Logisztikai szimulációs eszköz tesztelése Zala megyei vállalkozások körében

Dr. Szabó Károly
adjunktus
Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem,
Menedzsment Kar,
Folyamatmenedzsment Tanszék
E-mail: szabo.karoly@uni-bge.hu

Dr. Budaházy György
főiskolai docens
Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem,
Menedzsment Kar,
Folyamatmenedzsment Tanszék
E-mail: budahazy.gyorgy@uni-bge.hu

Absztrakt

Az elmúlt néhány évben számos kutatás foglalkozott az ellátási lánc szimulációjának lehetőségével, a vállalatok közti anyagáramlás szimulációja viszont egyelőre felderítetlen maradt. Ennek megfelelően, a jelenlegi kutatás egy korábban megkezdett kutatási projekt következő lépése, ahol a helyi ellátási lánc szimulációját vizsgáljuk a tesztelés szintjén. A projekt korábbi szakaszaiban meghatározásra kerültek a mérendő logisztikai folyamatok, valamint egy konkrét útszakasz időmérős és online navigációs rendszerrel történő mérése is, illetve ezek alapján maga a tesztadatbázis és a szimuláció lefolytatása is megtörtént. Jelen cikkben - a szakirodalom értő bemutatását követően - a szimuláció valós tesztelése kerül bemutatásra. Ezen belül, a korábban kialakított szimulációs eszközt több Zala megyei vállalkozásánál teszteltük egy átfogó akciókutatás keretében - bővebben fogalmazva pedig azt vizsgáltuk, hogy az eszközt milyen becslési pontosságra képes az útidő tekintetében ténylegesen?

Abstract

In the past few years, numerous studies have addressed the possibility of supply chain simulation, but its solution in the field of material flow between companies has remained unexplored for the time being. Accordingly, the current research is the next step of a previously initiated research project, where we examine the simulation of the local supply chain at the testing level. In the earlier stages of the project, the logistics processes to be measured were defined, as well as the measurement of a specific road section with a timekeeping and online navigation system, and based on these, the test database and the simulation itself were conducted. In this article - after a comprehensive presentation of the literature - the real testing of the simulation is presented. Within this, the previously developed simulation tool was tested at several companies in Zala County in the framework of a comprehensive action research - and in more detail, we examined what kind of estimation accuracy the tool is actually capable of in terms of travel time?

Kulcsszavak:
logisztika, szimuláció, ellátási lánc, menedzsment

Keywords:
logistics, simulation, supply chain, management

DOI: 10.21405/logtrend.2026.07.1.31

1. Bevezetés

Az ellátási láncok szimulációjával több korábbi kutatás is aktívan foglalkozott, viszont így is számos megoldatlan probléma tapasztalható a szűkebb területen belül. Ebből kifolyólag a mostani kutatás is ezt a "research gap"-et célozza meg, azaz, hogy miként tudunk egy olyan szimulációt sikerre vinni, amely részben vállalaton belüli adatokból indul ki és a vállalatok között árutovábbításra ad minél pontosabb predikciót. Jelen tanulmány egy több éve zajló, több fázisból álló kutatási projekt részét képezi. A projekt alapkérdése az volt, hogy létre tudunk-e hozni egy olyan modellt, amelyen szimulációt végezve a vállalaton belüli adatokból kiindulva becslést tudunk adni a vállalatok közti anyagáramra. A kutatás célja egy olyan döntéstámogató eszköz koncepcionális és gyakorlati megalapozása volt, amely a meglévő vállalatirányítási rendszer (ERP) megoldásokat kiegészítve nemcsak a készletfogyás alapján támogatja a rendelési döntéseket, hanem az optimális rendelési időpont meghatározását is lehetővé teszi a késések minimalizálása érdekében. A kutatás relevanciája mind üzleti, mind fenntarthatósági szempontból több irányból is megragadható. For-profit oldalról kevés magyarázatra szorul a hasznosság, hiszen egy Just in Time (JIT), illetve kiemelten egy Just in Sequence (JIS) rendszer esetében kimagaslóan fontos a szállítási pontosság és ezeknek a rendszereknek az optimalizálhatósága jelen technológiai tudásunk szerint erősen elérte a limitjét. Ha a kevésbé for-profit oldalát nézzük a kutatásnak, akkor pedig a relevancia a környezeti fenntarthatóságban keresendő. A kialakuló forgalmi dugók óriási környezeti terhelést jelentenek, amelyet egy sikeres szimulációs megoldás szintén csökkenthet. Ahogy korábban már említésre került, 2019-ben ez volt a megcélzott research gap, illetve a fent említett hasznossággal számoltunk. A kutatás korai időszakát egy módszeres irodalomkutatással kezdtük, ahol megismertük az eddigi szimulációs eredményeket, valamint az anyagáramlás és az ERP működés főbb ismérveit. Az ezt követő időszakban kvalitatív kutatást végeztünk Zala megyei vállalkozások körében, amely során azonosítottuk a modellépítéshez szükséges mérendő változókat. A kutatás harmadik periódusában kérdőíves mintavétel történt, amely konkrétan a modellépítéshez szükséges információkat szolgáltatott, mellette pedig a szimulációs rendszer használhatóságáról adott egy komplex képet. A negyedik szegmensben stopperes méréseket végeztünk Zalaegerszeg-Budapest útvonalon, amelyből létre-

hoztuk a szimulációs adatbázist. A kutatás eddigi utolsó lépésében pedig megalkottuk a döntéstámogató/előrejelző szimulációs megoldást. Természetesen az évek alatt az egyes lépésekből számos tudomány közlemény és egy sikeres doktori disszertáció is született. A mostani időszak egyértelmű célja, hogy folytassuk a megkezdett munkát és ne hagyjuk elveszni az eddigi eredményeket. Ezen belül következő lépésként a tényleges tesztek lefolytatását tűztük ki célul. A mostani közleményben például a kifejlesztett eszköz pontosságára keressük a választ, amelyet akciókutatás keretében Zala megyei vállalkozásoknál teszteltünk. Emellett a kvalitatív kutatás keretében azon jellegű ismereteinket is bővítettük, hogy melyek azok a gátlótényezők, amelyek a leginkább jelen vannak a zalaZala megyei vállalkozások logisztikai jellegű digitalizációja tekintetében.
(Qu et al., 2019.; Tang - Veelenturf, 2019.; Benkő, 2018.; Chien et al., 2020.; Bujdosó 2023.; Járvás – Illés, 2023.)

2. Elmélet és kutatási kérdések

Ahogy a bevezetésben már kifejtésre került, a meglévő szakirodalom vizsgálata után láthatóvá vált, hogy a korábbi tanulmányok, habár aktívan foglalkoznak az ellátási láncok szimulációjával, számos probléma megoldatlan maradt, így ezen területek vizsgálata volt az elsődleges célunk. Ezek alapján pedig az alábbi kutatási kérdések kerültek megfogalmazásra:
K1: Melyek a legfontosabb gátló tényezők a Zala megyei vállalkozások logisztikai mesterséges intelligencia (MI) bevezetésében?
K2: Egy Bayes-tétel szerinti szimuláció hogyan teszi lehetővé a szimulált prediktív döntéstámogatást az ERP rendszerekben?
A két kutatási kérdés egymást kiegészítve értelmezendő: míg az első a logisztikai digitalizáció szervezeti és működési korlátait tárja fel, addig a második ezen korlátokra reflektálva egy lehetséges döntéstámogató szimulációs megoldás gyakorlati alkalmazhatóságát vizsgálja.

3. Kutatásmódszertan

A korábban megfogalmazott kutatási kérdések vizsgálatához elsőként egy széleskörű irodalomkutatás került kiválasztásra, amelynek célja, hogy bemutassa az általános ERP működés jelenlegi állapotát, illetve az esetleges szimulációs megoldásokat a területen. A kontextus bemutatását követően, K1 és K2 kutatási kérdések vizsgálatára kvalitatív mintavételt alkalmaztunk, amelyet akciókutatással egészítettünk ki. A kutatási design-et aszerint választottuk ki, hogy melyik az a módszertan, amellyel mélyebb betekintést nyerhetünk a bonyolultabb folyamatokba is. (Babbie, 2008; Horváth – Mitev, 2015) A kvalitatív interjúk elemzése tematikus elemzés módszerével történt, amelynek során az interjúátiratokból induktív módon kerültek azonosításra a visszatérő mintázatok és főbb témák. Az elemzés célja a logisztikai digitalizáció és a mesterséges intelligencia alkalmazását gátló tényezők strukturált feltárása volt. A kutatási eszközök meghatározása a kvalitatív és kvantitatív módszertanok megértő és adaptív áttekintésével történt. (Lewin, 1946) A módszertan kiválasztását követően a kvalitatív mintavétel sajátosságai kerültek definiálásra, beleértve a mintavételi keretrendszert, a mintavétel helyét és módszerét is. A félig strukturált kvalitatív kérdőívet az alábbiak szerint állítottuk össze:

- Felvezető kérdések, amelyek szintén fontos információkat tartalmazhatnak
- Tapasztalatok az ERP és MI eszközök integrációjával kapcsolatban
- Kompatibilis platformok használatának kérdése
- ERP rendszerek típushibái
- ERP és MI eszközök integrációjának a jövőképe

A kvalitatív kutatás során minimum 10 interjú lefolytatását tűztük ki célul. A mintavételi keretrendszert a Zala Megyei Vállalkozásfejlesztési Alapítvány kapcsolati adatbázisa biztosította. Az adatbázisban található vállalkozásokra az alábbi szűréseket alkalmaztuk:

- Aktív tapasztalat az ERP használat területén
- MI technológiák ismerete szakértői szinten
- Jelentős anyagáram, minimum heti rendelések
- Hajlandóság a kutatásban való részvételre

Az interjúkat első 10 pozitív válaszadóval készítettük el beérkezési sorrend szerint. A tervezett időkeret 3 hónap volt, 2025. december 01-től 2026. február 28-ig. A kutatás tervezett helyszíne pedig az egyes vállalkozások székhelye volt. (Saunders et al., 2009; Király – Géring, 2016)
A második kutatási kérdés vizsgálatához akciókutatást választottunk, amely során az egyik kutató egy hónapos munkavégzés keretében, 4 órás munkarendben végez teszteket egy Zala megyei vállalkozáson belül a korábban fejlesztett eszköz pontosságát tekintve. A kutatásban résztvevő céghez szintén a Zala Megyei Vállalkozásfejlesztési Alapítvány adatbázisát használtuk, ahol pedig az alábbi szűréseket alkalmaztuk az elérhető vállalkozásokra:

- Minimum 50 fő alkalmazott
- Jelentős anyagáram (min. heti rendelés)
- Szoftveres támogatottság
- Hajlandóság a kutatásban való részvételre
- Prediktív ERP használat kísérleti szinten

A választás végül a Green Surface Kft. fantázianevű vállalatra esett, amely közel 100 fő alkalmazottal rendelkezik. A cég leginkább Zalaegerszegen végez tevékenységet, profilját tekintve zöld felület fenntartás mellett, raktározási, hulladékkezelési és termelői tevékenységet végez. Rendelései heti rendszerességűek, a logisztikaifolyamatok szoftveres támogatottsága biztosított, belső folyamatait pedig MI segítségével próbálja kísérleti szinten automatizálni (főleg pénzügyi és HR területeken). (Méreiné et al., 2023.; Tücsök, 2025.; Cornish et al., 2023.)

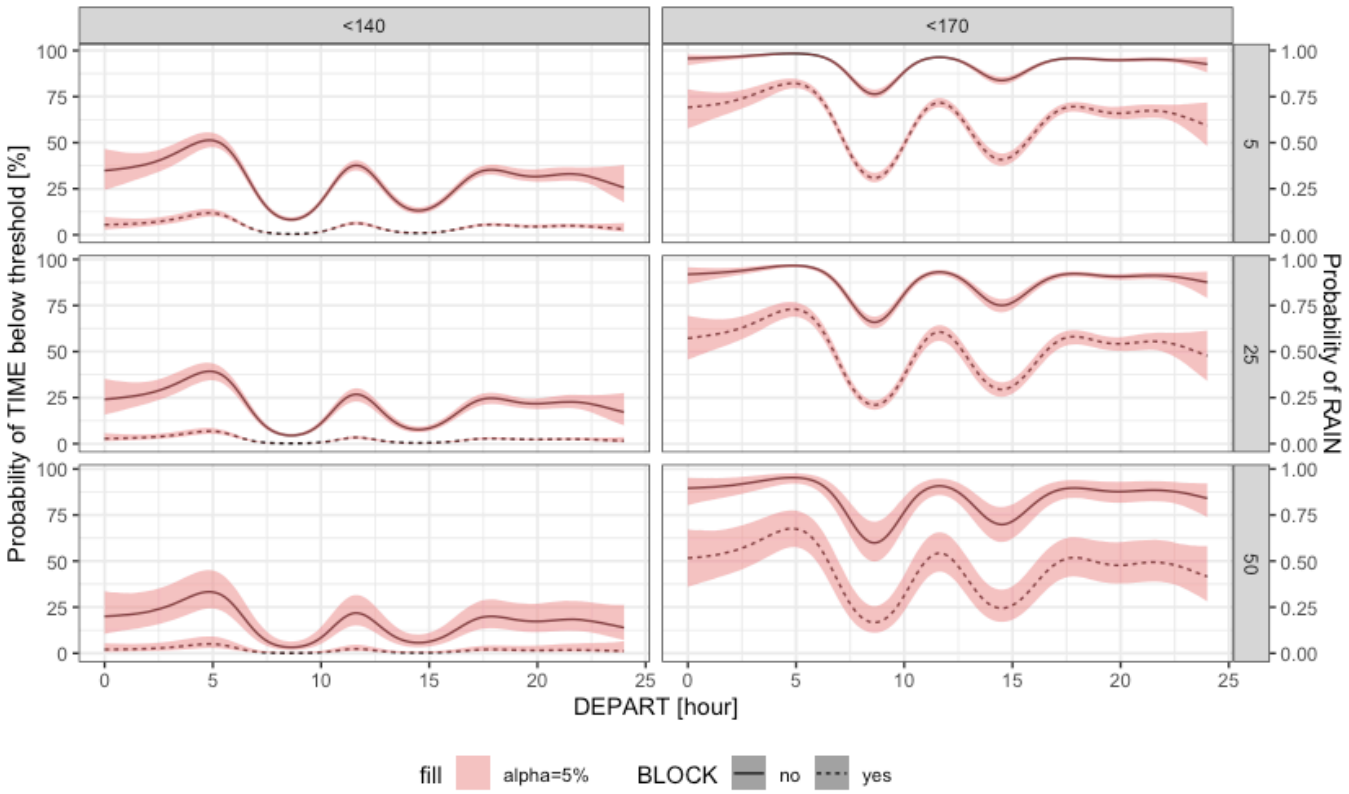
4. Logisztikai rendszerek digitális és valós működése

A mostani elemzés is a szakirodalom módszeres felülvizsgálatával kezdődött, amely bemutatja a tanulmány alapvető kontextusát. A bevezetésben már említésre kerültek a JIT és JIS rendszerek, amelyet a mostani közlemény szempontjából is érdemes röviden ismertetni. (A rendszerek alapvető működése és fejlődés ismert, így kizárólag a releváns információkat vázoljuk fel.) A szakirodalom alapján a Just-in-Time (JIT) és Just-in-Sequence (JIS) rendszerek a modern termelési rendszerek meghatározó megközelítései, ahol mindkét megközelítésben a lehető legalacsonyabb raktárkészlet melletti gyártás a végcél. A lean menedzsment, kaizen és egyéb üzemeltetői/fejlesztői elvek mentén ez a raktárkészlet ideális esetben a teljes ellátási láncot tekintve 0% lenne, viszont a jelenlegi technológiai eszközeinkkel ez az esetek legtöbb esetében 10% környékén van. Egyszerűbben fogalmazva ahhoz, hogy a termelés ne legyen

sérülékeny érdemes egy 10%-os biztonsági készletet fenntartani a gyár területén azért, hogy szállítási probléma esetén lehessen üzemeltetni a gyártást és alapanyaghiány miatt ne kelljen megállni. Egy rövid kitekintést ennek a miértjére érdemes tenni. A logisztikában dolgozók között régóta volt egy olyan ökölszabály, hogy "a termelésnek minden áron mennie kell". Ez lényegében azt jelentette, hogy akár veszteséget is hajlandó vállalni adott cég egy adott szériát tekintve azért, hogy ne kelljen megállni a termeléssel. Ennek a szabálynak egy tetten érhető példája volt a kutatás egy korábbi szakaszában készült tanulmány, ahol egy vállalkozásvezető kifejtette, hogy a COVID időszakában többszörös áron vásárolt a konkurenciától alapanyagot azért, hogy ki tudja szolgálni a stratégiai partnereit, amely így jelentős veszteséget eredményezett az üzleti évet tekintve. A válaszában viszont azt is elmondta, hogy ha nem szolgálta volna ki őket, akkor elveszti a legfőbb vevőit, amely stratégiai összeomláshoz vezetett volna. Ha ezeket a pontokat összeadjuk, akkor a következő képet láthatjuk – a modern rendszerekben kifejezett cél, hogy alacsonyan tartsuk a raktárkészleteket (ideális esetben 0%), de a termelés nem állhat meg alapanyaghiány miatt, így a legtöbb cég biztonsági tartalékot képez az egyes alapanyagokól (kb 10%), mert a jelen szállítási pontosság mellett ezzel tudjuk kivédeni a rendszer sérülékenységét. (Sohal et al., 1989.; Zhao et al., 2023.)

A szakirodalom másik fontos és releváns területe a fent felvázolt gyártási megközelítések digitalizációja. (Az ERP rendszerek alapvető működése szintén széleskörűen ismert és a tudományos kutatásokat tekintve erőteljesen reprezentált, így a működésük mélyebb ismertetését a tanulmány nem vázolja, helyette szintén a releváns információk kerülnek bemutatásra.) A szakirodalom alapján kijelenthetjük, hogy az ERP rendszerek alapvető működése keveset változott a 90-es évekhez képest. Ha történelmileg nézzük, akkor megjelennek az MRP rendszerek az anyagszükséglet megfelelő tervezésére – amely szintén erősíti azt a képet, hogy ez a legfontosabb funkció egy gyártóvállalat esetében, hiszen "a termelésnek mennie kell", majd megjelennek az MRP II, végül pedig az ERP rendszerek. Ha a két időszakot nézzük, akkor leegyszerűsítve a helyzetképet, akár azt is kijelenthetjük, hogy az MRP modul kiegészült olyan kényelmi funkciókkal, mint a HR, pénzügy, sales és egy digitális felülettel, amelyek az ERP-k megjelenésével egy integrált rendszerbe kerülnek. Ezen az MRP (korábban önálló rendszer, most már csak modul) modulon belül viszont az alapvető számítás nem sokat változott. Ha azt vesszük, hogy a számítás konstans maradt az évek során, akkor joggal mondhatjuk, hogy ez az a terület, ahol érdemes lehet valamilyen fejlesztési potenciált keresni. (Choi et al., 2023.)

A kutatás teljes időszaka alatt az MI használat erősen megnövekedett, így jogos kérdés, hogy ez hogyan befolyásolja az alapvető kutatási problémát. A rövid válaszhoz érdemes megnézni, hogy az ERP rendszereken belül jelenleg miként van jelen a mesterséges intelligencia, mint önálló funkció. A szakirodalom alapján az ERP-n belül a legtöbb MI fejlesztés a CRM rendszerek automatizációját, valamint a karbantartási naplók alapján készült karbantartási előrejelzéseket célozzák meg. Ezen felül találunk HR asszisztens alkalmazásokat és hasonló megoldásokat. Az összkép alapján viszont láthatóvá válik, hogy a legfontosabb és legkritikusabb területen, az MRP számítások, valamint a mindennapi logisztika és termelés-menedzsment területén nincs kiemelkedő MI támogatás. A korábban említett MI projektek is vegyes sikerszintű összképet mutatnak, így az okok között leginkább azt tudjuk mondani, hogy jelenleg



1. ábra: Menetidő szimulációja hibahatárral kiegészítve
Forrás: Szabó (2024)

Indulás időpontja	10,5 óra
Akadály valószínűsége	0,6%
Csapadék	10 mm
Várható menetidő	**159,805448 perc**
Standard hiba	1,85091441
Alsó menetidőhatár	**156 perc**
Felső menetidőhatár	**164 perc**

$R^2 = 0,758$

2. ábra: Menetidő-becslés Zalaegerszeg-Budapest útvonalra
Forrás: Szabó (2024)

nem tartunk ott, hogy legyen egy olyan biztos MI megoldásunk, amelyre teljes nyugalommal rá tudunk bízni egy ilyen kritikus folyamatot, amelynek esetleges nem teljesülése bepótolhatatlan stratégiai károkhoz vezethet (lásd korábban). A kutatás ideje alatti megnövekedett MI használat így nem kiváltotta a korábban megfogalmazott kutatási problémát, hanem sokkal inkább egy komplementer gondolkodásra sarkalt minket. A szimulációs módszerek kiválasztása során például direkt olyan módszertan került kiválasztásra, amely később alapja lehet egy MI típusú megközelítésnek. (Sand et al., 2023.; Juhász – Bányai, 2024.)

5. Szimulációs megoldások az ellátási lánc területén

Ahogy korábban már említésre került, a logisztikai folyamatok fejlesztése és optimalizálása kiemelt szerepet játszik a versenyképesség fenntartásában, ezen belül pedig a digitalizáció és a mesterséges intelligencia térnyerése új perspektívákat nyithat a logisztikai rendszerek hatékonyságának növelésében. A vállalaton belüli adatokból kiinduló, de vállalatok közötti árutovábbítás szimulációját legteljesebben Szabó K. 2024-es tanulmánya foglalja össze, amelyben rámutat arra, hogy a vállalati logisztikai folyamatok a belső működés modellezésével jól leírhatók és az így létrehozott modelleken végzett szimulációk alkalmas alapot szolgáltathatnak jövőbeli döntéstámogató rendszerek kialakításához. Az utóbb leírt megközelítés arra utal, hogy a mesterséges intelligencia képes lehet az ERP rendszerekben alkalmazott hagyományos készletkövetési megoldásokat szimuláción alapuló, prediktív döntéstámogatással felváltani. A fent említett kutatás egy hosszú kiválasztási folyamat során a Bayes-tétel szerinti megközelítést tartja alkalmasnak a probléma vizsgálatára. (Song et al., 2023.; Tang et al., 2024.)

A fent említett megközelítés a valószínűségszámítás egyik alapvető tétele, amely feltételes valószínűségek meghatározására szolgál. A módszer lényege, hogy segítségével kiszámítható egy esemény bekövetkezésének valószínűsége új információk ismeretében. A kiválasztást tovább erősítette, hogy ez a megközelítés különösen alkalmas a gépi tanulásban osztályozási problémák megoldására és előrejelzések készítésére. Szabó K. 2024-es tanulmányában egy olyan eszköz került kifejlesztésre, amely egy Bayes-tétel szerinti statisztikai alapú szimuláció során predikciót hoz létre arra, hogy az elvárt referencia-menetidő létrejön-e.

Ahogy az ábrán látható az eszköz azt mutatja meg, hogy adott befolyásoló tényezők mellett (indulás időpontja, csapadék valószínűsége, ad-hoc akadály esélye) milyen esélye van annak, hogy a 140 és a 170 perc közötti referencia-idő tartható lesz. Az ábra alapján az is tisztán látszik, hogy az egyes befolyásoló tényezők hogyan hatnak a várható menetidőre. Az itt megjelenő adatok alapján egy Excel alapú megoldás is kialakításra került az előző kutatásban, amelynek működése az alsó ábrán látható. (Szabó, 2024)

A szimulációs eszközt részben már teszteltük Kutrucz N. 2024-es tanulmányában, amely keretében 2024.04.01-2024.04.30. között a West-Pannon Nyomda Kft.-nél végeztünk méréseket az eszköz pontosságát illetően. Jelen tanulmányban egy másik cégnél, a korábban említett Green Surface Kft-nél végzünk további méréseket az eszköz gyakorlati pontosságának megismerésére. (Kutrucz, 2024; Caprio et al., 2023., Alfassa, 2023.)

6. Zala megyei vállalkozások logisztikai digitalizációja

2025. december 01-től 2026. február 28-ig 10 interjút folytattunk le olyan Zala megyei vállalkozások vezetőivel, akik széleskörű ERP tapasztalatokkal rendelkeznek. A fejezetben az imént említett kvalitatív mintavétel eredményeire fogunk koncentrálni. A mintát tekintve, a válaszadó cégek mindegyike termelő cég volt, létszámban pedig a 100 fő és a 400 fő közöttiek voltak, egy válaszadó pedig egy 25 ezer embert foglalkoztató multinacionális vállalat hazai site-ját képviselte. A működési szektor többek között, faipar, nyomdaipar, elektronikai összeszerelő, gépipar, szállítmányozás és a textilipar voltak. A válaszadók kivétel nélkül vezető pozíciót töltöttek be (logisztikai, termelés vezető, ügyvezető vagy tulajdonos). Az interjúk során leginkább arra a kutatási kérdésre kerestük a választ, hogy melyek a legfontosabb gátló tényezők a zala megyei vállalkozások logisztikai MI bevezetésében.

Az eredmények terén nemcsak erre a kérdésre kaptunk választ, hanem számos más infrastrukturális jellegű problémára is. Ennek egyik fontos eleme, amely mind a szakirodalomban, mind pedig a helyi vizsgálatnál is felmerült – az a tény, hogy a termelés nem állhat meg. Több válaszadó is jelezte, hogy a logisztikai rendszerüket úgy tervezik meg, hogy az alapanyag-ellátás biztonsága elsődleges tényezőnek minősül. Utóbbi amiatt is kiemelt fontosságú tényező, mert a helyi vállalatok egyszerűen nem tehetik meg, hogy a stratégiai partnereiket ne szolgálják ki, hiszen az olyan mértékű bizalomvesztéshez vezetne, amely a szervezet teljes működését veszélybe sodorná. A válaszok mélyebb szintű elemzése során, az egyes válaszadók szinte kivétel nélkül az jelzeték, hogy akár operatív veszteségek árán is ki kell szolgálniuk ezeket a vevőket. A gépiparban dolgozó válaszadó

Dátum	Időpont	Becsült menetidő	Hőmérséklet	Csapadék	Szél	Akadály	Tényleges. menetidő
2026.04.01.	10:12	170 min	12 C°	0 mm	12 km/h	Kisebb torlódás (1-2 km)	172 min
2026.04.07.	08:27	153 min	10 C°	20 mm	4 km/h	nincs	150 min
2026.04.15.	07:21	160 min	14 C°	10 mm	10 km/h	nincs	155 min
2026.04.15.	10:51	167 min	13 C°	0 mm	2 km/h	1 km torlód.	166 min
2026.04.17.	14:10	135 min	15 C°	60 mm	10 km/h	nincs	135 min
2026.04.28.	17:33	148 min	14 C°	0 mm	8 km/h	nincs	148 min
2026.04.29.	10:45	157 min	14 C°	20 mm	7 km/h	útlezárás	157 min

1. táblázat: Szimulációs eredmények összevetése a tényleges menetidővel
Forrás: saját szerkesztés

konkrétan így fogalmazott a kérdés kapcsán*: „...a COVID világjárvány idején nem tudtunk mást csinálni, minthogy a konkurenciától vásároltunk alapanyagot sokszoros áron. Ez lehet, hogy éves szinten több milliós veszteséggel járt, viszont ha nem szolgáltuk ki volna a vevőinket, akkor azok másik beszállítót kerestek volna, ami olyan stratégiai károkat okozott volna a cég számára, amelyből soha nem tudtunk volna talpra állni..”* A többi válaszadó hasonló véleményen volt, azaz, ha alapanyaghiány miatt nem tudunk termelni, akkor csak a kisebb problémát jelenti az, hogy az adott műszak dolgozói bére feleslegesen került kifizetésre és nem tudunk munkát adni a soron dolgozóknak, az igazi probléma az, hogy egy optimalizált ellátási láncban a soron következő partner a fogyasztó, aki JIT elvek szerint akár percre pontosan várja tőlünk a késztermékét. Egy ilyen helyzetben pedig elég párszor nem teljesíteni és a vevő másik beszállítót keres.

Az interjúk következő szekciójában az esetleges problémaforrásokat vizsgáltuk a helyi ellátási láncban. A törzsokok között – nem meglepő módon – megjelenik az időjárás, az ad hoc problémák és a közúti terheltség. A nem szokványos problémák között említésre kerültek az utóbbi évek globális eseményei: COVID, Brexit, valamint a háborús események. A nyomdaipari válaszadó egy szokatlan jelenséget említett, az előkészítetlenséget*: „…volt olyan eset, amikor azért nem tudtuk kiszolgálni a vevőt, mert az adott műszak egyszerűen elfelejtette legyártani az adott szériát. Ez egy egyedi megrendelés volt, amely nem volt része a szokásos ügymenetnek, ettől függetlenül viszont ez egy nagyon súlyos információáramlási hiányosság volt…”*

Szintén egybehangzó vélemény volt, hogy a helyi ellátási láncban konstans késések tapasztalhatóak, amelyek az esetek 10 és 20 százaléka (!) között voltak az egyes válaszadók esetében. Az összes esetszámot tekintve 5 százalék környékére tették azokat a késéseket, amelyek tényleges problémákat okoztak az ügymenetben. A teljes kvalitatív összkép alapján azt lehet mondani, hogy a helyi logisztikai folyamatok valamilyen szintű újratervezésre szorulnak. A késések leginkább a közúti terheltségből adódnak, amelyet a vállalatvezetők leginkább új útvonalak keresésével próbálnak orvosolni. Ennek kapcsán az egyik válaszadó az alábbiakat nyilatkozta: *„...a közúti leterheltség az egyik legnagyobb problémánk az időbeli szállítások területén, amelyet új vagy alternatív útvonalak felderítésével próbálunk megoldani. A probléma ott kezdődik, hogy mindenki ezt csinálja, így már ez sem célravezető..”* Ez különösen abból a szempontból volt kiemelkedő fontosságú, hogy tovább erősíti a kutatás relevanciáját, amely során egy olyan eszközt próbálunk létrehozni, amely idősávokban próbálja tehermentesíteni az úthálózatot.

A kvalitatív mintavétel végső szegmense a helyi cégek vállalatirányítási szoftveres MI használatát vizsgálta. Ezen belül két problématípust jeleztek a helyi vállalkozások, amelyek közül az első az MI jelenlegi technológiai limitációi voltak. A cégvezetők nagyjából egyetértetettek abban, hogy a mesterséges intelligencia jelenleg nem tart ott, hogy teljes mértékbe automatizáljuk vele az MRP modult. A megkérdezett helyi vállalkozások leginkább a CRM rendszeren belül, pénzügyi területen, valamint a karbantartási napló vizsgálatára használja az MI-t. A számlázó programokban jól használható, viszont az emberi munkát nem váltja ki jelenleg, csak kiegészíti. A leghatékonyabb működése a karbantartási naplók vizsgálatán belül mutatkozik, ahol az MI nagy számú strukturálatlan adatot tud kezelni, amelyen belül végig nézi a korábbi évek karbantartási naplóit, amelyre egy trendbecslét igazítva, predikciót ad a várható következő karbantartási időpontra. A CRM-en belüli alkalmazása a megkérdezettek szerint vegyes összképet mutat. Több vállalkozás MI-vel egészítette ki a chatbot-ját, köztük volt olyan is, aki humánerőforrást bocsátott el a CRM-et üzemeltető divízió területéről. Utóbbi azt jelezte, hogy az ügyfelek nagyon nagy számban kerülték meg az MI-vel támogatott chatbot-ot és emberi ügyintézőt kerestek inkább, akik viszont így - a leépítés után – olyan szinten túlterheltté váltak, hogy további fluktuáció következett be.

A technológiai problémák mellett, leginkább a kompatibilitási nehézségek kerültek szóba, mint jelentős problémaforrás. A multinacionális vállalatnál dolgozó válaszadó például azt jelezte, hogy ők HR területen kísérleteznek MI bevezetéssel, de maga az anyavállalat három különböző fejlesztőtől szerezte be a vállalatirányítási rendszer szoftverelemeit, amelyek az MI projekten belül egyszerűen képtelenek összehangolni a fejlesztők. Ez a kompatibilitási probléma, olyan hibákat vagy „bug”-okat produkál, mint a következő: *„...gyakran járunk úgy, hogy egy munkaszerződést kérünk legenerálásra az MI asszisztenstől, amire magát a szerződést legenerálja, de egy teljesen másik nyelven. A*

hiba javításával pedig gyakran annyi időt töltünk, hogy egyszerűbb manuálisan kitölteni a szerződést..” A válaszadók szerint a kompatibilitási problémák leginkább egy teljes rendszer-újratervezéssel oldhatóak meg vagy jobb esetben azzal, ha a szervezet fejlődésénél nem spórolunk pénzt az ilyen köztes megoldásokkal és eleve többet áldozva a vállalatirányítási rendszerre, inkább egy közös platformot választunk.
Összefoglalva, a kvalitatív kutatás eredményei alapján a logisztikai mesterséges intelligencia bevezetésének legfőbb gátló tényezői a vizsgált Zala megyei vállalkozások körében az infrastrukturális korlátok, a különböző vállalatirányítási rendszerek közötti kompatibilitási problémák, valamint a működési kockázatokkal kapcsolatos bizalmatlanság voltak.

7. Logisztikai szimuláció tesztelése Zala megyében

A lokális digitalizáció megismerése után a kutatás második felében a döntéstámogató szoftver relevanciáját próbáltuk bizonyítani, amelynek lényege, hogy a korábban megismert MI problémákra (pl. MRP-ben jelenleg technológiai korlátok miatt nem használjuk), valamilyen fejlesztési lehetőséget alapozzunk meg.
Ezen belül a korábban ismertetett szimulációs eszközt a Green Surface Kft. fantázianevű zalaegerszegi vállalkozásnál teszteltük 2026. február 01-től 2026. április 30-ig. Ahogy korábban már említettük a vállalkozás közel 100 fő alkalmazottal rendelkezik, profilját tekintve pedig zöld felület fenntartás mellett, raktározási, hulladékkezelési és termelői tevékenységet is végez, amelyből kifolyólag hetente többszöri rendelései vannak. Az MI támogatottsága a CRM rendszerekben és a számlázásban jelenik meg leginkább. Az akciókutatásban résztvevő kutató a korábbi egy hónapos munkavégzés helyett végül 3 hónapot töltött a cégnél, mivel februárban alacsonyan voltak a rendelési mennyiségek. A kutatásért munkabért nem kaptunk, a 4 órás munkavégzés juttatásmentes formában zajlott. A kutató minden rendelés során feljegyzéseket készített, amelyből aztán átiratot, végül pedig egy összefoglaló megfigyelési táblázatot, amelyet lentebb láthatunk.
A teljes adatbázis több mint 80 mérésből áll össze, a fent látható táblázatban főleg a megértés szempontjából szerepeltettünk példákat. A nyomdaipari cégnél 5%-os hibahatárral volt pontos az eszköz, amely a mostani tesztelésnél február hónapban valamivel rosszabb, 6,5%-os összképet mutatott. A februári hónapban mindössze 10 mérést tudtunk végezni, így ez nem feltétlenül volt mérvadó. A maradék 70 mérés esetében a hibahatár csökkenő tendenciát mutatott, legalacsonyabban 4,8%-os eltérésre volt képes. Ha a teljes átlagot nézzük, akkor 5,65% volt a hibahatár. Az adatok értő vizsgálata során talán nem is a hibahatár színvonalának alakulása volt a leglényegesebb elem, hanem maga csökkenő tendencia, azaz, hogy az idő múlásával egyre pontosabb becslést tudtunk adni a várható menetidőről. Maga a teszt megadta a választ a korábban említett (K2) kérdésre, azaz, hogy egy Bayes-tétel szerinti szimuláció hogyan teszi lehetővé a szimulált prediktív döntéstámogatást az ERP rendszerekben; lényegében létre tudunk hozni egy olyan szimulációt, amely a későbbiekben egy olyan eszköz matematikai alapja lehet, amely elősegíti az MRP modul MI-vel való támogatását. Az akciókutatás során viszont az is körvonalazódott, hogy ehhez sokkal nagyobb adatbázisra van szükség. A Green Surface Kft. ügyvezetője is figyelemmel kísérte a tesztet és ős is azt jelezte, hogy a mindennapi használathoz egy ennél is konstansabb pontosságra, valamint egy jól bejáratott szoftvermegoldásra van szükség. Ennek vizsgálata viszont a jelenlegi kutatásnak nem volt célja, illetve eleve kérdéses, hogy ezt kizárólag akadémiai eszközökkel meg lehet-e egyáltalán valósítani. Maga a matematikai alap viszont jelen tanulmányban egy további ráerősítést kapott.

8. Összefoglalás és javaslatok

A jelenlegi kutatás egy korábban megkezdett kutatási projekt következő lépése, ahol a helyi ellátási lánc szimulációját vizsgáljuk a tesztelés szintjén. A szakirodalomkutatás során rálátást kaptunk a vállalatirányítási szoftverek működésére, valamint a rendszereket alkotó modulok fontosságára és a főbb működési korlátokra. Az irodalomkutatás másik fontos része a kutatási projekt korábbi eredményeinek bemutatása volt, amelyen belül ismertettük a szimulációs számításokat, annak kiválasztását, az eszköz működését és a korábbi teszteredményeket. A kvalitatív mintavétel során arra kerestük a választ, hogy (K1) melyek a legfontosabb gátló tényezők a Zala megyei vállalkozások logisztikai MI bevezetésében. Ennek kapcsán azt eredményt kaptuk, hogy a helyi logisztikai problémák egy jelentős része infrastrukturális eredetű, amelynek szerves része a közúti leterheltség, ezen felül pedig az ad hoc problémák is erős befolyással bírnak. A digitalizációs és MI bevezetési nehézségek pedig leginkább két területből, a technológiai korlátokból és a kompatibilitási hiányosságokból, tevődnek össze.
A primer kutatás második felében arra kerestük a választ, hogy a korábban kifejlesztett szimuláció hogyan oldaná meg a fent megnevezett problémákat vagy milyen alapot biztosít a jövőre nézve. Ezen belül leginkább az MRP modul MI-vel való támogatását tűztük ki hossztávú célként, amelyen belül azt vizsgáltuk, hogy egy Bayes-tétel szerinti szimuláció hogyan teszi lehetővé a szimulált prediktív döntéstámogatást az ERP rendszerekben? (K2) A tesztelést - a korábban említett módon - egyszer már lefolytattuk egy nyomdaipari vállalkozásnál, amihez képest most egy zöldfelület fenntartással foglalkozó cégnél ismételtük meg a kísérletet. Az eredmények azt mutatták, hogy a korábbi 5%-os hibahatár ebben az esetben 6,5% volt, viszont ez továbbra is megfelelő, az áprilisi méréseknél már csak 4,8% volt az eltérés átlagban. A kapott eredménnyel a szimulációs alap lényegében bizonyításra került megyei szinten vagy legalábbis további megerősítésre.
Összesítve elmondható, hogy mindkét kutatási kérdésre jól körülhatárolható válaszokat kaptunk és transzparens eredményeket. A kvalitatív és kvantitatív eredmények együttesen arra utalnak, hogy a logisztikai digitalizáció jelenlegi korlátai mellett a szimuláción alapuló döntéstámogatás reális, fokozatosan bevezethető alternatívát kínál a vállalatok számára. A bemutatott megközelítés így nem a meglévő ERPlogika kiváltását, hanem annak kockázatcsökkentő kiegészítését célozza. Emellett természetesen a kutatás számos limitációval rendelkezik, amelyet nem hagyhatunk említés nélkül. Jelenleg továbbra is csak Zala megyére vizsgáltunk kísérleteke, így a további földrajzi területek felderítetlenül maradtak. Ebből kiindulva a határátlépés is egy hiányosság, amelyet a jövőben szintén pótolni kell. A jövőbeli kutatási irányoknak ezeket a területeket kell majd leginkább lefednie, amellett, hogy az egyes backoffice folyamatokat, szoftvermegoldásokat (javaslatok) is mélyebben teszteljük.

Hivatkozások

- Alfassa, A. I. (2023). Bayesian statistics for study population statistics and demography. Journal of Statistical Methods and Data Science, 1(1), 17-24.
- Babbie, E. (2008). A társadalomtudományi kutatás gyakorlata (6th ed.), Budapest, Balassi Kiadó
- Benkő, J. (2018). Logisztikai tervezés. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. ISBN 978-963-269-614-0, p. 16.
- Bujdosó, T. (2023). Kulcsfontosságú teljesítménymutatók kialakítása a logisztikai hatékonyság mérésére és fejlesztésére a Schaeffler debreceni termelő egységében.
- Caprio, M., Sale, Y., Hüllermeier, E., & Lee, I. (2023). A novel Bayes' theorem for upper probabilities. In International Workshop on Epistemic Uncertainty in Artificial Intelligence (pp. 1-12). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Chien, C. F., Dauzère-Pérès, S., Huh, W. T., Jang, Y. J., & Morrison, J. R. (2020). Artificial intelligence in manufacturing and logistics systems: algorithms, applications, and case studies. International Journal of Production Research, 58(9), 2730-2731.
- Choi, T. Y., Netland, T. H., Sanders, N., Sodhi, M. S., & Wagner, S. M. (2023). Just-in-time for supply chains in turbulent times. Production and Operations Management, 32(7), 2331-2340.
- Cornish, F., Breton, N., Moreno-Tabarez, U., Delgado, J., Rua, M., de-Graft Aikins, A., & Hodgetts, D. (2023). Participatory action research. Nature Reviews Methods Primers, 3(1), 34.
- Horváth, D. – Mitev, A. (2015). Alternatív kvalitatívkutatási kézikönyv, Budapest, Alinea Kiadó
- Járvás, T., & Illés, B. (2023). Automatizálás hatása a logisztikai rugalmasságra: Impact of automation on logistics flexibility. Nemzetközi Gépészeti Konferencia–OGÉT, 268-273.
- Juhász, J., & Bányai, T. (2024). Implementation of modelling ship-to-sequence supply strategies. Advanced Logistic Systems: Theory and Practice, 18(1), 99-106.
- Király, G. - Géring, Zs. (2016). Kvalitatív módszertani innovációk és a tudományos gyakorlat: szerkesztői előszó. Prosperitas, 3(2), 5-16.
- Kutrucz, N. (2024.) Mesterséges intelligencia lehetséges használata az ERP rendszereken belül, Budapesti Gazdasági Egytem
- Lewin, K. (1946). Action Research and Minority Problems, In: Resolving Social Conflicts, New York, Harper And Row, pp. 201–216.
- Méreiné Berki, B., Málovics, G., & Mihály, M. (2023). Rendszerszintű átalakulás helyett szakpolitikai reform?–A részvételi akciókutatás társadalmat átalakító ereje és annak korlátai egy megyei jogú város deszegregációs szakpolitikájának tapasztalatain keresztül. Kovász, 27(i3), 1-31.
- Qu, W., Rezaei, J., Maknoon, Y., & Tavasszy, L. (2019). Hinterland freight transportation replanning model under the framework of synchromodality. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 131, 308-328.
- Sand, H. C., der Landwehr, M. A., & Von Viebahn, C. (2023, December). Simulating and Evaluating Internal Logistics Strategies for Suppliers in Just-in-Sequence Supply Systems in the Automotive Industry. In 2023 Winter Simulation Conference (WSC) (pp. 1546-1557). IEEE.
- Saunders, M. – Lewis, Phillip – Thornhill, Adrian (2009). Research methods for business students, Pearson education.
- Sohal, A. S., Keller, A. Z., & Fouad, R. H. (1989). A review of literature relating to JIT. International Journal of Operations & Production Management, 9(3), 15-25.
- Song, Y. X., Yang, X. D., Luo, Y. G., Ouyang, C. L., Yu, Y., Ma, Y. L., ... & Mi, W. D. (2023). Comparison of logistic regression and machine learning methods for predicting postoperative delirium in elderly patients: a retrospective study. CNS Neuroscience & Therapeutics, 29(1), 158-167.
- Szabó, K. (2024). Szimulációs modell tervezése a vállalkozásokhoz kapcsolódó logisztikai folyamatok hatékony újraszervezése érdekében (Doctoral dissertation, BGE).
- Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 129, 1-11.
- Tang, Y. M., Chau, K. Y., Kuo, W. T., & Liu, X. X. (2024). IoT-based information system on cold-chain logistics service quality (ICCLSQ) management in logistics 4.0. Information Systems Frontiers, 26(2), 689-708.
- Tücsök, D. (2025). A részvételi kutatások módszertanáról.
- Zhao, Y., Damevski, K., & Chen, H. (2023). A systematic survey of just-in-time software defect prediction. ACM Computing Surveys, 55(10), 1-35.