe, a molekuláris hálózatoktól kezdve a teljes ökoszisztémákig (Bora et al., 2018). A szimuláció ma már az orvosképzés alapvető eleme, amely lehetőséget biztosít a hallgatóknak arra, hogy biztonságos és ellenőrzött környezetben gyakorolják és finomítsák készségeiket (Moslehi et al., 2022).

A szimulációk rendkívüli fejlődésen mentek keresztül a kezdetleges programozott viselkedésformáktól a fejlett forgatókönyv-elemzés által támogatott kifinomult intelligens rendszerekig köztük a digitális ikrekig (Silva et al., 2010). A fejlett számítási teljesítmény és az innovatív algoritmusok megjelenésével a szimulációk túlléptek kezdeti korlátaikon, és olyan intelligens alapú viselkedéseket öleltek fel, amelyek a valós világ komplexitását kiemelkedő pontossággal képzik le (Yang et al., 2025).

Ezek a fejlesztések ösztönözték a digitális ikrek, a fizikai eszközök, folyamatok vagy rendszerek virtuális másolatainak kifejlesztését, amelyek páratlan pontossággal tükrözik valós társaikat (Macal–North, 2014). A digitális ikrek dinamikus virtuális reprezentációként szolgálnak, valós

idejű megfigyelési, szimulációs és optimalizálási képességeket kínálnak, ezáltal átalakítják a döntéshozatali folyamatokat a különböző iparágakban (Bora et al., 2018). Az ágensalapú szimulációs modellek képesek reprodukálni egy szervezet tagjai közötti vagy különböző szervezetek közötti kölcsönhatásokat egy mesterséges környezetben, ahol az ágensek döntéseket hoznak és kommunikálnak egymással (Fioretti, 2013). Ezek a kölcsönhatások vizualizálhatók és elemezhetők annak megértése érdekében, hogy a különböző döntések hogyan hatnak a szervezet általános teljesítményére (Aghaie–Heidary, 2019).

Napjainkra a szimuláció még összetettebb problémák megoldására képes, amihez új módszereket fejlesztettek ki (Goldsman et al., 2010; Hollocks, 2017). Sőt, az előrejelzések szerint a szimuláció problémamegoldó és kísérletező képességei a közeljövőben egyre fontosabbá válnak majd (Levine et al., 2013). Az ellátásilánc-menedzsment elismertsége is egyre fontosabbá vált a vállalati életben. Az ellátásilánc-menedzsment fejlődött, és ma az ellátási láncot valódi értékteremtési lehetőségként ismerik el, amely új vevői elégedettséget hozhat létre (Balogh, 2023; Szász–Demeter, 2017; Xu et al., 2022).

2.6. Q-módszertan

A Q-módszert először William Stephenson angol pszichológus/fizikus írta le 1935-ben megjelent cikkében (Stephenson, 1935), mint a szubjektív nézőpontok vizsgálatának eszközét, amely módszerről könyve is megjelent néhány évvel később 1953-ban (Stephenson, 1953).

A vizsgálat bizonyos szempontból átmenet a kvalitatív és a kvantitatív kutatás között. A Q-módszert az attitűdök és vélemények szubjektív jellegének hangsúlyossága miatt inkább a kvalitatív kutatási módszerek közé sorolják. Ebben az értelemben a Q-módszert elsősorban a vélemények, attitűdök/beállítódások és értékrendszerek felderítésére használják (Hofmeister Tóth–Simon, 2006). Az eredmények kiértékelésére azonban a Q-módszer kvantitatív elemzéseket is alkalmaz: ilyen a korreláció, vagy faktorelemzés, amelynek a típusképzés, vagy a szisztematikus elemzés a célja (S. R. Brown, 1996).

A Q-módszertan szerinti faktorelemzés lényege, hogy – szemben a klasszikus R-módszertannal – nem objektív, általánosítható összefüggések feltárására törekszik, hanem az egyének (szubjektív) nézőpontjait vizsgálja, azonosságokat és különbözőségeket keresve közöttük (Parádi-Dolgos et al., 2023). A Q és az R módszertan közötti lényeges különbségek a Q-módszertan szubjektív természete, és a korreláció és csoportképzés. Az R módszertan az objektív változók közötti kapcsolatot (S. R. Brown, 1984), míg a Q-módszertan az egyének szubjektív nézőpontját vizsgálja és keresi a köztük lévő azonosságokat (Hofmeister Tóth–Simon, 2006).

A módszer fő célja, hogy nézőpontokat identifikáljon a beállítódás, az attitűd vagy a (vásárlói) magatartás alapján, ami által segíti az egyének véleményének azonosítását egy adott témában (S. Brown et al., 2007; S. R. Brown, 1996; Póka et al., 2025).

A Q-módszernél az egyének és véleményük nem elválasztható (a mérés és jelentés), az csak együtt értelmezhető. Fő célja egy dologgal/tárggyal, - jelen kutatás esetében a vizuális szimuláció alkalmazásával a logisztika területén – szembeni szubjektív nézőpontokból típusokat képezzen.

A Q-módszer szintén faktoranalízist használ, de ebben az esetben a válaszadók kerülnek véleménycsoportokba, faktorokba, a véleményük hasonlósága, vagy különbözősége alapján (McKeown–Thomas, 1988).

A Q-módszertannal a vizsgált alanyok száma korlátozott, amely 10-50 fő között lehet, akik a téma szakértői, vagy a témában érintettek lehetnek (S. R. Brown, 1996; Louah et al., 2017).

A vizsgálatban résztvevők a vizsgálat tárgyáról kapott állításokat rangsorolják előre meghatározott módon annak függvényében, hogy mennyire értenek egyet az állítással. A végeredményt nem a válaszokból összesített eredmény adja, nincs rá elfogadott határérték, hanem a véleménycsoportok és a kapcsolatok dinamikus mintázata adja.

A vizsgálat során a Q-készlet kártyáit kvázi-normál eloszlás szerint sorolják be a vizsgálat alanyai (Hofmeister Tóth–Simon, 2006; Watts–Stenner, 2012a). A vélemények eloszlásánál az átlagosan megfigyelhető normál eloszlást alapul véve a válaszadóknak egy előre elkészített dimenziókba (slotokba) kell beszorítaniuk a kapott állításokat, annak függvényében, mennyire tartják azokat pozitívnak vagy negatívnak. Ezt követően pedig nem a válaszok összértékét kell megvizsgálni, hanem a hasonlóan gondolkodó válaszadók csoport eloszlásait. A vizsgálat során lehetőség nyílik a különböző véleménycsoportok azonosítására, melyeken belül hasonló gondolkodásmód azonosítható.

A Likert-skálás kérdőívekhez hasonlóan a válaszadók egy értékskálán jelölik meg egyetértésüket az egyes állításokra vonatkozóan. Az értékelési tartomány egy pozitív és egy negatív végpont között található, ahol a pozitív végpont a tökéletes egyetértést, míg a negatív a tökéletes egyet nem értést jelenti (Shayan, 2014). A felmérés során a kényszerített válaszadás normál eloszlást követ, így az értékelőskála részeihez meghatározott számú állítás társítható, ami azt jelenti, hogy a két szélső értéknél kevesebb, míg a nullánál több.

A normál eloszlás laposabbra vételét matematikailag az indokolja, hogy a válaszadók hajlamosabbak inkább a szélsőségek irányába elmozdulni, mint a statisztikai normál eloszlás (Póka et al., 2025). A Q-készlet kialakításánál, vagyis az előre elkészített állításhalmaz, alapkövetelmény, hogy minden releváns vélemény megjelenjen, amelyek elkészítésének alapja lehet tartalomelemzés, interjú, szakirodalmi kutatás idézve, vagy különbségek kiemelve (Horváth et al., 2020).

A Q-módszer során kapott válaszok kiértékelése faktoranalízissel és korrelációelemzéssel történt meg.

A Q tanulmány hat lépésből áll: (1) a kutatási kérdés meghatározása; (2) a Q-készlet megtervezése; (3) a résztvevők kiválasztása; (4) a Q-szortiment beadása; (5) faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel; és (6) a faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése (Stevenson, 2019). Disszertációmban ezt a hat lépést követve készítem el a Q-módszeres elemzést a szimulációk és logisztika témakörök vizsgálatával kapcsolatban.

A kutatási kérdés meghatározza a vizsgálat körét és módját (Thuan et al., 2019). A Q-készlet az állítások azon halmaza, amelyet a vizsgálatban résztvevő egyéneknek el kell helyezniük az előre meghatározott koordinátarendszer szabad mezőibe (slotjaiba).

A Q-készlet elkészítésére a szakirodalom több lehetőséget is felsorol, az állítások forrása alapján három Q-készlet különböztethető meg (Hofmeister Tóth–Simon, 2006):

- Természetes minta: A megkérdezettektől származó írásbeli és szóbeli állítások kiválasztásán alapszik (McKeown–Thomas, 1988). A Q minta állítások alapját szolgálhatják narratív interjúk, csoportbeszélgetések, hétköznapi vélemények, vagy akár megfigyelések is (S. R. Brown, 1993);
- Kész (ready made) minta: Az állítások nem a megkérdezettektől származnak, hanem más empirikus kutatásból;
- Standardizált minta: A politika-, pszichológiatudományok területén alkalmazzák, amikor standardizált személyiségteszteket vagy értéklisták felhasználásával készítik el a Q mintát.

Tartalmilag az állításoknak le kell tudniuk fedni a kutatás során vizsgált témában fellelhető különböző véleményeket, akár pozitív, negatív vagy semlegesek. Ami az állítások mennyiségét illeti, a szakirodalomban nincs rá szigorú előírás, általában 40-80 közötti számról beszélhetünk, ami elegendő varianciát biztosít, mégsem terheli meg a válaszadókat túlzottan (Stevenson, 2019). A válaszadók és az állítások arányára a szakirodalom sem tért ki egészen 2009-ig, amikor Webler és szerzőtársai tanulmányukban kifejtik, hogy a faktorelemzés során keletkező statisztikai hiba és a félreértelmezések előfordulásának csökkentése érdekében a kutatásban résztvevő válaszadók és az állítások száma közötti arány 1:3-1:2 közé ajánlott esnie (Danielson et al., 2009).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kutatási munkafolyamat részei

A kutatás két fő szakaszra tagolódik, melynek első felében a vizuális szimulációk és a logisztika kapcsolatát tárom fel. Az előző néhány év szakirodalmát tekintem át a logisztika és a szimulációk vonatkozásában, amely alapján szisztematikus áttekintésen keresztül a téma feldolgozottságát és jelentőségét vizsgálom meg. A kutatás továbbfejlesztéséhez elsődlegesen a téma jelenlegi szakirodalmi feldolgozottságát és főbb irányvonalait szükséges feltárni.

Kutatásom második részében primer kutatásként a társadalomtudományokban már régóta használt Q-módszertani elemzést végzem el, amelynek alapját a szakirodalmi áttekintés adja. A felmérés olyan szakemberek segítségével történik, akik logisztikai vállalatok vezető döntéshozói pozícióiban vannak, különböző iparágakban, viszont hasonló kihívásokkal néznek szemben.

A kutatási módszertan részei:

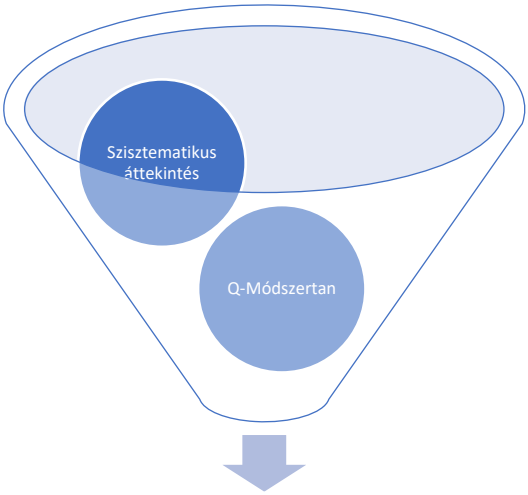
- A releváns szakirodalmi adatbázis összeállítása és elemzése a hipotézisek megalapozásához;
- Primer kvalitatív/módszertani kutatások elvégzése, valamint az adatok feldolgozása megfelelő statisztikai eljárásokkal.

A vizsgálat multinacionális cégekre terjed ki, melynek lényege, hogy nem a hazai vállalatok, illetve hazai gazdasági környezet és lokális problémák feldolgozását szeretném bemutatni, hanem olyan általános érvényű összefüggéseket, illetve logisztikai lehetőségeket mutatok be, amely bármely vállalat számára hasznosak lehet.

3.2. A kutatás módszertana

Jelen fejezetben a két fő kutatási módszertan kerül bemutatásra, amelyre a disszertációm épül. A szisztematikus áttekintés során meghatározásra kerül a kutatás kiindulási állapota és a lehetséges továbbfejlesztési irányok, majd a kvalitatív módszer segítségével különböző nézőpontok bemutatására nyílik lehetőség. E két módszertan lépéseit veszem sorra e fejezetben, amik a kutatási kérdésekre adott válaszokat, a hipotézisek megítélését és a kutatás eredményét is meghatározzák.

A két kutatási módszertan a dolgozatomban kiegészíti egymást és komplexebb, átfogóbb képet nyújt a logisztika és a szimuláció témakörének kapcsolatáról. Egyrészről a szisztematikus áttekintés segítségével bemutatom a releváns szakirodalom által a két téma közös metszéspontját, publikációk számát és különböző módokon elemzem azokat, míg a másik oldalon a Q-módszertannal a logisztikai felsővezetők véleményét térképezem fel, és a véleménycsoportok meghatározása után látható lesz, hogy ezek a felsővezetők hogyan viszonyulnak a szimulációk alkalmazásához a cégük működése során. Ilyen módon szükséges mindkét elemzést elvégeznem, hogy az elméletet és a gyakorlatot egymás mellé tudjam állítani.



9. ábra: A disszertáció kutatási folyamata

Forrás: Saját szerkesztés

3.3. Szisztematikus áttekintés

A disszertációban bemutatott elemzés egy szisztematikus áttekintés, amely a kutatás későbbi frissítéseivel élő szisztematikus áttekintési keretté bővíthető.

Továbbá, a célkitűzésben meghatározott átfogó szakirodalmi áttekintés érdekében többszintű bibliometriai elemzést végeztem el a szimuláció és az ellátási lánc témakörében. A jobb szemléltetés és a gyorsabb megértés érdekében szabványos kördiagramokat és ábrákat használtam, kiegészítve tudományos Web of Science infografikával.

A szisztematikus áttekintés elvégzéséhez kiterjedt adatgyűjtést kell végezni, amelynek időkeretét pontosan meg kell határozni. Az időkeret meghatározása nagyrészt a vizsgált alaptémák előrehaladásának mérföldkövein alapul. Kutatásom alapján többek között 1979-ben jelent meg az egyik legelső tudományos publikáció az alkalmazott számítógépes szimulációról egy kőolajipari ellátási lánc problémájával kapcsolatban (Ko et al., 1980). Ebben a szerzők egy komplex kihívást oldottak meg számítógépes szimuláció segítségével. 1979-től napjainkig a szimuláció és az ellátási láncok témakörében a keresztreferenciák száma folyamatosan nőtt, az 1979-es 1 db-ról 2022-re 3395-re.

A kutatáshoz a Web of Science (WoS) adatbázisból származó adathalmazt használtam fel. A WoS nagyon nagy terjedelmű tanulmányokat és cikkeket tartalmaz különböző területeken, amelyeket széles körben megbízható referencia- vagy könyvtári gyűjteményként ismernek el. A forrás másik előnye, hogy az adatbázisban található összes cikknek legalább a kivonatát meg lehet tekinteni, és részletes információkat nyújt a tanulmányokról, ami megkönnyíti a keresési eredmények szűkítését, így a másodlagos kutatás egyszerűbbé és hatékonyabbá válik. Végül a WoS az egyik legnagyobb irodalomgyűjteménynek tekinthető, amelyet a különböző tudományterületeken a szisztematikus irodalmi áttekintés készítésére használnak. Nem utolsó sorban a szimuláció és az ellátási lánc témakörei is szerepelnek benne. Ahhoz, hogy a vizsgálat szempontjából releváns és jó eredményt kapjak, rendkívül átgondoltan kell meghatározni a keresési lekérdezést, hogy a meghatározott kulcsszavaknak megfelelő mennyiségű cikk álljon rendelkezésre a különböző alkalmazási területekről.

Mintavételi terv:

A keresési eredmények először nem voltak korlátozva évszám, szerző és témakör szerint, de a második körben az eredmények alapján az 1995 előtti évek eredményei kikerültek a keresésből, a nem releváns egészségüggyel kapcsolatos témakörökkel együtt. Az összes említett okot figyelembe véve a lekérdezést a 5. táblázatban foglaltak szerint határoztam meg:

5. táblázat: A WoS-adatbázisra vonatkozó lekérdezések a Boolean operátorok használatával a kiválasztás előfázisaként

Nr	Kulcsszavak	Eredmények száma	Döntés
1	ALL=((("logistic" or "supply chain") and ("simulation" or "visual")))		Finomított
2	ALL=((("logistic" or "supply chain" or "supply chain management") and ("simulation" or "visual simulation" or "modelling")))		Finomított
3	ALL=((("logistic" or "supply chain" or "supply chain management" or "scm") and ("simulation" or "visual simulation" or "modelling" or "agent")))		Kiválasztott

Forrás: (WoS adatbázis), Saját lekérdezések

Ez a lekérdezés a WoS tudományos könyvtár segítségével valósult meg, és az ellátási lánc és a szimuláció közötti kapcsolat feltérképezésére összpontosított. A lekérdezésben a keresés a cikkek alapadatára terjedt ki: címek, összefoglalók és kulcsszavak alapján. A keresés először nem volt korlátozva dokumentumtípusok szerint, így minden konferenciaelőadást, folyóiratot stb. átvizsgáltam, majd a felesleges duplikációk elkerülése érdekében kizártam a recenziós cikkeket. A keresési eredmények kezdetben nagyon széles körűek és változatosak voltak, 31 580 tudományos cikket azonosítottam, amelyeket le kellett szűkíteni. A keresési folyamat eredményének finomítása és rendszerezése után ez a szám 30 804-re csökkent, ami 776 cikk kiesését jelentette. Ezt követte a harmadik szakasz, ahol a rekordokat a témával és a vizsgálat céljaival kapcsolatos relevanciájuk alapján azonosítottam. A tudományterületek szerint irreleváns, valamint az 1995 előtt megjelent cikkeket kizártam, így a fennmaradó rekordok száma mindössze 5723 cikk volt. Ezt a folyamatot az 6. táblázat mutatja be.

6. táblázat: Összefoglaló táblázat a szisztematikus áttekintéshez szükséges rekordok kereséséről, finomításáról és osztályozásáról

Szakaszok	*Lépések*	*Leírások*	*A rekordok száma*
Keresés	Cikkgyűjtemény	Web of Science	31 580
Finomítás	Adatszűrés-1	Az összefoglaló cikkek kizárása	30 804
	Adatszűrés-2-3	A cikkek kizárása a nem releváns területek és a megjelenés éve szerint	5 723
Osztályozás	Exportálás, rendszerezés és kategorizálás	Cikkek klaszterekbe sorolása	5 723

Forrás: Saját szerkesztés.

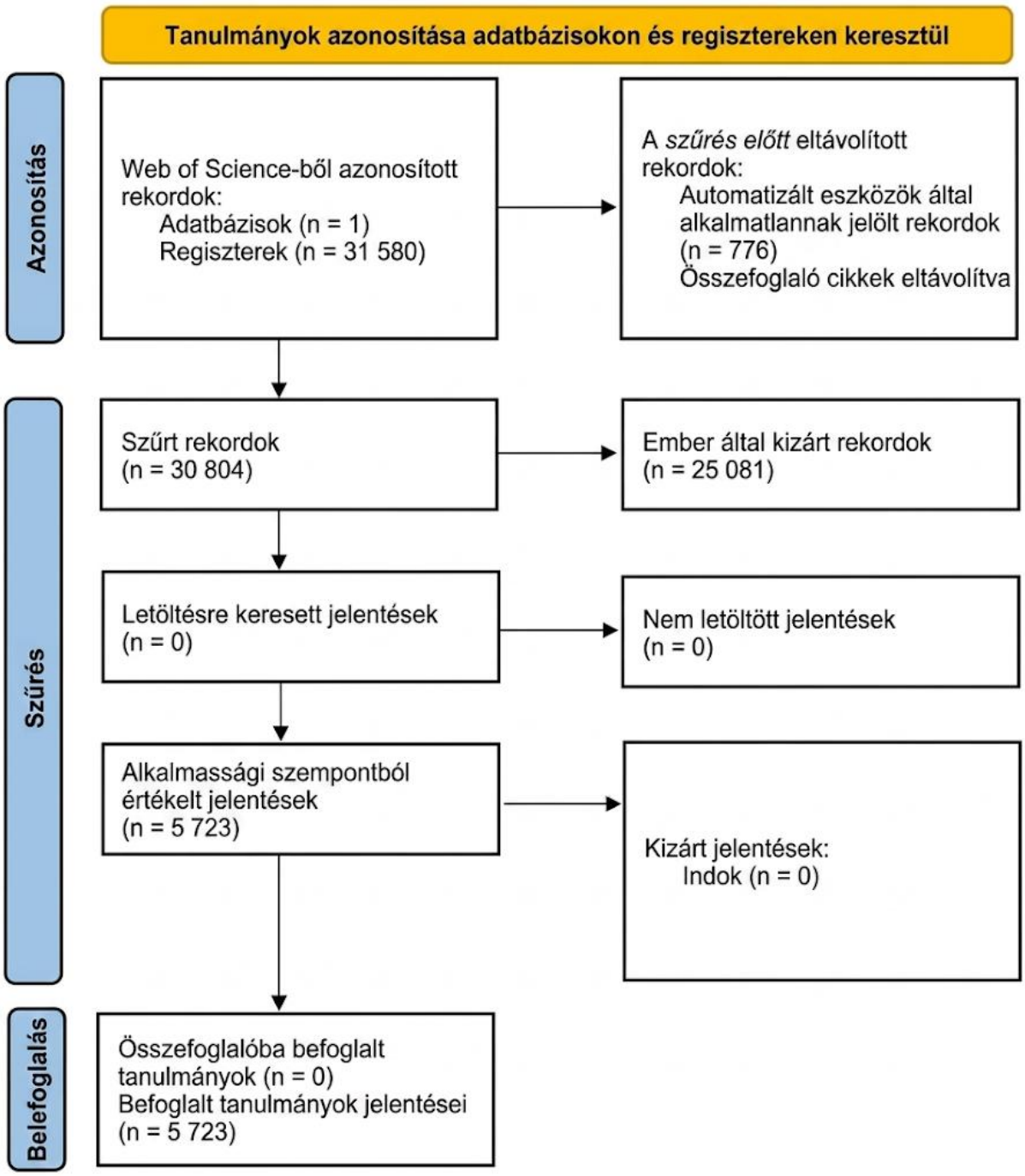
A szisztematikus áttekintés felépítésénél és módszertanánál a következő logikai menetet követtem:

- Adatgyűjtés
- Elemzés
- Eredmények értékelése
- Következtetések levonása

3.3.1.Adatgyűjtés

Az adatgyűjtést a 3.3. fejezetben leírtaknak megfelelően, a Web of Science digitális könyvtárát használva, kulcsszavas kereséssel végeztem el (5. és 6. táblázat). A keresés során 31 580 rekordot azonosítottam. Az adatok szűrését és rendszerezését követően végül egy 5723 műből álló adatbázis jött létre, amelyet a következő fejezetben elemeztem.

A PRISMA folyamatábra szerkezetét követve (10. ábra) a finomítási lépések a következők: azonosítás, szűrés és belefoglalás az ábrán látható sorrendben. Az összegyűjtött adatsort úgy finomítottam és szűkítettem, hogy a végleges minta kizárólag a kutatási céloknak és kérdéseknek megfelelő tanulmányokat tartalmazza. A végső szakaszban az adatgyűjtés az első lekérdezésből származó 31 580 rekordból 5723 cikkre csökkent. Az adatok szűrését és a rekordok kezelését R-bibliometrix, VOSviewer és WordCloud programok segítségével végeztem el. A manuális szűrés során a cikkek kizárása elsősorban a címek és kivonatok tartalmi ellenőrzése alapján történt. Az adatgyűjtés utolsó frissítésének időpontja 2023. május 7-e volt.



10. ábra: A vizsgálat PRISMA folyamatábrája

Forrás: (Liberati et al., 2009; M. Rethlefsen et al., 2019)

3.3.2.Elemzés

Az adatgyűjtést az elemzés követi. A korábban gyűjtött adatokra alapozva az elemzés két fő szintre terjed ki (Kabil et al., 2021). A fő szintek 7 alelemzési kategóriát tartalmaznak, amelyek segítségével megválaszolhatók a jelen tanulmány kérdései. Az elemzés szintjeit a 7. táblázat mutatja be.

7. táblázat: Az elemzések szintjei a szisztematikus áttekintésben

Az elemzések szintjei	*Az elemzések alszintjei*
Alapvető információk	Tudományos termelési elemzések
	Forráselemzések
	Rekord típusú elemzések
	Tanulmányterületi (tudományági) elemzések
Alapvető tartalom	Kulcsszóelemzések
	Elméletelemzések
	Szerzői elemzések

Forrás: saját szerkesztés a következő adatok alapján (Alreahi et al., 2023; Kabil et al., 2021)

Az összegyűjtött rekordok elemzése az alapvető információszintű elemzésekkel kezdődik, amelyek négy különböző részelemzési szintet foglalnak magukban, ezek a következők: tudományos termelés, forrás, rekordtípus és tudományterületi (tudományági) elemzés. Ezzel az elemzési szinttel a tanulmány az ellátási lánc és a szimuláció közötti kapcsolat jelenlegi állapotára fókuszál.

A szisztematikus és bibliometriai elemzés által feltárt szakirodalmi mintázatok és rejtett összefüggések leírása után a kutatás második, primer szakaszában a szakterületi szakértők egyéni nézőpontjainak mélyebb feltárására kerül sor. Ezt a célt szolgálja a disszertáció kvalitatív kutatási modulja.

3.4. Kvalitatív kutatás

Primer kutatásomként Q-faktoros elemzést választottam, amely módszer kezdetben inkább a pszichológiában és a politikatudományokban terjedt el angolszász kutatásokban. Hazai tudományos művekben viszonylag új módszernek tekinthető, csak a 21. században jelent meg. A következőkben a kvalitatív adatgyűjtést követő kvantitatív struktúrafeltáró módszereket mutatom be.

3.4.1. Alkalmazott módszerek a kvalitatív kutatás során

A Q-módszertan segítségével feltárt szakértői attitűdök és véleménymintázatok strukturált elemzéséhez a következő alfejezetben ismertetett statisztikai eljárásokat alkalmazom.

3.4.2. Faktoranalízis

A faktoranalízis egy olyan sokváltozós módszer, amelynek segítségével egy változószett dimenzióinak számát tudjuk redukálni, oly módon, hogy az egymással korreláló változókat egy csoportba, míg a nem korrelálókat külön csoportba vonjuk (Molnár, 2017).

Feltételezzük, hogy a vizsgált változók némelyike korrelál egymással, és a nem megfigyelhető faktorok kombinációjaként előállíthatók. Az eredeti változók súlyának megoszlása lehetőséget biztosít a komponensek közötti rejtett kapcsolatok feltárására. Így a lényeges információk elvesztése nélkül alacsonyabb dimenziószámú térben végezhető el a stratégiai elemzés.

A faktoranalízishez metrikus változókból indulunk ki, amelyekről feltételezzük, hogy köztük multikollinearitás áll fent, - vagyis két vagy több magyarázó változó között szoros lineáris regressziós kapcsolat van – ugyanis változók közötti kapcsolat nélkül nincs lehetőség hasonló változókat találni és azokat közös faktorba tömöríteni.

Az elemzés célja a rejtett dimenziók azonosítása, amellyel a kutatás során kapott válaszok közötti rejtett korrelációk feltárhatók.

A faktoranalízis előfeltétele a minta homogenitása, mert a faktorelemzésnél azt feltételezzük, hogy a variancia a teljes minta során megegyezik. A faktorelemzéshez főkomponens-elemzést alkalmazok, hogy a strukturális kapcsolatokat felfedezzem a változók között.

Ezen feltételek vizsgálatára, és hogy megállapítható legyen az adatokról, hogy alkalmasak az analízis elvégzésére KMO, azaz Kaiser-Meyer-Olkin tesztet végzek el, amellyel a változók korrelációmátrixának elemzését lehet elvégezni és az átlagos korreláció mértékére utal. (Kaiser, 1974) Elfogadható értéke 0,6 feletti.

A második módszer a változók vizsgálatára a Bartlett-próba, amely azt vizsgálja, hogy az alapsokaság korrelációs mátrixának főátlón kívüli elemei csak a véletlen miatt térnek-e el a nullától (Bartlett, 1992). A vizsgálat célja a H0 hipotézis elutasítása ($p<0,05$). A Kaiser-Meyer-Olkin 0,6 és a Bartlett 0,05 küszöbértékek általánosan elfogadott értékek a társadalomtudomány területén.

3.5. A kutatás struktúrája

Kutatásom során a különböző véleménycsoportok megismerésére koncentrálok, amelyhez a Q-módszertan biztosítja az utat. A kutatásom struktúrájának alapjául a nemzetközi és hazai források is hasonló eljárás és felépítést javasolnak (Hofmeister Tóth–Simon, 2006; Parádi-Dolgos et al., 2023; Stevenson, 2019):

(1) a kutatási kérdés meghatározása;

(2) a Q-készlet megtervezése;

(3) a résztvevők kiválasztása;

(4) a Q-szortiment adatok begyűjtése;

(5) faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel; és

(6) a faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése.

A Q-módszertani elemzés fent említett hat lépéséből az első négyet (a kutatási kérdés meghatározása, a Q-készlet megtervezése, a résztvevők kiválasztása, és a Q-szortiment adatok begyűjtése) itt az anyag és módszer fejezetben mutatok be, míg az utolsó kettőt (faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel és a faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése) az eredmények részben fejtek ki, amelynek az oka az, hogy véleményem szerint logikailag így sokkal érthetőbb a dolgozat felépítése.

A következőkben a módszertani folyamat első négy lépésének részletes ismertetése következik:

3.5.1. A kutatási kérdés meghatározása

A kutatási kérdés meghatározása nagyon fontos a teljes kutatás szempontjából, mivel azok felvetése alapvető lépés a kutatás irányításához.

A kutatási kérdés két fő pillérre épül:

- egyrészt a döntéshozói és szakértői álláspontok szisztematikus feltárására és felmérésére,
- másrészt a kapott véleményekből kirajzolódó mintázatok, véleménycsoportok és összefüggések azonosítására.

3.5.2.Pilótakutatás

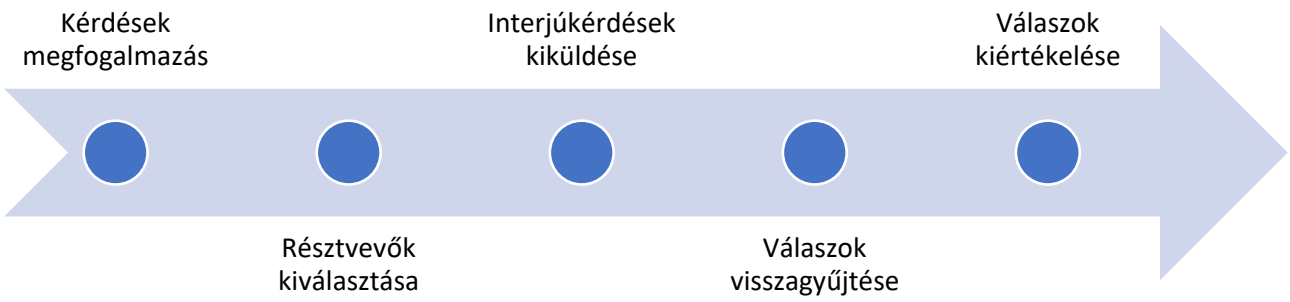
A kutatásom során a Q-készlet kialakítására a természetes minta módszerét választottam, amely lehet megfigyelés, csoportbeszélgetés, interjú vagy hétköznapi vélemény alapján egyaránt, ahogyan azt a szakirodalmi részben említettem. Ezekből a lehetséges módszerekből első lépésként kizártam a hétköznapi véleményt, mert egy ilyen speciális témában speciális ismeretekkel rendelkező személyek véleményét szeretném megismerni. A csoportbeszélgetést is kizártam, mert nem életszerű magas beosztásban dolgozó logisztikai szakembereket egy helyen és időben összeültetni és a szimuláció és a logisztika témáról beszélgetést folytatni velük, ennek ellenére véleményem szerint ez a legjobb módszer a Q-készlet kialakításához. A megfigyelés is világos képet tud festeni a logisztikai felsővezetők véleményének és működésének feltérképezésére, mindazonáltal ez több ember esetében rendkívül bonyolult, időigényes és költséges eljárás lenne, ezért végül ezt a lehetőséget is elvetettem.

A Q-készlet kialakításához interjúkészítés segítségével jutottam el. Az interjúkat strukturált formában, azaz előre meghatározott kérdésekkel folytattam le és írásbeli formában, e-mailen keresztül bocsájtottam az interjúalanyok rendelkezésére. Az interjúban 9 nyitott kérdést fogalmaztam meg, amely lehetőséget biztosított a válaszadóknak véleményük kifejtésére, viszont a strukturált interjúkérdéseket miatt nem volt lehetőségük eltérni a témától. A kérdések a szimulációk és a logisztika témakörére koncentráltak, amely a 4. számú mellékletben olvasható.

Az interjúalanyok kiválasztásánál ugyanazt az elvet követtem, mint a Q-módszertan alanyainak kiválasztásánál, amit pontosan kifejtek a kutatásban résztvevő személyek kiválasztása részben lentebb. Gyakorlatilag azoknak a logisztikai felsővezetőknek küldtem el az írásbeli interjúkérdéseit, akiket a kutatás további részébe is bevonni terveztem.

A felhívást és a kérdéseket 16 főnek küldtem el. Azért nem mind a 23 résztvevőnek, mint a Q-módszertani elemzés összes résztvevője, mert a kutatásnak ebben a szakaszában még nem állt rendelkezésre mind a 23 fő, aki vállalta, hogy részt vesz a kutatásban. Az írásbeli interjút megelőzően minden résztvevőt telefonon, vagy személyesen felkerestem, annak érdekében, hogy nagyobb hajlandósággal küldje vissza a válaszokat. A kérdéseket 2025. február 12-én küldtem ki a 16 szakembernek, akiknek 6 nap állt rendelkezésükre a válaszok átgondolására és visszaküldésére; ennek határideje 2025. február 18-a volt.

A felkérésre 9 szakértő küldte vissza a kitöltött interjút, ami a megkeresettek részéről magas válaszadási hajlandóságot és elkötelezettséget mutatott. A válaszok begyűjtését követően kiértékeltem a válaszokat, amelyeket felhasználva, és a témakörben a fentebb bemutatott szakirodalmi áttekintés alapján került kialakításra a Q-készlet. A pilótakutatás folyamatát és lépéseit a 11. ábra szemlélteti.



11. ábra: Q-készlet kialakításának pilótakutatása

Forrás: saját szerkesztés

3.5.3.A Q-készlet megtervezése

A Q-készlet megfelelő elkészítése meghatározhatja a kutatás sikerességét is akár, ezért kiemelt figyelmet fordítottam a kutatás ezen előkészítő részére.

A Q-készletet úgy fogalmaztam meg, hogy a szakirodalomból, a szisztematikus áttekintésből és az interjúk alapján különböző vélemények is helyet kapjanak a kutatásban, ezáltal lehetőség legyen különböző véleménycsoportok azonosítására.

A Q-készlet elkészítésének folyamata során három lényeges szempontot tartottam szem előtt, hogy hatékony kutatást tudjak végezni:

- A szakirodalmi feltárás során megismert alapelvek és alapvetések belekerüljenek az állításokba a Q-módszertan sajátosságainak megfelelően,
- A szisztematikus áttekintés során meghatározott kulcsszavak és feltárt aktuális témák valamilyen formában bele legyenek fogalmazva az állításokba, illetve
- A pilótakutatás során visszaküldött válaszokra támaszkodva különböző szempontokat tükrözzenek az állítások, amelyek lehetőséget biztosítanak a különböző vélemények azonosítására.

A szakirodalmi feldolgozás során olyan alapvetéseket emeltem ki és mutattam be, amelyek során a szimulációk használatának motivációja alapvetően két részre oszlott. Egyrészről a valós világ problémáinak lemodellezése és megfigyelése, másrészről az erőforrások hatékonyabb felhasználása akár a megvalósítást megelőzően, akár a működési feltételek változtatására keresik a megoldásokat.

A szisztematikus áttekintés során feldolgozott több mint ötezer cikket vizsgálva számos elemzést elkészítve, amely lineárisan megelőzte a Q-módszeres elemzést, sikerült meghatározni olyan kulcsszavakat és témaköröket, amelyekkel kapcsolatban széles körben foglalkozik a szakirodalom és nagyon aktuális ezekben az években. Ezeknek a beépítése az állításokba rendkívül lényeges,

hiszen így lehetséges egyfajta összeköttetést teremteni a szisztematikus áttekintés és a Q-módszeres vizsgálat között.

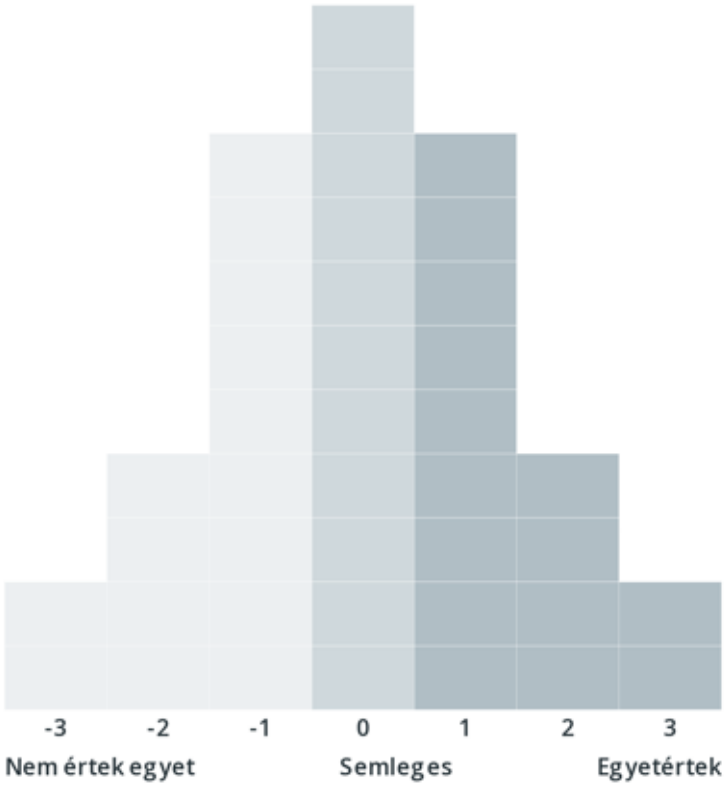
Harmadsorban, a pilótakutatásra kapott válaszokkal, amelyet kilenc logisztikai szakember és felső vezető küldött vissza, sikerült részlegesen bepillantást nyernem a gondolataikba a logisztika és a szimuláció témakörökkel kapcsolatban.

A Q-készlet összeállítását és az adatok online begyűjtését a Q-módszertani kutatásokban széles körben alkalmazott Q Method Software segítségével végeztem el. Ennek a szoftvernek a segítségével a Q-módszeres kutatás megszerkesztése sokkal könnyebb és átláthatóbb a készítőnek, míg a kitöltőknek izgalmasabb feladatot, világosabb utasításokat és játékosabb kitöltést kínál, természetesen mindezt online formában, ami megkönnyíti a kutató dolgát az adatok beszerzésében.

A Q-készlet állításainak megfogalmazása, összeállítása és mennyisége kulcsfontosságú a kutatás sikerességére, végkimenetelére nézve. Az állításokat úgy kell megfogalmazni, hogy:

- a résztvevők össze tudják azokat könnyen hasonlítani, (Hofmeister Tóth–Simon, 2006)
- lefedjék a vizsgált téma különböző nézőpontjait és relevánsak legyenek a kutatás szempontjából,
- világosak és egyértelműek legyenek, ne legyenek benne félreérthető vagy bonyolult mondatszerkezetek,
- a megfogalmazás ne befolyásolja a válaszadókat

A fentieket figyelembe véve a kutatásomban 41 állítást határoztam meg, amelyet az alanyoknak be kellett sorolniuk az előre meghatározott slotokba. Az állításokat az 5. számú mellékletben lehet elolvasni, míg az állítások besorolásához készített értékelési skálát a 12. ábra mutatja be.

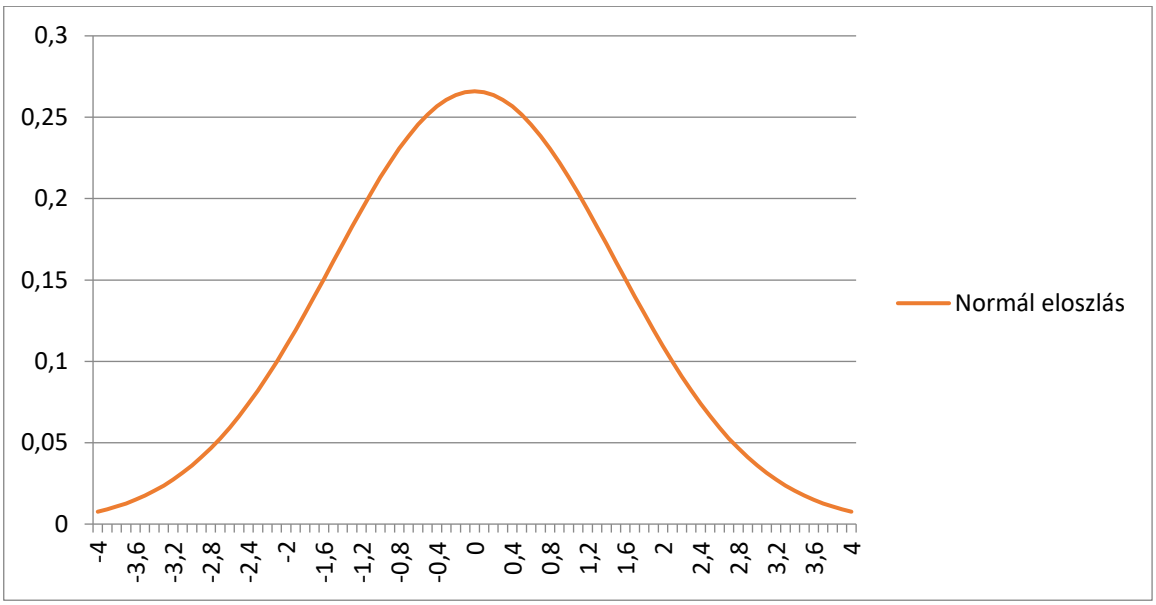


12. ábra: Q-készlet eloszlása

Forrás: saját szerkesztés Q Method Software segítségével

Ahogy a 12. ábrán is látható az eloszlás -3-tól 3-ig terjedő skálán volt lehetősége a válaszadóknak az állítások elhelyezésére, ahol a -3 jelentette a teljes egyet nem értést, míg a 3 a teljes egyetértést, illetve a 0 a semleges álláspontot. A -3, +3 koordinátákon az üres helyek száma alapvetően normál eloszlást követ, amelyet enyhén ellapítottam. Ezt a lépést az indokolja, hogy az emberi természet hajlamos egy hasonló feladatnál a szélsőségek irányába jobban elmozdulni, mint a hagyományos normál eloszlás. (Póka et al., 2025)

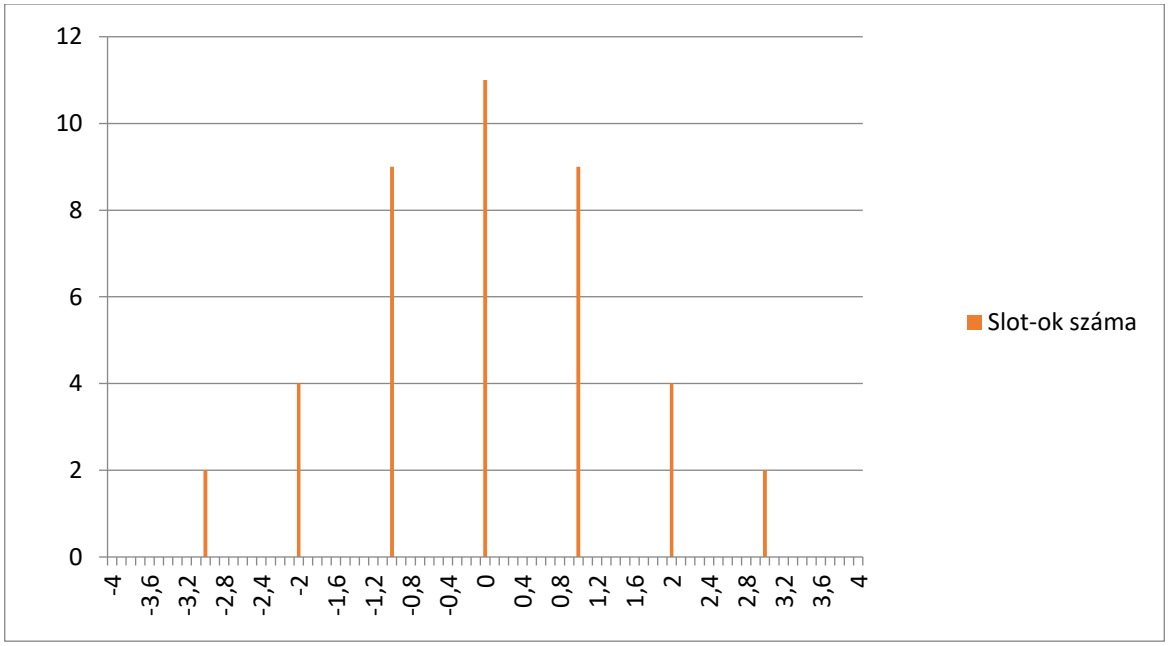
Az értékelési skálához rögzíthető állítások számát és az értékelőskála terjedelmét a normáleloszlás függvény és a 41 már korábban meghatározott állítás segítségével alakítottam ki.



13. ábra: Normál eloszlás függvény

Forrás: saját szerkesztés

A 13. ábrán látható normál eloszlás a témában alkotott véleményeket is letükrözi úgy, ahogy az élet számos más területén egyaránt, ezért a kényszerített megkérdezésnél a válaszadókat is ennek megfelelően kellett terelni.

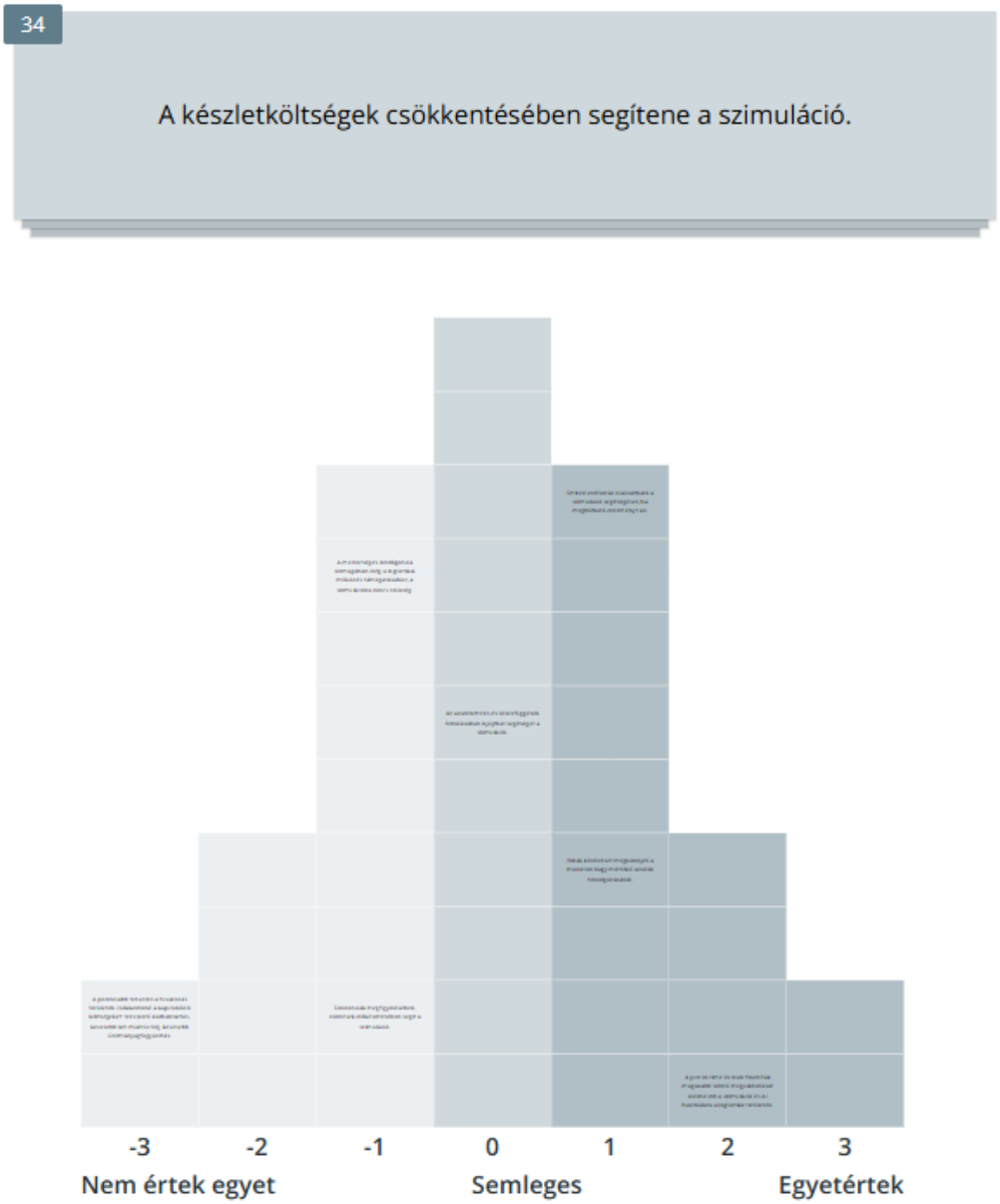


14. ábra: Slotok száma az értékelőskálán

Forrás: saját szerkesztés

A skálához társítható állítások számát úgy határoztam meg, hogy -4 és 4 közötti skálán a normál eloszlás szerinti valószínűség értékét megszoroztam az állítások számával, ami megadta az értékelő skála értékeihez kapcsolható állítások számát. Ennek a számításnak a grafikonja a 14. ábrán látható, ami megfelel a normál eloszlás függvénynek, viszont itt nem folyamatos értéket, hanem az értékelőskálán található egész értékekhez társítható állítások számát láthatjuk.

A fentiek alapján tehát meghatározásra került a Q-készlet, amely 41 állítást tartalmaz, amelyet a források és a kutatásban résztvevő személyek interjúi alapján sikerült kialakítani, illetve az értékelő skála és a hozzá társítható állítások száma. Így a kutatás tartalmi része készen állt, a megfelelő emberek véleményeinek megismerésére.



15. ábra: Válaszadási folyamat pillanatképe

Forrás: saját szerkesztés Q Method Software segítségével

A 15. ábrán látható a gyakorlatban a válaszadási folyamat, amely szerint a 41 állítást a válaszadó a saját preferenciái szerint sorolhatja be a megadott helyekre. Egy állítást egy helyhez lehet hozzárendelni, amíg minden állítás és hely elfogy. A besoroláson lehet módosítani, vagy az adott állítást hátra is lehet sorolni, amíg jobban átgondolja a válaszadó. A Q-készlet kialakítását követően a résztvevő személyek kiválasztásának folyamatát mutatom be.

3.5.4.A kutatásban részt vevő személyek kiválasztása

A kutatás eredményeinek validálása nagyban függ a kutatásban részt vevő személyek megfelelő kiválasztásától. A Q-módszertanban a résztvevők kiválasztására nem véletlenszerű mintavételi technikát alkalmaznak. Az alkalmi, vagy véletlenszerű mintavétel nem megfelelő, mivel a Q-módszertanban egy adott csoport nézőpontjait szeretnénk megtudni egy adott speciális témában. A Q-módszertant gyakran az R-módszertan fordítottjaként azonosítják, ami a résztvevők kiválasztására is hatással van. Az R-módszertannal ellentétben, ahol a résztvevők alkotják a mintát és az attribútumok a változókat, a Q-módszertanban a kijelentések alkotják a mintát és minden egyes résztvevő változóvá válik. Ebből kifolyólag a résztvevők véletlenszerű kiválasztása éppoly abszurd lenne, mint a változók véletlenszerű kiválasztása egy hagyományos kutatásnál. (Watts–Stenner, 2012) Így a témában jártas szakembereket, felsővezető döntéshozókat próbáltam meg bevonni.

A kutatásban részt vevő szakemberek listáját alapvetően a saját és a témavezetőm kapcsolatrendszerére épült, amely során a logisztika különböző területeiről sikerült különböző szakértők véleményeit megkérdezni. A bevont szakértők száma a kutatásomban 23 fő volt, amelynek a megoszlása a 8. táblázatban leírtak szerint alakult területenként:

8. táblázat: A kutatásban résztvevők szakterületenként

Szakterület	Résztvevő (fő)
Egyetemi kutató	1
Gombafarm vezető	1
Akkumulátorgyár alapanyagraktárvezető	3
Akkumulátorgyár alapanyagbeszerző	1
Kiskereskedelmi áruházlánc raktárvezető	4
Kiskereskedelmi áruházlánc logisztikai igazgató	2
Kiskereskedelmi áruházlánc logisztikai projektmenedzsere	2
Szépségápolási áruházlánc raktárvezető	3
Logisztikai adatelemző	1
Szőnyeg, laminált padló áruházlánc logisztikai igazgató	1
Logisztikai 4PL fuvarszervező	4
Összesen	23

Forrás: Saját szerkesztés

Ahogyan az a fenti táblázatban is látható a kutatásban résztvevő szakemberek számos különböző területről osztották meg a véleményüket, amely így, ha nem is reprezentatív, de bizonyos szinten átfogó elemzést ad. További információ a kutatásban résztvevő szakemberekről, hogy az egyetemi kutatót kivéve mindegyikük nagy nemzetközi vállalatnál, multinacionális cégnél dolgozik, így a felmérés a magyarországi specifikációkon túlmutatva, a nemzetközi vállalatok vezető döntéshozóinak véleményére támaszkodva teszi lehetővé az átfogóbb következtetések levonását. A táblázatadataiból látható, hogy a kutatásba a saját piacukon meghatározó szerepet betöltő nemzetközi vállalatok képviselőit sikerült bevonni, ami növeli a begyűjtött információk szakmai értékét.

3.5.5.A Q-szortiment adatok begyűjtése

A megkérdezés és ezáltal az adatok begyűjtésében a Q Method Software volt a segítségemre, amelyet kimondottan ilyen kutatások lefolytatásához készítettek, amely egy kitűnő keretet biztosított a megkérdezéshez.

Miután sikerült felvennem előzetesen a kapcsolatot a leendő résztvevőkkel és kialakítottam a végső listát – természetesen volt, aki nem szeretett volna részt venni, vagy ugyan pozitívan jelzett vissza, mégsem töltötte ki a kutatást többszöri kapcsolatfelvétere sem, azokat pótolni kellett újabb résztvevőkkel. Így már minden készen állt a kutatás lefolytatásához.

A Q Method Software-be felvittem a Q-készletet és hozzáadtam a résztvevőket egyaránt. Első látásra könnyen eltéveszthető pontosan mi is a feladat a laikusok számára, ezért minden lépéshez pontos instrukciókat társítottam. Így a kitöltés is egyértelműbb és élvezetesebb és a válaszadók aránya is magasabb lehet, mert nem hagyják félbe.

A kitöltésre első körben 10 nap állt rendelkezésre, amit később ki kellett bővíteni egy hónapra a tervezett válaszadók alacsony részvétele miatt, amely az újabb emlékeztetők hatására folyamatosan javult.

A válaszadás során a résztvevőknek egy előzetes értékelésre is volt lehetőségük minden egyes állítást illetően, hogy inkább egyetértenek vele, inkább nem, vagy semleges számukra az állítás. Ezt követően a végső besorolást kellett megejteniük, azonban bármikor áthelyezhették az addig már besorolt állításokat. A kitöltésre átlagosan 13 perc 29 másodpercet fordítottak a résztvevők, amely időtartama 2025.03.13-2025.04.13-ig tartott és 23-an fejezték be a kitöltést.

A Q-módszertan sajátossága miatt a 23 fő résztvevő a kutatásban teljességgel elegendő számúnak bizonyult, hiszen ez a módszer nem reprezentatív – tehát nem a társadalom egészére kivetíthető - kutatási eredményt biztosít. A különböző véleménycsoportok megfigyelésére és azok egymásról megkülönböztetésére használatos a módszer, amelyre a szakirodalom 10-50 főt javasol, amelybe az általam megkérdezett 23 fő beleillik. A résztvevők száma és Q-készlet nagyságának arányára szintén kitér a szakirodalom, amely 1:2-1:3 arányban ajánlja, ez a kutatásomban a 41 állítással az 1:2 arányhoz esik közelebb. A logisztikai felsővezetők bevonása és a válaszadási hajlandóság fenntartása jelentős szervezési ráfordítást igényelt a szoros napirendjük miatt. Mivel a felsővezetők munkaideje nagyon leterhelt és feszített, így csupán többszöri kapcsolatfelvételt követően sikerült a legtöbb esetben a kitöltést végigvezetnem és az eredmény visszagyűjtenem a program segítségével távolról. Az állítások számának esetleges növelése valószínűleg csökkentette volna a válaszadási kedvet megnövekedett időigény és a feladat monotonitása miatt. A módszertani kritériumok, amelyek a szakirodalom által meghatározottak teljesültek és az adatgyűjtés is megvalósult.

3.5.6.A kutatási eredmény validálása

A Q-módszeres elemzés sajátosságait figyelembe véve, ami a szubjektív vélemények és azokra alapozott véleménycsoportok azonosítása, amelyhez a megkérdezettek relatív alacsony száma párosul, mindenképpen egy validáló, vagy megerősítő kutatás elvégzését is szükségesnek tartom. A megerősítő kutatás célja, hogy az eredeti kutatás eredményét az alábbi két hipotézis egyikének elfogadásával validáljam, vagy cáfolja:

H0: A validáló kutatás során azonosított faktorstruktúra és véleménycsoportok megegyeznek az eredeti kutatás eredményeivel.

H1: A validáló kutatás során azonosított faktorstruktúra és véleménycsoportok eltérnek az eredeti kutatás eredményeitől.

A validáló kutatás felépítése teljes mértékben megegyezik az eredeti kutatás lépéseivel pontosan azért, hogy összehasonlítható legyen. A Q-módszeres vizsgálat eredetileg meghatározott hat lépéséből, amelyek a kutatás struktúráját 3.5. alfejezetben mutattam be, az alábbiak:

(1) a kutatási kérdés meghatározása;

(2) a Q-készlet megtervezése;

(3) a résztvevők kiválasztása;

(4) a Q-szortiment adatok begyűjtése;

(5) faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel; és

(6) a faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése.

Az ellenőrző kutatás során a célom az eredeti résztvevők helyett új válaszadók segítségével lefolytatni a kutatást, ezért a lépések szerinti 1-2 ponton nem változtattam, hiszen (1) a kutatási kérdés nem változott:

- egyrészről a döntéshozók és szakemberek különböző véleményeit szeretném megismerni és felmérni
- másrészről a kapott vélemények alapján trendeket, véleménycsoportokat és összefüggéseket szeretnék megfigyelni

A második pontban meghatározott (2) a Q-készlet megtervezése szintén nem változott, hiszen a pilótakutatás válaszai alapján kerültek meghatározásra a Q-készlet állításai, míg a válaszadás struktúrájában definiált eloszlás és slotok sem kerültek módosításra, tehát 41 állítás besorolására volt elvárt egy -3, +3 terjedelmű kényszerített válaszadású Q-készlet eloszlási skálán.

A (3) a résztvevők kiválasztása pontban is az eredeti kutatásban meghatározott irányelveket követtem, amely szerint a résztvevők kiválasztása nagyban befolyásolhatja a kapott eredmény és a véletlenszerű, vagy alkalmi mintavétel nem megfelelő. A témában szakértő és tapasztalattal rendelkező válaszadók bevonására volt szükség, mivel egy a témában érdekelt és szakértelemmel rendelkező csoport véleményeit szeretném megismeri egy speciális témában, ami a szimulációk használata a logisztikában.

Az eredeti kutatásban részt vevő válaszadók teljes mértékben kimaradtak az ellenőrző kutatásból és új szakértői, a témában tapasztalattal rendelkező válaszadók kerültek bevonásra. Az eredeti kutatásban 23 fő véleményét kérdeztem meg és a kapott válaszokat elemeztem, ezért az ellenőrző kutatásban is 23 fő bevonásával tettem összehasonlíthatóvá a kutatást.

A kutatásban résztvevő személyek kiválasztásánál, ahogy az eredeti kutatásnál is, a résztvevők különböző területekről, iparágakból szerzett tapasztalatok, gondolatok alapján nem reprezentatív, de mégis átfogó képet nyújtanak a vizsgálat szempontjából. A validálásban résztvevő személyek jellemzően multinacionális nagyvállalati kör logisztikai felsővezetői szakemberei töltötték ki.

A (4) a Q-szortiment adatok begyűjtése az eredeti kutatással megegyező módon a Q Method Software segítségével történt, ez alkalommal azonban más időintervallumban. A kutatás során a válaszadók előtt a válaszaik visszaküldésére 2026. június 6. és 2026. július 6. között volt lehetőség, amely – az első adatgyűjtési szakasz tapasztalataira építve – már eleve egy hónapos időtartamra

lett megnyitva. Az átlagos kitöltési idő ez alkalommal 11 perc 30 másodpercre csökkent és szintén 23 főnek sikerült megosztania a gondolatait a kutatás során.

4. EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben fogom bemutatni a kutatásaim eredményét, amelyet a fejezet áttekinthetőségének javítása érdekében két fő részre osztottam: az első a szisztematikus áttekintéssel kapcsolatos, míg a második felében a kvalitatív kutatási eredményekkel kapcsolatos eredményeket foglaltam össze.

4.1. Szisztematikus áttekintés

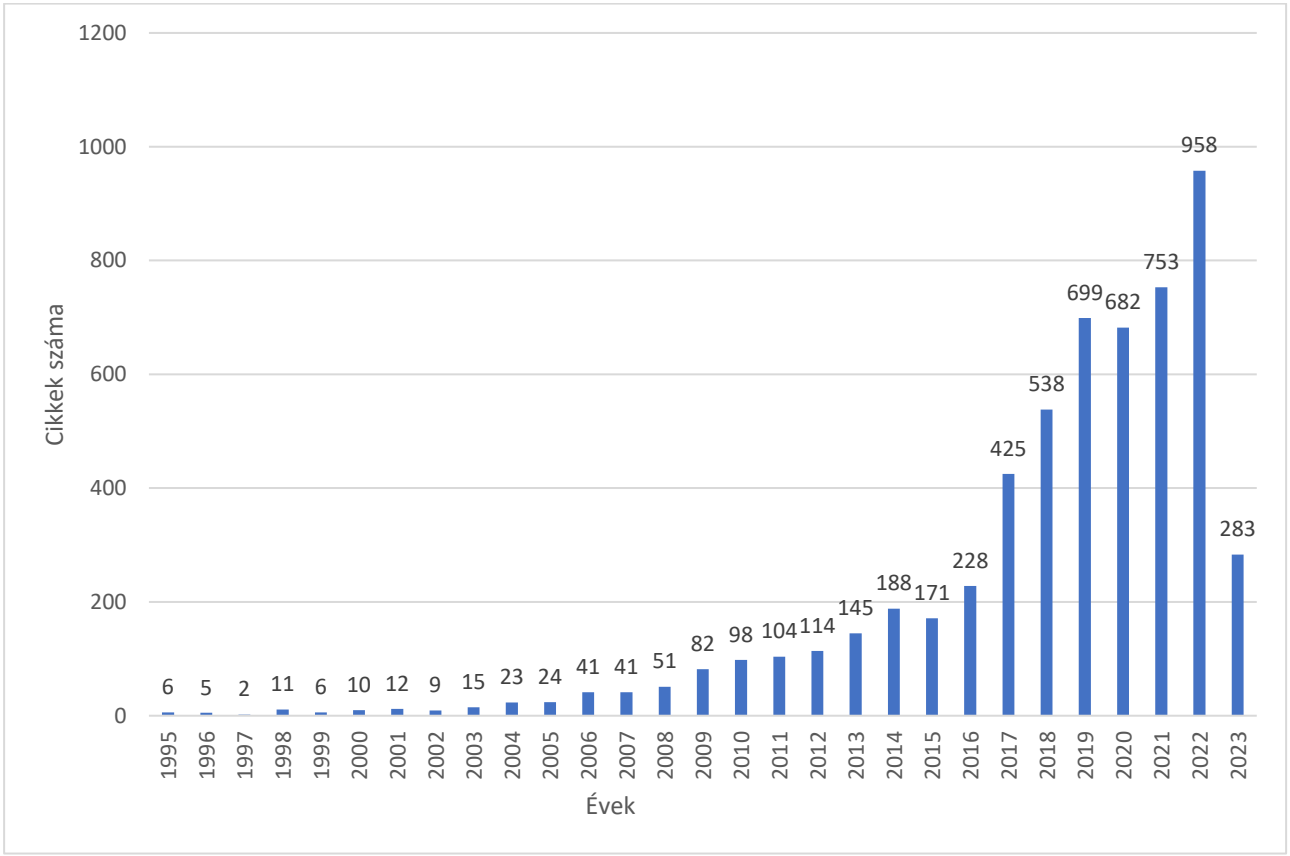
A szisztematikus áttekintés során egy rendkívül nagy és átfogó adatbázist hoztam létre, amelynek elemzésével különböző szinteken különböző eredményeket kaptam, amelyeket a következőkben mutatok be:

4.1.1. Alapvető információs elemzési szint

Ezen az elemzési szinten 4 különböző elemzést végeztem el, amelyek alapvető szinten azonosíthatják a rekordokat, és segítik a szimulációs és ellátási lánc diszciplína jelenlegi állapotának meghatározását. A négy elemzés a következő: tudományos termelési, forrás-, rekord- és terepelemzések.

- Tudományos termelési elemzések

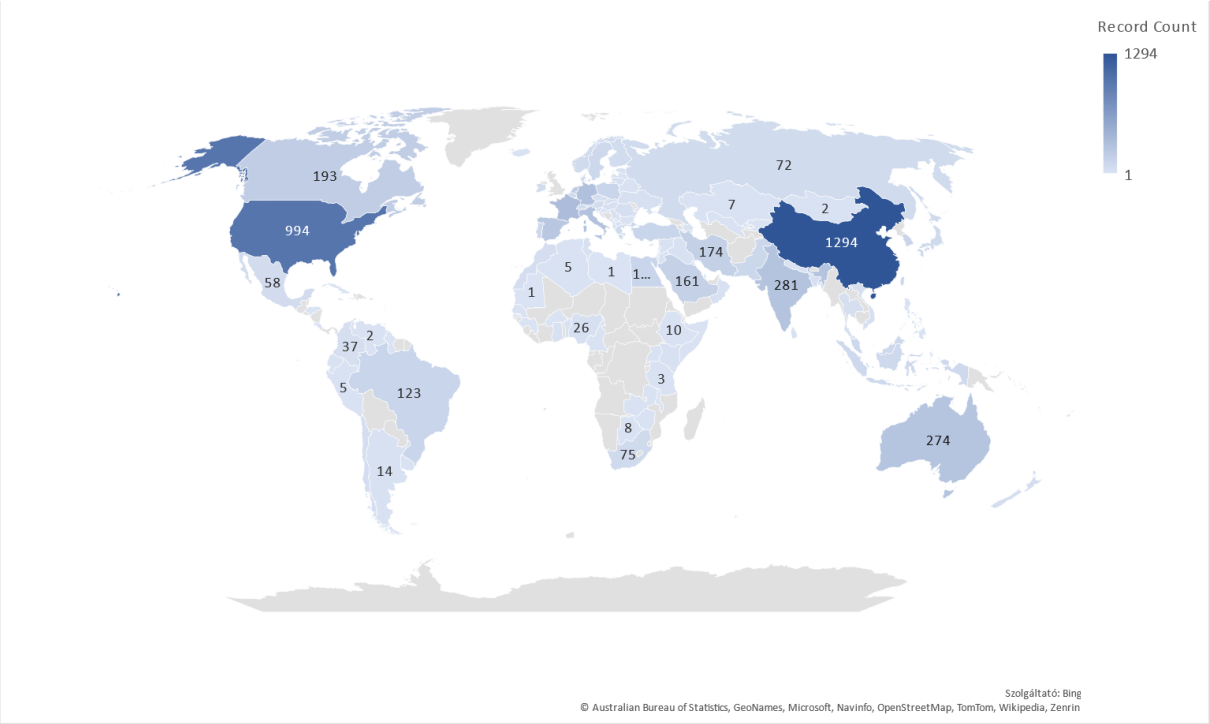
A 16. ábrán látható, hogy 2002-ig évente legfeljebb 12 publikáció jelent meg az adott témában. Ettől kezdve a téma fontossága és az éves publikációk száma hirtelen növekedni kezdett. 2017-től kezdődően újabb ugrás figyelhető meg, ami már exponenciális növekedést jelent.



16. ábra: A szimulációval és ellátási lánccal kapcsolatos publikációk száma (db)/év, az adatok finomítása után

Forrás: saját szerkesztés a WoS adatai alapján.

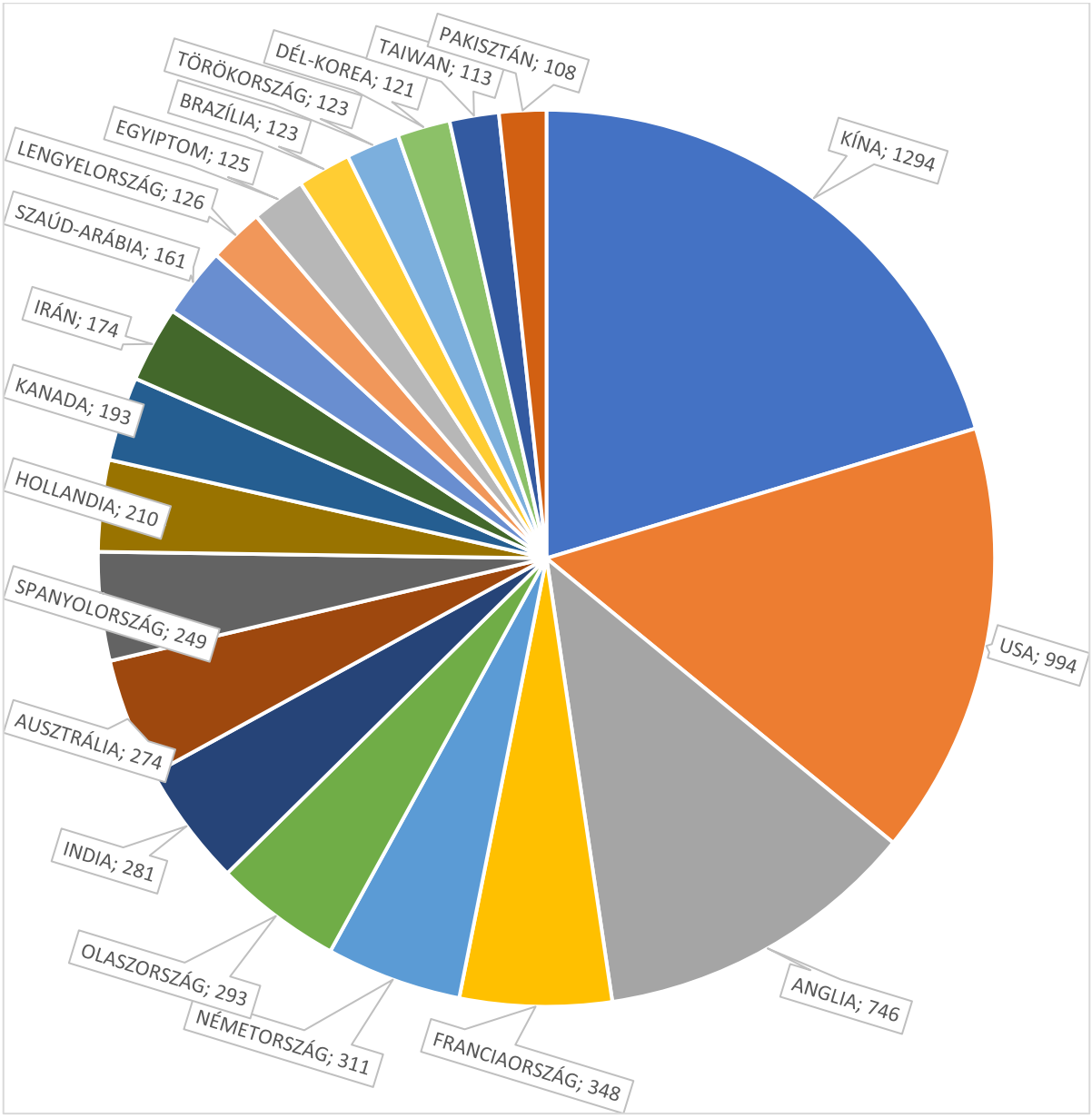
A publikációk számának növekedése szoros párhuzamot mutat a számítástechnikai infrastruktúra elterjedésével. Ezzel párhuzamosan az általános napi internethasználat is folyamatosan emelkedett, amely elősegíthette a cikkek számának növekedését. Az elmúlt évtizedben forradalmi fejlődés ment végbe a szimuláció területén is, ami nemcsak az alkalmazások nagy számát jelenti, hanem teljesen új modellezési megoldások és szoftveres keretrendszerek megjelenését is. A valós problémák modellezése egyre közelebb került a valós világ komplexitásához, és természetesen a Moore-törvénynek (Shalf, 2020) és a számítási teljesítmény exponenciális növekedésének köszönhetően a személyi számítógépek minden korábbinál gyorsabb adatfeldolgozásra képesek.



17. ábra: A szimuláció és ellátási lánc témakörben közzétett cikkek országonként a finomítási folyamatot követően

Forrás: saját szerkesztés a WoS adatai alapján.

A publikációkat az országonkénti tudományos termelés szempontjából vizsgálva látható, hogy a témával szinte az egész világon foglalkoznak, hiszen 125 országnak vannak publikációi, amint az a fenti ábrán látható. Ezen kívül 20 országnak több mint 100 rekordja van, ami a 18. ábrán látható. Az elemzés szerint három országból jelent meg a legtöbb mű, amelyek az 5723 rekordból 3 034 publikációval rendelkeznek, ami több mint 50%-os arányt jelent. A kontinensek szempontjából (17. ábra) látható, hogy Európa, Ázsia és Észak-Amerika rendelkezik a legtöbb publikációval.



18. ábra: 20 legtöbbet publikált ország a téma ellátási láncban és szimuláció a rekordok finomítása után (db)

Forrás: saját szerkesztés a WoS adatai alapján.

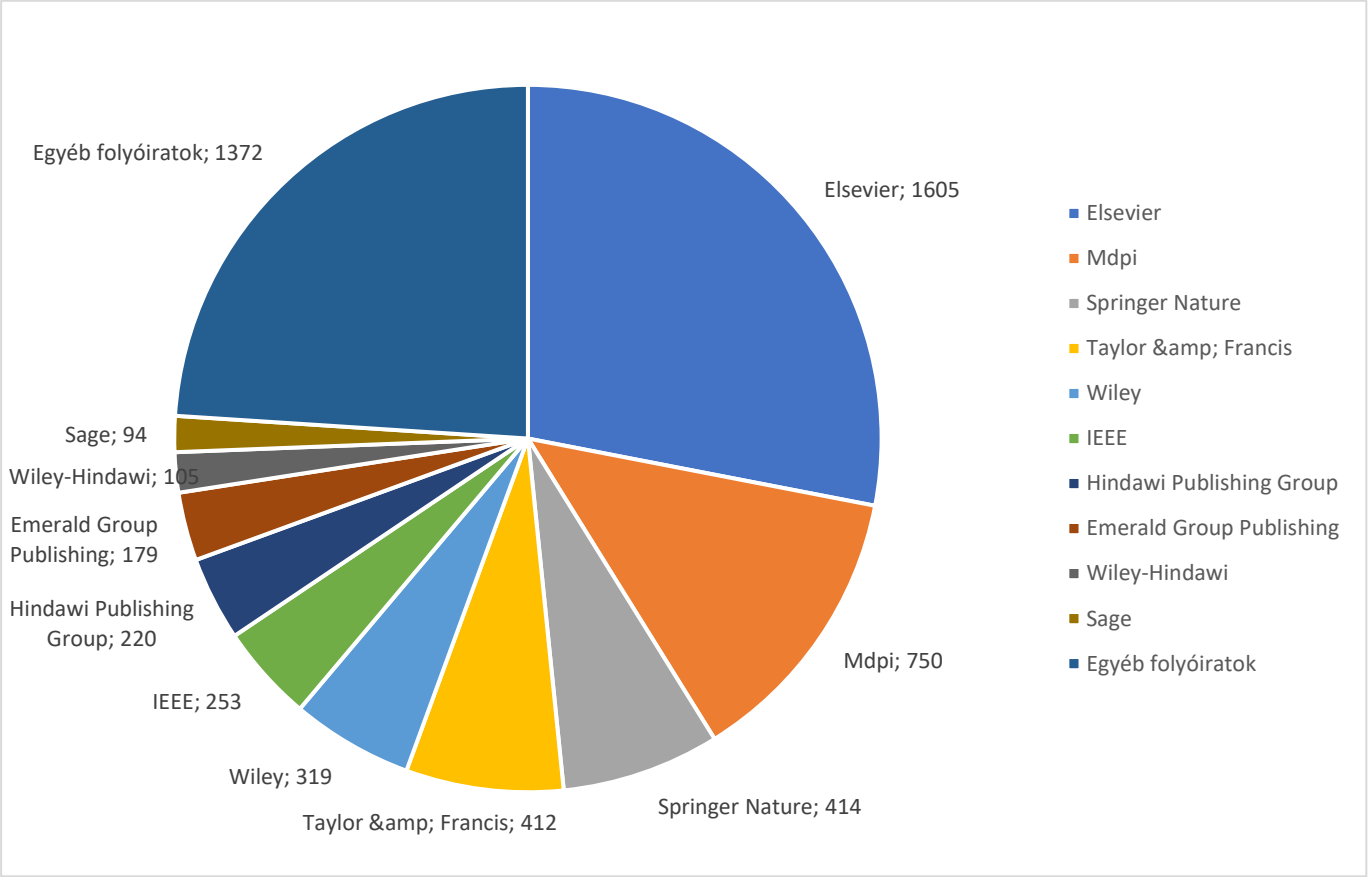
A fentieket figyelembe véve a tudományos cikkek számának növekedése nem meglepő, hiszen az adatgyűjtés és a két szakterület közötti kapcsolódási pontokat vizsgálva a téma tudományos jelentősége egyértelműen növekvő trendet mutat. Észrevehető, és a tudományos közösség foglalkozik vele. A tudományos termelési elemzések alapján megállapítom, hogy a téma fejlődik és fejlődési potenciállal rendelkezik.

Véleményem szerint a fenti ábrákat együtt vizsgálva az figyelhető meg, hogy az ellátási láncok és a szimuláció témakörök kapcsolata egyre jelentősebb figyelmet kapnak és egyre több publikációval rendelkeznek földrajzi elhelyezkedéstől függetlenül.

- Forráselemzések

Az ellátási lánc és a szimuláció kapcsolata számos tudományterületet érinthet, mivel egyre fontosabbá válik a vállalatok életében. Az összegyűjtött 5723 rekord azt mutatja, hogy ez egy

nagyon népszerű és világszerte jól ismert téma, a folyóiratok száma alapján kijelenthető, hogy az ellátási lánccal és a szimulációval különböző szempontokból foglalkoznak. Az 5723 tudományos cikk 317 különböző folyóiratban jelent meg.



19. ábra: A különböző tudományos kiadók által közzétett rekordok az összegyűjtött 5723 rekord adataiból (db)

Forrás: saját szerkesztés a WoS adatai alapján.

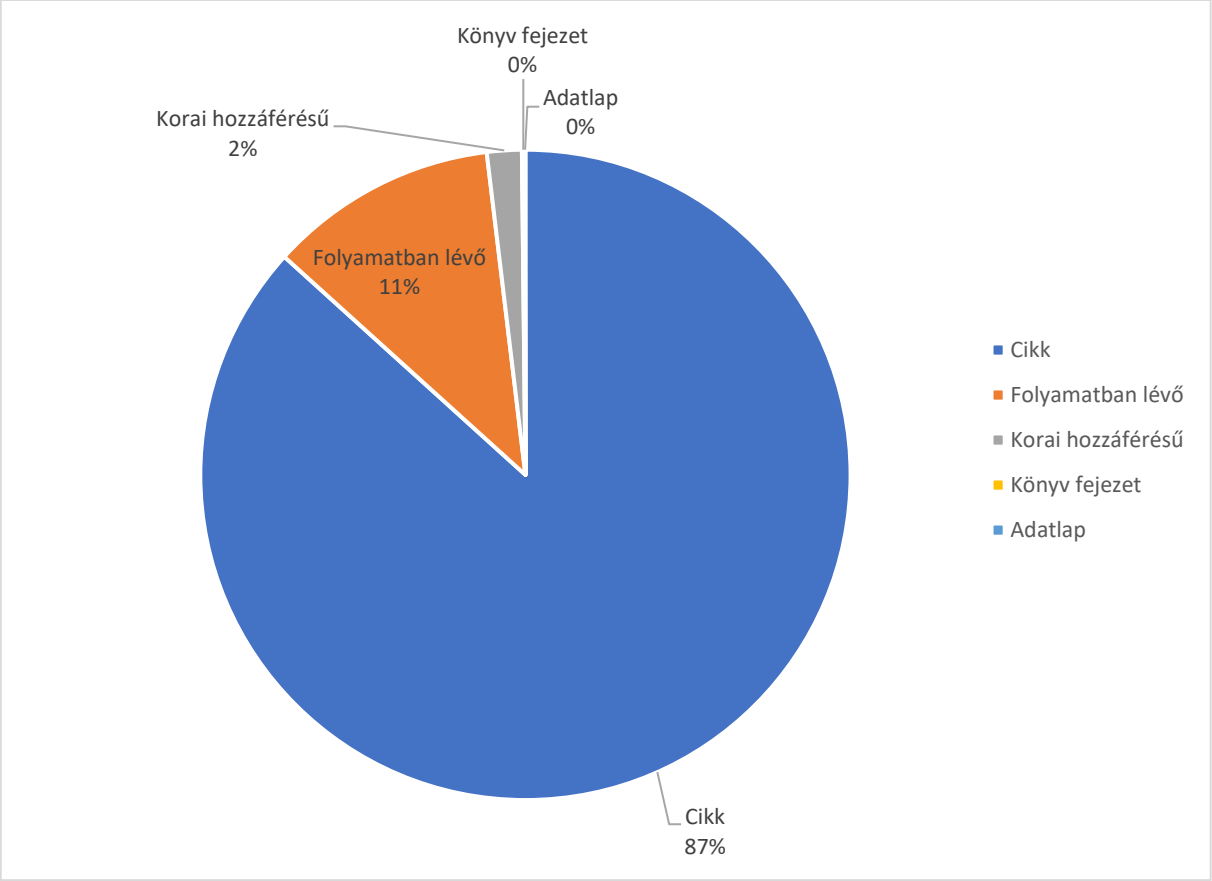
Az 19. ábra a közzétett cikkek megoszlását mutatja. A 10 legtöbbet publikált tudományos kiadó által megjelent 4351 publikáció az összes összegyűjtött adat 76,03%-át, azaz több mint háromnegyedét teszi ki, a fennmaradó 1372 bejegyzés 307 különböző forrásból származik. Ez azt mutatja, hogy ez a téma - ellátási lánc és szimuláció - hatalmas publikációs kulminációval rendelkezik, és nagyon széleskörű a tudományos platformon. Emellett megállapítható, hogy a cikkek két fő kiadónál koncentrálódnak; az Elsevier és az MDPI. Ez a két kiadó játssza a főszerepet a szimuláció és az ellátási lánc közös területén. Az Elsevier rendelkezik a legtöbb publikált rekorddal az összegyűjtött cikkekben 1605, azaz 28,05%-kal, több mint kétszeresen meghaladva a második helyezett MDPI-t 750 rekorddal, ami az összegyűjtött adatok 13,11%-a. Ezen túlmenően az is megfigyelhető, hogy a következő 6 kiadó is fontos, több mint 100 publikációval; Springer Nature, Taylor–Francis, Wiley, IEEE, Hindawi Publishing Group, Emerald Group Publishing.

A forráselemzés alapján az látható, hogy van bizonyos mértékű koncentrálódás a publikációk megjelenésében, ennek ellenére egy széles körű megjelenésről lehet beszélni, amely azt mutatja, hogy a téma jelentős, ezért több, mint háromszáz különböző folyóiratban jelent meg belőle cikk.

- Rekord típusú elemzések

A rekordtípus-elemzés fontos az összegyűjtött rekordok kombinációjának megtekintéséhez. A szisztematikus áttekintés során a másodlagos elemzéseket nyújtó áttekintő cikkeket kizártam a mintából, annak érdekében, hogy kizárólag az eredeti kutatási eredményeket és új szakmai megközelítéseket tartalmazó publikációk kerüljenek feldolgozásra.

Az eredeti cikkek új ötletek, új megközelítések kidolgozására és a saját területükön felmerülő problémák megoldására összpontosítanak.



20. ábra: Az összegyűjtött 5723 rekordrekordtípus-elemzései (db)

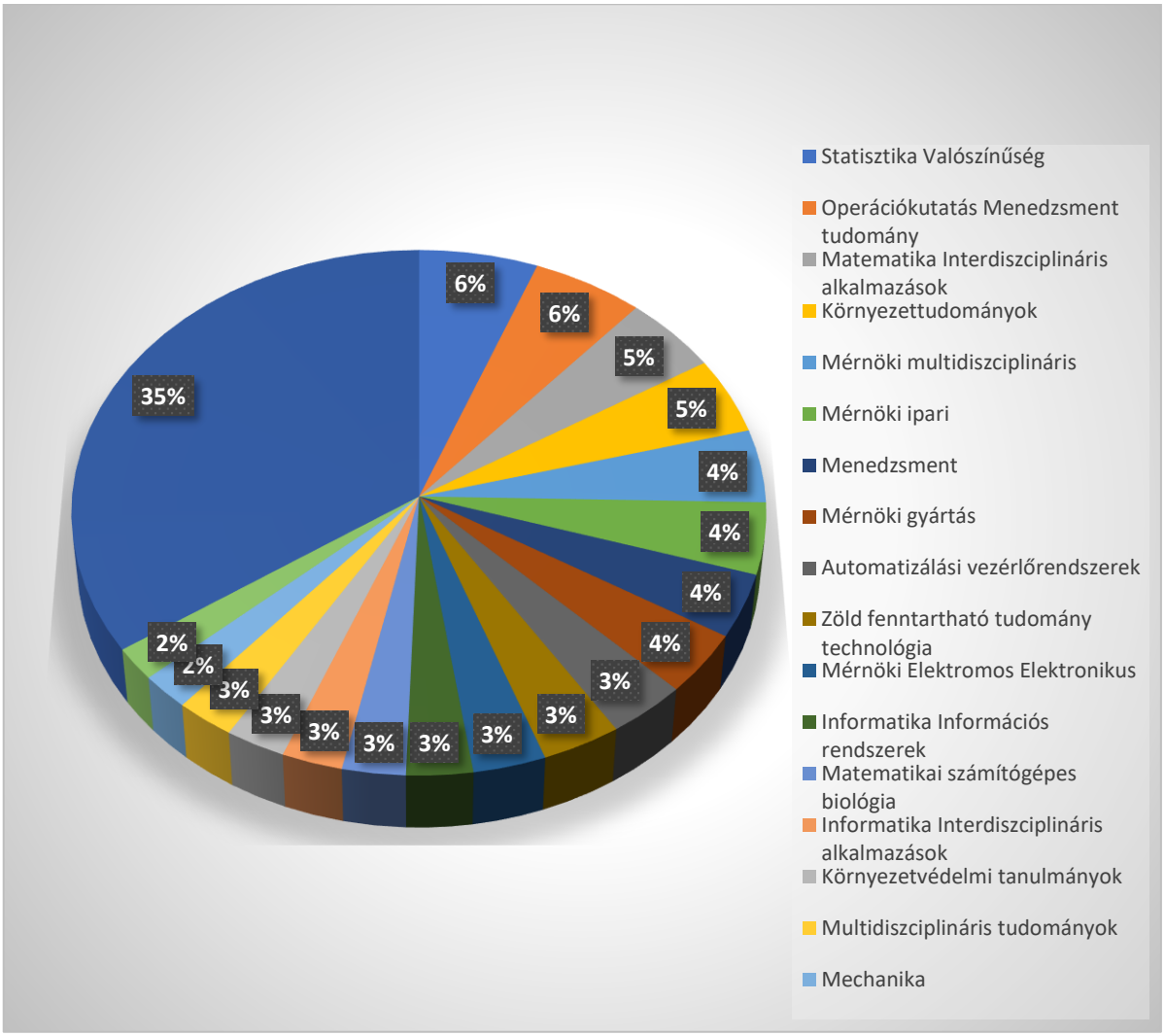
Forrás: saját szerkesztés a WoS adatai alapján.

A 20. ábra azt mutatja, hogy a gyűjtött adatok közül a cikkek a legnépszerűbbek a rekordok 87%-ával, ezt követik folyamatban lévő megjelenések 11%-kal és a korai hozzáférés 2%-kal. Ezen kívül az ábrán láthatóak a könyvfejezetek és az adatlapok is néhány rekorddal, de ezek az összesen 5723 rekord kevesebb mint 1%-át teszik ki.

Az ábrából azt a következtetést vonom le, hogy a vizsgált témakörökben a cikkek a jelentősek, ugyanis, a rekordok 9/10-ed részét teszik ki.

- A tanulmányi terület elemzései

Az ellátási lánc és a szimuláció különböző területek viszont, összefüggéseiben nézve, nagyon különböző tudományterületeket kapcsolnak össze. A bizonyíték a különböző területekről gyűjtött adatok, amelyeket a következő ábra mutat be:



21. ábra: A rekordok aránya a tanulmányi terület szempontjából (%)

Forrás: saját szerkesztés a WoS adatai alapján.

Amint az a 21. ábrán látható, a szimuláció és az ellátási lánc nagyon széles körű és perspektivikus. Az első három tanulmányi terület a "statisztika, valószínűségszámítás", az “operációkutatás-menedzsmenttudomány” és az "alkalmazott környezettudományok". Ez a három kategória a teljes publikáció 17%-át teszi ki, és az is láthat, hogy nincs olyan fő kategória, amely a teljes megjelenés közel felét vagy harmadát lefedné.

Az összegyűjtött adatokban 146 különböző tudományterület kapcsolódik a témához. A 21. ábrán csak 20 olyan kategória került feltüntetésre, amelyek a legnagyobb hatással vannak a tanulmányomra. A 20 leggyakoribb kategória mindegyike szorosan kapcsolódtak az ellátási láncokhoz és a szimulációs modellezéshez, amelyeket külön-külön is ellenőriztem.

Véleményem szerint kijelenthető, hogy a logisztika és a szimulációk témaköröknek a kapcsolata multidiszciplináris tudományterület, hiszen a fenti ábrán láthatóan számos egyéb tudományterülettel kapcsolódik.

4.1.2.Alapvető tartalomelemzési szint

Az alapvető tartalomelemzés szintjén a kiválasztott rekordokat a következő elemzések segítségével vizsgáltam tovább: kulcsszó-, elmélet- és szerzőelemzés. Ez a szint az alapvető

információelemzések szintjéhez képest nemcsak a rekord részleteire, hanem a benne lévő információkra is összpontosít, így ez a szint mélyebb vizsgálati szint, mint az előző.

Kulcsszóelemzések

A kulcsszóelemzés az egyik legfontosabb ellenőrzése lehet egy szakirodalmi áttekintésnek, különösen egy szisztematikus áttekintésnek és természetesen egy metaanalízisnek is. Bár a kulcsszóelemzés a szakirodalmi áttekintések standard eleme, az egyes módszertanok eltérőek lehetnek, így célszerű referenciaértéket (benchmark) alkalmazni (Pojanapunya–Todd, 2021). Könnyen láthatóvá teheti és a megközelítésekből kiemelheti a különböző elemzésekkel rendelkező adatokat (Ishida et al., 2020), amely a Web of Science-ről gyűjtött cikkek közötti összefüggéseket mutatja. A rekordok alapján ki lehet mutatni az említett kulcsszavak gyakoriságát, a tudományterület trendjeit és irányát. A pontos lekérdezés az összes elemzés alapvető pontja, ezért azt egyértelműen és hatékonyan kell elvégezni (Zhu et al., 2023). Esetünkben a kulcsszóelemzéssel kapcsolatban néhány különböző megközelítést mutatok be, amelyeket egy erre a célra kifejlesztett programmal, a VOS viewerrel emelek ki (VOSviewer - Visualizing Scientific Landscapes, 2023).



22. ábra: Kulcsszó felhő

Forrás: saját szerkesztés Wordclouds.com segítségével

Az első és legnépszerűbb vizualizáció a szófelhő használata. Mint látható, ez egy egyszerű és informatív módja a kulcsszavak kiemelésének a jelenlét alapján. E felhő szerint a rekordok fő kulcsszavai a hálózat, a modell, az ellátás, a menedzsment, teljesítmény és a programozás (22. ábra).

A pontosabb áttekintéshez olyan programot is használtam, amely képes a kulcsszavakat tudományos tájképként sokféleképpen megjeleníteni, de előtte az adatok tisztítását el kell végezni.

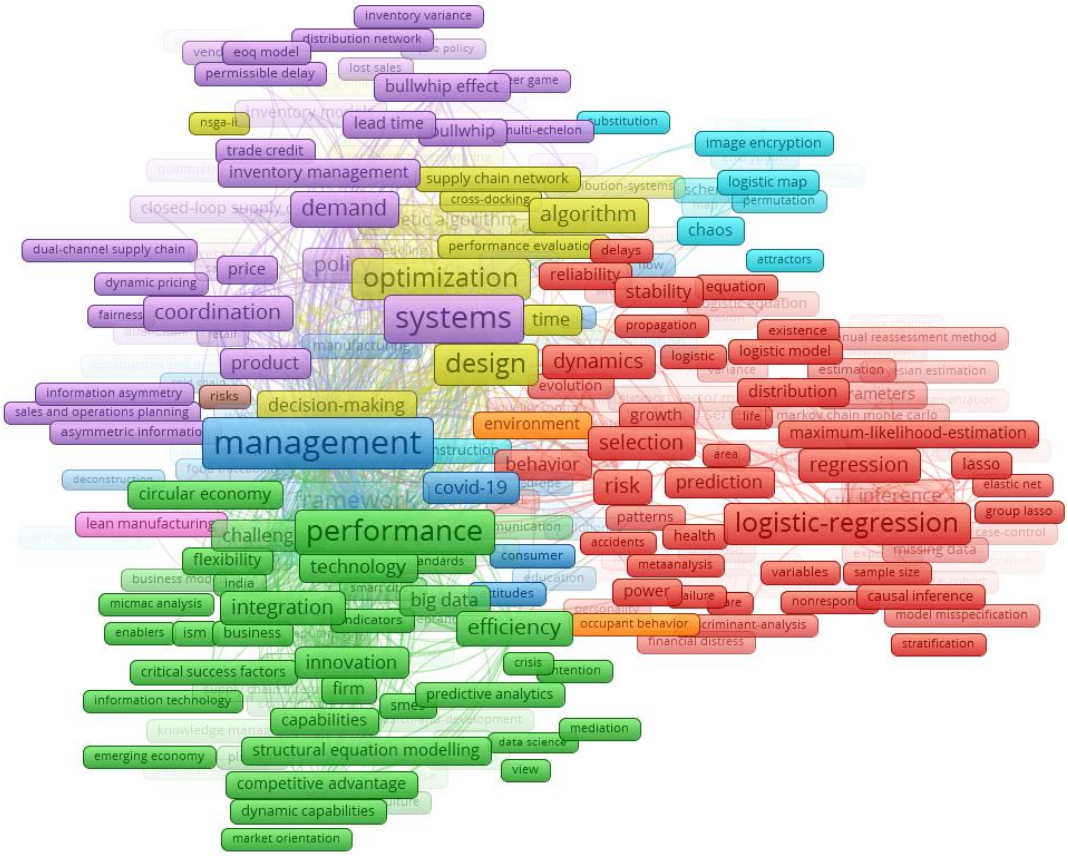
(Shin et al., 2023) Számos forrás szerint az adattisztítás is kihívást jelentő pontja lehet az elemzéseknek. (Kumar–Khosla, 2018)

Az adatokat a következő lépésekkel illesztettem be a programba:

- Először importáltam a rekordokat a programba.
- Annak érdekében, hogy a program ne adjon zavaros eredményt, létrehoztam egy kulcsszó-illesztési táblázatot, amelyet az azonos jelentésű kulcsszavak összevonására használtam.
- Ezt megadtam a kivételeknek számító kulcsszavakat. Az eredeti keresőkifejezéseket eltávolítottam a mintából a torzítások elkerülése érdekében.
- Végül a vizualizáció eredményeit emeltem ki.

Az eredmény 986 különböző kulcsszót tartalmazott, amelyek 9 klaszterbe voltak sorolva, és 33055 kapcsolat volt közöttük.

A 23. ábrán a kulcsszavak a csomópontok feliratként láthatók. A kulcsszavak mérete az előfordulásuknak megfelelően van kiemelve, a színek pedig a klaszterektől függenek. E vizualizáció alapján könnyen felismerhetők a leggyakrabban előforduló kulcsszavak. Ez a program hatékonyan jeleníti meg a kulcsszavak és a különböző klaszterek közötti kapcsolatokat.



23. ábra: Kulcsszavak előfordulásának vizualizációja

Forrás: saját szerkesztés VOSviewerrel

A 23. ábrán láthatóak a fő kulcsszavak, amelyek a következők a klaszterek szerint:

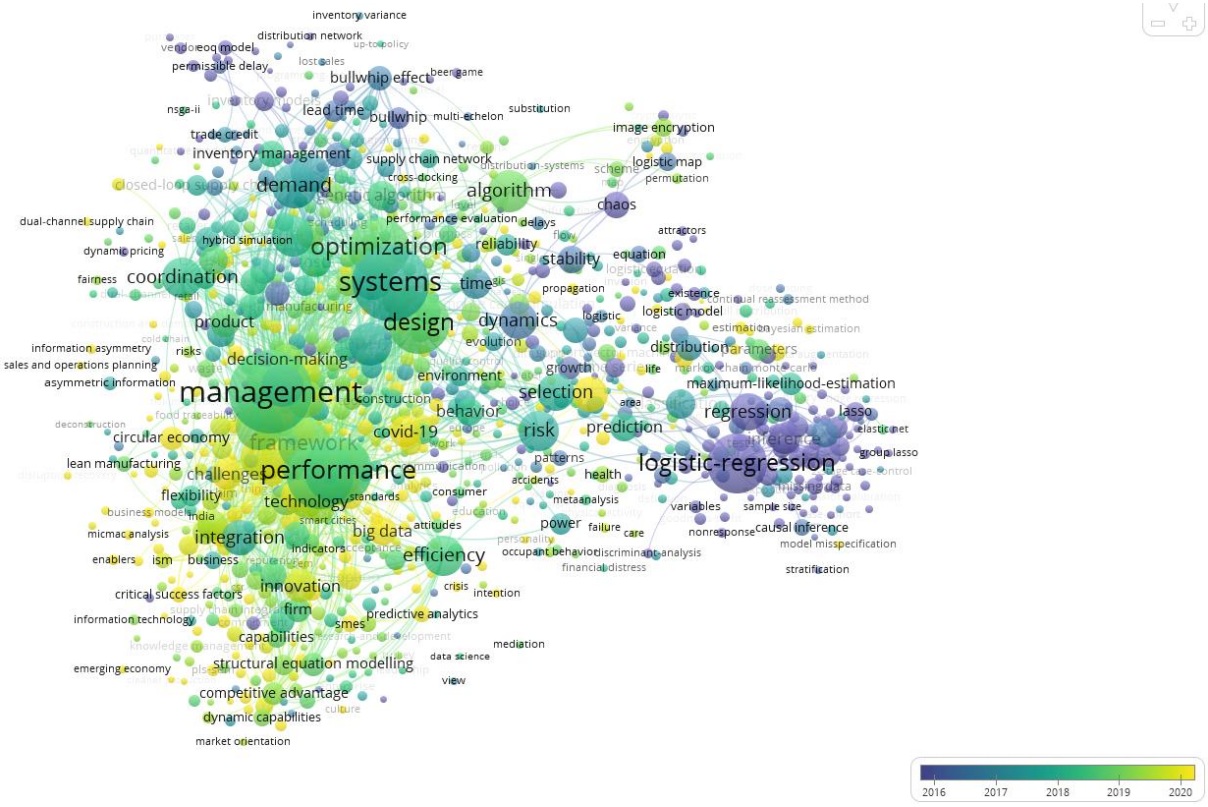
- Menedzsment

- Teljesítmény
- Logisztikus regresszió
- Rendszer
- Optimalizálás
- Rugalmasság
- Ipar 4.0
- Működés
- Fejlesztés

Ezek a kulcsszavak különböző megközelítésből kapcsolódnak az ellátásilánchoz; a szakirodalomban gyakran előforduló, meghatározó kulcsfogalmakról van szó.

Az ilyen típusú - előfordulási alapú - kulcsszóelemzések összefoglaló jelleggel kiemelhetik a rekordokat, különösen a kulcsszavakat, amelyek a közzétett évtől függetlenül jelennek meg. Ha fontos, hogy mi a téma iránya, a kulcsszóelemzések egy másik típusa is fontos.

Más szempontból a rekordokat a megjelenés éve szerint lehet vizsgálni. Ezzel az előfordulási elemzések eredményét egy kicsit árnyaltabban lehet bemutatni.



24. ábra: Kulcsszóelemzések a publikáció éve szerint

Forrás: saját szerkesztés VOSviewerrel

A 24. ábrán ugyanazokat a kulcsszavakat különböző színekkel lehet megjeleníteni. Ebben az esetben a kör színe a rekord megjelenési évétől függ. A sötétkék a legrégebbi rekordokat, a sárga pedig az újakat jelöli.

Az új elemzéseken látható, hogy a legrégebbi témák a logisztikus regresszió, a regresszió, a következtetés és az általánosított lineáris modell 2016 körülről. A hangsúly a kiválasztott modellre vagy módszerre, az adatokra és a következtetésre helyeződött. A következő években a fő szempont az optimalizációra, a keresletre, a menedzsmentre, a hatékonyságra és a teljesítményre került át. A hangsúly a módszerről arra tevődött át, hogy hogyan lehetne a módszer hatékonyabbá tenni. A legfrissebb kulcsszavakat ellenőrizve, ezek a következők: big data, innováció, fenntarthatóság, ipar 4.0, gépi tanulás. Látható, hogy e terület új irányba mozdult el, amely új megközelítésekhez kapcsolódik, ahol a fő cél az új lehetőségek felhasználása a hatalmas méretű adatok elemzésére és az okok és a gyökérokok teljes megértésére.

A 23. és 24. ábrát összehasonlítva megállapítható, hogy a téma fő kulcsszavai a logisztikus regresszióról a teljesítményen és a menedzsmenten át, a fenntarthatóságra, a gépi tanulásra és a nagy adatokra (big data) változtak.

Végül, ez a program képes a rögzített adatokból hőtérképet is készíteni, amely új információkat mutathat a kulcsszóelemzésekről.



25. ábra: kulcsszó hőtérkép

Forrás: saját szerkesztés VOSviewerrel

Ez a hőtérkép megmutatja a legtöbbet említett kulcsszavas területeket, élénk színnel kiemelve. A 25. ábra alapján könnyen felismerhető a rekordok három különböző forró pontja:

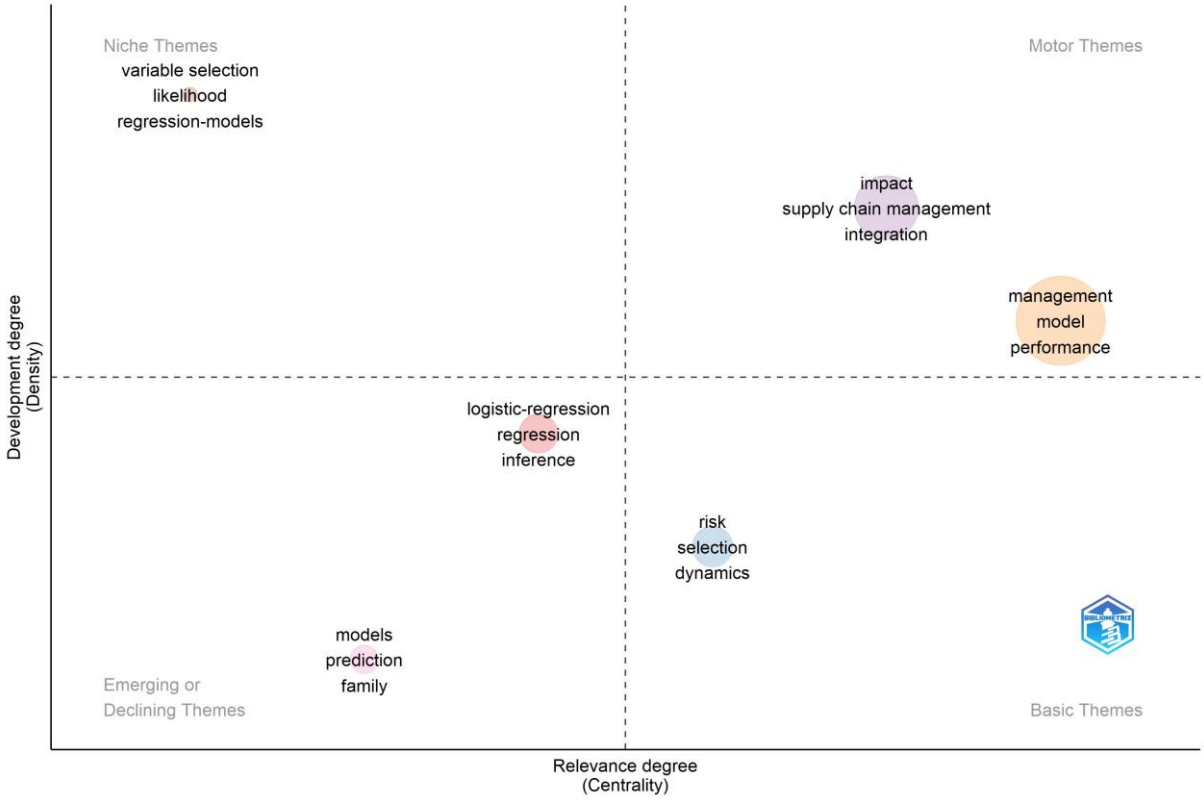
- Logisztikus regresszió, regresszió, következtetés, hiányzó adatok
- Optimalizálás, rendszerek, tervezés, kereslet

- Menedzsment, keretrendszer, teljesítmény, technológia

Nyilvánvaló, hogy a három kiemelt forró pont mellett számtalan átmeneti (zöld) terület is azonosítható, ami a kutatási fókusz folyamatos eltolódását jelezheti a feltörekvő részterületek felé.

- Használt elméletek vizsgálata

Ebben a részben a cikkeket a felhasznált téma szerint emelem ki. Az első módszer, amely a cikkeket különböző nézőpontból mutatja be, a tematikus térkép (Tennekes, 2018).



26. ábra: Tematikus térkép

Forrás: saját szerkesztés Biblioshinyvel

A tematikus térképen (26. ábra) négy különböző terület különböztető meg, ezek a következők: hiánypótló, feltörekvő vagy hanyatló, motor és alaptémák. Az első témák a feltörekvő vagy hanyatló témák az ábra bal alsó részén. Az ebbe a negyedbe tartozó témák lehetnek feltörekvő vagy eltűnő témák is, mert ezeknek alacsony a centralitásuk és a sűrűségük. Tanulmányomban ezek a logisztikus-regresszió, regresszió, interfész, modellek, előrejelzés és család.

Az ábra második csoportját az alaptémák alkotják. Ez a terület magas centralitású, alacsony sűrűségű, az ábra jobb alsó részén található. Az ebbe a csoportba tartozó témák a tudományos terület alapvető ismereteit tartalmazzák, amelyek nagyon fontosak, de általánosak, és ezért a tanulmányok szempontjából nem annyira hasznosak. Tanulmányomban ebben a negyedben a kockázat, a szelekció és a dinamika témakörök szerepelnek.

Az ábra harmadik szakasza az alacsony centralitású, nagy sűrűségű niche-témák a bal felső sarokban. Ezek a témák rendkívül fontosak és a legfejlettebbek, de a másik oldalon elszigeteltek. Tanulmányomban az ezen a területen elhelyezkedő témák a változóválasztás, a valószínűség és a regressziós modellek.

Végül az ábra negyedik csoportja a jobb felső sarokban található motor témákat tartalmazza. Ezek a témák magas centralitással és sűrűséggel is rendelkeznek, ezek a tudományterület motorjai, amelyek a tanulmányok lendületét adják. Az ábrának ezen a területén található témák magasan fejlettek és nagyon fontosak is. Tanulmányomban ezek az ellátásilánc-menedzsment, integráció, hatás, menedzsment, modell és teljesítmény.

Amennyiben a kulcsszóelemzés és a használt elméletek táblázatait vizsgálom meg, azt a következtetést vonom le belőlük, hogy a legfontosabb elméletek, amelyek megjelennek a 24. ábrán, amely a tematikus térkép, és a kulcsszóelemzés ábráit megfigyelve látható, hogy a hőtérképen világosabb színnel jelennek meg és a kulcsszófelhőben is nagyobb betűmérettel jelennek meg a logisztikai regresszió, menedzsment, a regresszió és teljesítmény szavak, amelyek első látásra észrevehetőek. Részletesebben figyelve a kulcsszóelemzés 9 klaszterének kifejezései találhatóak meg a tematikus térképen. Ezek azok a szavak, fogalmak, amelyek a vállalati vezetés során is előkerülnek, és ezekből levezethetőek a teljesítménymutatók is. Ezért fontos a vállalati vezetők számára az elméleti tudásanyag és a szimulációs eszköztár átültetése a stratégiai és operatív folyamatokba.

- Szerzői és együttműködési elemzések

A cél a szimuláció és az ellátási láncra vonatkozó feljegyzések szerzőinek és együttműködéseinek elemzése, hogy megvizsgáljam e tudományterület szerkezetét és vizualizáljam azokat. (Kabil et al., 2021) E munkamenet keretében láthatóvá válhatott, hogy kik a legjelentősebb szerzők, és mely együttműködések képesek a legtöbb kapcsolódó szakirodalmat előállítani ezen a területen.(Fan et al., 2020; Zhao–Strotmann, 2008). A rekordokat két különböző szakaszban vizsgálják a szimuláció és az ellátási lánc összegyűjtött rekordjain.

Az első technika az összegyűjtött irodalmi adatokon, a megjelent cikkeken alapult. A kérdés az volt, hogy meghatározzam, hogy ki rendelkezik a legtöbb hivatkozással ebben a témában, és legtöbb cikkel, ami a legnagyobb termelékenységet jelenti. A szimuláció és az ellátási lánc területén dolgozó szakértők meghatározásához szükség van erre a vizsgálatra.

9. táblázat: Top 6 szerző a publikációk száma szerint

SZERZŐ	PUBLIKÁCIÓK SZÁMA	AZ IDÉZETEK SZÁMA
IVANOV D	28	2879
ZHANG M	21	275
DOLGUI A	20	1461
MA JH	20	296
CANNELLA S	18	655
ZHANG Y	18	115

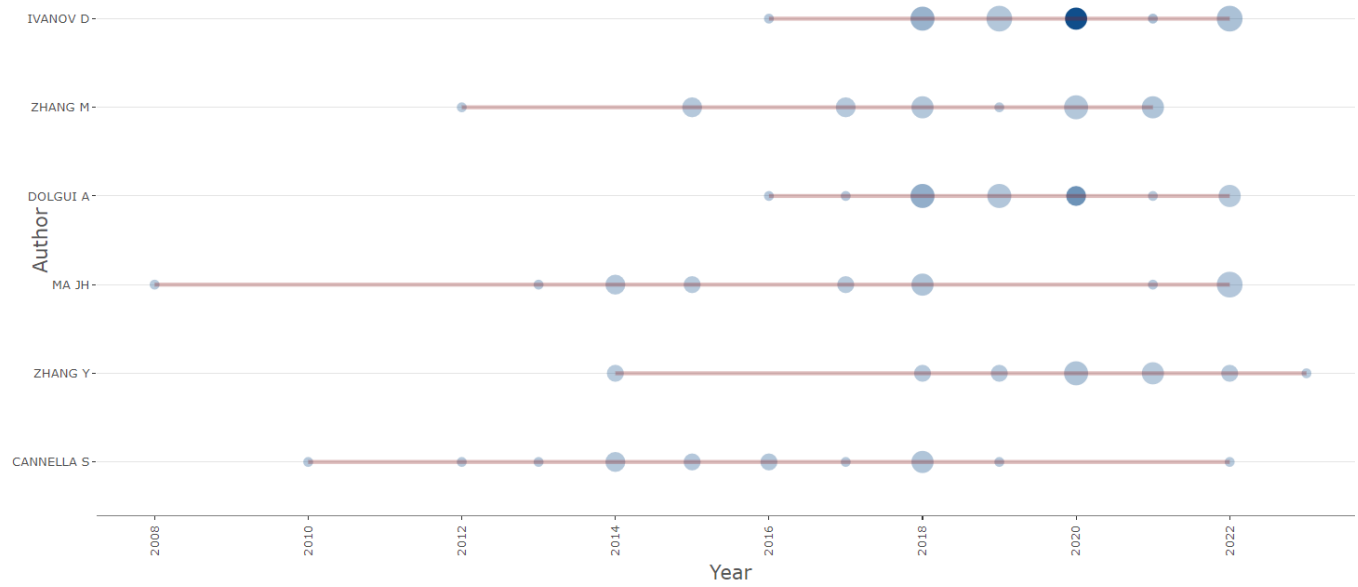
Forrás: saját szerkesztés

A 9. táblázat eredménye szerint, amely a tudományos termelés elemzéseit mutatja, látható az a 6 szerző, akik a legtöbb művet jelentették meg a témában. Ezek a szerzők: Ivanov D 28, Zhang M 21, Dolgui A 20, Ma JH 20, Cannella S 18 és Zhang Y 18 publikációval.

Mint az a 9. táblázatban látható, a publikációk száma nem feltétlenül befolyásolja a hivatkozások számát, hiszen a szimuláció és ellátási lánc témakörben Ivanovnak van a legtöbb cikke és hivatkozása is, addig Zhang M. helyett Dolgui rendelkezik a második legtöbb idézéssel.

A következő ábrán látható a legfontosabb szerzők publikációs idővonala, ahol az x tengely az évet, az y tengely pedig a szerzőket jelenti, a kis kör mérete pedig a publikált cikkek számát mutatja.

Az elmúlt 4 évben Ivanov, Zhang M, Doulgui és Zhang Y évről évre új cikkeket készített, de MA JH és Cannella legalább egy évet kihagyott (27. ábra).

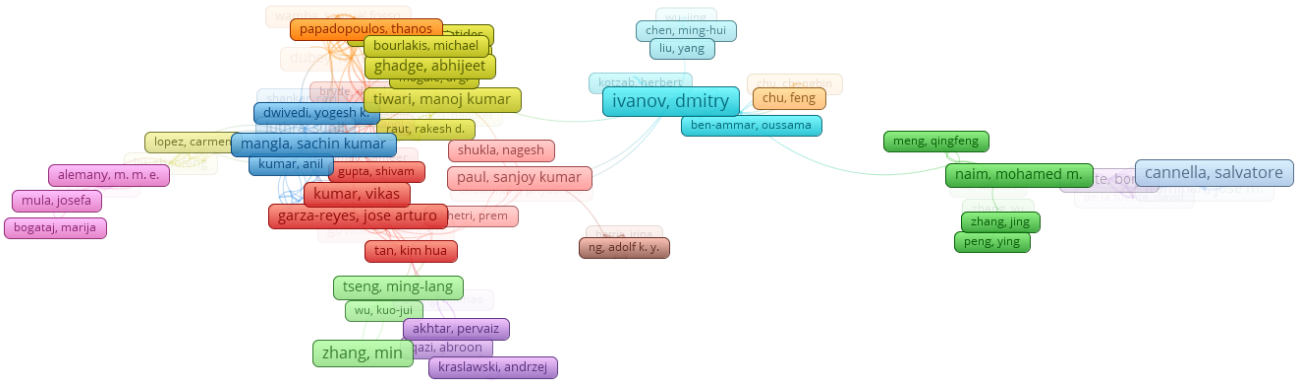


27. ábra: A szerzők publikációs idővonala

Forrás: saját szerkesztés bibliometrixszel

Meglátásom szerint a téma jelentőségét támasztja alá az a tény, hogy a szerzők folyamatosan foglalkoznak a témával és évről évre új cikkeket jelentetnek meg.

A második vizsgálati szint a szerzői együttes előfordulási szint. (Muppidi–Reddy, 2020). Ez az elemzési szint megmutathatja, hogy a szerzők hogyan tudtak együttműködni egymással annak érdekében, hogy a szimuláció és az ellátási lánc témakörében cikkeket és irodalmi feljegyzéseket készítsenek. (Lou–Qiu, 2014).

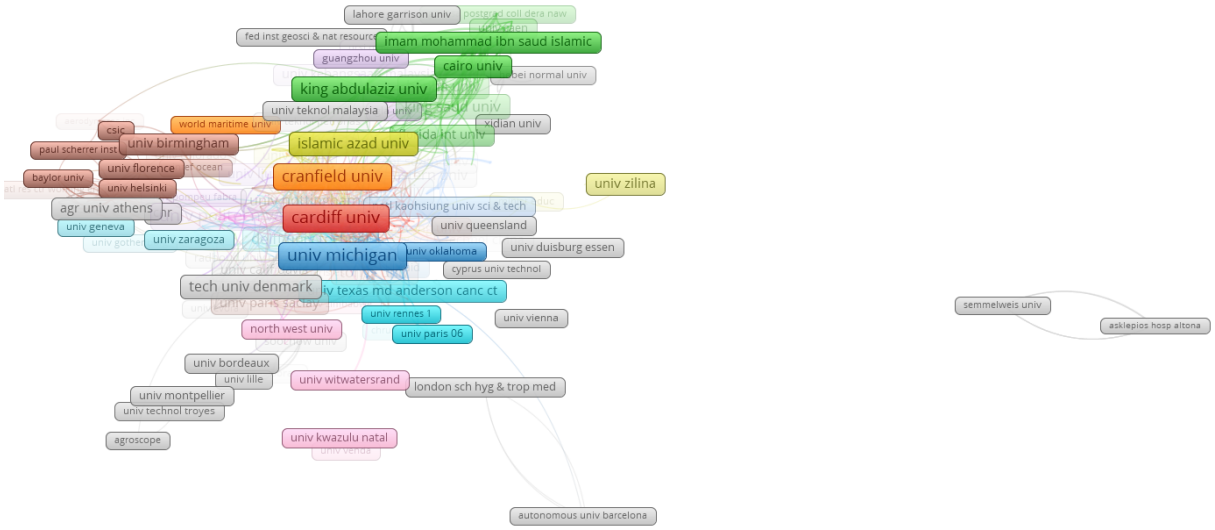


28. ábra: A szerzők együttműködése

Forrás: saját szerkesztés VOSviewerrel

A 28. ábra mutatja a WoS adatbázis rekordjaiban szereplő szerzők közötti kapcsolatot. Ez az ábra csak 155 szerzőt mutat, és nem tartalmazza Ma Junhai-t, aki a téma második produktív szerzője. Ez azt jelenti, hogy Ma külön dolgozott a többi hangsúlyos kutatótól ezen a tudományos területen, és nem működött együtt, mint mások.

Ezenkívül nagyon fontos látni, hogy a szimuláció és az ellátási lánc tudományos területének főszereplői hogyan működnek együtt egymással, az eredményt látva újabb elemzés vált szükségessé, így intézmények közötti együttműködést is megvizsgáltam.

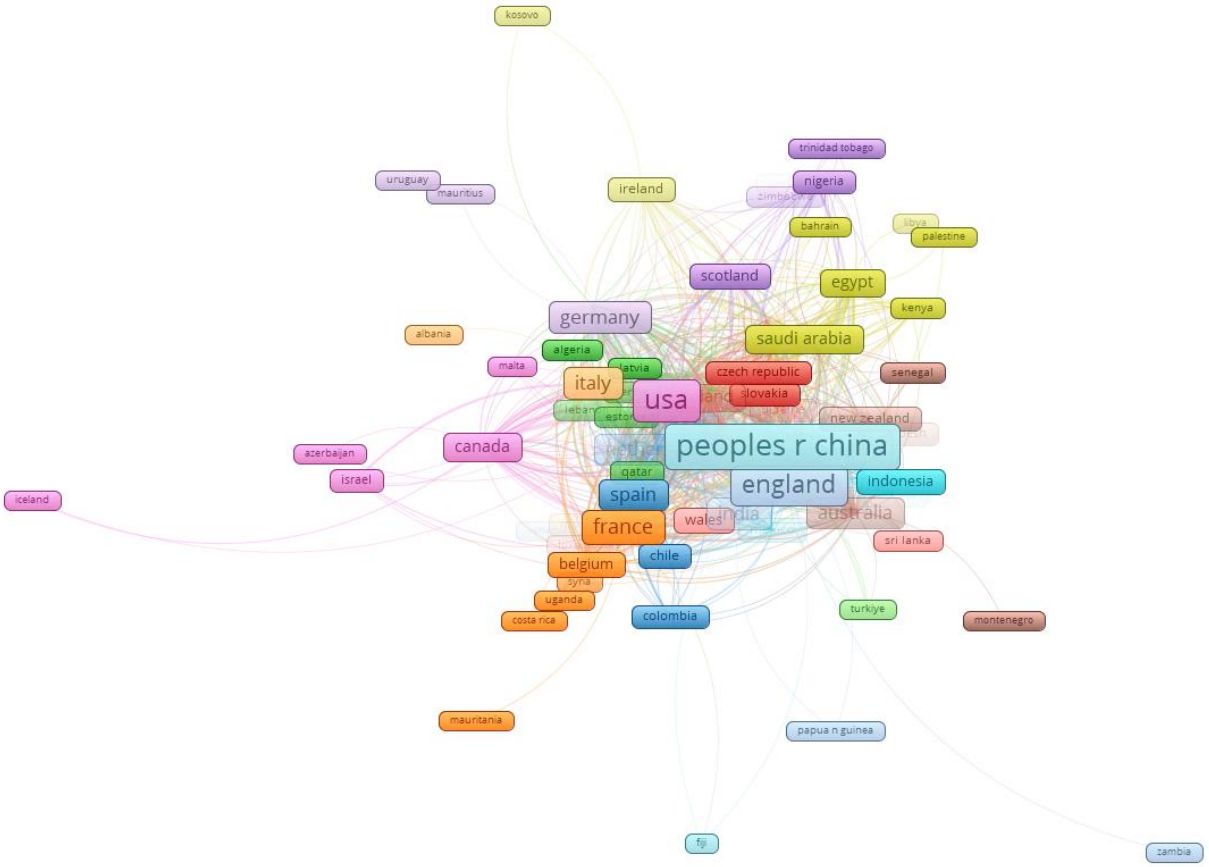


29. ábra: Intézményi együttműködési hálózat

Forrás: saját szerkesztés VOSviewerrel

A 29. ábra az intézményi együttműködési hálózatot mutatja a WoS adatbázisból kiemelt 5723 rekord esetében. Ebben a hálózatban 992 különböző intézmény található, ami az 5723 rekord esetében igen széles skálát jelent. A 29. ábra bal oldalán található a fő hálózat, de a jobb oldalon van egy elkülönített kis hálózat 18 intézménnyel. E 18 intézményen kívül a többi kapcsolódik egymáshoz. Az egyetemek együttműködési hálózata is azt mutatja meg, hogy a téma rendkívül jelentős és az egyetemek közös munkával kutatják, bővítik fejlesztik a téma mélységét.

Miután az együttműködést az intézmények szempontjából bemutattam, az országok együttműködési hálózatát is feltárom az ellátási lánc és a szimuláció kapcsolódó szakirodalmából.



30. ábra: Együttműködési hálózat az országok szempontjából

Forrás: saját szerkesztés VOSviewerrel

A 30. ábra megmutatja, az összes országot, ahonnan publikáció jelent meg a témából, egészen pontosan 126 nemzet található a listán, és mindegyik kapcsolódik egymáshoz.

A szisztematikus áttekintés során nagyon széleskörűen és átfogóan elemeztem a logisztika és a szimuláció kapcsolatát, amelyet rendkívül fontos volt összekapcsolni a Q-módszeres kutatással, ezzel hidat képezni az elméleti tudásanyag és a gyakorlati szakemberek véleményének összehasonlításával. Az elemzések eredményeinek köszönhetően számos olyan témakört sikerült azonosítanom, amelyeket a kvalitatív kutatás során fel tudtam használni a szakirodalmi feldolgozás mellett a Q-módszeres vizsgálatba beépíthettem.

4.2. A kvalitatív kutatás

A kvalitatív kutatásom során Q-módszeres elemzést végeztem, amellyel új megközelítésből vizsgálhattam meg a szimulációk és a logisztika kapcsolatát. A Q-módszeres elemzés eredményéhez faktorelemzést végeztem el, ezt követően értelmeztem a faktorstruktúra minőségi jelentését, majd összehasonlítottam a véleménycsoportokat, amelyeket ebben a fejezetben fejtettem ki.

4.2.1. A faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel

A válaszok, vagyis a begyűjtött adatok elemzését, kiértékelését faktoranalízis és korreláció alapján végeztem el. Az elemzés célja strukturált véleménycsoportok feltárása, megkülönböztetése és összehasonlítása volt, melynek alapja a kapott válaszok eloszlási hasonlóságai és különbségei.

A kapott adatok elemzését a Q Method Software adatelemző moduljának segítségével folytattam le. Miután lezártam a kutatás kitöltési szakaszát, belekezdtem a gyűjtött adatok elemzésébe.

Az adatokat először Pearson-féle korrelációs együttható segítségével vizsgáltam meg, amely két változó közötti lineáris összefüggés erősségét mutatja meg. A korrelációs együttható értéke –1-től +1-ig terjedhet ($-1 \leq r \leq 1$). A +1-es korrelációs együttható azt mutatja, hogy két változó tökéletesen és pozitívan kovariál egymással. A –1-es korrelációs együttható pedig azt tükrözi, hogy két változó teljesen fordítottan arányos. A nullához közeli korrelációs együttható arra utaló jel, hogy a változók között nincsen összefüggés. (Grønhaug–Ghauri, 2016) Az adott válaszok ily módon a Pearson-féle korrelációs mátrixban látható az M6 mellékletben, amely megmutatja, hogy egyes válaszadók mennyire korrelálnak a többiekhez egyesével. A Pearson-féle korrelációs mátrix a Q-módszertan alapvető bemeneti adata. A mátrix adatai nem változók, hanem a kitöltők/ válaszadók nézőponti hasonlóságát mutatja egymáshoz viszonyítva. A mátrixot vizsgálva látható, hogy az első sorban és első oszlopban a válaszadók azonosítói szerepelnek. A válaszadás anonim volt, ezért a Qmethod Software program véletlenszerűen generált egyedi azonosítót rendelt minden válaszadóhoz. Ezek az egyedi azonosítók a mátrix első sorában és oszlopában szerepelnek. Mind a 23 válaszadó azonosítója szerepel az első sorban és oszlopban egyaránt. A főátlóban végig 1,00 érték látható, hiszen minden válaszadó Q-készlet sorbarendezése 100%-ban korrelál önmagával. A főátlót leszámítva az látható, hogy a kutatásban résztvevők válaszai, sorbarendezései mennyire hasonló nézőpontot mutatnak. Az együtthatók döntő többsége pozitív, ami annyit jelent, hogy a válaszadók között van egy általános egyetértés. Néhány kitöltő besorolásai között kifejezetten erős hasonlóság figyelhető meg (r>0,55):

10. táblázat: A legerősebb kapcsolatok a kutatásom Pearson mátrixában

RLPJ	**és**	**WZ33:**	**r**	**=**	**0,6163**
12B6	és	RLPJ:	r	=	0,593
4Y8S	és	QEYL:	r	=	0,593
12B6	és	WZ33:	r	=	0,593
0M5C	és	RLPJ:	r	=	0,5814
KWTT	és	QEYL:	r	=	0,5581

Forrás: Saját szerkesztés

A 10. táblázatban látható az öt legerősebb kapcsolat a kutatásom Pearson-féle korrelációs mátrixából. A táblázatban szereplő válaszadók soronként szinte azonos módon rendezték az állításokat így a faktorelemzés során nagy valószínűséggel ugyanarra a faktorra fognak ráterhelni. Az erős kapcsolatot úgy értelmezem, hogy a kutatásban szereplő állításokat nagyon hasonló módon rendezték sorrendbe, ugyanazokat az állításokat tették a skála két szélére a leginkább egyetért/ legkevésbé ért egyet slotokba, és a nézőpontjukban értékrendjükben, vagy a jelenlegi témámról a logisztikáról és a szimulációkról alkotott mentális modelljük jelentős átfedést mutat. A mátrixot figyelve látható, hogy az erős pozitív korrelációk mellett vannak negatív, illetve nulla közeli értékek egyaránt. A negatív, vagy nulla kapcsolatok azt jelentik, hogy a válaszadók ezen csoportjai ellentétes, vagy független elvi alapokon értékelték az állításokat.

11. táblázat: Negatív és semleges korreláció a kutatásom Pearson mátrixában

0M5C	**és**	**SCG9**	**r**	**=**	**-0,2209**
0TB2	és	10AF	r	=	-0,1395
SCG9	és	RLPJ	r	=	0

Forrás: Saját szerkesztés

Összességében a korrelációs mátrixot vizsgálva megfigyelhető a közepes-erős 0,30-0,60 közötti értékek túlsúlya, amely ideális alapot biztosíthat a faktorelemzéshez, mivel van elég közös variancia, hogy közös faktorokat, gondolkodási mintákat tudjak kinyerni az adatokból, illetve a korrelációk nem szigorúak 0,90 felettiek, ami arra utal, hogy a válaszadók nem teljesen egyformák, és léteznek elkülöníthető specifikus alcsoportok, alternatív gondolkodásminták.

Ezt követően a faktorok azonosítása következett, amelynek célja az volt, hogy ismétlődő mintázatot találjak az adatokban, a kitöltők válaszaiban. Ezeknek a mintázatoknak a felfedezésére főkomponens analízist alkalmaztam, ami egy adatsűrítési technika, ami akkor alkalmazható, amikor a tényezők ortogonálisok egymásra, vagyis statisztikailag és lineárisan függetlenek egymástól. (Beattie–Esmonde-White, 2021) A Főkomponens analízis lehetővé teszi a prediktorok kombinálását és a jelentéktelen sajátvektorok elhagyását, ezáltal strukturáltabb elemzést biztosít arról, hogy:

- az egyes változók hogyan kapcsolódnak egymáshoz, azaz a kovariancia mátrixot,
- az adatok szóródási irányát, a sajátvektorokat,
- és a különböző irányok relatív fontosságát, a sajátértékeket.

A Kaiser-Meyer-Olkin mutató és a Bartlett teszt segítségével eldönthető, hogy az adatok alkalmasak a faktorelemzés elvégzésére (10. táblázat). A főkomponensek azonosítása közben a faktorok száma automatikusan került kiválasztásra és a kivont faktorok táblázatában kerültek megjelenítésre M7-es mellékletben. Az M7-es mellékletben látható a 41 állításra lefuttatott főkomponens-analízis rotáció előtti komponensmátrixa, amelyben N=41, a szignifikancia szint küszöbértéke p<0,01 mellett r=+-0,40 a teljes válaszadói mintára P=23 főre vetítve mutatja meg a kinyert 8 főkomponens terheléseit. Minden olyan terhelés, amely +0,40-nél nagyobb, vagy -0,40-nél kisebb, azokat statisztikailag szignifikánsnak tekinthető. A főkomponens analízis során 8 faktort sikerült azonosítanom. A rotáció előtti főkomponenselemzés sajátossága, hogy az első főkomponens igyekszik a lehető legtöbb közös varianciát elnyelni. A teljes 23 fős mintán látható az F1 kiemelkedően domináns, szignifikáns, magas pozitív terhelést ad, mert 21-en érik el a 0,40-es küszöbértéket a 23 főből, ami a válaszadók 91%-át jelenti. A táblázatban található kiemelkedően 0,70-nél magasabb értékek is, ami arra utal, hogy létezik egy erős közös gondolkodási alap egyetértés, amellyel a válaszadók nagy része azonosulni tud. A 2-8. főkomponensek a nézőpontok specifikusabb, finomabb eltéréseit ragadják meg, például 0TB2 és SCG9 0,63-as terheléssel különülnek el a 2. komponensen.

A 12. táblázatban látható a párhuzamos analízis kimenete, amely a faktorelemzés során megtartandó faktorok meghatározására szolgál. A táblázat oszlopaiban látható a kinyerhető faktorok száma 1-8, a valódi sajátérték, amelyek az adott faktor által magyarázott variancia mértékét mutatja, míg az átlagos sajátérték és a 95 percentilis átlagos sajátérték az adatokkal azonos méretű véletlenszerű adathalmaz szimulációjából kapott sajátértékek átlaga és a 95 percentilis küszöbértéke látható. A táblázat alapján két fő faktorszelekciós szabályt lehet alkalmazni: Kaiser-Guttman, vagy a párhuzamos analízis szabályait.

12. táblázat: A faktorok sajátértékei

Factor	Actual EV	Mean EV	95th Percentile EV
1	7.40563	2.69566	3.00789
2	2.14514	2.35152	2.57427
3	1.8061	2.10017	2.27804
4	1.57173	1.89257	2.03571
5	1.31033	1.70958	1.84468
6	1.22799	1.54989	1.67605
7	1.10666	1.40533	1.51842
8	0.97173	1.2737	1.38226

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A kinyerendő faktorok meghatározására a Kaiser-Guttman kritérium alapján - amely kimondja, hogy azok a faktorok tarthatók meg, amelyek sajátértéke meghaladja az 1-et (Yeomans–Golder, 1982) – 8 faktort tartottam meg. Szigorú matematikai értelemben és a szabály elvi alapján 7 faktort tarthattam volna meg, amelyek teljes mértékben megfeleltek ezeknek a kritériumoknak. A kutatás exploratív jellege miatt és a szubjektív nézőpontok maximális lefedettségére való tekintettel a döntést kiterjesztettem a 8. faktorra is. A 8. faktor sajátértéke 0,97173, amely elmarad az 1,0 küszöbértéktől, azonban csupán elhanyagolható mértékben. mindazonáltal a gyakorlatban elfogadott a kiterjesztett, lágyított Kaiser szabály alkalmazása. Ebben az esetben a 0,97 értéket a határzónába tartozónak tekinthető és a kutatás feltáró jellege miatt még megtartható. Az 1,0 küszöbérték fontossága abban rejlik, hogy egy faktor csak akkor tekinthető önálló dimenziónak, ha legalább annyi varianciát képes megmagyarázni, mint amennyit legalább egy kitöltő hordoz. A Q-módszertanban, ha egy faktor sajátértéke megközelíti, vagy eléri az 1,0-et, az azt jelenti, hogy az a faktor nem csupán egy egyéni kitöltő zaja, hanem a mintában jelen lévő kollektív gondolkodásmód. A 8. faktor megtartása biztosította, hogy a rotáció során semmilyen potenciálisan releváns, specifikus válaszadói nézőpont ne vesszen el. A nyolc kinyert faktort a rájuk jellemző állítások alapján neveztem el, amelyeket a 13. táblázat tartalmaz.

13. táblázat: Azonosított faktorok és elnevezéseik

Sorszám	Véleménycsoport (faktor) elnevezése
1	Hatékonyság növelő
2	Folyamatfejlesztő
3	Innovatív
4	Összefüggéskereső
5	Szimuláció szkeptikus
6	Automatizáció kritikus
7	Szimulációs szellemiségű
8	Szimuláció kétkedő

Forrás: Saját szerkesztés

Továbbá az egyéb információk táblázata (14. táblázat), amely tartalmazza a Q-Method Software összegző faktormutatóit mind a 8 kinyert faktorra vonatkozóan. A sajátértékekre már korábban kitértem, F1-F7-ig teljesíti a Kaiser-Guttman szabályt, míg F8 esetében matematikai értelemben elmarad a küszöbértéktől. Magyarázott és kumulált variancia esetében a F1 dominanciája

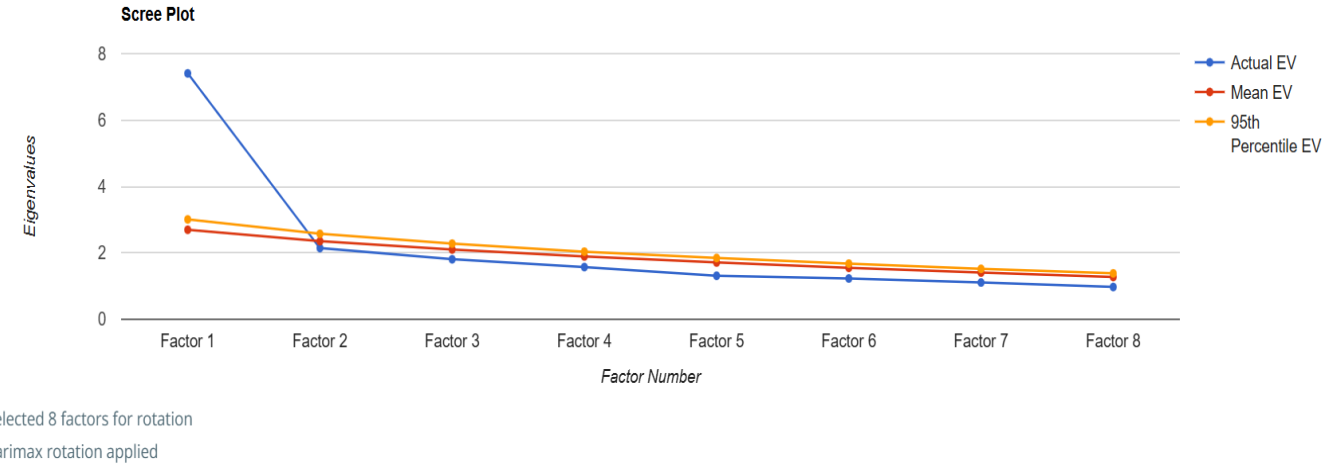
megfigyelhető, mivel a variancia 32,2%-ért felel, ami a mintában lévő erős alapvetést igazolja. A 8 faktor együttes variancia 76,28%-át magyarázza a meg, ami rendkívül magas érték, azonban 8 faktor megtartásánál 23 kitöltő esetében ez elvárható. Ugyanakkor a Q-módszertanban mértékadó Humphrey-szabály vizsgálata, amely szerint a faktor két legmagasabb terhelésének szorzata meg kell haladja a standard hiba kétszeresét (2x0,20851=0,41702). A táblázat alapján kijelenthető, hogy ezt a feltételt kizárólag az első faktor teljesíti. 2-8 faktorok a kritikus érték alatt maradnak, ezért a nézőpontok tiszta elkülönítéséhez Varimax rotáció elvégzésére van szükség.

14. táblázat: Egyéb adatok táblázata

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Eigenvalue	7.40563	2.14514	1.8061	1.57173	1.31033	1.22799	1.10666	0.97173
% Explained Variance	32.19837	9.32671	7.85263	6.83362	5.69707	5.3391	4.81158	4.22493
Cumulative Variance	32.19837	41.52508	49.3777	56.21133	61.9084	67.24751	72.05908	76.28401
Humphrey's Rule	0.59706	0.39646	0.25575	0.22204	0.24079	0.18792	0.26711	0.18793
Standard Error	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

Mivel a rotáció előtti állapotban a válaszadók többsége halmozottan terhel az első komponensre és a mellékkomponensekre is, ezért az egymástól jól elkülönülő önálló nézőpontok feltárásához Varimax rotáció elvégzése szükséges. Varimax rotációt végeztem a faktorok értelmezhetőségének javítása érdekében, ami matematikailag a legjobb megoldásra összpontosít, hogy a vizsgálat varianciájának maximális mennyiségét magyarázza a 31. ábrán látható törmelékdiagramon. Célja, hogy minden változót legfeljebb egy faktorhoz legyen rendelve (Ricolfi–Testa, 2021).



31. ábra: Scree diagram és faktor rotáció (8 faktor rotálása, varimax rotációval)

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A fenti diagramon az x tengelyen látható a faktorok száma, míg az y tengelyen a sajátértékek. A diagram segíthet eldönteni, hogy melyik faktorokat kell megtartani, ugyanis diagramon egy lefelé irányuló görbe látható, és pontosan látható amikor a görbe meredeksége megszűnik. A diagramon látható, hogy a görbe mind a 8 faktornál lefelé irányul, egyre kisebb meredekséggel. Az ábrán látható kék vonal a 23 fős minta kiszámított valódi sajátértéke, a piros vonal a véletlenszerű adatmodell átlagos sajátértékei, míg a sárga vonal a véletlenszerű adatmodell 95%-os biztonsági küszöbértéke. A faktorstruktúra megbízhatóságának ellenőrzésére elvégzett párhuzamos ellenőrzés törmeléktáblája vizuálisan is megerősíti a mintában rejlő struktúrát.

Ezt követően a faktortelítettségeket van lehetőség áttekinteni. A faktortelítettségek megmutatják, hogy az egyes q besorolások milyen mértékben magyaráznak egy adott faktort. A 8 faktoros Varimax rotációt követően megvizsgáltam az egyes faktorokhoz tartozó tiszta kitöltői kijelöléseket (flagged Q-sorts), amely az M8-as mellékletben látható. A Q-módszertan elvárásai szerint akkor tekinthető egy faktor önálló szubjektív véleménynek, ha ahhoz legalább kettő független válaszadó tiszta, szignifikáns terheléssel csatlakozik Humphrey-szabály szerint.

15. táblázat: Fatkorok terhelései

Faktor	Kijelölt kitöltők (flagged)	Értékelés / Státusz	Véleménycsoport (faktor) elnevezése
Factor 1	5 fő	Erős, nagyon stabil nézőpont	Hatékonyság növelő
Factor 2	1 fő	Nem elfogadható (egyéni vélemény)	Folyamatfejlesztő
Factor 3	2 fő	Megfelel a minimális kritériumnak	Innovatív
Factor 4	2 fő	Megfelel a minimális kritériumnak	Összefüggéskereső
Factor 5	2 fő	Megfelel a minimális kritériumnak	Szimuláció szkeptikus
Factor 6	1 fő	Nem elfogadható (egyéni vélemény)	Automatizáció kritikus
Factor 7	2 fő	Megfelel a minimális kritériumnak	Szimulációs szellemiségű
Factor 8	1 fő	Nem elfogadható (egyéni vélemény)	Szimuláció kétkedő

Forrás: saját szerkesztés a Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata alapján

Az eredmények alapján a 2. 6. és 8. faktorra jellemző, hogy csupán egy-egy válaszadó kapcsolódott tiszta terheléssel. Mivel az egyfős faktorok nem kollektív nézőpontot, hanem egyéni véleményt tükröznek, így a 2,6,8 faktorok, mint önálló véleménycsoport azok elvetése elkerülhetetlen.

16. táblázat: Hiperplán mutató és százalékos aránya faktoronként

Factor	Hyperplane Count	Hyperplane Percentage
Factor 1	6	26.087%
Factor 2	11	47.826%
Factor 3	6	26.087%
Factor 4	6	26.087%
Factor 5	7	30.435%
Factor 6	8	34.783%
Factor 7	7	30.435%
Factor 8	7	30.435%
Total	58	31.522%

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A 8 faktoros Varimax rotáció elméleti illeszkedését és a Thurstone-féle egyszerű struktúra teljesülését a hiperplán mutatók (Hyperplane Count / Percentage) alapján vizsgáltam. A hiperplán azon kitöltők arányát jelzi, akik az adott faktoron nullához közeli terheléssel rendelkeznek, azaz az adott dimenzió szempontjából semlegesek. A teljes 8 faktoros modell átlagos hiperplán-aránya 31,52% (16. táblázat), ami azt jelzi a semleges állítások arányát, és rávilágít, hogy a faktorstruktúra nem ad tökéletesen tiszta elválást.

A kovariancia mátrix megmutatja két véletlen változó közötti szórás mértékét. A nagy kovariancia erős kapcsolatot jelenthet a változók között, míg az alacsony kovariancia gyenge kapcsolatot. Pozitív kovariancia esetén a két változó egy irányba hajlamos mozogni, míg negatív kovariancia ellentétes mozgást predesztinál a két változó között.

17. táblázat: Kovariancia

Factor	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Factor 1	0.06934	-0.01523	-0.005	-0.01464	-0.0102	-0.00649	0.00531	-0.0175
Factor 2	-0.01523	0.06397	-0.00758	-0.0007	0.00398	-0.01022	-0.01185	0.00849
Factor 3	-0.005	-0.00758	0.06311	-0.01366	-0.00552	0.00662	-0.00715	-0.01292
Factor 4	-0.01464	-0.0007	-0.01366	0.05778	-0.01273	-0.01147	-0.00259	-0.00168
Factor 5	-0.0102	0.00398	-0.00552	-0.01273	0.06042	-0.00507	-0.00742	-0.00183
Factor 6	-0.00649	-0.01022	0.00662	-0.01147	-0.00507	0.05783	-0.00622	-0.01926
Factor 7	0.00531	-0.01185	-0.00715	-0.00259	-0.00742	-0.00622	0.06116	-0.00787
Factor 8	-0.0175	0.00849	-0.01292	-0.00168	-0.00183	-0.01926	-0.00787	0.05206

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A kutatás kovariancia táblázatát tekintve megfigyelhető, hogy az értékek nagyon alacsonyak, így a változók között nincs erős összefüggés. Az értékek előjelét tekintve található pozitív és negatív érték egyaránt (17. táblázat). A Varimax rotáció utáni faktorok közötti kovariancia mátrix kimenet a rotáció matematikai sikerességét és a kinyert faktorok egymáshoz való viszonyát és függetlenségét ellenőrzi. A főátlón kívüli értékek nagyon közel esnek a nullához, ami a Varimax rotáció közvetlen matematikai következménye, miszerint az ortogonális forgatási eljárás kikényszeríti, hogy a kinyert faktorok között ne legyen korreláció. A főátlót vizsgálva az látható,

hogy a Varimax rotáció sikeresen szétosztotta az eredetileg az 1. főkomponensben összpontosuló nagy varianciát a 8 faktor között.

A kinyert faktorstruktúra leíró erejének ellenőrzésére megvizsgáltam a 23 válaszadó Q-rendezéséhez tartozó kommunalitás értékét.

18. táblázat: Kommunalitás

No	Válaszadó	Kommunalitás
1	0M5C	0,82
2	0T82	0,91
3	10AF	0,89
4	12B6	0,87
5	4Y8S	0,71
6	6J76	0,82
7	72A3	0,74
8	7VN7	0,71
9	I4LK	0,73
10	KWTT	0,59
11	L1FW	0,63
12	M9S8	0,71
13	OFHI	0,79
14	OQK9	0,74
15	QEYL	0,74
16	QML4	0,82
17	RLPJ	0,73
18	SCG9	0,90
19	U9KY	0,68
20	WZ33	0,78
21	Y0HN	0,70
22	YI1E	0,81
23	ZZB4	0,73

Forrás: Saját szerkesztés Q-method szoftver adatai alapján.

Az értéke 0-1-ig terjedhet, ahol az 1-hez közelebb eső értékek azt jelentik, hogy a kivont faktorok az egyes tételek varianciájának nagyobb részét magyarázhatják. Jelen kutatás keretein belül az összes résztvevő válaszaira igaz, hogy a kivont faktorok nagyrészben magyarázzák a besorolások varianciáját (18. táblázat). A 8 faktoros modellben a kommunalitás értékek 0,59-0,91 között mozognak, 76,3%-os mintaátlag mellett. A szakirodalom 0,50 feletti értékeket tekintik az egyéni nézőpontok megfelelő képviseletének, ezért a kapott eredmény igazolja, hogy a kinyert faktorok a válaszadói minta egyéni döntési mintázatait magas hatásfokkal fedik le.

A 19. táblázat a faktorok közötti korrelációs mátrixot mutatja be. Ez a kimutatás méri, hogy az egyes faktorok által képviselt állítássorrendek mennyire hasonlítanak egymásra. A kinyert 8 faktor közötti elméleti elválást a faktorok összetett állítássorrendéből számított korrelációs mátrix alapján vizsgáltam. Bár a Varimax rotáció ortogonális forgatást biztosít, a faktorpontszámok közötti korreláció rávilágított arra, hogy több faktor között mérsékelten magas átfedés áll fenn. Legmagasabb a 3. és 6. között, r=0,43. A faktorok közötti szignifikáns összefüggés azt jelzi, hogy a dimenziók jelentős mértékben azonos elvi álláspontot tükröznek a Q-készlet elemeinek megítélésében.

19. táblázat: Korreláció a faktorok között

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Factor 1	1.00	0.09376	0.42878	0.26892	0.31363	0.38689	0.37258	0.07881
Factor 2	0.09376	1.00	0.07874	0.31015	0.1855	0.03488	0.08161	0.39535
Factor 3	0.42878	0.07874	1.00	0.16286	0.23747	0.43044	0.30821	-0.09584
Factor 4	0.26892	0.31015	0.16286	1.00	0.2276	0.1176	0.34296	0.11358
Factor 5	0.31363	0.1855	0.23747	0.2276	1.00	0.38802	0.32455	0.23883
Factor 6	0.38689	0.03488	0.43044	0.1176	0.38802	1.00	0.23183	-0.13953
Factor 7	0.37258	0.08161	0.30821	0.34296	0.32455	0.23183	1.00	0.09183
Factor 8	0.07881	0.39535	-0.09584	0.11358	0.23883	-0.13953	0.09183	1.00

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A 19. táblázatban megfigyelhető a faktorok közötti korreláció mértéke, amely nagyon változatos, láthatunk 0,4 fölötti értéket is, és 0,1 alattit.

A 20. táblázat a kinyert faktorok megbízhatósági és hibamutatóit tartalmazza, amelyek alapján értékeltem. A Q-módszertan szerint a kompozit megbízhatóság a faktorokhoz tartozó tiszta kitöltők számának függvénye. Az 5 tiszta kitöltővel rendelkező 1. faktor kiemelkedő megbízhatóságot és alacsony hibamarzsot mutatott. A két-két kitöltővel rendelkező 3.4.5.7. faktorok szinten magas megbízhatósági értékeket értek el. Ezzel szemben a 2.6. és 8. faktorok mutatták a legalacsonyabb megbízhatóságot és a legmagasabb standard hibát.

20. táblázat: A faktorok karakterisztikái

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
No.of Defining Variables	5.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00
Avg. Rel. Coef.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Composite Reliability	0.95238	0.80	0.88889	0.88889	0.88889	0.80	0.88889	0.80
S.E of Factor Z-Scores	0.21822	0.44721	0.33333	0.33333	0.33333	0.44721	0.33333	0.44721

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A kinyert faktorok elvi állítássorrendjeinek összehasonlításához és a megkülönböztető állítások azonosításához átnéztem a faktorpontszámok különbségének standard hibáit. A standard hiba nagysága közvetlenül tükrözi az összehasonlított faktorok megbízhatóságát. A legnagyobb stabilitást mutató első és a 2 fős faktorok közötti standard hiba különbsége 0,398 volt, ami 95%-os megbízhatóság mellett 0,781-os Z pontszám eltérést igényel a szignifikáns eltérés kimutatásához. Az egyfős faktoroknál a különbség standard hibája eléri 0,632-es értéket, ezért ez az eredmény is alátámasztja az egyfős faktorok bizonytalanságát. A faktorok közötti különbségek szignifikanciájának megítéléséhez szükséges standard hibákat a 21. táblázat tartalmazza.

21. táblázat: Standard hiba a faktorok Z-értékeinek különbségeiben

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Factor 1	0.30861	0.49761	0.39841	0.39841	0.39841	0.49761	0.39841	0.49761
Factor 2	0.49761	0.63246	0.55777	0.55777	0.55777	0.63246	0.55777	0.63246
Factor 3	0.39841	0.55777	0.4714	0.4714	0.4714	0.55777	0.4714	0.55777
Factor 4	0.39841	0.55777	0.4714	0.4714	0.4714	0.55777	0.4714	0.55777
Factor 5	0.39841	0.55777	0.4714	0.4714	0.4714	0.55777	0.4714	0.55777
Factor 6	0.49761	0.63246	0.55777	0.55777	0.55777	0.63246	0.55777	0.63246
Factor 7	0.39841	0.55777	0.4714	0.4714	0.4714	0.55777	0.4714	0.55777
Factor 8	0.49761	0.63246	0.55777	0.55777	0.55777	0.63246	0.55777	0.63246

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

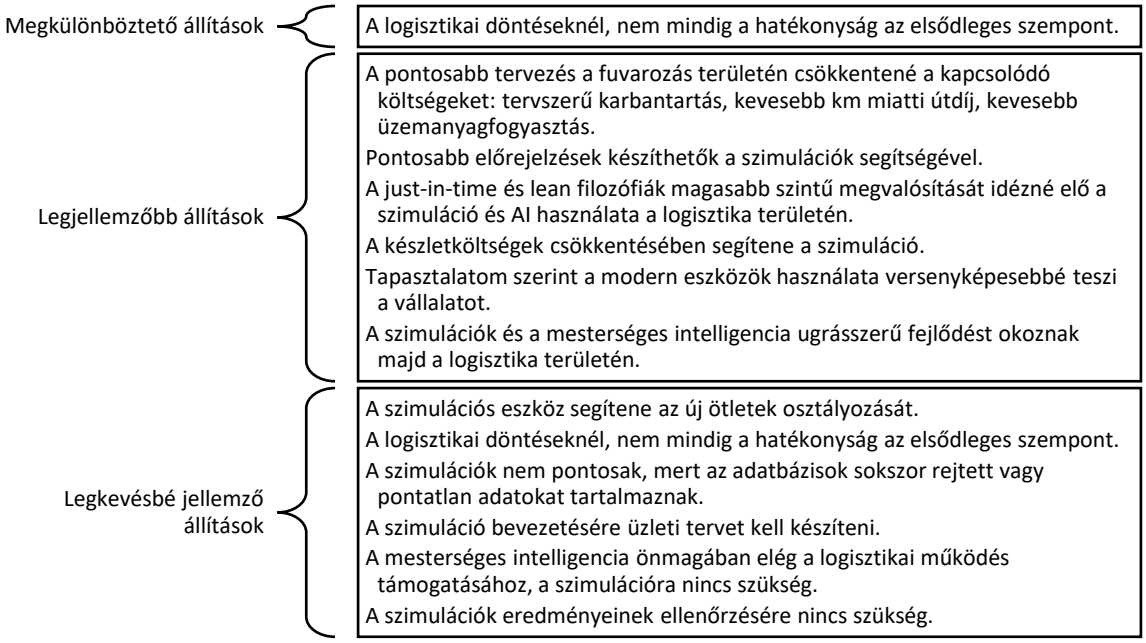
4.2.2.A faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése

A kvantitatív kutatás lefolytatását követően rendelkezésre állnak a véleménycsoportokra, vagyis a faktorokra jellemző állítások, amelyek elkülönítik a faktorokat egymástól, valamint, hogy a válaszadók melyik véleménycsoportokhoz tartoznak. Ezek az információk alapján kvalitatív értékelést végeztem és elneveztem a faktorokat.

A véleménycsoportokra jellemző állításokat három csoportba bontva mutatom be:

- Megkülönböztető állítások, amelyek kizárólag az adott csoportra jellemző
- A legjellemzőbb állítások, amelyek a +2 és +3 értéknél kerültek besorolásra és amelyekkel leginkább egyetértettek a véleménycsoport tagjai
- A legkevésbé jellemző állítások, amelyek a -2 és -3 értéknél kerültek besorolásra és amelyekkel leginkább nem értettek egyet a véleménycsoport tagjai

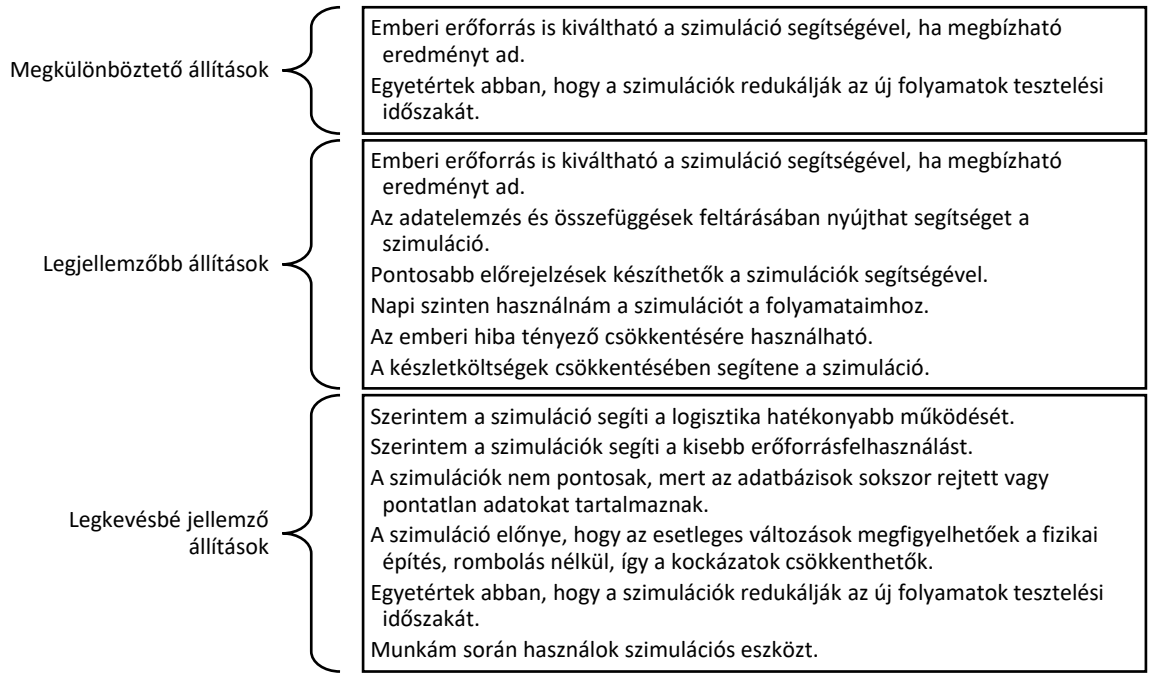
A válaszadók 70%-át sikerült a 8 faktor valamelyikébe besorolni az elemzés során. Az azonos faktorba, véleménycsoportba került válaszadók véleménye jól elkülönül a többi véleménycsoporttól.



32. ábra: A "hatékonyság növelő" 1. faktorra jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 32. ábrán a megkülönböztető állítás: „A logisztikai döntéseknél, nem mindig a hatékonyság az elsődleges szempont.” A válaszadók véleménye alapján az első véleménycsoport megkülönböztető állításával nem értenek egyet, továbbá, a jellemző állítások közé azokat az állításokat sorolták be, amelyek mind a hatékonyságnövelést célozzák meg. A legkevésbé jellemző oldalon az látható, ugyanakkor, hogy az új ötletek osztályozására nem használnák, megbíznak a szimulációk pontosságában, szükségesnek tartják a szimulációkat a mesterséges intelligencia mellett is. Így az első csoportba sorolt résztvevők számára a szimulációs eszközt a hatékonyságnövelésre alkalmazzák, vagy szeretnék alkalmazni. Az is kijelenthető, hogy a csoport tagjai a hatékonyság növelés mellett nem feltétlen alkalmaznák más területen, mint például ötletek osztályozására és megbíznak a szimulációktól kapott eredményekben, azonban az eredmények ellenőrzését szükségesnek tartják.

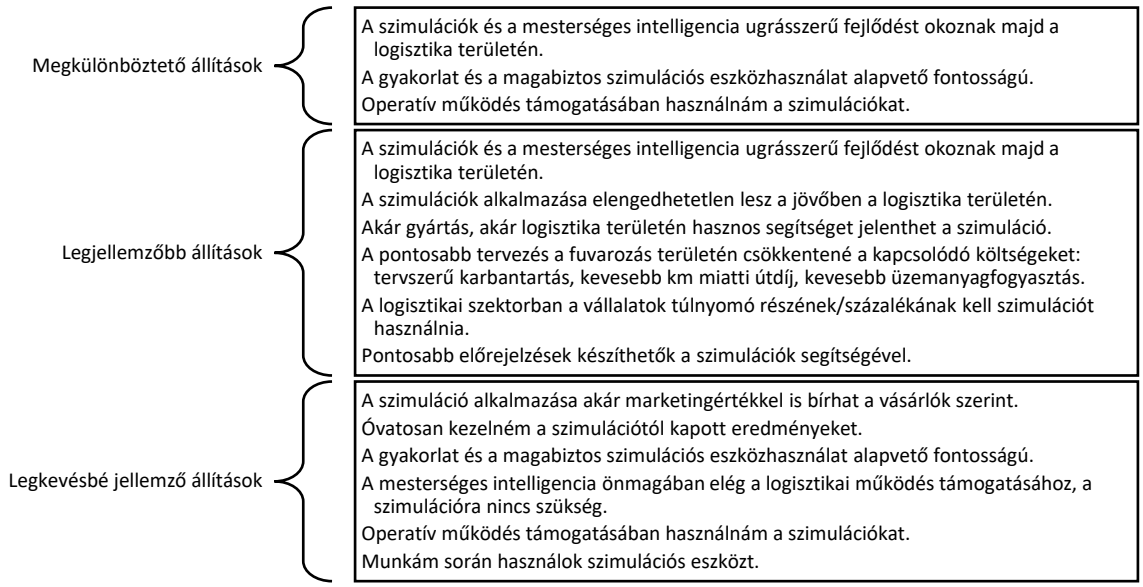


33. ábra: A "Folyamatfejlesztő" 2. faktorra jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 33. ábrán a megkülönböztető állítások: „Emberi erőforrás is kiváltható a szimuláció segítségével, ha megbízható eredményt ad. és Egyetértek abban, hogy a szimulációk redukálják az új folyamatok tesztelési időszakát." A folyamatfejlesztő második faktor legjellemzőbb állításai szerint, az emberi erőforrások kiválthatók szimulációk segítségével, az összefüggések feltárásában segíthet a szimuláció, előrejelzések és napi folyamatokban képes segíteni, továbbá készletköltségek és az emberi hibák csökkentésére használható a szimuláció.

A legkevésbé jellemző mondatok szerint a szimuláció nem segíti a logisztika hatékonyabb működését, és a kisebb erőforrásfelhasználást. A szimulációk pontosak, azonban nem segítik a megfigyelést a fizikai megvalósítás előtt, nem rövidítik a folyamatok tesztelési időszakát és a válaszadók jelenleg nem használják a munkájuk során a szimulációkat.

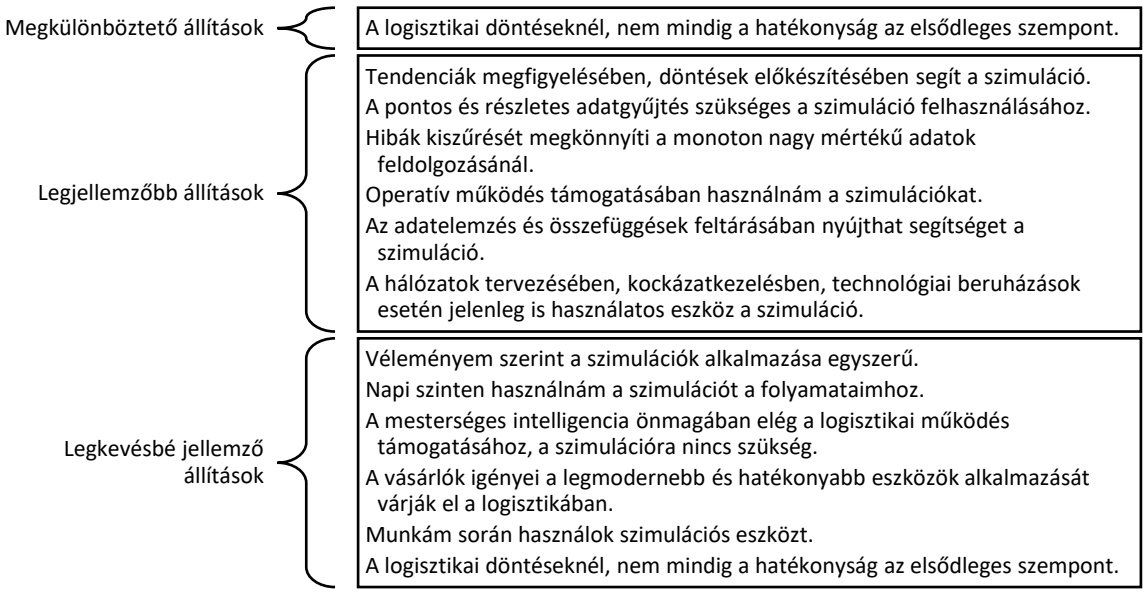


34. ábra: Az "Innovatív" 3. faktorra jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 34. ábrán a megkülönböztető állítások: „A szimulációk és a mesterséges intelligencia ugrásszerű fejlődést okoznak majd a logisztika területén.” és „A gyakorlat és a magabiztos szimulációs eszközhasználat alapvető fontosságú.” valamint „Operatív működés támogatásában használnám a szimulációkat.” Az Innovatív harmadik faktorra jellemző állítások szerint a válaszadók, akik ebbe a véleménycsoportba kerültek besorolásra a szimulációktól és mesterséges intelligenciától ugrásszerű fejlődést várnak a logisztika területén, továbbá a szimulációk alkalmazása megkerülhetetlen lesz, amely segíthet a gyártás és logisztika területén, amelyet a vállalatok nagy részének alkalmaznia kell ebben a szektorban. A fuvarozási költségek csökkentését és a pontosabb előrejelzések elkészítését prognosztizálják a véleménycsoport tagjai.

A legkevésbé jellemző állítások szerint a szimulációk alkalmazásának nem tulajdonítanak marketingértéket, sőt, a szimulációtól kapott eredményeket is óvatosan kezelnék. Ezzel szemben nem tartják fontosnak a magabiztos szimulációs eszközhasználatot, viszont a mesterséges intelligencia mellett a szimulációk használatát szükségesnek tartják. Míg a munkájuk során nem használnak szimulációt és az operatív működésben nem is használnák.

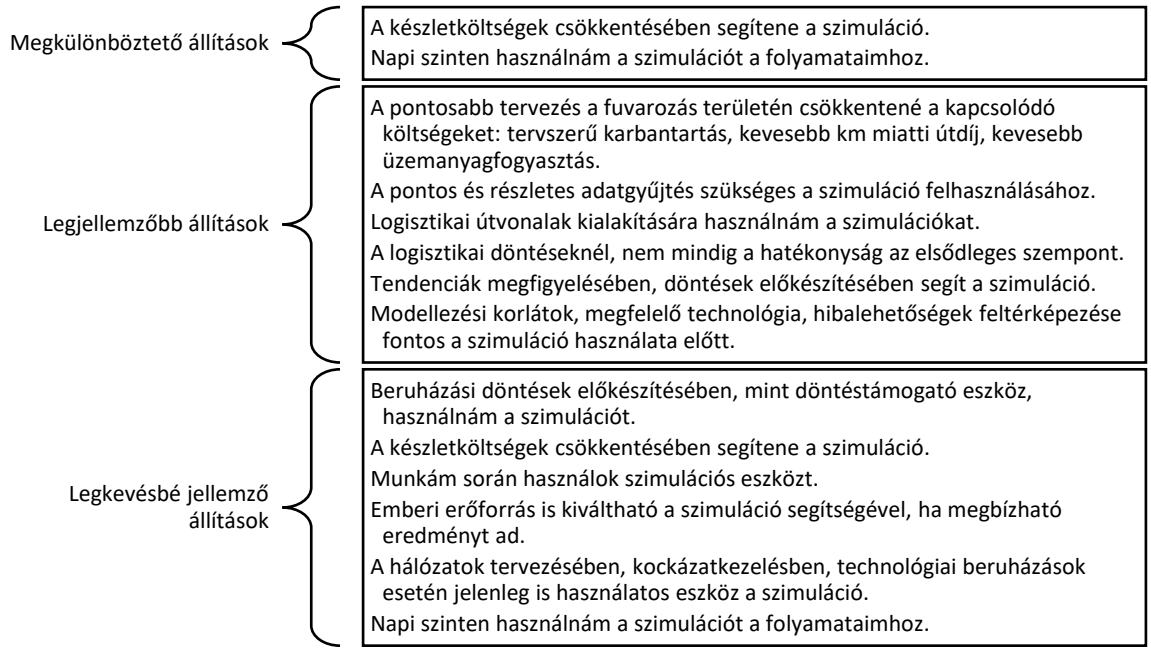


35. ábra: Az "Összefüggéskereső" 4. faktorra jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 35. ábra megkülönböztető állítása: „A logisztikai döntéseknél, nem mindig a hatékonyság az elsődleges szempont.” Az összefüggéskereső negyedik faktorra jellemző állítások szerint ebben a véleménycsoportba tartozók a szimulációs eszköztárat tendenciák megfigyelésére, döntések előkészítésére, hibák kiszűrésére, operatív működés támogatására használnák. Emellett úgy gondoljál, hogy pontos és részletes adatgyűjtésre van szükség a szimuláció használatát megelőzően, illetve hálózattervezésben, kockázatkezelésben és beruházások esetén is hasznos lehet a szimuláció.

A legkevésbé jellemző állítások szerint a szimulációk alkalmazása nem egyszerű, nem is használnák napi szinten. A mesterséges intelligencia viszont önmagában nem elégséges és szimulációk alkalmazása szükséges a logisztikai működés támogatása. Nem értenek egyet azzal, hogy a legmodernebb eszközöket kell alkalmazni a logisztika területén. A logisztikai döntéseknél a hatékonyság az elsődleges szempontjuk és nem használják a munkájuk során a szimulációkat.

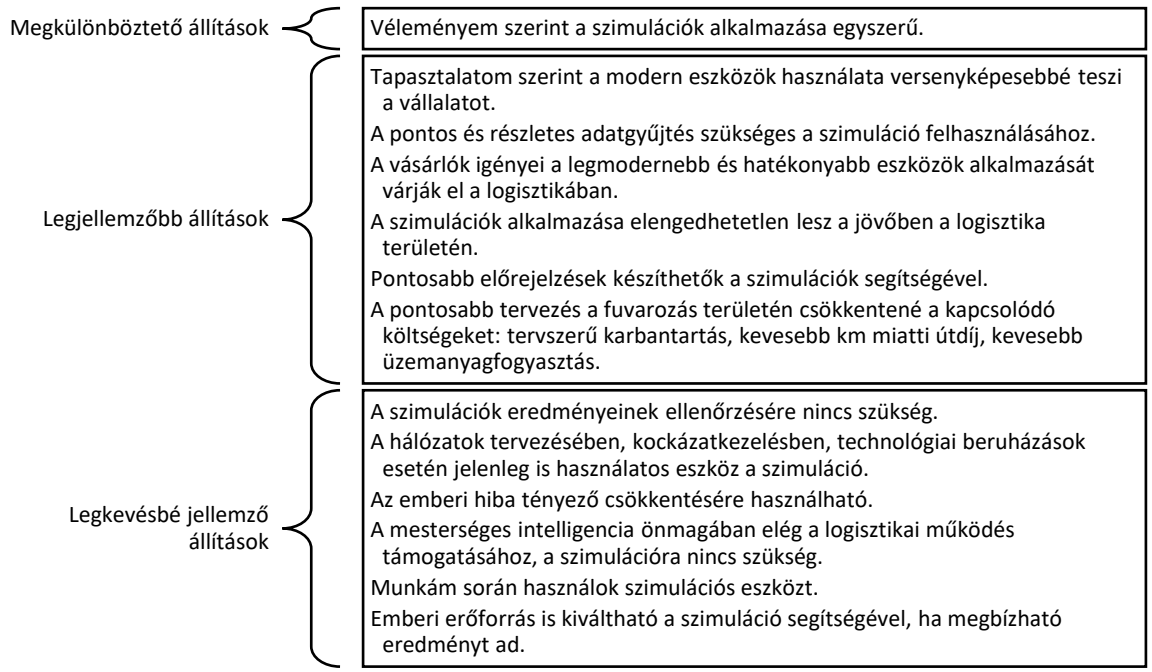


36. ábra: A "szimuláció szkeptikus" 5. faktorra jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 36. ábra megkülönböztető állításai: „A készletköltségek csökkentésében segítene a szimuláció.” és „Napi szinten használnám a szimulációt a folyamataimhoz.” A szimuláció szkeptikus ötödik véleménycsoportra legjellemzőbb állítások szerint a szimulációk alkalmazása a fuvarozás kapcsolódó költségeit csökkentené, emellett a logisztikai útvonalak kialakításában is segítségükre lehetne. Modellezési korlátok, megfelelő technológia és a hibalehetőségek feltérképezése elengedhetetlen a szimulációk használata előtt, valamint a részletes adatgyűjtés. Ehhez a csoporthoz sorolt résztvevők véleménye szerint nem mindig a hatékonyság az elsődleges szempont a logisztikai döntéseknél.

A legkevésbé jellemző állítások szerint a véleménycsoport tagjai nem használnák a szimulációkat, mint beruházási döntéstámogató eszköz. Emellett a készletköltségek és az emberi erőforrás csökkentésében nem gondolják úgy, hogy segíthetne a szimuláció. Jelenleg nem használják és nem is tervezik napi szinten használni a szimulációs eszközöket. Ezekből a besorolásokból arra következtetek, hogy operatív működésben bizonyos esetekben talán használnák a szimulációkat, de valószínűsíthető, hogy a csoport tagjai a gyakorlatban nem alkalmaznák azokat.

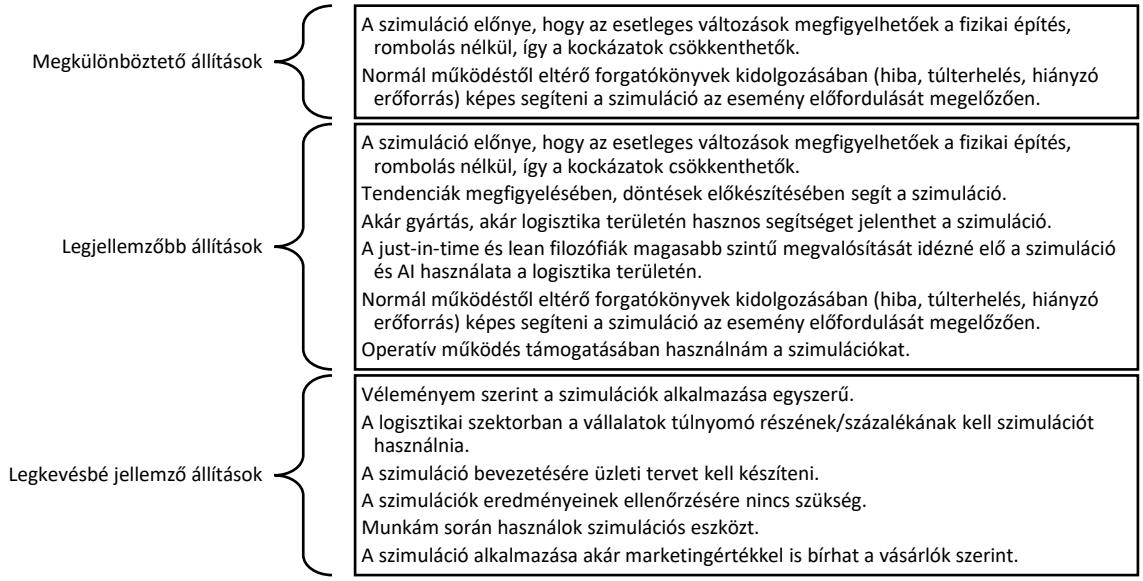


37. ábra: Az "Automatizáció kritikus" 6. faktorra jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 37. ábra megkülönböztető állítása: „Véleményem szerint a szimulációk alkalmazása egyszerű.” Az automatizáció kritikus hatodik faktorba tartozók véleménye szerint a modern eszközök használata a vállalatot versenyképesebbé teszi, és ezen legmodernebb eszközök alkalmazását a vásárlók el is várják. Azt gondolják, a szimulációk alkalmazása elengedhetetlen lesz a jövőben a logisztika területén, amelyekkel pontosabb előrejelzések készíthetők, viszont ehhez pontos és részletes adatgyűjtésre van szükség, ami a fuvarozási költségek csökkentését eredményezheti.

A legkevésbé jellemző állítások szerint a véleménycsoport tagjai a szimulációk eredményeinek ellenőrzését szükségesnek gondolják, és jelenleg szerintük a szimulációt nem használják hálózattervezésben, kockázatkezelésben vagy technológiai beruházások esetén. Az emberi erőforrást nem tartják kiválthatónak a szimulációk alkalmazásával, ahogy az emberi hiba tényező csökkentését sem. Viszont a szimulációra szükség van a mesterséges intelligencia mellett a logisztikában. Az innovatív hozzáállás és gondolkodás mellett azonban ők sem használják a szimulációkat.

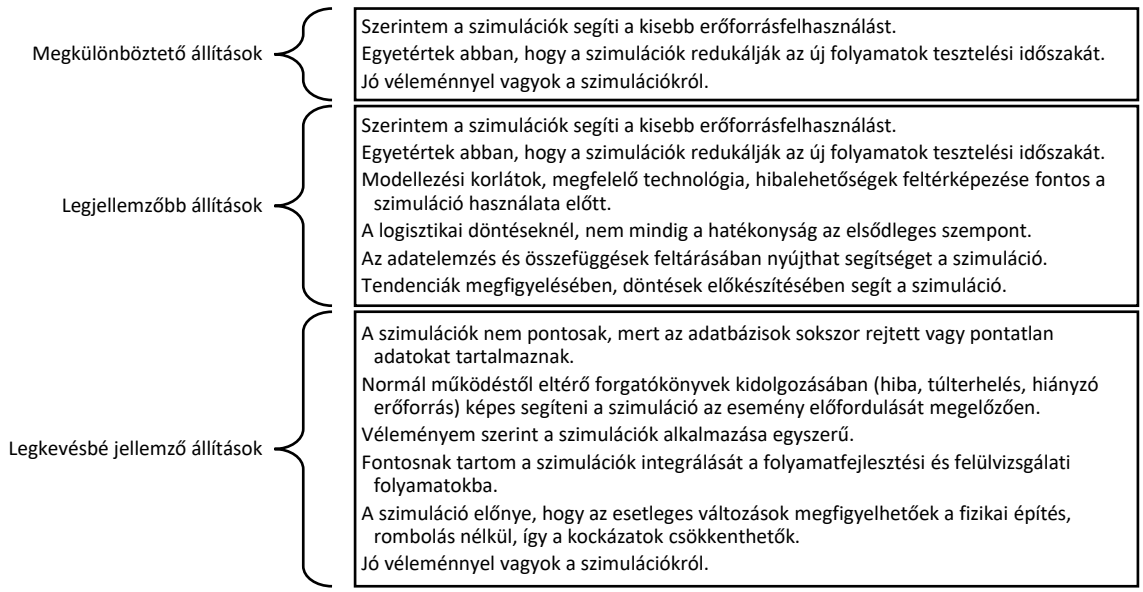


38. ábra: A "szimulációs szellemiségű" 7. faktorra jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 38. ábra megkülönböztető állításai: „A szimuláció előnye, hogy az esetleges változások megfigyelhetőek a fizikai építés, rombolás nélkül, így a kockázatok csökkenthetők.” és „Normál működéstől eltérő forgatókönyvek kidolgozásában (hiba, túlterhelés, hiányzó erőforrás) képes segíteni a szimuláció az esemény előfordulását megelőzően.” A szimulációs szellemiségű hetedik faktorba tartozó véleménycsoportban azok a gondolatok lelhetők fel a legjellemzőbb állítások között, amelyek a szimulációs eszköz használatával a leginkább egybecsengenek a szakirodalmi feldolgozás alapján is. Ebbe a csoportba tartozó résztvevők szerint a szimulációk előnye, hogy építés vagy rombolás nélkül is megfigyelhetők egyes változások, emellett tendenciák is megfigyelhetőek a szimulációkkal, amelyet akár a gyártás, akár a logisztika területén segítheti a működést operatív területen. A különböző logisztikában használatos filozófiák magasabb szintű megvalósítását is elősegítheti a szimulációk alkalmazása a véleménycsoport tagjai szerint, és különböző szcenáriók kipróbálásában is előnyös lehet.

A legkevésbé jellemző állítások szerint a véleménycsoport tagjai úgy gondolják, hogy a szimulációk alkalmazása nem egyszerű, és a szektorban szereplő vállalatok túlnyomó részének nem is kell használniuk ezt az eszközt. A szimuláció bevezetéséhez nincs szükség üzleti tervre, viszont az eredményeit ellenőrizni kell. A szimulációk használatának nem tulajdonítanak marketingértéket és nem is használják a munkájuk során.



39. ábra: A "szimuláció kétkedő" 8. faktorra jellemző mondatok

Forrás: Saját készítés

A 39. ábra megkülönböztető állításai: „Szerintem a szimulációk segíti a kisebb erőforrásfelhasználást.” és „Egyetértek abban, hogy a szimulációk redukálják az új folyamatok tesztelési időszakát.” illetve „Jó véleménnyel vagyok a szimulációkról.” A szimuláció kétkedő nyolcadik faktorra legjellemzőbb állítások szerint a véleménycsoport tagjai szerint a szimulációk segítik a kisebb erőforrásfelhasználást, redukálják az új folyamatok tesztelési időszakát, és összefüggések és tendenciák feltárásában. A modellezési korlátok és hibalehetőségek feltérképezése fontos nekik a szimulációk használata előtt. Végül a logisztikai döntéseknél nem a hatékonyság az elsődleges szempont véleményük szerint.

A legkevésbé jellemző állítások szerint ugyan a szimulációk pontosak, viszont azt gondolják, hogy forgatókönyvek kidolgozásában, integrálását a folyamatfejlesztésbe, illetve változások megfigyelésére nem alkalmazható. Továbbá a csoport tagjai szerint a szimulációk alkalmazása bonyolult és nincsenek is jó véleménnyel a szimulációkról, ami alapján azt gondolom nem valószínű, hogy bármikor használni fogják a szimulációt a jövőben.

A könnyebb átláthatóság érdekében a 22. táblázat összefoglalva tartalmazza az ábra sorszámát, a faktor számát és végleges elnevezését is. A kinyert faktorok minőségi értelmezését követően a következő alfejezetben a különböző véleménycsoportok összehasonlítása következik.

22. táblázat: Alapkutatás faktorainak összefoglaló táblázata

Ábra sorszáma	Faktor száma	Faktor elnevezése
32. ábra	1. faktor	Hatékonyságnövelő
33. ábra	2. faktor	Folyamatfejlesztő
34. ábra	3. faktor	Innovatív
35. ábra	4. faktor	Összefüggéskereső
36. ábra	5. faktor	Szimuláció szkeptikus
37. ábra	6. faktor	Automatizáció kritikus
38. ábra	7. faktor	Szimulációs szellemiségű
39. ábra	8. faktor	Szimuláció kétkedő

Forrás: Saját készítés

4.2.3. Véleménycsoportok összehasonlítása

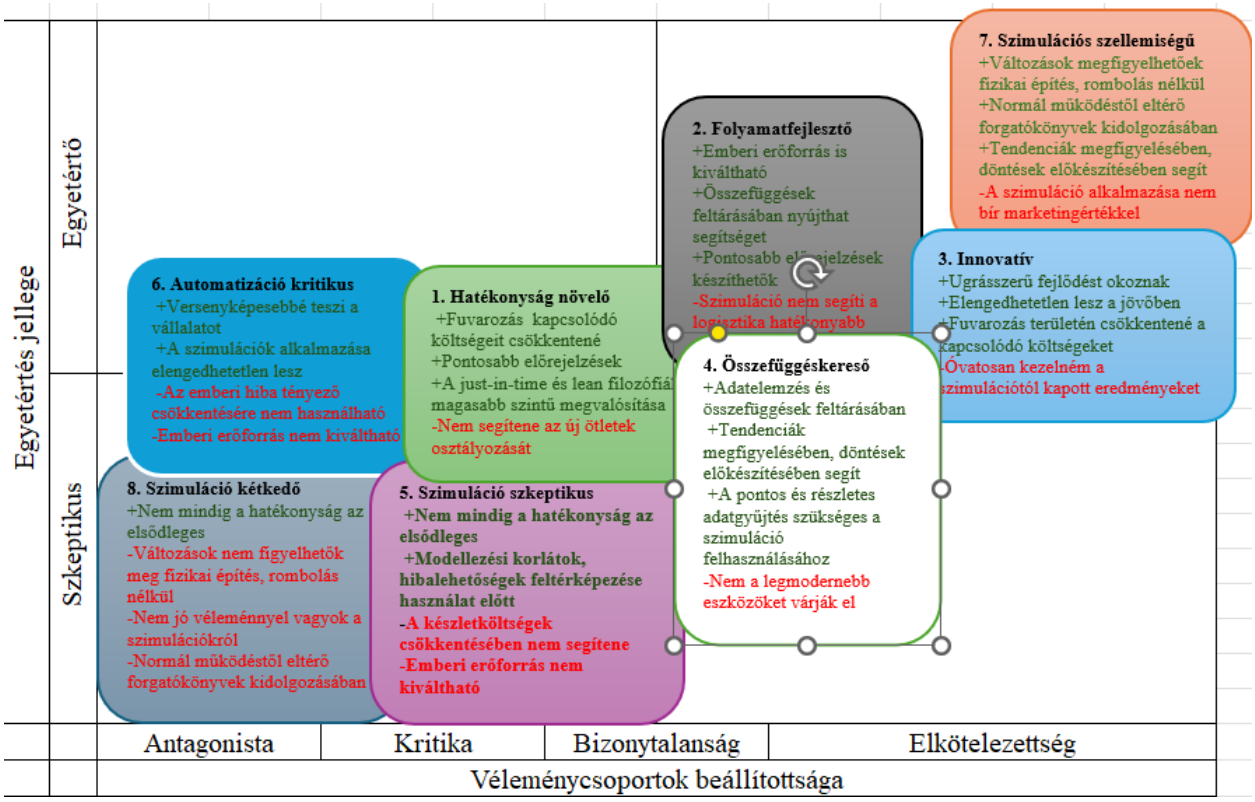
A nyolc faktort egymást követően sikerült jellemeznem az előző fejezetben, viszont ezeket szeretném kontextusba helyezni egymáshoz képest, amelyet ebben a fejezetben fogok megtenni. A csoportok jellemzését egyenként végigtekintve az látható, hogy a különböző faktorok különböző véleménycsoportokat jelölnek és ezek a logisztika és szimulációk jelentőségét eltérően értelmezik.

Az összehasonlítás segít még személetesebbé tenni a véleménykülönbségeket és elhelyezni az egyes faktorokat a véleményskálán. A véleménycsoportokat a 40. ábrán látható módon az egyetértés jellege és a beállítottsága szerinti tengelyek mentén kerültek elhelyezésre.

Ahogy az ábrán is látható, a véleménycsoportok lefedik a teljes spektrumot a szkeptikus antagonista beállítottságtól egészen az egyetértő elkötelezettig. A csoportok bizonyos mértékig átfedik egymást, viszont az látható, hogy a 8. szimuláció kétkedő, a 6. automatizáció kritikus, és az 5. szimuláció szkeptikus csoportokról lehet elmondani, hogy szkeptikusok a szimulációk használatával a logisztikában. Nem értenek egyet a szimulációs módszertan adta lehetőségekkel és inkább antagonista és kritikus beállítottsággal közelítik meg a témát. Az 1. hatékonyságnövelő véleménycsoport tagjai már az egyetértés és a szkepticizmus határán vannak, látják az elérhető előnyök egy részét, ezért a bizonytalan beállítottság jellemzi őket.

A 4. összefüggéskereső és a 2. folyamatfejlesztő csoport már felismeri a szimuláció nyújtotta lehetőségeket, viszont úgy gondolja a logisztika nem a legmodernebb eszközök felhasználását igényli, vagy a szimuláció nem segíti a hatékonyabb logisztikai működést, ezért a bizonytalan beállítottsághoz soroltam őket, míg egyetértés jellegét tekintve a 4. faktort a szkeptikus és egyetértő határára, míg a 2. csoportot az egyetértőhöz soroltam.

A 3. innovatív és a 7. szimulációs szellemiségű csoportok mind az egyetértő és az elkötelezett negyedbe lettek besorolva, mert átlátják a szimuláció lehetséges előnyeit és a nem egyetértő állításaik sem a szimulációk alkalmazásával kapcsolatosak.



40. ábra: Véleménycsoportok összehasonlítása

Forrás: Saját készítés

A kutatási eredményeket és a faktorokba tartozó válaszadók iparági, vagy vállalati szintű összekapcsolása tovább árnyalná az elemzést. A kérdőív teljesen anonim jellege miatt, azonban a jelen kutatás keretein belül nincs lehetőség a válaszadók konkrét szektorokhoz, vagy vállalatokhoz történő hozzárendeléséhez.

Az alapkutatás eredményének és megbízhatóságának ellenőrzése érdekében validáló kutatást folytattam le, amelynek részletes bemutatása és elemzése a következő fejezetben következik.

4.3. Az ellenőrző kutatás eredményei

Az ellenőrző kutatás lefolytatása során elvégeztem a faktorelemzést speciális Q-szoftver segítségével és a faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezését egyaránt.

4.3.1. A faktorelemzés elvégzése speciális Q-szoftverrel

Az ellenőrző kutatás során ugyanazokat az elemzéseket végeztem el az összehasonlíthatóság érdekében. Az elemzés célja ebben az esetben is a strukturált véleménycsoportok azonosítása volt. Az adatok visszagyűjtését és az adatok feldolgozását szintén a Q Method Software segítségével végeztem el úgy, ahogy azt az eredeti kutatás során végeztem el. Az adatok elemzését Pearson-féle együttható vizsgálatával kezdtem. A kutatás során felvett két független minta egyéni Q rendezéseit tartalmazó bemeneti Pearson-féle korrelációs mátrixok (M6 és M9) összevetése rámutat a válaszadói csoportok eltérő belső dinamikájára. Míg az alapkutatás mátrixa (M6) egy rendkívül erős, homogén válaszadói mag jelenlétét igazolja, addig az ellenőrző kutatás árnyaltabb, jobban tagolódó véleménystruktúrát rajzol ki. Az alapkutatás adatsorában az egyének közötti korrelációs együtthatók kiugróan magasak, számos esetben elérik az r=0,80, 0,92 közötti tartományt. Ez a jelentős mértékű átfedés egy kiterjedt és domináns konszenzusra utal a mintán belül, ami a faktorképzés során egyetlen, kimagasló magyarázó erővel bíró főfaktor létrejöttét eredményezi.

Ezzel szemben az ellenőrző kutatás (M9) adatfelvétel szerkezete lényegesen kiegyensúlyozottabb, a maximális korrelációs értékek mérsékeltebbek. A csúcsérték r=0,67, míg a kapcsolatok zöme 0,20 és 0,45 közötti, a Q-módszertanban ideálisnak tekinthető tartományban mozog. További különbség, hogy a mátrixban megjelenő határozottabb negatív korrelációk (például r=-0,39) egyértelműbb véleménykülönbségeket és polarizáltabb véleménycsoportokat jelölnek. Ez a szélesebb szóródás tisztább nézőponti határokat eredményez a struktúra megbízható validálására.

A Pearson-féle korrelációs mátrixok elemzését követően az alapkutatás (M7) és az ellenőrző kutatás (M10) elforgatás előtti főkomponens-mátrixainak összehasonlítására tértem ki. Mind az alapkutatásban (M7), mind az ellenőrző kutatásban (M10) kirajzolódik a forgatás előtti főkomponens-elemzés jellegzetes mintázata, azaz az első főkomponens foglalja magába a mintabeli variancia döntő részét. Az alapkutatás adatsorában az első faktor terhelése szinte kivétel nélkül magas, ami a válaszadói korrelációkban megfigyelt erős belső konszenzusra utal. Az ellenőrző kutatás mintájában az első faktor továbbra is meghatározó, azonban itt már megjelennek olyan kitöltők is, akiknek a terhelődése ezen a fő tengelyen elhanyagolható. A másodlagos faktorok (F2-F8) az alapkutatásban nem képeznek radikálisan elkülönülő nézőpontokat, a faktorterhelések elmosódottabbak, ezzel szemben az ellenőrző kutatásban a másodlagos faktorok úgynevezett egyfős izolált peremfaktorokká torzultak. Egyes válaszadók szinte kizárólag egyetlen speciális faktorhoz kapcsolódnak, miközben az első faktoros terhelődésük minimális.

Ezt követően a faktorok sajátértékének elemzésével és összehasonlításával folytattam az adatok elemzését. A Kaiser-Guttman-szabály alapján vizsgáltam meg, ami kimondja, hogy amennyiben a sajátérték nagyobb, mint 1, abban az esetben indokolt a faktor megtartása. Míg az alapkutatás esetében a 8. faktor megtartására a szabály lágyítása révén kerülhetett sor, az ellenőrző kutatás esetében erre nem volt szükség, mivel a 8. faktor sajátértéke is az elforgatási tartományba esik (EV=1,067).

23. táblázat: Ellenőrző kutatás fakrorainak sajátértéke

Factor	Actual EV	Mean EV	95th Percentile EV
1	7.11507	2.75652	3.08554
2	2.40296	2.36798	2.59723
3	1.7506	2.11041	2.30131
4	1.55997	1.89262	2.04629
5	1.39723	1.70949	1.85396
6	1.21713	1.54572	1.66901
7	1.16949	1.39931	1.5195
8	1.06692	1.26136	1.38187

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

Ahogyan az alapkutatásban, úgy az ellenőrző kutatás során is elemeztem az egyéb információk táblázatát, amely a Q-Method Software összegző faktormutatóit mutatja be mind a 8 faktorra vetítve, ami segített a modellek belső stabilitásának és megbízhatóságának vizsgálatában. A sajátértékek mind a 8 faktor esetében megfelelnek a Kaiser-Guttman-szabálynak, ahogy azt korábban leírtam. Az alapkutatással összhangan az ellenőrző kutatásban is az első faktor dominanciája egyaránt megfigyelhető, mivel a variancia 30,9%-ért felel, ami a mintában lévő erős alapvetést ugyanúgy igazolja. A 8 faktor együttes varianciája 76,87%, ami rendkívül magas érték, az alapkutatáshoz hasonlóan, a 8 faktor megtartása 23 fős kitöltésnél magyarázza ezt. A Humphrey-szabály alapján felfedezhető különbség, ugyanis az alapkutatásban csupán az első

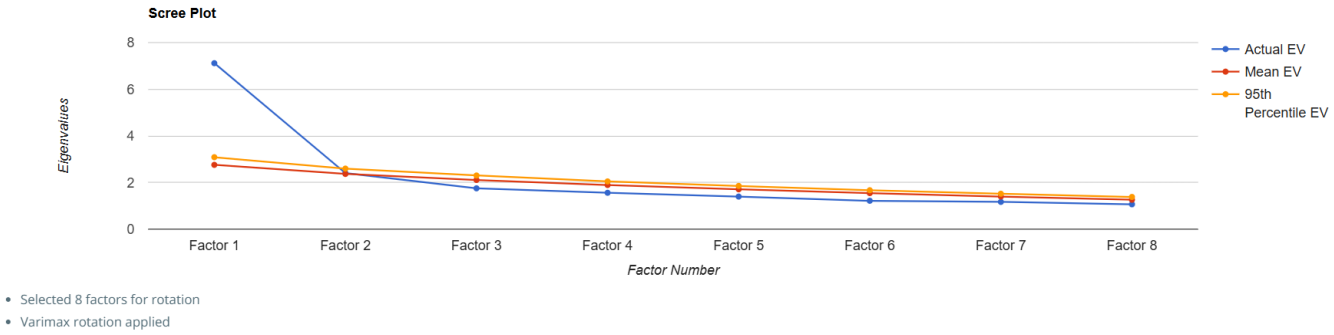
faktor, úgy az ellenőrző kutatásban az első két faktor felel meg neki. Az ellenőrző kutatásban 3-8 faktorok a kritikus érték alatt maradnak, így a tiszta nézőpontok elkülönítéséhez Varimax rotációt alkalmaztam, az alapkutatáshoz hasonló módon.

24. táblázat: Ellenőrző kutatás egyéb információinak táblázata

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Eigenvalue	7.11507	2.40296	1.7506	1.55997	1.39723	1.21713	1.16949	1.06692
% Explained Variance	30.9351	10.44764	7.61131	6.78248	6.07492	5.29189	5.08473	4.63878
Cumulative Variance	30.9351	41.38274	48.99405	55.77653	61.85146	67.14334	72.22808	76.86685
Humphrey's Rule	0.5961	0.46368	0.33557	0.28345	0.26263	0.23755	0.18752	0.18617
Standard Error	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851	0.20851

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A 41. ábra összhangban van a numerikus adatokkal, amelyek alapján jól látható az első faktor sajátértéke dominálja a grafikon tejes vertikális terjedelmét. A diagramon szereplő görbe meredeksége folyamatosan csökken a 8. faktorig, azonban az folyamatosan lefelé irányul. Lényeges különbség, hogy a 2. faktor sajátértéke az alapkutatásban a szimulált átlag és a 95%-os küszöbvonal alá esik, míg az ellenőrző kutatásban a 2. faktor sajátértéke érinti a szimulált átlagvonalat, a szigorúbb 95%-os konfidenciaintervallumot jelölő sárga vonalat nem éri el.



41. ábra: Ellenőrző kutatás Scree diagramja és faktor rotáció (8 faktor rotálása, varimax rotációval)

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A Varimax rotáció elvégzését követően a kitöltők faktorokhoz való egyéni illeszkedését és a tiszta besorolások (flagged Q-sorts) megoszlását vizsgáltam meg, amelyeket az M8 és M11 mellékletek szemléltetik. Az alapkutatás adataiban a 23 fő válaszadó közül 16 fő kapott tiszta besorolást, amelyből az első faktor dominanciáját mutatva 5 fő tiszta terhelése. Ugyanakkor a második, hatodik és nyolcadik faktor egy-egy kitöltő tiszta terhelésével képez önálló dimenziót. Az ellenőrző kutatásban a 18 fő kapott tiszta besorolást, ahol az első faktor 6 fővel, a harmadik pedig 3 fővel képviselteti magát. Ebben a modellben is megjelenik három egyfős peremfaktor F6, F7, F8, emellett a 2. faktor esetében egy bipoláris szerkezet rajzolódik ki, ahol a kitöltő kifejezetten negatív faktorterheléssel sorolódik be.

25. táblázat: Ellenőrző kutatás faktorterhelései

Faktor	Kijelölt kitöltők (flagged)	Értékelés / Státusz
Factor 1	6 fő	Erős, nagyon stabil nézőpont
Factor 2	2 fő	Megfelel a minimális kritériumnak (bipoláris)
Factor 3	3 fő	Megfelel a minimális kritériumnak
Factor 4	2 fő	Megfelel a minimális kritériumnak
Factor 5	2 fő	Megfelel a minimális kritériumnak
Factor 6	1 fő	Nem elfogadható (egyéni vélemény)
Factor 7	1 fő	Nem elfogadható (egyéni vélemény)
Factor 8	1 fő	Nem elfogadható (egyéni vélemény)

Forrás: saját szerkesztés a Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata alapján

Ahogy az alapkutatásban, úgy az ellenőrző kutatásban egyarán nem nevezhető önálló véleménycsoportnak az egy tiszta kitöltővel rendelkező véleménycsoportok, az ellenőrző kutatás esetében F6, F7, F8.

A hiperplán azon kitöltők számát és arányát jelzi, akik faktorterhelése az adott faktoron elhanyagolható, a nullához közeli.

26. táblázat: Ellenőrző kutatás hiperplán száma és aránya

Factor	Hyperplane Count	Hyperplane Percentage
Factor 1	5	21.739%
Factor 2	9	39.13%
Factor 3	8	34.783%
Factor 4	6	26.087%
Factor 5	8	34.783%
Factor 6	10	43.478%
Factor 7	9	39.13%
Factor 8	11	47.826%
Total	66	35.87%

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

Mindkét kutatásban az első faktor mutatja a legalacsonyabb hiperplán értéket (26,09%, 21,75%). Ez azt jelenti, hogy az első faktorhoz képest állnak a legkevesebben indifferens pozícióban, a válaszadók jelentős pozitív, vagy negatív terhelődéssel kapcsolódik az első fődimenzióhoz. Az alapkutatásban F2, míg az ellenőrző kutatásban F6 és F8 a kitöltők közel fele a hiperplánban található, ami az jelenti, hogy a válaszadók többsége számára ezek a faktorok irrelevánsak. A hiperplánok aránya az alapkutatás 31,52%-ról az ellenőrző kutatásban 35,87%-ra emelkedett.

A Varimax rotációt követő faktorpontszámok függetlenségének és belső varianciájának ellenőrzésére a kovarianciamátrix elemzése szolgált. Az adatok visszaigazolják az ortogonális forgatás matematikai feltételeinek teljesülését az ellenőrző kutatás esetében, éppúgy, mint az alapkutatásnál. A faktorok közötti kovariancia szerint a nem diagonális elemek kivétel nélkül a nullához közeli tartományban mozognak, amely a Varimax eljárás kényszerének felel meg és szigorúan független tengelyeket hoz létre. A diagonális varianciák struktúráját tekintve az alapkutatás adatsorában a faktorpontszámok viszonylag homogenizáltak, ami a variancia mesterséges szétszóródását jelenti a 8 faktor között. Ezzel szemben az ellenőrző kutatás adatsorában az F1 és F2 belső varianciája kifejezett fölényt mutat az F3-F8 értékeihez képest.

27. táblázat: Ellenőrző kutatás kovarianciája

Factor	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Factor 1	0.08904	-0.00983	-0.02121	0.00728	0.00434	-0.00352	0.00572	-0.00154
Factor 2	-0.00983	0.08426	0.00857	-0.008	-0.00773	0.00327	-0.00232	0.01617
Factor 3	-0.02121	0.00857	0.0597	-0.01388	-0.00876	-0.01593	-0.00949	-0.00908
Factor 4	0.00728	-0.008	-0.01388	0.07109	0.00409	-0.00445	-0.00308	-0.00285
Factor 5	0.00434	-0.00773	-0.00876	0.00409	0.06022	-0.00901	-0.00292	0.00071
Factor 6	-0.00352	0.00327	-0.01593	-0.00445	-0.00901	0.05484	-0.00774	-0.00073
Factor 7	0.00572	-0.00232	-0.00949	-0.00308	-0.00292	-0.00774	0.0502	-0.00785
Factor 8	-0.00154	0.01617	-0.00908	-0.00285	0.00071	-0.00073	-0.00785	0.06361

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A kinyert 8 faktor struktúra illeszkedését és az egyéni Q-rendezések lefedettségének vizsgálatához a kommunalitás mutatóját elemeztem, ahogy az alapkutatásban is tettem. A 8 faktoros Varimax modell mindkét adatfelvétel során kimagasló átlagos kommunalitást ért el (alapkutatás: 0,767; ellenőrző kutatás: 0,765). Ez azt mutatja, hogy a modell a kitöltők egyéni rendezéseiben rejlő információmennyiség átlagosan 76,7-76,5%-át megőrzi. Az egyéni illeszkedéseket vizsgálva azt állapítottam meg, hogy a legalacsonyabb értékek sem süllyedtek a módszertani szempontból kritikus 0,50-es küszöbérték alá. A kommunalitás egyenletesen magas szintje visszaigazolja, hogy a 8 faktoros modell nem veszít lényeges egyéni információt az alap és az ellenőrző kutatás esetében sem.

28. táblázat: Ellenőrző kutatás kommunalitása

No	Válaszadók	Kommunalitás
1	02A1	0,81
2	0XK2	0,68
3	2CFT	0,63
4	5ZSL	0,89
5	6PWE	0,77
6	7WK0	0,78
7	881P	0,74
8	929W	0,75
9	9PIO	0,85
10	9T8C	0,76
11	A5GG	0,82
12	D4CH	0,54
13	DRID	0,72
14	ITMM	0,75
15	JN11	0,73
16	KHRT	0,81
17	KWZX	0,66
18	META	0,80
19	MWHX	0,70
20	PL2J	0,86
21	QD19	0,93
22	WQTP	0,84
23	XYP0	0,85

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A kinyert faktorok egymás közötti korrelációs mátrixát mutatja be a 29. táblázat az ellenőrző kutatásra vonatkoztatva. Bár a Varimax rotáció matematikailag független tengelyeket hoz létre, a kijelölt kitöltők válaszaiból képzett kompozit faktorpontszámok között megjelenik korreláció. A 0,30-0,45 közötti korrelációs értékek arra utalnak, hogy a faktorok mögötti véleménycsoportok nem függetlenek egymástól, hanem szignifikánsan közös nézőponti elemeket hordoznak. Az alapkutatásban és az ellenőrző kutatásban egyaránt központi szerepet tölt be az első faktor. Az alapkutatás esetében a 28 lehetséges faktorpárból 10 esetében haladja meg a 0,30-as értéket. A legszorosabb kapcsolat F3 és F6 (r=0,4304), valamint F1 és F3 (r=0,4288) valamint az első faktor F5, F6, és F7-tel is 0,30 feletti korrelációt mutat, ami jelzi integráló szerepét. Az ellenőrző adatsorban az első faktor még hangsúlyosabb központi szerepet tölt be. F1-F7 (r=0,4658) és F1-F5 (r=0,4545) mért korrelációja kifejezetten magas tartalmi átfedésre utal.

29. táblázat: Ellenőrző kutatás korrelációi a faktorok között

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Factor 1	1.00	0.07359	0.31541	0.33431	0.45448	0.11544	0.46575	0.27073
Factor 2	0.07359	1.00	0.30519	0.19364	0.10503	0.00745	-0.00917	0.18418
Factor 3	0.31541	0.30519	1.00	0.13102	0.29743	0.03899	0.25825	0.18833
Factor 4	0.33431	0.19364	0.13102	1.00	0.1828	0.28867	0.22521	0.16004
Factor 5	0.45448	0.10503	0.29743	0.1828	1.00	0.13533	0.2851	0.23476
Factor 6	0.11544	0.00745	0.03899	0.28867	0.13533	1.00	-0.04651	0.19767
Factor 7	0.46575	-0.00917	0.25825	0.22521	0.2851	-0.04651	1.00	0.09302
Factor 8	0.27073	0.18418	0.18833	0.16004	0.23476	0.19767	0.09302	1.00

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A kinyert faktorok statisztikai pontosságát és belső megbízhatóságának értékelésére a faktorok karakterisztikáit és megbízhatósági mutatóit vizsgáltam meg. A Q-módszertan szabályainak megfelelően a kompozit megbízhatóság és a z-értékek sztenderd hibája közvetlenül a faktorhoz tisztán sorolt válaszadók számának függvénye, amiben van hasonlóság és különbség is az alap- és ellenőrző kutatásban egyaránt. Az 1. főfaktorok megbízhatósága mindkét kutatás során kimagasló kompozit megbízhatóságot (alapkutatás: 0,952; ellenőrző kutatás: 0,960) és legalacsonyabb mérési hibát érte el (alapkutatás: 0,218; ellenőrző kutatás: 0,200). Az ellenőrző kutatás során a 3. faktor szintén erős megbízhatósági mutatóval rendelkezik (r=0,923, SE=0,277), alátámasztva ezen dimenziók stabil, kollektív nézőponti jellegét. Az egyfős faktorok esetében (alapkutatás: F2, F6, F8; ellenőrző kutatás: F6, F7, F8) a kompozit megbízhatóság csupán az egyéni megbízhatósági alapszintet éri el (0,800), miközben a mérési hiba drasztikusan megnő 0,447-re, ami azt igazolja, hogy az egyfős peremfaktorok által megjelenített véleménycsoportok statisztikailag instabilnak tekinthetők.

30. táblázat: Ellenőrző kutatás faktorainak karakterisztikái

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
No.of Defining Variables	6.00	2.00	3.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Avg. Rel. Coef.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Composite Reliability	0.96	0.88889	0.92308	0.88889	0.88889	0.80	0.80	0.80
S.E of Factor Z-Scores	0.20	0.33333	0.27735	0.33333	0.33333	0.44721	0.44721	0.44721

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A kinyert véleménycsoportok közötti állításszintű elkülöníthetőség és megkülönböztető állítások statisztikai megbízhatóságának vizsgálatára a faktorok z értékeinek sztenderd hibáinak különbségét elemeztem. A két faktor közötti z érték különbség hibája közvetlenül a résztvevő faktorok egyedi sztenderd hibáiból származtatott mutató. Az ellenőrző kutatásban az első faktor és a többi dimenzió közötti különbségi hiba alacsonyabbá vált az alapkutatáshoz viszonyítva. Ugyancsak csökkent a harmadik faktorhoz tartozó hiba, ami igazolja, hogy a válaszadók magasabb száma ezen a faktoron statisztikailag stabilabbá teszi a faktorok közötti nézőpontok különbségeinek kimutatását. Az egyfős peremfaktorok közötti összehasonlításban (alapkutatás: F2, F6, F8; ellenőrző kutatásban: F6, F7, F8) a különbségi hiba eléri a 0,63246-os értéket. A magas hibahatár miatt az alsóbb faktorok nem nyújtanak stabil alapot az önálló véleménycsoport elkülönítéséhez.

31. táblázat: Ellenőrző kutatás standard hiba a faktorok Z-értékeinek különbségeiben

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Factor 1	0.28284	0.38873	0.34194	0.38873	0.38873	0.4899	0.4899	0.4899
Factor 2	0.38873	0.4714	0.43363	0.4714	0.4714	0.55777	0.55777	0.55777
Factor 3	0.34194	0.43363	0.39223	0.43363	0.43363	0.52623	0.52623	0.52623
Factor 4	0.38873	0.4714	0.43363	0.4714	0.4714	0.55777	0.55777	0.55777
Factor 5	0.38873	0.4714	0.43363	0.4714	0.4714	0.55777	0.55777	0.55777
Factor 6	0.4899	0.55777	0.52623	0.55777	0.55777	0.63246	0.63246	0.63246
Factor 7	0.4899	0.55777	0.52623	0.55777	0.55777	0.63246	0.63246	0.63246
Factor 8	0.4899	0.55777	0.52623	0.55777	0.55777	0.63246	0.63246	0.63246

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

A faktorelemzés eredményeit tekintve az alapkutatás és az ellenőrző kutatás vonatkozásában megállapítom, hogy a két kutatás eredményei szerkezetileg és diagnosztikailag szinte teljesen egyeznek egymással. A két független adatsor között tapasztalható rendkívüli párhuzamosság bizonyítja, hogy az alapkutatásban kapott eredmények nem véletlenszerű mérési hibák, hanem rendszerszintű módszertani törvényszerűségek, amelyek az ellenőrző kutatásban is pontosan replikálódtak. A legfőbb hasonlóságok közül az első a domináns első faktor jelenléte volt, amely a véleménystruktúra stabil központját képezte. A második hasonlóság az volt, hogy mindkét kutatásban 3-3 egyfős peremfaktor keletkezett. A kommunalitás mértéke is szinte azonos volt a két kutatást tekintve. Végül a peremfaktorok esetében mért maximális elhatárolási hiba azonos mértéke is azt támasztja alá, hogy az alsóbb faktorok egymástól való elhatárolhatósága mindkét adatsor esetében statisztikailag bizonytalan.

A kvantitatív faktorelemzést követően – az alapkutatás módszertanához hasonlóan – a kinyert faktorstruktúra minőségi jelentéstartalmának és tartalmi összefüggéseinek értelmezése következik.

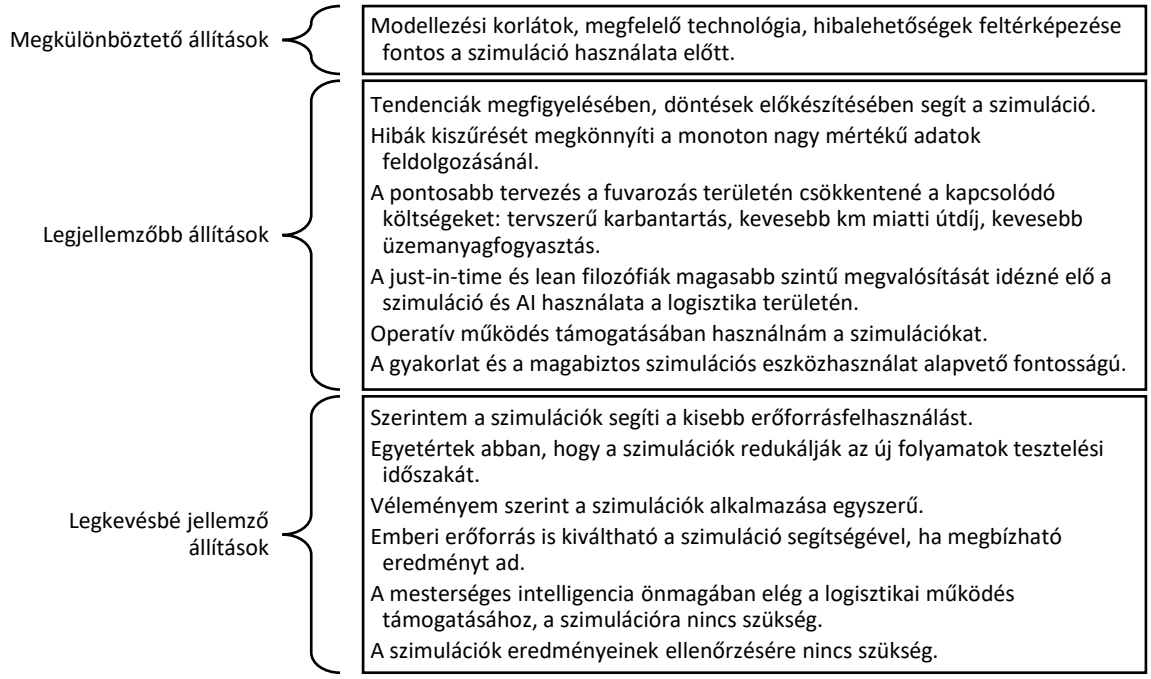
4.3.2.A faktorstruktúra minőségi jelentésének értelmezése

Az alapkutatáshoz hasonlóan az ellenőrző kutatás során egyaránt a statisztikai elemzést követően a faktorstruktúra minőségi jelentéstartalmának értelmezésére tértem rá. A kvantitatív elemzés lezárását követően rendelkezésre állnak a faktorokra jellemző állítások, amelyeket az alapkutatáshoz hasonlóan mutatok be. A 23 fő résztvevő közül 18-at sikerült egyértelműen a 8 faktor valamelyikéhez rendelni. Ezen információk alapján kvalitatív elemzést végzek és értelmezem a faktorstruktúra minőségi jelentését.

A véleménycsoportok az ellenőrző kutatás esetében is három csoportra osztva kerülnek bemutatásra:

- Megkülönböztető állítás
- A legjellemzőbb állítások
- A legkevésbé jellemző állítások

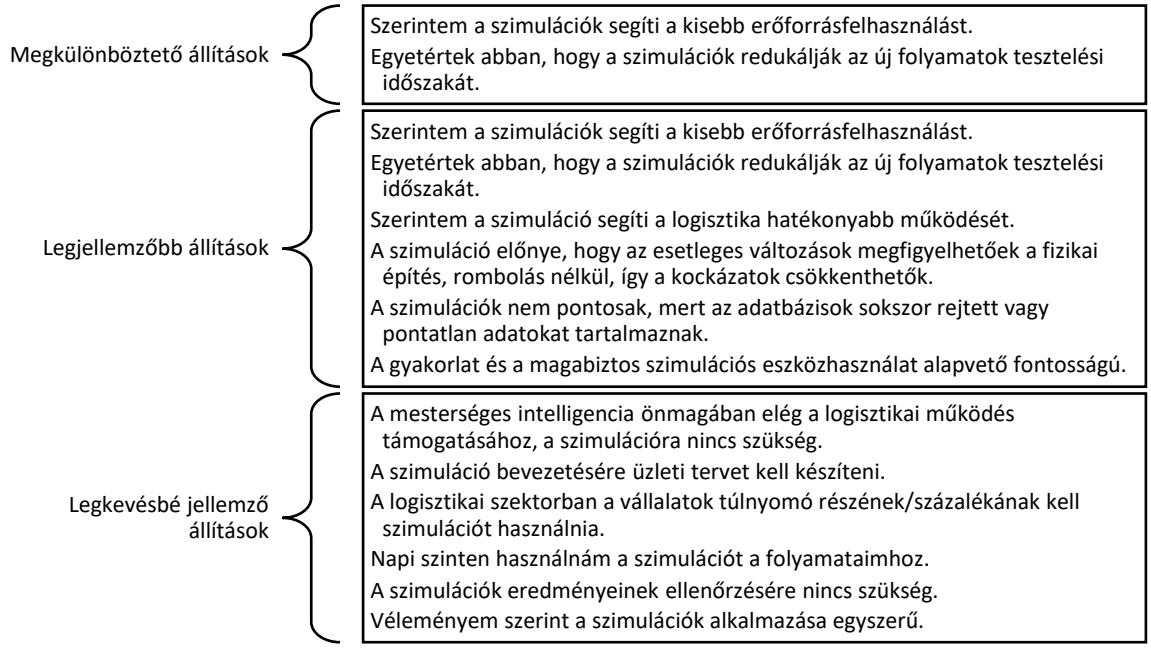
A faktorokat egyesével vettem sorra és a rájuk jellemző állításokat egy-egy ábrán foglaltam össze a könnyebb áttekinthetőség érdekében.



42. ábra: Az ellenőrző kutatás 1. faktorára jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

Az 1. faktor, amely a 42. ábrán látható tartalmi és szó szerinti állításegyezés alapján leginkább az alapkutatás 1. hatékonyságnövelő faktorára hasonlít. Megőrizte a logisztikai és költségoldali racionalizálást hangsúlyozó jellemzőket. Ugyanakkor a döntés-előkészítés funkciók megjelenése miatt bizonyos mértékű átfedést mutat az alapkutatás 4. faktorával is.

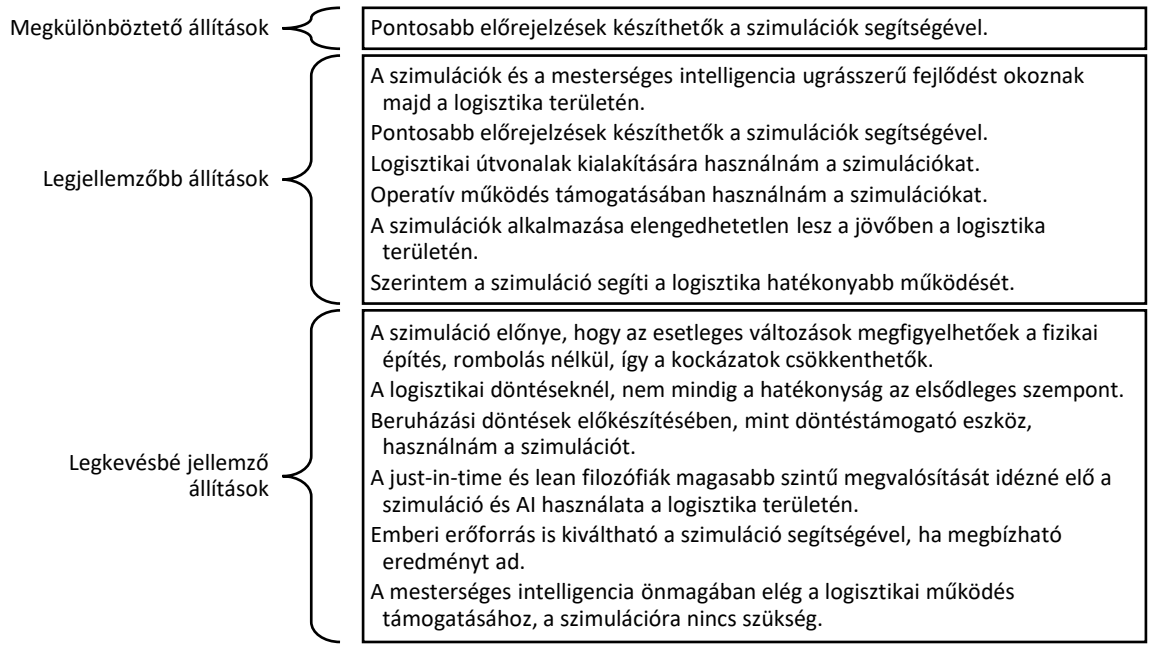


43. ábra: Az ellenőrző kutatás 2. faktorára jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 2. faktor, amely a 43. ábrán látható, az alapkutatás szimulációs szellemiségű 7. faktorához áll a legközelebb. A fizikai építés vagy rombolás nélküli virtuális kockázatcsökkentés gondolata ebben

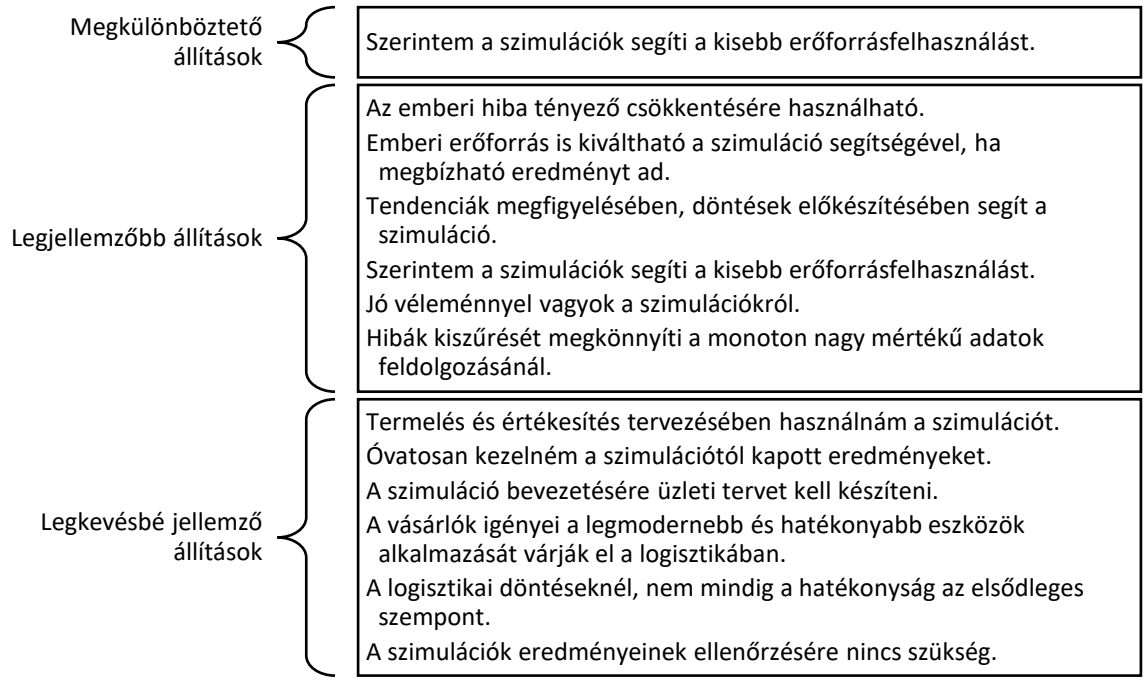
a faktorban dominál. Ezzel párhuzamosan az alapkutatás 8. szimuláció kétkedő faktorának jegyeit is hordozza, mivel kritikus az adatbázisok pontosságával kapcsolatban. Mivel egyfős peremfaktorról van szó, szerkezete instabil.



44. ábra: Az ellenőrző kutatás 3. faktorára jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

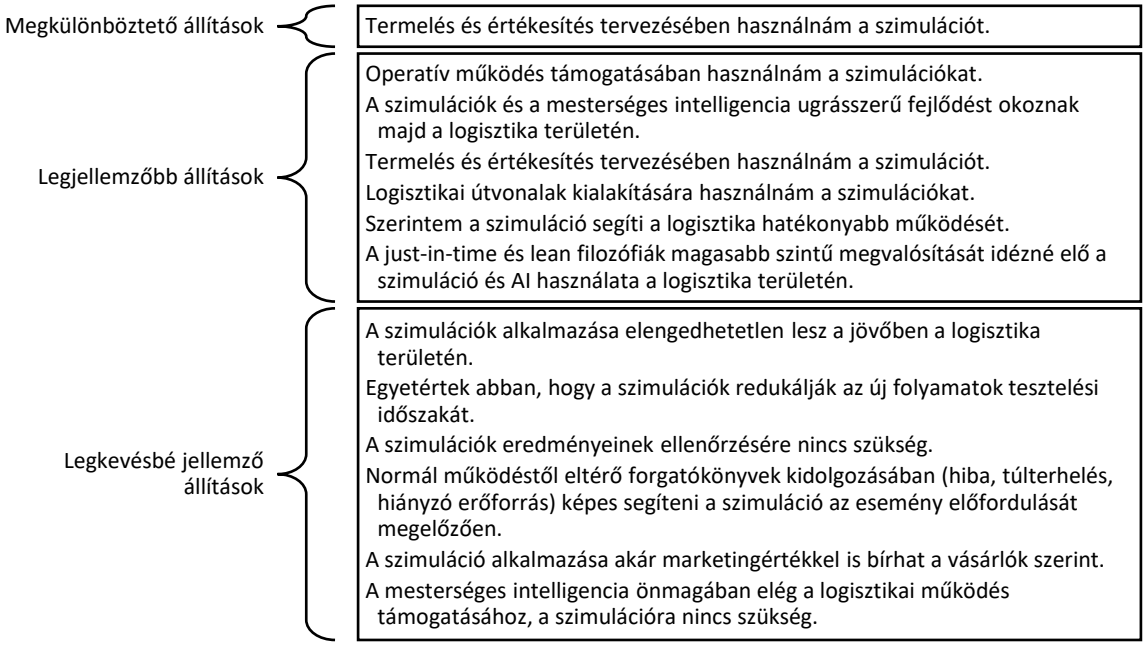
A 3. faktor a 44. ábrán látható. Ez a dimenzió a technológiai előrejelzések és a jövőorientált megközelítés köré szerveződik. Szinte teljesen megegyezik az alapkutatás 3. innovatív faktorával. A két kutatás 3. faktorainak rendkívül magas fokú tartalmi és állításbeli egyezése igazolja, hogy a technológiaorientált jövőkép a teljes mintán legstabilabb és legegységesebb véleménydimenziók egyike.



45. ábra: Az ellenőrző kutatás 4. faktorára jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 4. faktort a 45. ábra mutatja be. Az alapkutatás 2. folyamatfejlesztő faktorának sajátos humán erőforrás és folyamattesztelési profilja az ellenőrző kutatásban a 4. faktornak feleltethető meg. Ez a dimenzió elsősorban az emberi tényezőre, a hibalehetőségek csökkentésére és a monoton adatfeldolgozás megkönnyítésére fókuszál.



46. ábra: Az ellenőrző kutatás 5. faktorára jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

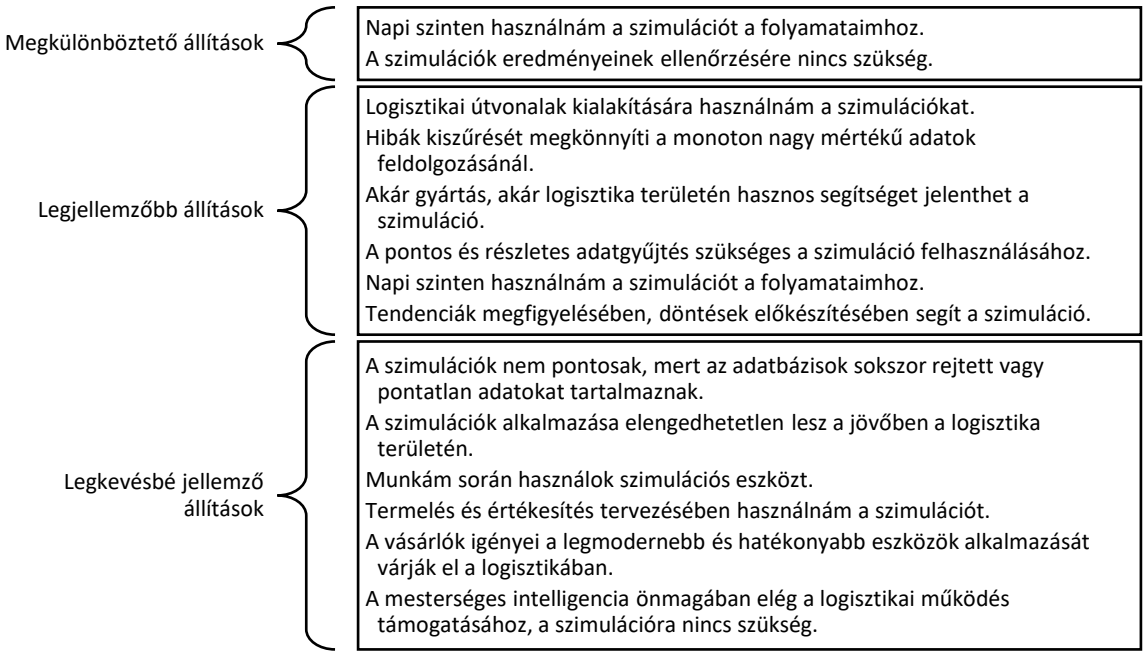
Az 5. faktort a 46. ábra mutatja be. Ez a faktor elsősorban a termelés és az értékesítés tervezésére, az operáció támogatására, valamint a Just-in-Time és a Lean filozófiák gyakorlati megvalósítására összpontosít. Az alapkutatás 1. és 4. faktorainak elemeit egyesíti termelési-operatív kontextusban.



47. ábra: Az ellenőrző kutatás 6. faktorára jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

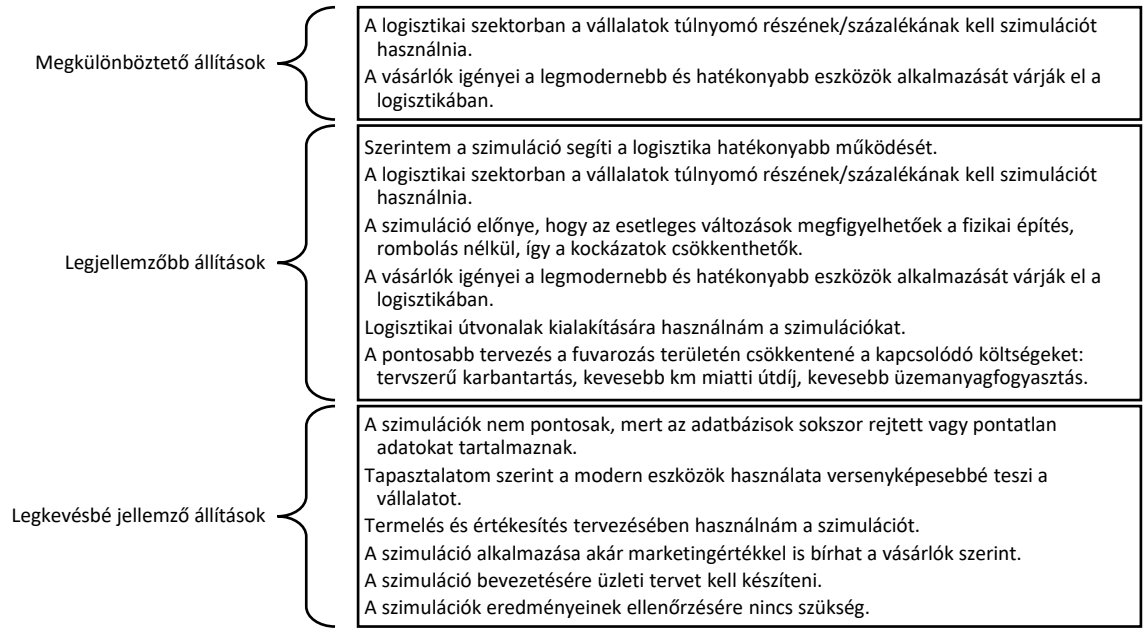
A 6. faktorra jellemző állítások a 47. ábrán látható. A dimenzió központi elemét a szimulációk folyamatfejlesztési és felülvizsgálati integrációja, a hálózattervezés, valamint az emberi hiba és munkaerőigény kiváltása képezi. Komplex rendszerszintű tervezés és a döntés-előkészítés funkcióját közvetlenül az alapkutatás 4. faktorából örökölte az ellenőrző kutatás 6. faktora.



48. ábra: Az ellenőrző kutatás 7. faktorára jellemző állítások

Forrás: Saját készítés

A 7. faktort a 48. ábra mutatja be. Leginkább az alapkutatás szimuláció szkeptikus 5. faktorának felel meg az ellenőrző kutatás 7. faktora. A szkeptikus és óvatos, de az adatokra és a napi alkalmazásra nyitott elemek ebben a két faktorban figyelhető meg leginkább. A specifikus használati szándék és az adatelőkészítési igény tekintetében ez a közvetlen párja.



49. ábra: Az ellenőrző kutatás 8. faktorára jellemző állítások

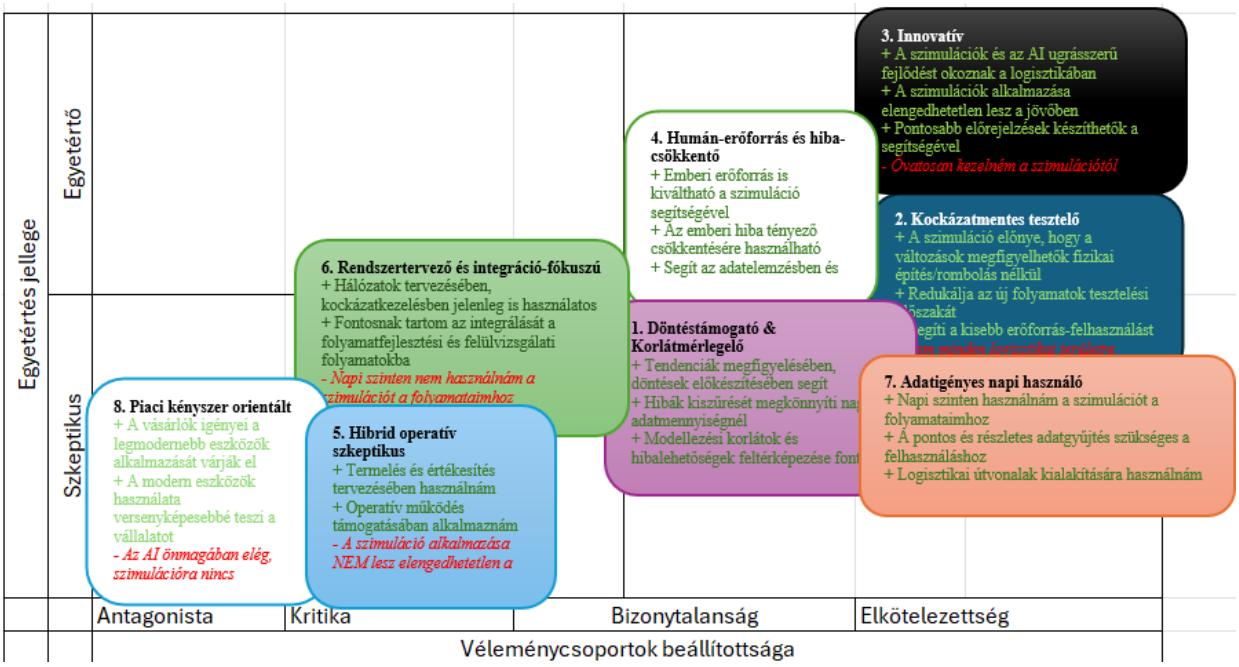
Forrás: Saját készítés

A 8. faktort a 49. ábra mutatja be. Leginkább az alapkutatás automatizáció kritikus 6. faktorával mutat közvetlen párhuzamot az ellenőrző kutatás 8. faktora. A legnagyobb specifikus átfedést a külső piaci nyomás, a vásárlói elvárások és a versenyképesség tekintetében fedezhető fel.

Összességében a 8 faktor az alapkutatás és az ellenőrző kutatás tekintetében egyaránt – konszenzus megléte mellett – jólelkülöníthető nézőpontokat jelenít meg, amelyek segítségével a teljes vizsgált véleményállomány lefedhető.

4.3.3. Véleménycsoportok összehasonlítása

Az ellenőrző kutatás 8 faktorát egyesével elemeztem az előző fejezetben, és ezeket az alapkutatáshoz hasonlóan egy ábra segítségével kontextusba helyezem. A faktorok más-más módon fejezik ki a logisztika és a szimulációk kapcsolatát, amelyeket a válaszadók segítségével ismertem meg és mutattam be. A véleménycsoportok összehasonlítását még szemléletesebbé teszi a vizualizáció egy véleményskálán, amelyen az egyetértés jellege és a véleménycsoportok beállítottsága szerinti tengelyek mentén helyeztem el a 8 faktort. Az alapkutatáshoz hasonló módon a 8 faktor jelen esetben is lefedi a teljes skálát a szkeptikus antagonistától egészen az egyetértő elkötelezettig. A faktorok bizonyos mértékű átfedésben vannak egymással, amely visszavezethető a kutatásban résztvevők véleményében fellelhető bizonyos mértékű egyetértésre.



50. ábra: Véleménycsoportok összehasonlítása

Forrás: Saját készítés

Az 50. ábráról az olvasható le, hogy a szkeptikus antagonista területen a 8. Piaci kényszer orientált faktor található meg egyedül, a szimulációk használatát nem érzik szükségesnek. A szkeptikus kritikus beállítottságra az 5. Hibrid operatív és 6. rendszertervező és integráció-fókuszú faktor foglaltak helyet, amely csoportok válaszadói nem érzik a szimuláció használatát szükségesnek, azonban elismerik néhány előnyét annak. Az ábrát tovább figyelve bizonytalan beállítottságú és szkeptikus egyetértés jellegű területen az 1. Döntéstámogató és korlátmérlegelő faktor helyezkedett el. A szimuláció előnyeit elismerik, de nem feltétlenül a hatékonyság a legfontosabb szempont véleményük szerint. Szintén bizonytalan, de már egyetértő hozzáállást tükröz és a hibák

csökkentése került a 4. Humán-erőforrás és hibacsökkentő véleménycsoport fókuszába. Végül a 7. Adatigényes napi használó, 2. Kockázatmentes tesztelő és 3. Innovatív faktorok az elkötelezett beállítottságú véleménycsoporthoz tartoznak. A 7. faktor kissé szkeptikus jellegű, míg a 2. és 3. faktorok egyetértő jellegű véleménycsoportok.

4.4. Kutatási hipotézisek igazolása, illetve cáfolata

A doktori értekezésem elején megfogalmazott kutatási hipotéziseket az elméleti (szisztematikus szakirodalmi áttekintés) és empirikus (alapkutatás és ellenőrző Q-módszertanos vizsgálat) kutatási eredményeim tükrében az alábbiak szerint értékelem:

1. hipotézis (H1): *A logisztika és szimuláció között szignifikáns szakirodalmi kapcsolat mutatható ki.*

A szimulációk és a logisztika témakörökben elvégzett szisztematikus áttekintés alapján, amelyben 31580 cikket tartalmazó lekérdezéssel kezdődött a vizsgálat, majd 5723-ra sikerült szűkíteni a publikációk darabszámát. Az 5723 tudományos művet számos különböző elemzést követően több szempontból is sikerült jellemezni. Az alapvető információs elemzési szinten elvégzett vizsgálatokból egyértelműen kiderült, hogy az áttekintett időintervallumon belül 1995-2023 a témában megjelent publikációk száma exponenciális ütemben nőtt. A publikációk területi megoszlásából látható, hogy a szimulációk és a logisztika globálisan releváns kutatási terület, hiszen valamennyi kontinens számos országában foglalkoznak vele. A publikációs források is szerteágazóak, mert az 5723 publikációt 307 különböző forrás jelentette meg. Természetesen volt olyan kiadó, amely közel a negyedét publikálta a szisztematikus áttekintés során vizsgált cikkeknek, és volt olyan is, amely csupán egyet. A tudományos területek szempontjából is teljesen szerteágazó volt a kapott eredmény. A statisztikai valószínűség, amely nagy szeletet tudhat magáénak a többi tudományos terület között teljesen változatosan oszlik meg az operációkutatáson át a mechanikán keresztül.

A szisztematikus szakirodalmi áttekintés – amely 31 580 cikkből kiindulva 5723 releváns publikációra szűkült – egyértelműen igazolta a két terület közötti szoros elméleti és gyakorlati kapcsolatot. Az 1995–2023 közötti időszakban a publikációk száma exponenciálisan növekedett, 307 különböző forrásban jelent meg, és globális lefedettséget mutat, ezért **H1 hipotézisemet igazoltnak tekintem**.

2. hipotézis (H2): *A logisztika és szimuláció témakörök együttes publikációs volumene és jelentősége folyamatosan növekszik.*

A szisztematikus áttekintés során az alapvető tartalomelemzési szint alfejezetben elvégzett vizsgálatok segítségével lehetőségem nyílt összefüggések és tendenciák meghatározására. Egyrészről a kulcsszavak előfordulásának gyakoriságára egy kulcsszófelhőt készítettem, amiből a témában előforduló kulcsszavak gyakorisága alapján kerülnek azok vizualizálásra. Ezt követően VOSviewer segítségével a kulcsszavakat összefüggéseikkel együtt sikerült ábrázolni és nyolc klaszterbe sorolni. Így már sikerült bemutatni a kulcsszavak gyakoriságának előfordulásait csoportosítva a kapcsolataikkal együtt, de időben is el szerettem volna helyezni őket, így egy hőtérképet is készítettem, amiből a kulcsszavak előfordulásának ideje is tisztán kivehető és forró pontok is meghatározásra kerültek.

A bibliometriai elemzések, kulcsszófelhő, a VOSviewer klaszteranalízis (8 azonosított klaszter), valamint a hőtérképes elemzések igazolták, hogy a téma volumene évről-évre bővül, ezért **a H2 hipotézisemet igazoltnak tekintem**.

3. hipotézis (H3): *A logisztika és szimuláció témák folyamatos szerkezeti/tematikus fejlődésen mennek keresztül.*

A bibliometriai elemzés során R-bibliometrix program segítségével vizsgáltam meg a kulcsszavak és kivonatokon keresztül az 5723 rekordból álló adatbázist, melyek alapján tematikus térkép és a hőtérkép forró pontjai bizonyítják, hogy a szakirodalom a klasszikus operációkutatási és matematikai modellektől az integrált hálózattervezésen át a legmodernebb digitális ikrek (Digital Twin) és a mesterséges intelligencia (AI) koncepciók felé tolódott el, ezért **a H3 hipotézisemet igazoltnak tekintem.**

4. hipotézis (H4): *A Q-módszertan alkalmas a logisztikai döntéshozói attitűdök és vélemények új megközelítésű strukturálására.*

Egy a politikatudományban már elterjedt, azonban a gazdaságtudományban még nem használatos Q-módszertan segítségével egy merőben új megközelítésből szerettem volna megismerni a logisztikai szakemberek véleményét a szimulációkról. A 23 nemzetközi vállalati döntéshozó bevonásával elvégzett Q-módszeres vizsgálat sikeresen lefedte a teljes véleményspektrumot. A módszertan segítségével 8 jól elkülöníthető, statisztikailag és tartalmilag is értelmezhető véleménycsoportot (faktort) sikerült azonosítani és pozícionálni, ezért **a H4 hipotézisemet igazoltnak tekintem.**

5. hipotézis (H5): *A gyakorlati szakemberek mindennapi munkájuk során aktívan használják a szimulációkat.*

Az elméletek és gyakorlatok akkor tudnak igazán helyt állni, amikor azt a vállalatok elkezdik produktívan használni, ezért a szimuláció és logisztika kapcsolatára és annak felhasználására a gyakorlati szakemberektől szerettem volna információt kapni. Egy Q-módszeres megkérdezés keretein belül 23 nemzetközi cégnél vezető döntéshozót kértem meg, hogy a szimulációval és logisztikával kapcsolatos témakörökben sorolják be az állításokat aszerint, hogy mennyire értenek egyet vele. A Q-módszeres felmérésből kiderült, hogy a napi szintű használat rendkívül alacsony. Hét faktor esetében a legkevésbé jellemző állítások között szerepelt a „Munkám során használok szimulációs eszközt” és a „Napi szinten használnám a szimulációt a folyamataimhoz” megállapítások, míg az egyetlen fennmaradó faktornál is csupán semleges besorolást kaptak.

Mindezeket figyelembe véve a **H5 hipotézist elutasítom**, miszerint a gyakorlati szakemberek a logisztikában aktívan használják a szimulációkat.

6. hipotézis (H6): *A gyakorlati szakemberek nyitottak a szimulációk alkalmazására.*

A gyakorlati szakemberekkel elvégzett Q-módszeres kutatás során nyolc véleménycsoportot, faktort sikerült azonosítani. Ezek a faktorok más-más beállítottságot tükröztek, amelyeket összehasonlítva egy ábrán sikerült egymáshoz képest pozícionálni és bemutatni. A véleménycsoportok a teljes spektrumot lefedték az antagonista szkeptikus beállítottságtól, a szkeptikus és bizonytalanon át az egyetértő elkötelezettig.

A véleménycsoportok legjellemzőbb mondatain keresztül látható, hogy a szakemberek felismerik a szimulációk nyújtotta előnyöket (pl. kockázatcsökkentés, döntéselőkészítés, hibaelemzés) és több területen támogatnák az alkalmazását (pl. „Operatív működés támogatásában használnám”). Ugyanakkor a szkeptikus és kritikus faktorok megléte, az adatigényességi akadályok és a napi használattól való elzárkózás miatt a nyitottság nem általános, mindezeket figyelembe véve **a H6 hipotézist részben igazoltnak tekintem.**

7. hipotézis (H7): *A logisztikai döntéshozók véleménycsoportjainak megoszlása állandó mintázatot mutat.*

Mind az alapkutatásban, mind az ellenőrző kutatásban a véleménycsoportok lefedték a teljes beállítottságbeli spektrumot az antagonista szkeptikustól a kiegyensúlyozott bizonytalanon át az egyetértő elkötelezettig, állandó szerkezeti mintázatot mutatva, ezért **a H7 hipotézist igazoltnak tekintem.**

8. hipotézis (H8): *Az alapkutatásban azonosított faktorstruktúra egy újabb megkérdezés során stabilan reprodukálható (a faktorok hasonlóak lesznek).*

Az alapkutatás és az ellenőrző kutatás 8-8 faktorának összehasonlítása magas fokú tartalmi és állításegyezést mutatott (pl. az 1. Hatékonyságnövelő, a 3. Innovatív, a 4. Folyamatfejlesztő vagy az 5. Szkeptikus dimenziók esetében), ami bizonyítja a faktorstruktúra stabilitását.

A kutatási hipotéziseket és értékelésüket a 32. táblázat tartalmazza, amely összesítésből látható, hogy a H1, H2, H3, H4, H7, H8 hipotézisek elfogadásra kerültek, H5 elutasításra, míg H6 részben elfogadásra.

32. táblázat: Kutatási hipotézisek értékelése

Hipotézis száma	Hipotézis meghatározása	Értékelése
H1	A logisztika és szimuláció között szignifikáns szakirodalmi kapcsolat mutatható ki	Igazolva
H2	A logisztika és szimuláció témakörök együttes publikációs volumene és jelentősége folyamatosan növekszik	Igazolva
H3	A logisztika és szimuláció témák folyamatos szerkezeti/tematikus fejlődésen mennek keresztül	Igazolva
H4	A Q-módszertan alkalmas a logisztikai döntéshozói attitűdök és vélemények új megközelítésű strukturálására	Igazolva
H5	A gyakorlati szakemberek mindennapi munkájuk során aktívan használják a szimulációkat	Elutasítva
H6	A gyakorlati szakemberek nyitottak a szimulációk alkalmazására	Részben igazolva
H7	A logisztikai döntéshozók véleménycsoportjainak megoszlása állandó mintázatot mutat	Igazolva
H8	Az alapkutatásban azonosított faktorstruktúra egy újabb megkérdezés során stabilan reprodukálható	Igazolva

Forrás: saját szerkesztés

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. **Tézis (T1):** Elkészítettem a logisztika és a szimuláció kapcsolatát vizsgáló szakirodalom első átfogó szisztematikus bibliometriai feltérképezését, amely elemzés azonosította a kutatási terület fő tematikus klasztereit és jövőbeli fejlődési irányait.
2. **Tézis (T2):** Szisztematikus szakirodalmi áttekintéssel kimutattam, hogy a szimulációs módszertanok a logisztikai kutatás valamennyi fő részterületén jelen vannak (pl. ellátási lánc optimalizáció, raktári folyamatok, szállítási rendszerek). Igazoltam a két terület közötti erős interdiszciplináris kapcsolatot, amelyet a 986 kulcsszó között feltárt 33 055 kapcsolat, valamint a publikációs volumen exponenciális növekedése támaszt alá.
3. **Tézis (T3):** Feltártam a logisztika és szimuláció kutatási területének három évtizedes tematikus fejlődését: a korai modellszelekciós megközelítésektől az optimalizáción és hatékonyságnövelésen át az Ipar 4.0, a gépi tanulás és a fenntarthatóság integrációjáig. Bizonyítottam, hogy a gépi tanulás terjedése alapjaiban alakítja át a szimulációs módszertan jövőbeli alkalmazását.
4. **Tézis (T4):** A Q-módszertan alkalmazásával bizonyítottam, hogy a logisztikai döntéshozók és felső vezetők alapvetően pozitívan értékelik a szimuláció alkalmazásának potenciális előnyeit, és a szakirodalomban azonosított pozitív hatások többségével magas fokú egyetértést mutatnak.
5. **Tézis (T5):** A Q-módszeres empirikus vizsgálat során nyolc, egymástól jól elkülöníthető attitűddel rendelkező döntéshozói véleménycsoportot (faktort) azonosítottam. Igazoltam, hogy a véleménycsoportok közötti eltérések elsősorban a technológiai elfogadás, a döntéstámogatási igények és a szervezeti kultúra dimenziói mentén alakulnak ki.
6. **Tézis (T6):** Kimutattam egy jelentős „alkalmazési rés” (adoption gap) jelenlétét a logisztikai gyakorlatban: bár a döntéshozók elméletben tisztában vannak a szimulációk előnyeivel, a mindennapi döntéstámogatásban és az operatív munkában ezek az eszközök mégsem jelennek meg széles körben.
7. **Tézis (T7):** A Q-módszeres ellenőrző kutatás útján igazoltam, hogy a döntéshozói mintán azonosított faktorstruktúra a minta relatíve kis elemszáma ellenére is magas fokú stabilitást és állandóságot mutat.

Célok	Hipotézisek	Kutatási módszertanok	Új tudományos eredmények (Tézisek)
Logisztika és szimulációk kapcsolatának feltárása	H1: A logisztika és szimuláció között van kapcsolat. *(Igazolva)* H2: A témák jelentősége egyre nő. *(Igazolva)*	Kulcsszóelemzés (szófelhő, vizualizáció, hőtérkép), Szisztematikus szakirodalmi áttekintés	**T1, T2:** Erős interdiszciplináris kapcsolat és növekvő globális publikációs volumen igazolása.
Publikációs trendek megfigyelése	H3: A témák folyamatos fejlődésen mennek keresztül. *(Igazolva)*	Szisztematikus áttekintés, Tematikus térkép, R-bibliometrix	**T3:** Tematikus fókuszeltolódások feltárása az alapmodellektől az AI és Industry 4.0 irányába.
Q-módszertan elsajátítása és alkalmazása	H4: A Q-módszertan teljesen új megvilágításba helyezi a problémát. *(Igazolva)*	Írásbeli interjú, Q-készlet kialakítása, Q-módszertani vizsgálat	**T4:** Döntéshozók pozitív alapattitűdjének és magas egyetértési szintjének igazolása.
Felsővezetők gondolkodásának feltérképezése	H5: A szakemberek használják a szimulációkat. *(Elutasítva)* H6: A szakemberek nyitottak a szimulációkra. *(Részben igazolva)*	Q-módszertani vizsgálat, Mélyinterjúk	**T6:** Az „alkalmazási rés” (adoption gap) azonosítása (ismerik az előnyöket, de a gyakorlatban kevéssé használják).
Véleménycsoportok meghatározása	H7: A véleménycsoportok megoszlása állandó. *(Igazolva)*	Q-faktorelemzés	**T5:** A nyolc eltérő véleménystruktúrával rendelkező döntéshozói csoport meghatározása.
Q-módszer igazolása (Ellenőrző kutatás)	H8: A faktorok hasonlóak lesznek egy új megkérdezés során. *(Igazolva)*	Q-módszer újbóli lefuttatása (ellenőrző kutatás)	**T7:** A faktorstruktúra stabilitásának és állandóságának bizonyítása.

33. táblázat: Célok, hipotézisek és kutatási módszertanok táblázata

Forrás: saját szerkesztés

A 33. táblázat segítségével egy táblázatban foglaltam össze a célokat, a hipotéziseket, és az ezekből levezethető új és újszerű eredményeket, amellyel így jobban áttekinthető a kutatásom.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A szimulációs modellezés és analitika alkalmazása a logisztikában és az ellátásilánc-menedzsmentben a hatékonyságnövelés, a kockázatkezelés és a stratégiai döntés-előkészítés egyik

legfontosabb eszközévé vált. A modern szimulációs eljárások lehetővé teszik a komplex, dinamikus és sztochasztikus rendszerek virtuális tesztelését anélkül, hogy a fizikai rendszerek átalakítása vagy valós idejű megzavarása magas kockázattal és költséggel járna (Grigoryev, 2018). Míg a szimuláció használata az orvostudományokban vagy a mérnöki diszciplínákban évtizedes múltra visszatekintő, szerves gyakorlat (Bienstock–Heuer, 2022; Tricco et al., 2015), addig a globális ellátási láncok komplexitásának növekedése és a piaci verseny éleződése (Ceniga–Sukalova, 2020; Majercak, 2020; Varnavskii, 2019; Yeniyurt et al., 2005) a logisztikai szektorban is kikényszeríti az adatvezérelt, szimulációalapú megközelítések térnyerését (Straka et al., 2021).

Jelen doktori értekezés két pillérre épülve vizsgálta a logisztika és a szimuláció kapcsolatát: egyfelől a nemzetközi szakirodalom átfogó bibliometriai elemzésével (5723 tisztított Web of Science rekord alapján), másfelől a hazai és nemzetközi logisztikai döntéshozók attitűdjeinek és véleménystruktúrájának mélyfúrásos, Q-módszertanos vizsgálatával (alapkutatás és ellenőrző kutatás keretében).

6.1. A kutatás főbb teoretikus és metodológiai következtetései

1. A tudományterület exponenciális fejlődése és globális beágyazottsága

A szisztematikus bibliometriai áttekintés igazolta, hogy a logisztika és szimuláció kapcsolódási pontjait vizsgáló tudományos publikációk száma az elmúlt három évtizedben exponenciális ütemben növekedett (az 1995-ös 6 publikációról 2022-re 958-ra bővült). A kutatási téma globális relevanciáját mutatja, hogy a publikációk 125 országhoz köthetők, amelyek közül a tudományos kibocsátás élvonalát az Európai Unió tagállamai, az Egyesült Államok és Kína képviselik. A téma multidiszciplináris beágyazottságát tükrözi, hogy az azonosított 5723 szakcikk 307 kiterjedt profillal rendelkező tudományos folyóiratban jelent meg.

2. Tematikus fókuszváltás: a statisztikai modellektől az Ipar 4.0-ig és a Gépi Tanulásig

A bibliometriai adatok és tematikus térképek elemzése kimutatta a kutatási terület három évtizedes evolúcióját. A korai szakirodalom még döntően a matematikai alapmodellezésre és a statisztikai illeszkedésvizsgálatokra koncentrált. Ezt követte a rendszerszintű optimalizálás, a raktári és szállítási folyamatok hatékonyságnövelését célzó operatív szimulációk időszaka. A legfrissebb kutatási hálózatok csomópontok (hot spotok) és klaszterek alapján napjaink meghatározó trendjét az Ipar 4.0, a Big Data analitika, a Digitális Ikrek (Digital Twin) és a Gépi Tanulás (Machine Learning) szimulációval való integrációja alkotja. A gépi tanulás nem csupán egy újabb eszköz a szimuláció mellett, hanem magának a szimulációs módszertannak az adaptív, öntanuló átalakulását vetíti előre.

3. A Q-módszertan módszertani validitása és a faktorstruktúra stabilitása

A politikatudományban és a pszichológiában már elterjedt Q-módszertan sikeresen adaptálható volt a logisztikai döntéshozói attitűdök strukturálására. Az alapkutatás és az ellenőrző kutatás során elvégzett faktorelemzések nyolc jól lehatárolható véleménycsoportot (faktort) azonosítottak a logisztikai vezetői mintán (az elkötelezett-innovatív, folyamatfejlesztő beállítottságtól a adathiányra hivatkozó, elzárkózó szkeptikus attitűdökig). Az ellenőrző Q-vizsgálat kiemelkedő tudományos eredménye, hogy igazolta a faktorstruktúra állandóságát és stabilitását (H8/T7): a lehatárolt véleménycsoportok dimenziói a minta kis elemszáma ellenére is reprodukálható, így a módszertan alkalmas a logisztikai attitűdkutatások standardizálására.

4. Az „Alkalmazási Rés” (Adoption Gap) jelensége

A Q-módszertanos vizsgálat legfőbb gyakorlati konklúziója az úgynevezett alkalmazási rés azonosítása. Bár a megkérdezett logisztikai döntéshozók véleménycsoporttól függetlenül magas egyetértési szinttel felismerték a szimuláció elméleti és gyakorlati előnyeit (pl. kockázatcsökkentés, hibaarány-javítás, döntés-előkészítés), a szimulációs eszközök napi szintű, operatív munkába való beépültsége rendkívül alacsony. A döntéshozók többsége a szimulációt elméletileg támogatandó, de a mindennapi gyakorlatban nehezen kivitelezhető vagy túlzottan adatigényes eljárásnak tekinti.

6.2. Gyakorlati és stratégiai javaslatok (Menedzsment-implikációk)

Az alkalmazott „alkalmazási rés” áthidalása és a szimulációs technológiák gyakorlati elterjesztése érdekében a kutatási eredmények alapján az alábbi háromszintű javaslatcsomag fogalmazható meg:

1. Vállalati szervezet szintű javaslatok

Szervezeti adat-infrastruktúra és adatminőség fejlesztés: Mivel a szkeptikus faktorok elsősorban a hiányos vagy pontatlan vállalati adatokra hivatkozva zárkóznak el a szimulációtól, elengedhetetlen a vállalati ERP, MES vagy WMS rendszerek adatminőségének tisztítása és az adatintegráció automatizálása.

Fokozatos implementáció (Pilot projektek): A vezetési szkepticizmus csökkenthető, ha a vállalatok nem teljes rendszerszintű szimulációval indítanak, hanem szűk, jól körülhatárolt logisztikai szűk keresztmetszetek (pl. egy kiemelt raktári szedési útvonal vagy kapukiosztás) szimulációs modelltesztjével igazolják a megtérülést (ROI).

Belső kompetenciafejlesztés: A külső szakértőktől való függőség csökkentése érdekében javasolt a logisztikai mérnökök és elemzők célzott továbbképzése a felhasználóbarát szimulációs szoftverek kezelésében.

2. Oktatási és transzfer javaslatok

A felsőoktatási tananyagok gyakorlatorientált megújítása: A logisztikai és ellátásilánc-menedzsment képzéseken a teoretikus modellezés mellett hangsúlyosabbá kell tenni a szoftverorientált, esettanulmány-alapú szimulációs oktatást (pl. AnyLogic, FlexSim, Plant Simulation)

Mindennapokba integrált szimulációs döntési játékok: A leendő döntéshozók szimulációs nyitottsága növelhető üzleti szimulációs játékok (Business Simulation Games) beépítésével a vezetői képzésekbe.

3. Szoftverfejlesztési és piaci javaslatok

Alacsony belépési küszöbű, felhőalapú megoldások: A szoftverfejlesztők számára javasolt olyan modularizált, no-code/low-code szimulációs platformok fejlesztése, amelyek nem igényelnek mély programozói vagy komplex operációkutatási ismereteket.

Összegzésképpen megállapítható, hogy a negyedik ipari forradalom és a mesterséges intelligencia korában a szimulációs eszközök beépítése a logisztikai döntéshozatalba már nem kényelmi lehetőség, hanem a fenntartható vállalati versenyképesség alapfeltétele.

6.3. A kutatás limitációi és jövőbeli kutatások irányai

Mint minden tudományos munka, jelen doktori értekezés is tartalmaz bizonyos módszertani és terjedelmi limitációkat, amelyek egyben kijelölik a kutatási téma jövőbeli folytatásának lehetséges irányait is.

A kutatás korlátai (Limitációk)

A bibliometriai adatbázis korlátai: A szisztematikus szakirodalmi áttekintés kizárólag a Web of Science (WoS) adatbázisra terjedt ki a legmagasabb szintű tudományos minőségbiztosítás érdekében. Bár a szűkítés után kapott 5723 rekord reprezentatív képet ad a nemzetközi fősodorból, más adatbázisok (pl. Scopus, Hindawi) bevonása tovább árnyalhatta volna a műszaki és informatikai orientációjú publikációk arányát. A vizsgálat időbeli lezárása (2023) miatt a legfrissebb, 2024-2026 közötti AI és szimulációs publikációk már csak korlátozottan jelenhettek meg a statisztikákban.

A Q-módszertan mintavételi sajátosságai: A Q-módszertan alapvető metodológiai sajátossága, hogy nem a válaszadók sokaságára vonatkozó reprezentativitásra törekszik, hanem a véleménystruktúrák és attitűdminták feltárására (Hofmeister Tóth–Simon, 2006). A szakirodalom által előírt 10-50 fős P-minta (S. R. Brown, 1996) és a 40-80 állításból álló Q-készlet (Stevenson, 2019) alkalmazása biztosította a válaszadói figyelem fenntartását és a statisztikai faktorelemzés elvégezhetőségét. Ennek következtében az eredményekből nem vonhatók le országos vagy szektorális szintű százalékos reprezentatív következtetések.

A faktorstruktúra validálása: A minta korlátozott elemszámából eredő metodológiai korlátot jelent az értekezésben sikeresen mérsékelte a kibővített ellenőrző kutatás elvégzése. Az alapkutatás és az ellenőrző kutatás összehasonlítása bizonyította a 8 véleménycsoport faktorstruktúrájának stabilitását (H8/T7), igazolva a feltárt attitűdök reprodukálhatóságát.

A jövőbeli kutatások iránya (Kutatási Roadmap)

Jelen doktori értekezés egy átfogó, többlépcsős kutatási program első, alapvető stációjaként értelmezhető. A feltárt eredményekre és az azonosított „alkalmazási résre” (adoption gap) építve a jövőbeli kutatások az alábbi három egymásra épülő fázisban folytathatók:

1. A döntéshozói passzivitások gyökérok-elemzése (Root Cause Analysis):

A Q-módszertan igazolta, hogy a logisztikai döntéshozók a szimuláció elméleti előnyeit elismerik, de a napi munkába elzárkóznak a használatától. A jövőbeli kutatás első lépéseként félig strukturált mélyinterjúk és feltáró esettanulmányok segítségével szükséges azonosítani az e mögött húzódó szervezeti, humán és technológiai gátakat (pl. explicit időhiány, magas szoftver-licenckköltségek, a szervezeti kultúra ellenállása, belső kompetenciák hiánya).

2. Reprezentatív kvantitatív felmérés:

A Q-módszerrel lehatárolt 8 véleménycsoport és a feltárt gyökérokok alapján egy nagy elemszámú, reprezentatív kérdőíves felmérés hajtható végre a logisztikai és ellátási lánc döntéshozók körében. Ez lehetővé teszi az egyes attitűdcsoportok számszerű arányának és szektorális (autóipari, FMCG, szolgáltatói) megoszlásának meghatározását.

3. Szimuláció-bevezetési döntéstámogató keretrendszer (Framework) fejlesztése:

A kutatássorozat elméleti és empirikus záróakkordjaként egy olyan gyakorlati döntési modell és módszertani útmutató dolgozható ki, amely vállalati döntéshozók számára nyújt segítséget. Ez az

„érettségi modell” támogatná a vállalatokat abban, hogy mely logisztikai részfolyamataikban, milyen típusú szimulációs eszközzel érhetik el a legmagasabb megtérülést (ROI).

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásom kiindulópontját az a felismerés adta, hogy a logisztika és az ellátásilánc-menedzsment napjainkra túllépett a klasszikus operatív kiszolgáló funkción, és a vállalati értékteremtés, valamint a versenyelőny-szerzés egyik legmeghatározóbb stratégiai területévé vált. Az Ipar 4.0, a digitális átállás és a gyorsuló technológiai fejlődés korában az adatok és az információk nyersanyaggá váltak. Ennek ellenére a szimuláció – amely a mérnöki diszciplínákban évtizedek óta standard döntéstámogató eszköz – a logisztikai gyakorlatban még nem érte el a méltó integráltsági szintet. Doktori értekezésem célja a szimuláció mint logisztikai hatékonyságnövelő eszköz teljes körű elméleti és empirikus feltérképezése volt, hozzájárulva a terület szakirodalmi és gyakorlati fejlődéséhez.

A szakirodalmi alapvetésben bemutattam az ellátásilánc-menedzsment evolúcióját és a logisztika hozzáadottérték-növekedését, párhuzamosan a szimuláció történeti fejlődésével a korai sztochasztikus Monte Carlo-módszerektől a modern, komplex objektumorientált modellezési eljárásokig.

Az értekezés módszertana két egymásra épülő, fő kutatási pillérre tagolódott:

1. Szisztematikus bibliometriai szakirodalmi áttekintés:

A logisztika és a szimuláció közös szakirodalmi lefedettségének feltárása érdekében a Web of Science adatbázisból kiinduló 31 580 rekordot többlépcsős szűrési eljárással 5723 releváns szakcikkre szűkítettem az 1995–2023 közötti időszakra vonatkozóan. Az R-bibliometrix (Biblioshiny) és a VOSviewer szoftverek segítségével elvégzett hálózati, hőtérképes és tematikus elemzések igazolták, hogy a két terület között szoros interdiszciplináris kapcsolat áll fenn (H1 igazolva), a publikációs volumen globálisan és exponenciális ütemben növekszik (H2 igazolva), valamint a kutatási fókusz folyamatos szerkezeti fejlődésen megy keresztül az alapmodellektől az Ipar 4.0, a Big Data és a Gépi Tanulás integrációjáig (H3 igazolva).

2. Empirikus attitűdkutatás Q-módszertannal (Alapkutatás és ellenőrző kutatás)

A logisztikai döntéshozók és felsővezetők gondolkodási mintázatainak és attitűdjeinek feltárására a gazdaságtudományban még újszerű Q-módszertant alkalmaztam. A strukturált interjúkra és a szakirodalmi áttekintésre épülő, 41 állításból álló Q-készletet kényszerített normál eloszlási skálán rendezték sorba a bevont vállalati döntéshozók. A Q-faktorelemzés igazolta a módszertan alkalmasságát a vezetői vélemények új megközelítésű strukturálására (H4 igazolva). A vizsgálat kimutatta, hogy a szakemberek a mindennapi munkájuk során aktívan nem használják a szimulációkat (H5 elutasítva), ugyanakkor az elméleti előnyök tekintetében nyitottságot mutatnak (H6 részben igazolva).

A kutatás módszertani értékét növelte a kibővített ellenőrző vizsgálat elvégzése. Az alapkutatás és az ellenőrző felmérés eredményeinek összehasonlítása igazolta, hogy a döntéshozói véleménycsoportok megoszlása állandó mintázatot mutat (H7 igazolva), és az azonosított 8-faktoros struktúra egy újabb megkérdezés során stabilan reprodukálható (H8 igazolva).

Doktori értekezésem legfőbb új tudományos eredményei (T1-T7 tézisek) összefoglalják a nemzetközi szakirodalom első átfogó bibliometriai feltérképezését, a 33 055 hálózati kapcsolat mentén igazolt interdiszciplinaritást, a tematikus fókuszeltolódások feltárását, a Q-módszertan sikeres adaptációját, a 8 döntéshozói véleménycsoport lehatárolását, a gyakorlatban tapasztalható „alkalmazási rés” (adoption gap) azonosítását, valamint a faktorstruktúra stabilitásának bizonyítását.

Kutatásom átfogó pillanatképet ad a logisztika és a szimuláció elméleti és gyakorlati kapcsolódásáról. Az elért eredmények, a megfogalmazott gyakorlati javaslatok (menedzsment-implikációk) és a kijelölt kutatási roadmap (gyökérok-elemzés, reprezentatív felmérés, bevezetési döntési keretrendszer) szilárd alapot teremtenek a téma jövőbeli tudományos és gyakorlati folytatásához.

8. SUMMARY

The starting point for my research was the realization that logistics and supply chain management have now moved beyond their traditional operational support role and have become one of the most critical strategic areas for corporate value creation and gaining a competitive advantage. In the age of Industry 4.0, digital transformation, and accelerating technological development, data and information have become raw materials. Nevertheless, simulation—which has been a standard decision-support tool in engineering disciplines for decades—has not yet achieved the level of integration it deserves in logistics practice. The aim of my doctoral dissertation was to conduct a comprehensive theoretical and empirical exploration of simulation as a tool for improving logistics efficiency, thereby contributing to the development of the field in both the literature and in practice.

In the literature review, I presented the evolution of supply chain management and the growth of logistics' added value, in parallel with the historical development of simulation—from early stochastic Monte Carlo methods to modern, complex object-oriented modeling techniques.

The methodology of the dissertation was structured around two interrelated main research pillars:

1. Systematic bibliometric literature review:

To explore the overlap in the literature between logistics and simulation, I narrowed down 31,580 records from the Web of Science database to 5,723 relevant articles covering the period from 1995 to 2023 using a multi-step filtering process. Network, heat map, and thematic analyses conducted using the R-bibliometrix (Biblioshiny) and VOSviewer software confirmed that there is a close interdisciplinary relationship between the two fields (H1 confirmed), the volume of publications is growing globally at an exponential rate (H2 confirmed), and the research focus is undergoing continuous structural evolution from basic models to the integration of Industry 4.0, Big Data, and Machine Learning (H3 confirmed).

2. Empirical Attitude Research Using the Q-Method (Basic Research and Confirmatory Research)

To explore the thought patterns and attitudes of logistics decision-makers and senior managers, I applied the Q-method, which is still a novel approach in the field of economics. Based on structured interviews and a review of the literature, a Q-set consisting of 41 statements was ranked by the participating corporate decision-makers on a forced-normally-distributed scale. Q-factor analysis confirmed the methodology's suitability for structuring managerial opinions from a new perspective (H4 confirmed). The study revealed that professionals do not actively use simulations in their daily work (H5 rejected), yet they demonstrate openness regarding their theoretical benefits (H6 partially confirmed).

The methodological value of the research was enhanced by conducting an expanded validation study. A comparison of the results of the baseline study and the follow-up survey confirmed that the distribution of decision-maker opinion groups exhibits a consistent pattern (H7 confirmed), and that the identified 8-factor structure can be reliably reproduced in a subsequent survey (H8 confirmed).

The main new scientific findings of my doctoral dissertation Theses T1–T7 summarize the first comprehensive bibliometric mapping of the international literature, the interdisciplinarity confirmed by 33,055 network connections, the exploration of shifts in thematic focus, the successful adaptation of the Q-methodology, the delineation of 8 decision-maker opinion groups,

the identification of the “adoptation gap” observed in practice, and the demonstration of the stability of the factor structure.

My research provides a comprehensive snapshot of the theoretical and practical connections between logistics and simulation. The results achieved, the practical recommendations formulated (management implications), and the outlined research roadmap (root cause analysis, representative survey, implementation decision-making framework) lay a solid foundation for future academic and practical work in this field.

MELLÉKLETEK

M1: Irodalomjegyzék

1. Abar, S. – Theodoropoulos, G. K. – Lemarinier, P. – O'Hare, G. M. P. (2017). Agent-based modelling and simulation tools: A review of the state-of-art software. *Computer Science Review*, 24, 13–33. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2017.03.001
2. Aghaie, A. – Heidary, M. H. (2019). Simulation-based optimization of a stochastic supply chain considering supplier disruption: Agent-based modeling and reinforcement learning. *Scientia Iranica*, 26(6), 3780–3795. https://doi.org/10.24200/sci.2018.20789
3. Alreahi, M. – Bujdosó, Z. – Dávid, L. D. – Gyenge, B. (2023). Green supply chain management in hotel industry: A systematic review. *Sustainability*, 15(7), Article 5622. https://doi.org/10.3390/su15075622
4. Avelar-Sosa, L. – García-Alcaraz, J. L. – Castrellón-Torres, J. P. (2014). The effects of some risk factors in the supply chains performance: A case of study. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(5), 958–968. https://doi.org/10.1016/s1665-6423(14)70602-9
5. Avin, S. – Gruetzemacher, R. – Fox, J. (2020). Exploring AI futures through role play. In *AIES '20: Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* (pp. 8–14). ACM. https://doi.org/10.1145/3375627.3375817
6. Backus, J. (1978). The history of FORTRAN I, II, and III. *ACM SIGPLAN Notices*, 13(8), 165–180. https://www.softwarepreservation.org/projects/FORTRAN/paper/p165-backus.pdf (Megtekintés ideje: 2026. augusztus 27.)
7. Balázs, G. – Máté, K. – Törőné Dunay, K. (2019). Üzleti intelligencia (BI) alkalmazása a logisztikában. *Studia Mundi – Economica*, 6(2), 46–58. https://doi.org/10.18531/studia.mundi.2019.06.02.46-58
8. Ball, R. (2017). *An introduction to bibliometrics: New developments and trends*. Chandos Publishing. https://doi.org/10.1016/C2016-0-03695-1
9. Balogh, A. (2023). A vállalati támogató folyamatok optimalizálási lehetősége az ellátási láncban [Doktori (PhD) értekezés, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem]. Gödöllő. (Megtekintés ideje: 2024. június 12.)
10. Banks, J. – Carson, J. S. – Nelson, B. L. – Nicol, D. M. – Fabrycky, W. J. – Mize, J. H. (2005). *Discrete-event system simulation* (5. kiadás). Prentice-Hall.
11. Bartlett, M. S. (1992). Properties of sufficiency and statistical tests. In N. L. Johnson – S. Kotz (Szerk.), *Breakthroughs in statistics: Foundations of basic statistics* (pp. 113–126). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0919-5_8
12. Beattie, J. R. – Esmonde-White, F. W. L. (2021). Exploration of principal component analysis: Deriving principal component analysis visually using spectra. *Applied Spectroscopy*, 75(4), 361–375. https://doi.org/10.1177/0003702820987847
13. Beatty, S. (2017, április 12.). Scopus tip–trick: Search smarter, find faster. *Elsevier Scopus Blog*. https://blog.scopus.com/posts/scopus-tip-trick-search-smarter-find-faster (Megtekintés ideje: 2023. augusztus 10.)
14. Benseddik, H. (2019). The supply chain management, factor for the creation of customer value: Large-sized business in Morocco as a case study. In *2019 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)* (pp. 1–6). IEEE. https://doi.org/10.1109/logistiqua.2019.8907249
15. Beske, P. – Seuring, S. (2014). Putting sustainability into supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(3), 322–331. https://doi.org/10.1108/scm-12-2013-0432
16. Bienstock, J. – Heuer, A. (2022). A review on the evolution of simulation-based training to help build a safer future. *Medicine*, 101(25), Article e29503. https://doi.org/10.1097/md.0000000000029503

17. Bora, Ş. – Emek, S. (2018). Agent-based modeling and simulation of biological systems. In A. El-Nasr (Szerk.), *Modeling and computer simulation*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.80070
18. Brown, S. – Selden, S. – Durning, D. (2007). Q methodology. In G. J. Miller – K. Yang (Szerk.), *Handbook of research methods in public administration* (2. kiadás, pp. 721–763). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420013276.ch37
19. Brown, S. R. (1984). Q methodology. In W. B. Berry – M. S. Lewis-Beck (Szerk.), *Directions in social science research methods*. Sage Publications.
20. Brown, S. R. (1993). A primer on Q methodology. *Operant Subjectivity*, 16(3/4), 91–138. https://doi.org/10.22488/okstate.93.100504
21. Brown, S. R. (1996). Q methodology and qualitative research. *Qualitative Health Research*, 6(4), 561–567. https://doi.org/10.1177/104973239600600408
22. Burks, A. W. – Burks, A. R. (1981). The ENIAC: First general-purpose electronic computer. *M.D. Computing*, 13(8), 310–399.
23. Carley, K. M. (1999). On generating hypotheses using computer simulations. *Systems Engineering*, 2(2), 69–77. https://doi.org/10.1002/(sici)1520-6858(1999)2:2<69::aid-sys3>3.0.co;2-0
24. Castillo, V. E. – Mollenkopf, D. A. – Bell, J. E. – Bozdogan, H. (2018). Supply chain integrity: A key to sustainable supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 39(1), 38–56. https://doi.org/10.1111/jbl.12176
25. Ceniga, P. – Sukalova, V. (2020). Sustainable business development in the context of logistics in the globalization process. *SHS Web of Conferences*, 74, Article 04003. https://doi.org/10.1051/shsconf/20207404003
26. Chen, J. – Pratt, T. G. (2012). A three-dimensional geometry-based statistical model of 2 × 2 dual-polarized MIMO mobile-to-mobile wideband channels. *Modelling and Simulation in Engineering*, 2012, Article 756508. https://doi.org/10.1155/2012/756508
27. Chen, L. – Zheng, H. – Shah, V. (2021). Consuming to conserve: A multilevel investigation of sustainable consumption. *Sustainability*, 14(1), Article 223. https://doi.org/10.3390/su14010223
28. Chikán, A. (2020). *Vállalatgazdaságtan* (6. átdolgozott kiadás). Akadémiai Kiadó. https://doi.org/10.1556/9789634545897
29. Chinwah, V. – Nyame-Asiamah, F. – Ekanem, I. (2020). Risk factors affecting maternal health outcomes in Rivers State of Nigeria: Towards the PRISMA model. *Social Science & Medicine*, 265, Article 113520. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113520
30. Clymer, J. R. (1999). Simulation-based engineering of complex adaptive systems. *Simulation*, 72(4), 250–260. https://doi.org/10.1177/003754979907200404
31. Conway, R. W. – Johnson, B. M. – Maxwell, W. L. (1959). Some problems of digital systems simulation. *Management Science*, 6(1), 92–110. https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.92
32. Conway, R. W. (1963). Some tactical problems in digital simulation. *Management Science*, 10(1), 47–61. https://doi.org/10.1287/mnsc.10.1.47
33. Cooper, N. G. – Eckhardt, R. – Shera, N. (Szerk.). (1989). *From cardinals to chaos: Reflections on the life and legacy of Stanislaw Ulam*. Cambridge University Press. https://www.amazon.co.uk/Cardinals-Chaos-Reflection-Legacy-Stanislaw/dp/0521367344 (Megtekintés ideje: 2025. szeptember 6.)
34. Darkhabani, M. – Alrifaai, M. A. – Elsalti, A. – Dvir, Y. M. – Mahroum, N. (2023). ChatGPT and autoimmunity – A new weapon in the battlefield of knowledge. *Autoimmunity Reviews*, 22(8), Article 103360. https://doi.org/10.1016/j.autrev.2023.103360
35. de Brito, M. P. – Dekker, R. (2004). A framework for reverse logistics. In R. Dekker – M. Fleischmann – K. Inderfurth – L. N. Van Wassenhove (Szerk.), *Reverse logistics: Quantitative*

models for closed-loop supply chains (pp. 3–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24803-3_1
36. Delfmann, W. – Albers, S. (2000). *Supply chain management in the global context* (Working Paper No. 102). Department of Business Policy and Logistics, University of Cologne. https://EconPapers.repec.org/RePEc:zbw:ucdbpl:102 (Megtekintés ideje: 2024. január 22.)
37. Di Staso, D. – Mulder, I. – Janssen, M. – Kleiman, F. (2022). Serious games for building data capacity. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 20(2), 179–189. https://doi.org/10.7906/indecs.20.2.9
38. Ellinger, A. – Shin, H. – Northington, W. M. – Adams, F. G. – Hofman, D. – O'Marah, K. (2012). The influence of supply chain management competency on customer satisfaction and shareholder value. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(3), 249–262. https://doi.org/10.1108/13598541211227090
39. Elliott, J. H. – Synnot, A. – Turner, T. – Simmonds, M. – Akl, E. A. – McDonald, S. – Salanti, G. – Meerpohl, J. – MacLehose, H. – Hilton, J. – Tovey, D. – Shemilt, I. – Thomas, J. – Agoritsas, T. – Perron, C. – Hodder, R. – Pestridge, C. – Albrecht, L. – Horsley, T. – … Pearson, L. (2017). Living systematic review: 1. Introduction—the why, what, when, and how. *Journal of Clinical Epidemiology*, 91, 23–30. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.08.010
40. Fan, W. – Li, G. – Law, R. (2020). Analyzing co-authoring communities of tourism research collaboration. *Tourism Management Perspectives*, 33, Article 100607. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2019.100607
41. Fioretti, G. (2013). Agent-based simulation models in organization science. *Organizational Research Methods*, 16(2), 227–242. https://doi.org/10.1177/1094428112470006
42. Forrester, J. W. (1999). *Industrial dynamics*. Pegasus Communications. https://books.google.com/books/about/Industrial_Dynamics.html?hl=hu&id=WTXyAAAAMAAJ (Megtekintés ideje: 2024. március 27.)
43. Gibson, B. J. – Hanna, J. B. – Defee, C. C. – Chen, H. (2014). *The definitive guide to integrated supply chain management: Optimize the interaction between supply chain processes, tools, and technologies*. Pearson Education. (Megtekintés ideje: 2024. december 8.)
44. Goldsman, D. – Nance, R. E. – Wilson, J. R. (2009). A brief history of simulation. In *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference* (pp. 310–313). IEEE. https://doi.org/10.1109/wsc.2009.5429341
45. Goldsman, D. – Nance, R. E. – Wilson, J. R. (2010). A brief history of simulation revisited. In *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference* (pp. 567–574). IEEE. https://doi.org/10.1109/wsc.2010.5679129
46. Gordon, G. (1961). A general purpose systems simulation program. In *Proceedings of the November 24-25, 1961, Eastern Joint Computer Conference: Computers - Key to Total Systems Control* (pp. 87–104). ACM. https://doi.org/10.1145/1460764.1460768
47. Gordon, G. (1978). The development of the General Purpose Simulation System (GPSS). *ACM SIGPLAN Notices*, 13(8), 183–198. https://doi.org/10.1145/800025.1198386
48. Grieves, M. – Vickers, J. (2016). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In F. J. Kahlen – S. Flumerfelt – A. Alves (Szerk.), *Transdisciplinary perspectives on complex systems: New findings and approaches* (pp. 85–113). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
49. Grigoryev, I. (2018). *Free simulation book and modeling tutorials*. AnyLogic Simulation Software. https://www.anylogic.com/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/ (Megtekintés ideje: 2023. február 2.)
50. Grønhaug, K. – Ghauri, P. (2016). *Kutatásmódszertan az üzleti tanulmányokban*. Akadémiai Kiadó. https://doi.org/10.1556/9789630598590

51. Gyenge, B. – Mészáros, Z. G. – Péterfi, C. A. (2022). Process measurement and analysis in a retail chain to improve reverse logistics efficiency. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 5(2), 1–19. https://doi.org/10.31181/110722120g
52. Helbing, D. – Grund, T. U. (2013). Editorial: Agent-based modeling and techno-social systems. *Advances in Complex Systems*, 16(4–5), Article 1303002. https://doi.org/10.1142/s0219525913030021
53. Hey, J. D. – Neugebauer, T. M. – Pasca, C. M. (2010). Georges-Louis Leclerc de Buffon's 'Essays on Moral Arithmetic'. In M. Abdellaoui – R. D. Luce – M. Machina – B. Munier (Szerk.), *The Selten school of behavioral economics* (pp. 245–282). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13983-3_15
54. Higgins, J. P. T. – Green, S. (Szerk.). (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Wiley-Blackwell. https://doi.org/10.1002/9780470712184
55. Hofmeister Tóth, Á. – Simon, J. (2006). A Q-módszer elmélete és alkalmazása a marketingkutatásban. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 37(9), 16–26. https://doi.org/10.14267/veztud.2006.09.02
56. Hollocks, B. W. (2006). Forty years of discrete-event simulation—a personal reflection. *Journal of the Operational Research Society*, 57(12), 1383–1399. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602128
57. Horváth, J. – Szerb, B. – Szente, V. (2020). Az agrárerdészeti rendszerek megítélése az erdőgazdálkodó szakemberek szemszögéből. *Gazdálkodás: Scientific Journal on Agricultural Economics*, 64(6), 505–518. https://doi.org/10.22004/ag.econ.308452
58. Ishak, Z. – Fong, S. L. – Shin, S. C. (2019). SMART KPI management system framework. In *2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)* (pp. 172–177). IEEE. https://doi.org/10.1109/icsengt.2019.8906478
59. Ishida, Y. – Shimizu, T. – Yoshikawa, M. (2020). An analysis and comparison of keyword recommendation methods for scientific data. *International Journal on Digital Libraries*, 21(3), 307–327. https://doi.org/10.1007/s00799-020-00279-3
60. Ivanov, D. – Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450
61. Jääskeläinen, A. – Heikkilä, J. (2019). Purchasing and supply management practices in customer value creation. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(3), 317–333. https://doi.org/10.1108/scm-04-2018-0173
62. Jackson, I. (2022). Deep reinforcement learning for supply chain synchronization. In *Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 1955–1963). IEEE. https://doi.org/10.24251/hicss.2022.246
63. Kabil, M. – Priatmoko, S. – Magda, R. – Dávid, L. D. (2021). Blue economy and coastal tourism: A comprehensive visualization bibliometric analysis. *Sustainability*, 13(7), Article 3650. https://doi.org/10.3390/su13073650
64. Kagermann, H. – Lukas, W.-D. – Wahlster, W. (2011). Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. *VDI Nachrichten*, 13, 2–2.
65. Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31–36. https://doi.org/10.1007/BF02291575
66. Keane, M. – Mourshed, M. (2005). Green architecture: The need for climate analysis and thermal simulation during early stages of design. *Global Built Environment Review*. https://www.academia.edu/2084052/Green_Architecture_the_Need_for_Climate_Analysis_and_Thermal_Simulation_during_Early_Stages_of_Design (Megtekintés ideje: 2025. november 10.)

67. Kiviat, P. J. – Russell, E. C. – Markowitz, H. M. – Villanueva, R. (1973). *SIMSCRIPT II.5 programming language*. CACI. https://catalog.hathitrust.org/Record/006218361 (Megtekintés ideje: 2024. január 6.)
68. Kiviat, P. J. (1967). *Digital computer simulation: Modeling concepts* (RM-5378-PR). RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_memoranda/RM5378.html (Megtekintés ideje: 2024. szeptember 29.)
69. Ko, S. C. M. – Aziz, K. – Settari, A. (1980). Computer simulation of water coning by a sequential solution method. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 19(1), 61–73. https://doi.org/10.2118/80-01-04
70. Kopcsay, L. (2016). *A marketingcsatorna menedzselése*. Akadémiai Kiadó. https://doi.org/10.1556/9789630597630
71. Kozma, T. – Pónusz, M. (2016). *Az ellátásilánc-menedzsment elmélete és gyakorlata - alapok: Alapösszefüggések a hálózati versenyelőnyök és értékláncok mentén*. Károly Róbert Kutató-Oktató Közhasznú Nonprofit Kft. https://m2.mtmt.hu/gui2/?mode=browse&params=publication;3076892 (Megtekintés ideje: 2024. február 4.)
72. Kritzinger, W. – Karner, M. – Traar, G. – Henjes, J. – Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016–1022. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474
73. Kuhl, F. – Dahmann, J. – Weatherly, R. (2000). *Creating computer simulation systems: An introduction to the High Level Architecture*. Prentice Hall PTR.
74. Kumar, V. – Khosla, C. (2018). Data cleaning-A thorough analysis and survey on unstructured data. In *Proceedings of the 8th International Conference Confluence 2018 on Cloud Computing, Data Science and Engineering* (pp. 305–309). IEEE. https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2018.8442950
75. Laplace, P.-S. de. (1812). *Théorie analytique des probabilités*. Veuve Courcier. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8625611h (Megtekintés ideje: 2025. március 4.)
76. Law, A. M. (2015). *Simulation modeling and analysis* (5. kiadás). McGraw-Hill Education.
77. Lee, D. – Kang, Y. S. – Do Noh, S. – Kim, J. – Kim, H. (2024). Digital Twin-driven reinforcement learning for dynamic path planning of AGV systems. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 731, pp. 351–365). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71633-1_25
78. Levine, A. I. – DeMaria, S. – Schwartz, A. D. – Sim, A. J. (Szerk.). (2013). *The comprehensive textbook of healthcare simulation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5993-4
79. Liberati, A. – Altman, D. G. – Tetzlaff, J. – Mulrow, C. – Gøtzsche, P. C. – Ioannidis, J. P. A. – Clarke, M. – Devereaux, P. J. – Kleijnen, J. – Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1–e34. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006
80. Lou, W. – Qiu, J. (2014). Semantic information retrieval research based on co-occurrence analysis. *Online Information Review*, 38(1), 4–23. https://doi.org/10.1108/OIR-11-2012-0203
81. Louah, L. – Visser, M. – Blaimont, A. – de Cannière, C. (2017). Barriers to the development of temperate agroforestry as an example of agroecological innovation: Mainly a matter of cognitive lock-in? *Land Use Policy*, 67, 86–97. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.05.001
82. Macal, C. M. – North, M. J. (2006). Introduction to agent-based modeling and simulation. In *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference* (pp. 144–158). IEEE.
83. Macal, C. M. – North, M. J. (2014). Tutorial on agent-based modeling and simulation. In *Agent-Based Modeling and Simulation* (pp. 11–31). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9781137453648_2

84. Majercak, P. (2020). Saving logistics transportation costs in the era of globalization for firms. *SHS Web of Conferences*, 74, Article 04014. https://doi.org/10.1051/shsconf/20207404014
85. Majstorovic, V. D. – Mitrovic, R. (2019). Industry 4.0 programs worldwide. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 78–99). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18180-2_7
86. Markowitz, H. M. (1979). SIMSCRIPT: Past, present, and some thoughts about the future. In *Current Issues in Computer Simulation* (pp. 27–60). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-044120-4.50008-8
87. McKeown, B. – Thomas, D. (1988). *Q methodology* (M. S. Lewis-Beck, Szerk.). Sage Publications. https://archive.org/details/qmethodology0000mcke/mode/2up (Megtekintés ideje: 2025. február 6.)
88. Melnyk, S. A. – Lummus, R. R. – Vokurka, R. J. – Burns, L. J. – Sandor, J. (2009). Mapping the future of supply chain management: A Delphi study. *International Journal of Production Research*, 47(16), 4629–4653. https://doi.org/10.1080/00207540802014700
89. Molnár, T. (2017). *Empirikus területi kutatások és módszerek*. Akadémiai Kiadó. https://doi.org/10.1556/9789634540229
90. Monostori, L. – Kádár, B. – Bauernhansl, T. – Kondoh, S. – Kumara, S. – Reinhart, G. – Sauer, O. – Schuh, G. – Sihn, W. – Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621–641. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005
91. Moslehi, S. – Masoumi, G. – Barghi-Shirazi, F. (2022). Benefits of simulation-based education in hospital emergency departments: A systematic review. *Journal of Education and Health Promotion*, 11(1), Article 40. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_558_21
92. Mukhtar, U. – Azhar, T. M. (2020). Inter-functional coordination to co-create value within integrated value chains for competitive supply chain. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 13(1), 11–22. https://doi.org/10.31387/oscm0400249
93. Muppidi, S. – Reddy, K. T. (2020). Co-occurrence analysis of scientific documents in citation networks. *International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems*, 24(1), 19–25. https://doi.org/10.3233/kes-200025
94. Nance, R. E. (1981). The time and state relationships in simulation modeling. *Communications of the ACM*, 24(4), 173–179. https://doi.org/10.1145/358598.358601
95. Nance, R. E. (1996). A history of discrete event simulation programming languages. In *History of Programming Languages---II* (pp. 369–427). ACM. https://doi.org/10.1145/234286.1057822
96. Nguyen, T. – Zhou, L. – Spiegler, V. – Ieromonachou, P. – Lin, Y. (2018). Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review. *Computers & Operations Research*, 98, 254–264. https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.07.004
97. North, M. J. – Macal, C. M. – St. Aubin, J. – Thimmapuram, P. – Bragen, M. – Hahn, J. – Karr, J. – Brigham, N. – Lacy, M. E. – Hampton, D. (2010). Multiscale agent-based consumer market modeling. *Complexity*, 15(5), 37–47. https://doi.org/10.1002/cplx.20304
98. North, M. J. – Macal, C. M. (2007). *Managing business complexity: Discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195172119.001.0001
99. Nygaard, K. – Dahl, O.-J. – Liskov, B. (1978). The development of the SIMULA languages. In *History of Programming Languages* (pp. 439–480). ACM. https://doi.org/10.1145/800025.1198392
100. Nygaard, K. (1962). SIMULA: An extension of ALGOL to the description of discrete-event networks. In *Proceedings of the IFIP Congress 62* (pp. 520–522). North-Holland Publishing Company.
101. Ören, T. (2011). *The many facets of simulation through a collection of about 100 definitions*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/228939089_The_Many_Facets_of_Simulation_through_a_Collection_of_about_100_Definitions (Megtekintés ideje: 2023. április 4.)
102. Palang, D. – Tippayawong, K. Y. (2019). Performance evaluation of tourism supply chain management: The case of Thailand. *Business Process Management Journal*, 25(6), 1193–1207. https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2017-0124
103. Parádi-Dolgos, A. – Bareith, T. – Vancsura, L. – Csonka, A. (2023). Zöld pénzügyi eszközök fogadtatása az agráriumban: Egy Q-módszeres elemzés eredményei. *Hitelintézeti Szemle*, 22(2), 101–125. https://doi.org/10.25201/HSZ.22.2.101
104. Pegden, C. D. (1987). *Introduction to SIMAN* (2. kiadás). Systems Modeling Corporation. https://books.google.hu/books/about/Introduction_to_SIMAN.html?id=DfXXAAAAMAAJ (Megtekintés ideje: 2024. április 15.)
105. Péterfi, C. – Gyenge, B. (2021). Improving supply chain efficiency through simulations - Literature and methodological review. *Studia Mundi – Economica*, 8(4), 27–40. https://doi.org/10.18531/Studia.Mundi.2021.08.04.27-40
106. Pidd, M. (2004). *Computer simulation in management science* (5. kiadás). Wiley. https://openlibrary.org/works/OL2703980W/Computer_simulation_in_management_science (Megtekintés ideje: 2024. április 16.)
107. Pojanapunya, P. – Todd, R. W. (2021). The influence of the benchmark corpus on keyword analysis. *Register Studies*, 3(1), 88–114. https://doi.org/10.1075/rs.19017.poj
108. Póka, V. – Gyenge, B. – Mészáros, K. (2025). A CEP szolgáltatók nehézségei az ESG törvény bevezetésekor. In *Logisztikai Évkönyv 2025* (pp. 22–42). Magyar Logisztikai Egyesület. https://doi.org/10.23717/LOGEVK.2025.2
109. Pritsker, A. A. B. – Pegden, C. D. (1979). *Introduction to simulation and SLAM*. Halsted Press. https://books.google.com/books/about/Introduction_to_Simulation_and_SLAM.html?hl=hu&id=atomAAAAMAAJ (Megtekintés ideje: 2024. április 17.)
110. Pritsker, A. A. B. (1974). *The GASP IV simulation language*. John Wiley & Sons. https://books.google.com/books/about/The_GASP_IV_Simulation_Language.html?hl=hu&id=COMmAAAAMAAJ (Megtekintés ideje: 2024. április 17.)
111. Reimann, F. – Ketchen, D. J. (2017). Power in supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 53(2), 3–9. https://doi.org/10.1111/jscm.12140
112. Rethlefsen, M. – Koffel, J. – Kirtley, S. – Waffenschmidt, S. – Ayala, A. P. (2019). Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis Search Extension (PRISMA-S) 2019: Explanation and elaboration. *OSF Preprints*. https://doi.org/10.31219/osf.io/sfc38
113. Rethlefsen, M. L. – Page, M. J. (2022). PRISMA 2020 and PRISMA-S: Common questions on tracking records and the flow diagram. *Journal of the Medical Library Association*, 110(2), 253–257. https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1449
114. Ricolfi, L. – Testa, S. (2021). Factorial invariance and orthogonal rotation. *Multivariate Behavioral Research*, 56(5), 787–804. https://doi.org/10.1080/00273171.2020.1770571
115. Roberts, S. D. – Pegden, C. D. (2017). The history of simulation modeling. In *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference* (pp. 308–323). IEEE. https://doi.org/10.1109/WSC.2017.8247795
116. Robinson, S. – Nance, R. E. – Paul, R. J. – Pidd, M. – Taylor, S. J. E. (2004). Simulation model reuse: Definitions, benefits and obstacles. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 12(7–8), 479–494. https://doi.org/10.1016/j.simpat.2003.11.006
117. Robinson, S. (2005). Discrete-event simulation: From the pioneers to the present, what next? *Journal of the Operational Research Society*, 56(6), 619–629. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601864

118. Rovira, C. – Guerrero-Solé, F. – Codina, L. (2018). Received citations as a main SEO factor of Google Scholar results ranking. *El Profesional de la Información*, 27(3), 559–569. https://doi.org/10.3145/epi.2018.may.09
119. Rubio, S. – Jiménez-Parra, B. – Chamorro-Mera, A. – Miranda, F. J. (2019). Reverse logistics and urban logistics: Making a link. *Sustainability*, 11(20), Article 5684. https://doi.org/10.3390/su11205684
120. Sarkis, J. (2020). Supply chain sustainability: Learning from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(1), 63–73. https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2020-0568
121. Schoenmaker, D. – Schramade, W. (2019). Sustainability and the transition challenge. In *Principles of Sustainable Finance* (pp. 1–35). Oxford University Press. https://www.researchgate.net/publication/330359025_Principles_of_Sustainable_Finance (Megtekintés ideje: 2024. április 25.)
122. Schruben, L. (1983). Simulation modeling with event graphs. *Communications of the ACM*, 26(11), 957–963. https://doi.org/10.1145/182.358460
123. Shalf, J. (2020). The future of computing beyond Moore's Law. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378(2166), Article 20190061. https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0061
124. Shannon, C. E. – Weaver, W. (1998). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
125. Shannon, R. E. – Johannes, J. D. (1976). Systems simulation: The art and science. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-6(10), 723–724. https://doi.org/10.1109/TSMC.1976.4309432
126. Shayan, F. (2014). Doing Q-methodological research: Theory, method and interpretation. *International Journal of Social Research Methodology*, 17(1), 87–88. https://doi.org/10.1080/13645579.2014.861957
127. Shin, H. – Lee, H. J. – Cho, S. (2023). General-use unsupervised keyword extraction model for keyword analysis. *Expert Systems with Applications*, 233, Article 120889. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120889
128. Shollunayagam, R. M. – Thoo, A.-C. (2018). The evolution of logistics. *Advanced Science Letters*, 24(6), 4455–4458. https://doi.org/10.1166/asl.2018.11625
129. Silva, P. S. – Trigo, A. – Varajão, J. – Pinto, T. (2010). Simulation – Concepts and applications. In *Communications in Computer and Information Science* (Vol. 112, pp. 429–434). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16324-1_51
130. Statista Research Department. (2025). *Logistics industry - market size 2028*. Statista. https://www.statista.com/statistics/943517/logistics-industry-global-cagr/ (Megtekintés ideje: 2025. január 10.)
131. Stephenson, W. (1935). Technique of factor analysis. *Nature*, 136(3434), 297. https://doi.org/10.1038/136297b0
132. Stephenson, W. (1953). *The study of behavior: Q-technique and its methodology*. University of Chicago Press. https://openlibrary.org/books/OL16632421M/The_study_of_behavior (Megtekintés ideje: 2025. január 12.)
133. Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin/McGraw-Hill.
134. Stevenson, H. (2019). Contemporary discourses of green political economy: A Q method analysis. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 21(5), 533–548. https://doi.org/10.1080/1523908X.2015.1118681

135. Straka, M. – Špirková, R. – Filla, M. (2021). Improved efficiency of manufacturing logistics by using computer simulation. *International Journal of Simulation Modelling*, 20(3), 501–512. https://doi.org/10.2507/IJSIMM20-3-567
136. Student. (1908). The probable error of a mean. *Biometrika*, 6(1), 1–25. https://doi.org/10.1093/biomet/6.1.1
137. Szász, L. – Demeter, K. (2017). *Ellátásilánc-menedzsment*. Akadémiai Kiadó. https://doi.org/10.1556/9789634540335
138. Tao, F. – Cheng, J. – Qi, Q. – Zhang, M. – Zhang, H. – Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9–12), 3563–3576. https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1
139. Tennekes, M. (2018). tmap: Thematic maps in R. *Journal of Statistical Software*, 84(6), 1–39. https://doi.org/10.18637/jss.v084.i06
140. Thompson, A. (2023). *Logistics trends 2023*. DHL Discover. https://www.dhl.com/discover/en-us/global-logistics-advice/logistics-insights/logistics-and-delivery-trends-2023 (Megtekintés ideje: 2024. április 20.)
141. Thuan, N. H. – Drechsler, A. – Antunes, P. (2019). Construction of design science research questions. *Communications of the Association for Information Systems*, 44(1), Article 20. https://doi.org/10.17705/1CAIS.04420
142. Tocher, K. D. – Owen, D. G. (2008). The automatic programming of simulations. *Journal of Simulation*, 2(3), 143–152. https://doi.org/10.1057/jos.2008.13
143. Tocher, K. D. – Splaine, M. (1966). Computer control of the Bessemer process. *Journal of the Iron and Steel Institute*, 204, 81–86.
144. Tozanlı, Ö. – Kongar, E. – Gupta, S. M. (2020). Trade-in-to-upgrade as a marketing strategy in disassembly-to-order systems at the edge of blockchain technology. *International Journal of Production Research*, 58(23), 7183–7200. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1712489
145. Tricco, A. C. – Antony, J. – Zarin, W. – Strifler, L. – Ghassemi, M. – Ivory, J. – Perrier, L. – Hutton, B. – Moher, D. – Straus, S. E. (2015). A scoping review of rapid review methods. *BMC Medicine*, 13(1), Article 224. https://doi.org/10.1186/s12916-015-0465-6
146. Tricco, A. C. – Zarin, W. – Antony, J. – Hutton, B. – Moher, D. – Sherifali, D. – Straus, S. E. (2016). An international survey and modified Delphi approach revealed numerous rapid review methods. *Journal of Clinical Epidemiology*, 70, 61–67. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2015.08.012
147. van Wagtendonk, J. W. (2003). The wilderness use simulation model: An historical perspective. *International Journal of Wilderness*, 9(2), 9–13.
148. Varnavskii, V. G. (2020). Global transport and logistics infrastructure. *Mirovaya Ekonomika i Mezhdunarodnye Otnosheniya*, 64(1), 5–14. https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-1-5-14
149. VOSviewer. (2023). *VOSviewer - Visualizing scientific landscapes*. https://www.vosviewer.com/ (Megtekintés ideje: 2023. május 12.)
150. Waller, M. A. – Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84. https://doi.org/10.1111/jbl.12010
151. Waltman, L. (2016). A review of the literature on citation impact indicators. *Journal of Informetrics*, 10(2), 365–391. https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.02.007
152. Watts, S. – Stenner, P. (2012). *Doing Q methodological research: Theory, method and interpretation*. SAGE Publications. https://doi.org/10.4135/9781446251911
153. Wieland, A. – Durach, C. F. (2021). Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 42(3), 315–322. https://doi.org/10.1111/jbl.12271

154. Xu, L. – Zhang, M. – Abdullayeva, I. (2022). Improving the supply chain management. *Foundations of Management*, 14(1), 127–142. https://doi.org/10.2478/fman-2022-0008
155. Yang, L. – Luo, S. – Cheng, X. – Yu, L. (2025). *Leveraging large language models for enhanced digital twin modeling: Trends, methods, and challenges*. arXiv preprint arXiv:2503.02167. https://arxiv.org/pdf/2503.02167 (Megtekintés ideje: 2026. július 18.)
156. Yeniyurt, S. – Cavusgil, S. T. – Hult, G. T. M. (2005). A global market advantage framework: The role of global market knowledge competencies. *International Business Review*, 14(1), 1–19. https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2004.10.002
157. Yeomans, K. A. – Golder, P. A. (1982). The Guttman-Kaiser criterion as a predictor of the number of common factors. *The Statistician*, 31(3), 221–229. https://doi.org/10.2307/2987988
158. Yi, Y. – Nataraajan, R. (2018). Customer satisfaction in Asia. *Psychology & Marketing*, 35(6), 387–391. https://doi.org/10.1002/mar.21093
159. Zhao, D. – Strotmann, A. (2008). Comparing all-author and first-author co-citation analyses of information science. *Journal of Informetrics*, 2(3), 229–239. https://doi.org/10.1016/j.joi.2008.05.004
160. Zhu, Y. – Zhou, D. – Li, Y. – Song, B. – Wang, C. (2023). How can we achieve query keyword frequency analysis in privacy-preserving situations? *Future Internet*, 15(6), Article 197. https://doi.org/10.3390/fi15060197

M2: Ábrák jegyzéke

1. ábra: A hagyományos és a fordított logisztikai folyamat fogalmi kerete 11
2. ábra: Logisztika és ellátásilánc-menedzsment 12
3. ábra: A logisztika és a marketing szerepe 13
4. ábra: Az értéklánc fogalmának kiterjesztése az ellátási lánc szintjére 13
5. ábra: Az ellátásilánc menedzsmentjének fejlődése 15
6. ábra: Modellezési ágrajz 33
7. ábra: Szimulációs keretrendszerek architekturális megvalósulása 36
8. ábra: Integrált Digitális Iker és AI-szimulációs architektúra 38
9. ábra: A disszertáció kutatási folyamata 45
10. ábra: A vizsgálat PRISMA folyamatábrája 48
11. ábra: Q-készlet kialakításának pilótakutatása 52
12. ábra: Q-készlet eloszlása 54
13. ábra: Normál eloszlás függvény 55
14. ábra: Slotok száma az értékelőskálán 55
15. ábra: Válaszadási folyamat pillanatképe 56
16. ábra: A szimulációval és ellátási lánccal kapcsolatos publikációk száma (db)/év, az adatok finomítása után 61
17. ábra: A szimuláció és ellátási lánc témakörben közzétett cikkek országonként a finomítási folyamatot követően 62
18. ábra: 20 legtöbbet publikált ország a téma ellátási láncban és szimuláció a rekordok finomítása után (db) 63
19. ábra: A különböző tudományos kiadók által közzétett rekordok az összegyűjtött 5723 rekord adataiból (db) 64
20. ábra: Az összegyűjtött 5723 rekordrekordtípus-elemzései (db) 65
21. ábra: A rekordok aránya a tanulmányi terület szempontjából (%) 66
22. ábra: Kulcsszó felhő 67
23. ábra: Kulcsszavak előfordulásának vizualizációja 68
24. ábra: Kulcsszóelemzések a publikáció éve szerint 69
25. ábra: kulcsszó hőtérkép 70
26. ábra: Tematikus térkép 71
27. ábra: A szerzők publikációs idővonala 73
28. ábra: A szerzők együttműködése 73
29. ábra: Intézményi együttműködési hálózat 74
30. ábra: Együttműködési hálózat az országok szempontjából 75
31. ábra: Scree diagram és faktor rotáció (8 faktor rotálása, varimax rotációval) 79
32. ábra: A "hatékonyság növelő" 1. faktorra jellemző állítások 85
33. ábra: A “Folyamatfejlesztő” 2. faktorra jellemző állítások 86
34. ábra: Az "Innovatív" 3. faktorra jellemző állítások 87
35. ábra: Az "Összefüggéskereső" 4. faktorra jellemző állítások 88
36. ábra: A "szimuláció szkeptikus" 5. faktorra jellemző állítások 89
37. ábra: Az "Automatizáció kritikus" 6. faktorra jellemző állítások 90
38. ábra: A "szimulációs szellemiségű" 7. faktorra jellemző állítások 91
39. ábra: A "szimuláció kétkedő" 8. faktorra jellemző mondatok 92
40. ábra: Véleménycsoportok összehasonlítása 94
41. ábra: Ellenőrző kutatás Scree diagramja és faktor rotáció (8 faktor rotálása, varimax rotációval) 96
42. ábra: Az ellenőrző kutatás 1. faktorára jellemző állítások 102
43. ábra: Az ellenőrző kutatás 2. faktorára jellemző állítások 102

44. ábra: Az ellenőrző kutatás 3. faktorára jellemző állítások 103
45. ábra: Az ellenőrző kutatás 4. faktorára jellemző állítások 104
46. ábra: Az ellenőrző kutatás 5. faktorára jellemző állítások 104
47. ábra: Az ellenőrző kutatás 6. faktorára jellemző állítások 105
48. ábra: Az ellenőrző kutatás 7. faktorára jellemző állítások 106
49. ábra: Az ellenőrző kutatás 8. faktorára jellemző állítások 106
50. ábra: Véleménycsoportok összehasonlítása 107

M3: Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Célok, hipotézisek és kutatási módszertanok táblázata 9
2. táblázat: A szimulációk fejlődési szakaszai 27
3. táblázat: Szimulációs világnézetek 28
4. táblázat: A hagyományos szimuláció és a Digitális Iker összehasonlítása 34
5. táblázat: A WoS-adatbázisra vonatkozó lekérdezések a Boolean operátorok használatával a kiválasztás előfázisaként 46
6. táblázat: Összefoglaló táblázat a szisztematikus áttekintéshez szükséges rekordok kereséséről, finomításáról és osztályozásáról 46
7. táblázat: Az elemzések szintjei a szisztematikus áttekintésben 49
8. táblázat: A kutatásban résztvevők szakterületenként 57
9. táblázat: Top 6 szerző a publikációk száma szerint 72
10. táblázat: A legerősebb kapcsolatok a kutatásom Pearson mátrixában 76
11. táblázat: Negatív és semleges korreláció a kutatásom Pearson mátrixában 77
12. táblázat: A faktorok sajátértékei 78
13. táblázat: Azonosított faktorok és elnevezéseik 78
14. táblázat: Egyéb adatok táblázata 79
15. táblázat: Fatkorok terhelései 80
16. táblázat: Hiperplán mutató és százalékos aránya faktoronként 81
17. táblázat: Kovariancia 81
18. táblázat: Kommunalitás 82
19. táblázat: Korreláció a faktorok között 83
20. táblázat: A faktorok karakterisztikái 83
21. táblázat: Standard hiba a faktorok Z-értékeinek különbségeiben 84
22. táblázat: Alapkutatás faktorainak összefoglaló táblázata 93
23. táblázat: Ellenőrző kutatás fakrorainak sajátértéke 95
24. táblázat: Ellenőrző kutatás egyéb információinak táblázata 96
25. táblázat: Ellenőrző kutatás faktorterhelései 97
26. táblázat: Ellenőrző kutatás hiperplán száma és aránya 97
27. táblázat: Ellenőrző kutatás kovarianciája 98
28. táblázat: Ellenőrző kutatás kommunalitása 99
29. táblázat: Ellenőrző kutatás korrelációi a faktorok között 100
30. táblázat: Ellenőrző kutatás faktorainak karakterisztikái 100
31. táblázat: Ellenőrző kutatás standard hiba a faktorok Z-értékeinek különbségeiben 101
32. táblázat: Kutatási hipotézisek értékelése 110
33. táblázat: Célok, hipotézisek és kutatási módszertanok táblázata 112

M4: Írásbeli interjúkérdések

Kedves Barátom / Kollégám!

Köszönöm, hogy elfogadtad az interjús megkeresésemet és megosztod velem a véleményedet a logisztika és a szimuláció témakörökben és ezzel segítesz a kutatásom elvégzésében!

Az interjú fő kérdése:
Mit gondolsz a szimuláció felhasználásáról az ellátási-lánc hatékonyságának növelésére?

A kapcsolódó alkérdések:
Kérlek, hogy válaszodban az alábbi kérdésekre lehetőleg sorrendben és röviden térj ki.

1. Milyen területeken használsz jelenlegi munkafolyamataidhoz szimulációt?
2. A hazai és külföldi versenytársak szerinted milyen arányban alkalmaznak szimulációt az ellátási-láncuk hatékonyságának növelése érdekében?
3. Az üzletedben milyen főbb területeken tudnád elképzelni a szimuláció használatát?
4. Szerinted a mesterséges intelligencia és a szimulációk mennyire (milyen mértékben) okoznak
majd áttörést az ellátási-lánc menedzsment területén?
5. Ezen a területen, ezekben a folyamatokban milyen eredményeket (előnyöket) várnál el a szimulációktól?
6. Milyen feltételek (körülmények) mellett kezdenéd el használni a szimulációs lehetőségeket? És mire?
7. Hogyan lehet beépíteni a tervezési és ellenőrzési folyamatokba a szimulációkat?
8. Mennyire támaszkodnál a kapott eredményekre? Hogyan integrálnád a saját döntéseidbe?
9. Szerinted hogyan hatna az erőforrások felhasználására a szimulációs módszertan?

Kérlek, amennyiben lehetőséged van rá legkésőbb jövő hét keddig (2025/02/18-ig) küldd vissza a válaszaidat!

Előre is köszönöm a szíves segítségedet!
Üdvözlettel:
Csaba

M5: A Q-készlet állításai

Q-módszertan állításai:

1. Szerintem a szimuláció segíti a logisztika hatékonyabb működését.
2. Szerintem a szimulációk segíti a kisebb erőforrásfelhasználást.
3. Egyetértek abban, hogy a szimulációk redukálják az új folyamatok tesztelési időszakát.
4. A szimulációk nem pontosak, mert az adatbázisok sokszor rejtett vagy pontatlan adatokat tartalmaznak.
5. A szimuláció előnye, hogy az esetleges változások megfigyelhetőek a fizikai építés, rombolás nélkül, így a kockázatok csökkenthetők.
6. Normál működéstől eltérő forgatókönyvek kidolgozásában (hiba, túlterhelés, hiányzó erőforrás) képes segíteni a szimuláció az esemény előfordulását megelőzően.
7. Véleményem szerint a szimulációk alkalmazása egyszerű.
8. Fontosnak tartom a szimulációk integrálását a folyamatfejlesztési és felülvizsgálati folyamatokba.
9. Jó véleménnyel vagyok a szimulációkról.
10. Tapasztalatom szerint a modern eszközök használata versenyképesebbé teszi a vállalatot.
11. A vásárlók igényei a legmodernebb és hatékonyabb eszközök alkalmazását várják el a logisztikában.
12. A szimulációk alkalmazása elengedhetetlen lesz a jövőben a logisztika területén.
13. A szimulációk és a mesterséges intelligencia ugrásszerű fejlődést okoznak majd a logisztika területén.
14. A szimuláció bevezetésére üzleti tervet kell készíteni.
15. A szimulációk eredményeinek ellenőrzésére nincs szükség.
16. A szimulációs eszköz segítene az új ötletek osztályozását.
17. A logisztikai szektorban a vállalatok túlnyomó részének/százalékának kell szimulációt használnia.
18. Akár gyártás, akár logisztika területén hasznos segítséget jelenthet a szimuláció.
19. Munkám során használok szimulációs eszközt.
20. A hálózatok tervezésében, kockázatkezelésben, technológiai beruházások esetén jelenleg is használatos eszköz a szimuláció.
21. Beruházási döntések előkészítésében, mint döntéstámogató eszköz, használnám a szimulációt.
22. Operatív működés támogatásában használnám a szimulációkat.
23. Termelés és értékesítés tervezésében használnám a szimulációt.
24. A szimuláció alkalmazása akár marketingértékkel is bírhat a vásárlók szerint.
25. Óvatosan kezelném a szimulációtól kapott eredményeket.
26. A gyakorlat és a magabiztos szimulációs eszközhasználat alapvető fontosságú.
27. Pontosabb előrejelzések készíthetők a szimulációk segítségével.
28. A pontos és részletes adatgyűjtés szükséges a szimuláció felhasználásához.
29. Napi szinten használnám a szimulációt a folyamataimhoz.
30. Az emberi hiba tényező csökkentésére használható.
31. Modellezési korlátok, megfelelő technológia, hibalehetőségek feltérképezése fontos a szimuláció használata előtt.
32. A logisztikai döntéseknél, nem mindig a hatékonyság az elsődleges szempont.
33. Logisztikai útvonalak kialakítására használnám a szimulációkat.
34. A készletköltségek csökkentésében segítene a szimuláció.
35. Emberi erőforrás is kiváltható a szimuláció segítségével, ha megbízható eredményt ad.
36. Az adatelemzés és összefüggések feltárásában nyújthat segítséget a szimuláció.
37. A mesterséges intelligencia önmagában elég a logisztikai működés támogatásához, a szimulációra nincs szükség.

38. A just-in-time és lean filozófiák magasabb szintű megvalósítását idézné elő a szimuláció és AI használata a logisztika területén.
39. A pontosabb tervezés a fuvarozás területén csökkentené a kapcsolódó költségeket: tervszerű karbantartás, kevesebb km miatti útdíj, kevesebb üzemanyagfogyasztás.
40. Hibák kiszűrését megkönnyíti a monoton nagy mértékű adatok feldolgozásánál.
41. Tendenciák megfigyelésében, döntések előkészítésében segít a szimuláció.

M6: Pearson-féle korrelációs mátrix

Respondent	0M5C	0T82	10AF	1286	4YB5	6J76	72A3	7VN7	96LK	KWTT	L1FW	M9S8	OFHI	OQK9	QEYL	QML4	RLPJ	SCG9	U9KY	WZ33	Y0HN	YI1E	ZZB4
0M5C	1.00	0.1163	0.1628	0.186	0.4651	0.1744	0.407	0.5233	0.2209	0.4767	0.4186	0.3023	0.0349	0.3605	0.4651	0.4186	0.5814	-0.2209	0.2674	0.4651	0.2209	0.2326	0.2558
0T82	0.1163	1.00	-0.1395	-0.0116	0.3488	0.1512	0.2442	0.1744	0.0581	0.0233	0.1163	-0.1395	0.186	0.0698	-0.0116	0.0698	0.0349	0.3953	0.0465	0.0698	0.2674	-0.186	0.1512
10AF	0.1628	-0.1395	1.00	0.3953	0.3837	0.2442	0.093	0.1628	0.0698	0.2209	0.0116	0.4884	0.4302	0.2093	0.3256	0.2674	0.3605	0.0349	0.1395	0.3953	0.093	0.4186	0.314
1286	0.186	-0.0116	0.3953	1.00	0.2558	0.0465	0.4419	0.3488	0.093	0.4884	0.2674	0.1744	0.314	0.314	0.4651	0.0581	0.593	0.0814	0.3721	0.593	0.3721	0.1163	0.3953
4YB5	0.4651	0.3488	0.3837	0.2558	1.00	0.2907	0.3372	0.4767	0.2558	0.4419	0.3953	0.4302	0.2442	0.2674	0.593	0.3372	0.3837	0.2674	0.314	0.3605	0.4419	0.4302	0.5465
6J76	0.1744	0.1512	0.2442	0.0465	0.2907	1.00	0.2093	0.3605	0.2907	0.1395	0.00	0.2442	0.1977	0.0581	0.186	-0.1279	0.0814	0.0698	0.0581	0.0581	0.1279	0.2791	0.3953
72A3	0.407	0.2442	0.093	0.4419	0.3372	0.2093	1.00	0.5465	0.3023	0.3488	0.3721	0.2674	0.0814	0.4535	0.4884	0.2558	0.50	0.3372	0.5233	0.407	0.2093	0.2093	0.3605
7VN7	0.5233	0.1744	0.1628	0.3488	0.4767	0.3605	0.5465	1.00	0.4651	0.3721	0.4302	0.3605	0.1512	0.4651	0.4651	0.2907	0.4767	0.2093	0.2442	0.2674	0.3837	0.2326	0.4884
96LK	0.2209	0.0581	0.0698	0.093	0.2558	0.2907	0.3023	0.4651	1.00	0.1395	0.0814	0.1279	0.093	0.2209	0.4302	0.2791	0.1047	0.3023	-0.0116	0.00	0.3023	-0.0349	0.186
KWTT	0.4767	0.0233	0.2209	0.4884	0.4419	0.1395	0.3488	0.3721	0.1395	1.00	0.2907	0.3256	0.2674	0.1279	0.5581	0.314	0.5116	0.0698	0.3605	0.4767	0.3256	0.3721	0.4535
L1FW	0.4186	0.1163	0.0116	0.2674	0.3953	0.00	0.3721	0.4302	0.0814	0.2907	1.00	0.1512	0.1628	0.314	0.4186	0.407	0.4302	0.1512	0.314	0.2791	0.4535	0.2093	0.2791
M9S8	0.3023	-0.1395	0.4884	0.1744	0.4302	0.2442	0.2674	0.3605	0.1279	0.3256	0.1512	1.00	-0.0698	0.2791	0.4186	0.3605	0.3721	0.0233	0.2674	0.2674	0.0581	0.3721	0.3837
OFHI	0.0349	0.186	0.4302	0.314	0.2442	0.1977	0.0814	0.1512	0.093	0.2674	0.1628	-0.0698	1.00	-0.093	0.2209	0.2558	0.1163	0.1744	0.1395	0.2093	0.3953	0.1977	0.1977
OQK9	0.3605	0.0698	0.2093	0.314	0.2674	0.0581	0.4535	0.4651	0.2209	0.1279	0.314	0.2791	-0.093	1.00	0.4651	0.2907	0.3256	0.0465	0.1977	0.3605	0.2791	-0.0581	0.1047
QEYL	0.4651	-0.0116	0.3256	0.4651	0.593	0.186	0.4884	0.4651	0.4302	0.5581	0.4186	0.4186	0.2209	0.4651	1.00	0.407	0.4535	0.2907	0.3372	0.4186	0.4302	0.2558	0.5465
QML4	0.4186	0.0698	0.2674	0.0581	0.3372	-0.1279	0.2558	0.2907	0.2791	0.314	0.407	0.3605	0.2558	0.2907	0.407	1.00	0.4884	0.0465	0.1628	0.5256	0.2442	0.2674	0.2093
RLPJ	0.5814	0.0349	0.3605	0.593	0.3837	0.0814	0.50	0.4767	0.1047	0.5116	0.4302	0.3721	0.1163	0.3256	0.4535	0.4884	1.00	0.00	0.4884	0.6163	0.2791	0.4186	0.5233
SCG9	-0.2209	0.3953	0.0349	0.0814	0.2674	0.0698	0.3372	0.2093	0.3023	0.0698	0.1512	0.0233	0.1744	0.0465	0.2907	0.0465	0.00	1.00	0.1977	-0.1395	0.1279	-0.0116	0.2674
U9KY	0.2674	0.0465	0.1395	0.3721	0.314	0.0581	0.5233	0.2442	-0.0116	0.3605	0.314	0.2674	0.1395	0.1977	0.3372	0.1628	0.4884	0.1977	1.00	0.4884	0.2558	0.3837	0.3837
WZ33	0.4651	0.0698	0.3953	0.593	0.3605	0.0581	0.407	0.2674	0.00	0.4767	0.2791	0.2674	0.2093	0.3605	0.4186	0.3256	0.6163	-0.1395	0.4884	1.00	0.1744	0.2442	0.4302
Y0HN	0.2209	0.2674	0.093	0.3721	0.4419	0.1279	0.2093	0.3837	0.3023	0.3256	0.4535	0.0581	0.3953	0.2791	0.4302	0.2442	0.2791	0.1279	0.2558	0.1744	1.00	0.0465	0.4186
YI1E	0.2326	-0.186	0.4186	0.1163	0.4302	0.2791	0.2093	0.2326	-0.0349	0.3721	0.2093	0.3721	0.1977	-0.0581	0.2558	0.2674	0.4186	-0.0116	0.3837	0.2442	0.0465	1.00	0.5465
ZZB4	0.2558	0.1512	0.314	0.3953	0.5465	0.3953	0.3605	0.4884	0.186	0.4535	0.2791	0.3837	0.1977	0.1047	0.5465	0.2093	0.5233	0.2674	0.3837	0.4302	0.4186	0.5465	1.00

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

M7: A 8 főkomponens kereszttáblája

Participant	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
0M5C	0.63539	-0.11956	-0.35812	-0.24143	0.13348	-0.24946	-0.35228	0.08293
0T82	0.16906	0.62963	0.03346	0.25819	-0.06887	-0.2753	-0.1889	0.55166
10AF	0.47308	-0.38714	0.43273	-0.05506	0.24419	0.36076	0.1456	0.34066
12B6	0.6093	-0.14458	-0.06486	0.44062	-0.1047	0.50201	-0.08401	-0.10815
4Y8S	0.7232	0.16155	0.22759	-0.09652	0.08886	-0.23523	-0.00563	0.18635
6J76	0.31446	0.16957	0.52104	-0.35493	-0.19136	0.08564	-0.49637	0.04905
72A3	0.66422	0.21747	-0.23258	0.00804	-0.42072	0.07938	0.08052	0.07124
7VN7	0.70321	0.28304	-0.08962	-0.28498	-0.06364	0.03979	-0.19005	-0.08391
I4LK	0.35754	0.49103	0.02747	-0.42424	0.17933	0.28056	0.04799	-0.26136
KWTT	0.67179	-0.16419	0.03743	0.15021	0.03622	-0.07431	-0.0969	-0.25834
L1FW	0.56319	0.15047	-0.31286	0.13985	0.15206	-0.33858	0.07466	-0.17552
M9S8	0.53139	-0.30684	0.13307	-0.47871	-0.07459	0.02437	0.24359	0.15598
OFHI	0.33813	0.10891	0.45332	0.46382	0.47644	0.11308	-0.04771	0.07281
OQK9	0.49121	0.11549	-0.49085	-0.22196	-0.00402	0.36101	0.04016	0.24482
QEYL	0.77902	0.10704	-0.02908	-0.11208	0.08795	0.17286	0.18069	-0.20143
QML4	0.52958	-0.06941	-0.20641	-0.1308	0.50539	-0.25576	0.36547	0.14175
RLPJ	0.76642	-0.28981	-0.20103	0.10855	-0.07632	-0.06528	-0.02348	0.01596
SCG9	0.22407	0.62967	0.27008	0.12402	-0.26367	0.03246	0.53814	0.04742
U9KY	0.56455	-0.14126	-0.05741	0.30939	-0.43624	-0.14183	0.17121	-0.05258
WZ33	0.65417	-0.36586	-0.18791	0.28	-0.06541	0.13791	-0.15153	0.23721
Y0HN	0.52954	0.3778	0.00549	0.27284	0.33377	0.00806	-0.16772	-0.25384
YI1E	0.48759	-0.42185	0.44695	-0.10657	-0.11064	-0.37433	0.09495	-0.13116
ZZB4	0.70472	0.00814	0.37481	0.02503	-0.2138	-0.12144	-0.05769	-0.15578

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

M8: faktortelítettségek

Change	-0.14705	-0.36538	0.40973	0.03847	-0.20717	-0.24048	-0.18055	-0.29219	-0.20591	-0.16466	-0.29446
		flagged									
Factor 8	0.22999	0.91704	-0.06907	-0.14662	0.39352	0.28953	0.25179	0.20828	-0.05545	-0.09368	0.11895
Change	-0.74013	-0.2224	0.12036	0.03513	-0.29753	-0.00492	-0.01571	-0.3069	-0.02317	-0.2913	-0.49211
										flagged	
Factor 7	0.38785	0.03349	0.02523	-0.11914	0.2919	-0.49145	0.09623	0.11685	0.07116	0.19441	0.56677
Change	-0.26503	-0.16647	-0.49126	0.35152	-0.47128	-0.10892	0.09249	0.03175	0.24165	-0.06113	-0.06678
			flagged								
Factor 6	0.01557	-0.10883	0.85201	0.15049	0.23605	0.19457	-0.01311	0.00804	0.03892	-0.01318	-0.2718
Change	0.21081	-0.22714	-0.03129	-0.48924	-0.10076	-0.26404	-0.24657	-0.0778	0.06576	-0.24882	-0.00483
Factor 5	-0.07733	0.15828	0.27548	0.38454	0.18963	0.07268	-0.17415	0.01416	0.11357	0.28504	0.15689
Change	-0.60167	0.22315	-0.09489	0.28682	-0.436	-0.81543	-0.38446	-0.98128	-1.2449	-0.05408	-0.08783
								flagged	flagged		
Factor 4	0.36024	0.03504	0.03983	0.1538	0.33948	0.4605	0.3925	0.6963	0.82067	0.20429	0.22769
Change	-0.58206	0.10017	0.22682	-0.02811	-0.24089	0.06541	-0.35299	-0.3288	0.04638	-0.37877	-0.49478
Factor 3	0.22394	-0.06672	0.20591	-0.03675	0.46848	0.45564	0.12042	0.23918	-0.01891	0.4162	0.18191
Change	0.4347	0.46474	-0.3692	-0.16831	0.12657	0.33139	-0.00067	0.36666	0.33021	-0.03696	0.17397
Factor 2	-0.55425	0.16489	-0.01793	0.02373	0.03498	-0.16182	0.21813	-0.08362	0.16082	-0.12724	-0.0235
Change	0.29053	0.13033	0.27446	-0.19098	0.52186	0.37349	0.01754	0.37713	0.45183	0.19634	0.22845
				flagged			flagged				
Factor 1	0.34486	0.03873	0.19862	0.80028	0.20134	-0.05903	0.64668	0.32607	-0.09429	0.47545	0.33474
Part.No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

0.23713	-0.07082	0.11703	-0.09812	0.09669	-0.00855	-0.22259	-0.11074	0.12809	-0.38479	-0.0202	-0.25935
-0.08115	0.14363	0.1278	-0.10331	0.04506	0.02452	0.27001	0.05816	0.10912	0.13095	-0.11096	0.10357
0.02529	-0.11013	-0.19267	-0.12412	-0.4592	-0.34384	0.49696	0.04616	-0.2863	-0.38365	-0.04733	-0.03448
				flagged							
0.2183	0.06242	0.23283	0.30481	0.82468	0.32036	0.04118	0.12504	0.13477	0.21593	0.14227	-0.02321
-0.52866	-0.13491	0.10494	0.00136	-0.53286	-0.2034	0.04302	-0.0725	-0.1463	0.21498	-0.59293	-0.20065
0.55303	0.24799	0.25607	0.1715	0.2771	0.13811	-0.01057	-0.06933	0.28421	-0.20692	0.2186	0.07921
0.21174	-0.35017	0.18772	-0.09677	0.40046	-0.11459	-0.33444	-0.38105	-0.19483	-0.27811	-0.12576	-0.41061
	flagged								flagged		
-0.28633	0.82661	-0.19175	0.18472	0.10494	0.03827	0.07077	-0.05519	0.12942	0.61188	0.01513	0.1968
-0.75572	0.48873	-0.71355	-0.68478	-0.30401	-0.02702	-0.10825	0.37969	0.31138	-0.13263	-0.04068	-0.25809
0.27702	-0.02491	0.49159	0.5727	0.17321	0.13558	0.23227	-0.07031	-0.03138	0.40547	-0.06589	0.28312
-0.26903	0.33909	-0.1614	-0.25442	-0.31356	-0.50598	0.18669	-0.42657	-0.28387	-0.07071	-0.38907	-0.28448
										flagged	flagged
0.4021	0.11423	-0.32945	0.22534	0.10715	0.30495	0.08339	0.36916	0.09596	0.07621	0.83602	0.65929
-0.29887	0.02133	0.19565	-0.03181	-0.02446	-0.10662	-0.23871	-0.3633	-0.10134	0.37801	-0.39468	-0.10805
						flagged					
-0.00797	0.08758	-0.08016	0.13885	-0.04495	-0.18319	0.86838	0.22204	-0.26452	-0.0002	-0.02717	0.11619
0.35065	0.27875	0.036	0.35781	0.45175	0.08395	0.17185	-0.11573	-0.10099	0.30494	0.34329	0.32886
					flagged		flagged	flagged			
0.18074	0.05938	0.45521	0.42121	0.07783	0.68248	0.05221	0.68028	0.75516	0.2246	0.1443	0.37585
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

M9: Ellenőrző kutatás Pearson-féle korrelációs mátrixa

Pearson Correlation Matrix

Respondent	02A1	0XK2	2CFT	5ZSL	6PWE	7WK0	8B1P	92RW	9PIO	9TBC	A5GG	D4CH	DRID	ITMM	JN11	KHRT	KWZX	META	MWHX	PLZJ	QD19	WQTP	XYP0
02A1	1.00	0.3023	0.2209	0.2326	0.1512	0.1279	0.093	0.1279	0.3488	0.1163	0.4302	0.1744	0.3488	0.3372	0.3721	0.093	-0.1977	0.3605	-0.1512	0.4419	0.1977	0.093	0.1395
0XK2	0.3023	1.00	0.407	0.1977	0.2674	0.2907	0.1744	0.2558	0.4186	0.4535	0.3721	0.2674	0.5465	0.4535	0.2907	0.4419	0.00	0.1047	0.1977	0.3953	0.1744	0.4419	0.2907
2CFT	0.2209	0.407	1.00	0.2674	0.1977	0.3721	0.2209	0.3442	0.5465	0.2907	0.2674	0.2558	0.4419	0.50	0.4884	0.3605	-0.0581	0.0116	0.00	0.4651	0.2907	0.4767	0.6744
5ZSL	0.2326	0.1977	0.2674	1.00	0.4884	0.0233	0.1047	0.0349	0.4535	0.1279	0.2907	0.1977	0.3256	0.5465	0.4302	0.1744	-0.1395	0.1163	0.2093	0.4767	0.1977	0.50	0.3488
6PWE	0.1512	0.2674	0.1977	0.4884	1.00	-0.0465	0.0349	0.2791	0.2907	0.2558	0.1279	0.3372	0.3256	0.2674	0.2558	0.4302	0.093	-0.0233	0.1744	0.314	-0.0581	0.4186	0.1395
7WK0	0.1279	0.2907	0.3721	0.0233	-0.0465	1.00	0.3837	-0.0349	0.4186	0.3605	0.1744	0.0349	0.2442	0.4419	0.1512	0.2674	-0.1163	0.186	0.2558	0.3372	0.1977	0.093	0.3953
8B1P	0.093	0.1744	0.2209	0.1047	0.0349	0.3837	1.00	0.2093	0.0581	0.4535	0.2442	0.2791	0.1047	0.2674	0.1744	0.093	-0.314	0.3372	0.093	0.3256	0.0814	0.0233	0.1047
92RW	0.1279	0.2558	0.3442	0.0349	0.2791	-0.0349	0.2093	1.00	0.0814	0.1395	0.0581	0.3256	0.314	0.2326	0.3953	0.1512	-0.0465	-0.2442	-0.1163	0.3605	0.2674	0.3721	0.1512
9PIO	0.3488	0.4186	0.5465	0.4535	0.2907	0.4186	0.0581	0.0814	1.00	0.1512	0.2674	0.2558	0.6163	0.6047	0.5814	0.5814	0.0465	-0.0116	0.0233	0.6512	0.1744	0.4651	0.6395
9TBC	0.1163	0.4535	0.2907	0.1279	0.2558	0.3605	0.4535	0.1395	0.1512	1.00	0.5116	0.2907	0.2442	0.3372	0.2791	0.3372	-0.1395	0.1977	0.2791	0.1047	-0.0581	0.3023	0.1628

A5GG	0.4302	0.3721	0.2674	0.2907	0.1279	0.1744	0.2442	0.0581	0.2674	0.5116	1.00	0.2674	0.2558	0.2674	0.2674	0.0581	-0.1744	0.314	0.2558	0.0814	0.1395	0.314	0.2674
D4CH	0.1744	0.2674	0.2558	0.1977	0.3372	0.0349	0.2791	0.3256	0.2558	0.2907	0.2674	1.00	0.4302	0.3488	0.4186	0.3372	-0.1047	0.0698	0.1163	0.4186	0.1977	0.3837	0.1977
DRID	0.3488	0.5465	0.4419	0.3256	0.3256	0.2442	0.1047	0.314	0.6163	0.2442	0.2558	0.4302	1.00	0.3953	0.6279	0.2791	0.00	-0.0233	0.0465	0.5814	0.0233	0.6512	0.5581
ITMM	0.3372	0.4535	0.50	0.5465	0.2674	0.4419	0.2674	0.2326	0.6047	0.3372	0.2674	0.3488	0.3953	1.00	0.4651	0.4186	-0.1395	0.0581	-0.0581	0.6395	0.4302	0.4767	0.3721
JN11	0.3721	0.2907	0.4884	0.4302	0.2558	0.1512	0.1744	0.3953	0.5814	0.2791	0.2674	0.4186	0.6279	0.4651	1.00	0.3372	-0.0116	-0.1744	-0.0698	0.5698	0.0581	0.5233	0.5465
KHRT	0.093	0.4419	0.3605	0.1744	0.4302	0.2674	0.093	0.1512	0.5814	0.3372	0.0581	0.3372	0.2791	0.4186	0.3372	1.00	0.093	-0.1047	0.1628	0.4419	-0.0465	0.3023	0.3953
KWZX	-0.1977	0.00	-0.0581	-0.1395	0.093	-0.1163	-0.314	-0.0465	0.0465	-0.1395	-0.1744	-0.1047	0.00	-0.1395	-0.0116	0.093	1.00	-0.3953	0.0116	-0.2326	0.0581	0.0581	0.00
META	0.3605	0.1047	0.0116	0.1163	-0.0233	0.186	0.3372	-0.2442	-0.0116	0.1977	0.314	0.0698	-0.0233	0.0581	-0.1744	-0.1047	-0.3953	1.00	0.1047	0.1512	-0.093	-0.3372	-0.1163
MWHX	-0.1512	0.1977	0.00	0.2093	0.1744	0.2558	0.093	-0.1163	0.0233	0.2791	0.2558	0.1163	0.0465	-0.0581	-0.0698	0.1628	0.0116	0.1047	1.00	-0.0465	0.0233	0.1395	0.186
PLZJ	0.4419	0.3953	0.4651	0.4767	0.314	0.3372	0.3256	0.3605	0.6512	0.1047	0.0814	0.4186	0.5814	0.6395	0.5698	0.4419	-0.2326	0.1512	-0.0465	1.00	0.2674	0.3488	0.4767

XAN0	0.1392	0.3601	0.4179	0.3488	0.1392	0.3923	0.1061	0.1813	0.6392	0.1458	0.3614	0.1811	0.2284	0.2131	0.2442	0.3823	0.00	-0.1463	0.186	0.5161	0.2442	0.6163	0.00
MÓJb	0.093	0.1718	0.1161	0.20	0.1186	0.093	0.0233	0.2131	0.1628	0.3023	0.314	0.3721	0.6512	0.1628	0.2233	0.3023	0.0581	-0.3721	0.1392	0.3488	0.093	1.00	0.6163
ÓD4B	0.1811	0.1161	0.3601	0.1811	-0.0581	0.1811	0.0814	0.3614	0.1161	-0.0581	0.1392	0.1811	0.0233	0.1628	0.1628	0.0581	-0.0581	0.0233	0.3614	0.00	0.093	0.6163	0.6163

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

M10: Ellenőrző kutatás 8 főkomponens kereszttáblája

Extracted 8 Principal Components

Participant	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
02A1	0.44567	0.29592	-0.44486	-0.14315	-0.31966	0.0383	-0.19944	0.40441
0XK2	0.64098	0.10332	0.20799	-0.02142	0.10523	0.06923	-0.06935	0.43879
2CFT	0.70016	-0.04808	-0.06302	0.28917	0.1418	0.0148	-0.16184	-0.0833
5ZSL	0.57205	-0.02497	-0.04088	-0.17029	-0.48107	0.32515	0.24756	-0.36781
6PWE	0.46727	-0.20002	0.27115	-0.46119	-0.22326	-0.01258	0.41128	0.07179
7WK0	0.44169	0.36816	0.10958	0.61461	0.23675	-0.03143	0.08704	0.00034
881P	0.33538	0.57286	-0.0043	-0.0793	0.42316	-0.19314	0.10726	-0.25496
929W	0.39339	-0.24144	-0.21082	-0.43934	0.54593	-0.02869	-0.06008	-0.01505
9PIO	0.77875	-0.162	-0.08286	0.3459	-0.2514	-0.07555	0.07613	0.11233
9T8C	0.47601	0.41954	0.49137	-0.15911	0.24855	-0.0693	-0.11278	0.10704
A5GG	0.46221	0.44292	0.20075	-0.18426	-0.15221	0.32076	-0.44892	0.10175
D4CH	0.53922	0.028	0.01869	-0.43303	0.20852	-0.04639	0.1153	-0.0136
DRID	0.75	-0.18816	-0.00964	-0.06719	-0.10464	-0.18332	-0.26909	0.05732
ITMM	0.75763	0.073	-0.22937	0.11932	0.06162	0.19554	0.25423	0.01169
JN11	0.73117	-0.23361	-0.15413	-0.10877	-0.02727	-0.1909	-0.22846	-0.10501
KHRT	0.57262	-0.16556	0.29748	0.13389	0.0345	-0.29787	0.41772	0.28555
KWZX	-0.11601	-0.56686	0.26882	0.15761	0.05194	0.21954	0.01038	0.42428
META	0.0543	0.8094	-0.10346	-0.04897	-0.31513	-0.10025	0.08131	0.09545
MWHX	0.15139	0.21499	0.68292	0.06316	-0.06969	0.32028	0.13659	-0.19632
PL2J	0.76545	0.01936	-0.38929	0.03669	-0.03532	-0.17677	0.28358	-0.0567
QD19	0.26849	0.01138	-0.39896	0.11867	0.35233	0.73056	0.1486	0.07188
WQTP	0.70518	-0.38804	0.21629	-0.15875	-0.01122	0.13393	-0.23176	-0.21809
XYP0	0.69022	-0.20993	0.11422	0.38713	-0.09359	-0.09674	-0.25871	-0.28986

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata

M11: Ellenőrző kutatás faktortelítettségei

Change Amount	-0.45079	0.10245	-0.1346	-0.46697	0.01948	0.07893	-0.17774	0.00242	-0.1341	0.05182	-0.34756	-0.10889	-0.22704
	flagged												
Factor 8	0.8552	0.33634	0.0513	0.09916	0.05231	-0.07859	-0.07722	-0.01747	0.24643	0.05522	0.44931	0.09529	0.28435
Change Amount	-0.23877	-0.47585	-0.32022	0.26317	-0.00414	-0.30365	-0.04069	-0.08045	-0.36365	-0.36639	-0.22833	-0.09123	-0.42946
Factor 7	0.03933	0.4065	0.15839	-0.01562	0.41542	0.39069	0.14795	0.02037	0.43977	0.25361	-0.22059	0.20653	0.16037
Change Amount	-0.08963	-0.08188	-0.25291	0.12573	0.1192	-0.37079	-0.31656	-0.20649	-0.23509	0.0091	0.23941	-0.10348	-0.07616
Factor 6	0.12794	0.15111	0.26772	0.19943	-0.13178	0.33936	0.12342	0.1778	0.15954	-0.07839	0.08135	0.05709	-0.10717
Change Amount	-0.3953	0.13223	0.19779	-1.30936	-0.88012	0.5263	0.54003	0.58005	-0.4431	0.30814	-0.26778	-0.04436	-0.22701
				flagged	flagged								
Factor 5	0.07564	-0.027	-0.056	0.82829	0.65685	-0.28954	-0.11687	-0.03411	0.1917	-0.05959	0.11557	0.25288	0.12237
Change Amount	-0.20167	-0.24293	0.17792	-0.12779	-0.78361	0.88915	-0.33665	-1.26909	0.4422	-0.39881	-0.22008	-1.00042	-0.3649
								flagged				flagged	
Factor 4	0.05852	0.22151	0.11124	-0.04251	0.32242	-0.27455	0.25735	0.82975	-0.0963	0.2397	0.03582	0.56739	0.29771
Change Amount	-0.45793	-0.2701	-0.20704	-0.10746	0.11209	-0.17502	-0.27267	-0.17556	-0.06588	-0.24277	-0.49341	-0.17629	-0.13931
										flagged	flagged		
Factor 3	0.01307	0.47809	0.14402	0.06658	0.15906	0.28461	0.26837	-0.03527	-0.01698	0.73415	0.69417	0.19498	0.12967
Change Amount	0.17647	0.20196	-0.15279	-0.15871	-0.08842	0.01932	-0.16278	-0.26668	-0.12313	0.15828	0.33002	-0.15608	-0.14606
							flagged						
Factor 2	0.11945	-0.09865	0.10471	0.13374	-0.1116	0.34884	0.73564	0.02525	-0.03888	0.26126	0.11289	0.18408	-0.0421
Change Amount	0.24897	0.34239	0.00232	0.20843	0.41218	0.05554	0.2748	0.22208	0.05825	0.34046	0.22642	0.37879	0.05537
			flagged						flagged				flagged
Factor 1	0.19671	0.29859	0.69784	0.36362	0.05508	0.38615	0.06058	0.17131	0.7205	0.13555	0.23579	0.16044	0.69463
Participant	02A1	0XK2	2CFT	5ZSL	6PWE	7WK0	881P	929W	9PIO	9T8C	A5GG	D4CH	DRID
Part.No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

-0.18241	-0.30257	0.31952	0.55344	-0.39784	0.13479	-0.31158	-0.00936	-0.13738	-0.18718
0.1941	0.19755	-0.03397	-0.12916	0.49329	-0.33111	0.25489	0.08124	-0.08072	-0.10268
-0.09252	-0.30439	-0.39727	-0.1815	0.00809	0.05463	-0.13	0.21877	-0.19863	-0.33566
		flagged							
0.34675	0.07594	0.81499	0.19188	0.07322	0.08196	0.41358	-0.07017	-0.03313	0.07695
-0.32056	-0.14365	-0.24264	0.14737	-0.04223	0.27348	-0.42386	-0.21173	0.11454	-0.11116
							flagged		
0.5161	-0.04726	-0.05523	0.07217	-0.05802	0.0468	0.24709	0.9423	0.01939	0.01442
-0.19186	-0.18018	-0.09293	0.15349	-0.39171	-0.37742	-0.29943	0.31189	-0.3552	-0.1563
0.25347	0.15291	0.12743	-0.10155	0.07658	0.30773	0.26411	0.04043	0.34398	0.06271
-0.02867	-0.49743	0.02149	0.1769	0.26033	0.30271	-0.18996	-0.03753	-0.53091	0.45279
0.14798	0.38866	0.11239	-0.01929	-0.3093	-0.23955	0.22665	0.1562	0.37216	-0.06566
-0.28661	-0.13378	0.17502	0.23626	-0.31437	0.02491	-0.17258	-0.41235	-0.0583	-0.01447
					flagged				
0.05724	-0.02035	0.12246	0.03256	0.21091	0.658	-0.2167	0.01339	0.27459	0.12869
-0.12986	-0.28606	-0.0948	0.20217	0.21661	0.1918	-0.33137	0.0741	-0.18684	-0.23621
			flagged						
0.20286	0.05245	-0.07077	-0.76903	0.59278	0.02319	0.35073	-0.06271	-0.2012	0.02629
0.3125	0.02368	0.27197	-0.08372	0.2706	0.15403	0.2486	0.23719	0.02807	-0.20994
	flagged							flagged	flagged
0.44513	0.70749	0.30065	-0.03229	-0.2163	-0.00264	0.51686	0.03129	0.67711	0.90016
ITMM	JN11	KHRT	KWZX	META	MWHX	PL2J	QD19	WQTP	XYP0
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Forrás: Q Method Software adatelemzési összesítő táblázata