

Automatizálás hatása a logisztikai rugalmasságra

Impact of automation on logistics flexibility

JÁRVÁS Tamás¹, Prof. Dr. ILLÉS Béla², Dr. BÁNYAINÉ dr. TÓTH Ágota³

¹ Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet

3515 Miskolc-Egyetemváros, Tel.: 06 46 534-003, E-mail: tamas.jarvas@hu.bosch.com

² Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet

3515 Miskolc-Egyetemváros, Tel.: 06 46 565-111/17-37, E-mail: atilles@uni-miskolc.hu

³ Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet

3515 Miskolc-Egyetemváros, Tel.: 06 46 565-111/17-79, E-mail: altagota@uni-miskolc.hu

Abstract

Despite the increasing adoption of Industry 4.0 technologies in various industries, there is still a lack of understanding of their impact on logistics flexibility. This can lead to incorrect assumptions and suboptimal implementation strategies. In the current, rapidly changing business environment the logistics flexibility is an essential ingredient for a company's ability to manage supply chain uncertainties and fulfil customer requirements. The integration of deep Automation into logistics operations can be complex and challenging, requiring significant investment and expertise. Although there is a growing body of literature on supply chain management, there is limited research specifically focused on the logistics flexibility. Aims of this article to understand the current state of Automation implementation in the logistics and to analyse the relationship between impact of this and logistics flexibility.

Keywords: Industry 4.0, automation, logistics, logistics flexibility

Kivonat

Annak ellenére, hogy az Ipar 4.0 technológiákat egyre több iparágban alkalmazzák, még mindig kevésbé ismert azok logisztikai rugalmasságra gyakorolt hatása. Ez helytelen feltételezésekhez és szuboptimális megvalósítási stratégiákhoz vezethet. A jelenlegi, gyorsan változó üzleti környezetben a logisztikai rugalmasság elengedhetetlen összetevője annak, hogy a vállalat képes legyen kezelni az ellátási lánc bizonytalanságait és magas fokon teljesíteni tudja az ügyfelek igényeit. A magasszintű automatizálás integrálása a logisztikai műveletekbe összetett és kihívásokkal teli, amely jelentős beruházásokat és szakértelmet igényel. Bár az ellátási lánc kezelésével kapcsolatban egyre több szakirodalom áll rendelkezésre, korlátozottan érhető el kifejezetten a logisztikai rugalmasságra összpontosító kutatás. A cikk célja, hogy megértse az automatizálás hatásait a logisztikában, valamint elemezze ezek és a logisztikai rugalmasság közötti kapcsolatot.

Kulcsszavak: ipar 4.0, automatizálás, logisztika, logisztikai rugalmasság

1. Bevezetés

A rugalmasság a rendszer azon képességét tükrözi, hogy csekély idő-, erőfeszítés-, költség- vagy teljesítménycsökkenéssel változzon vagy reagáljon [1]. Gyakran úgy tekintenek a rugalmasságra, mint olyan képesség, mely felkészít az új, eltérő, váratlan vagy változó követelményekkel való találkozásra [2]. Tummala és társai szerint [3] a rugalmasság az ellátási lánc menedzsment (SCM) sikeres megvalósításának egyik alapvető kulcstényezője.

A logisztikai rugalmasság hiányzó láncszem volt a rugalmasságokról szóló szakirodalomban, gyakran felcserélhetően használták vagy összekeverték az ellátási lánc rugalmasságával. Ezért a részösszetevői elvesztették illeszkedésüket a logisztikai rugalmasság keretei között. Ennek oka lehet a logisztikáról és az ellátási láncokról alkotott eltérő felfogás a különböző háttérű tudósok körében. Zhang és munkatársai [4] azonban egy logisztikai modellben a képességekre összpontosítottak egy kompetencia/képesség keretrendszerben, melybe szándékosan belefoglalták a sebességet.

Az elmúlt években a logisztikához kapcsolódó technológiák alapvetően megváltoztak és megfizethetőbbé váltak. Ezáltal logisztikai menedzsment kutatások és gyakorlati alkalmazások számos sikertényezőt izoláltak, amelyek felhasználhatók a logisztikai rendszerek tervezéséhez és fejlesztéséhez. Az alapelvek mellett, mint pl. a továbbfejlesztett tervezési heurisztika, áramlásorientáció, folyamatok összehangolása, az automatizálás az egyik fő lehetőség a logisztika általános teljesítményének és rugalmasságának javítására.

Ebben a cikkben először a logisztikai rugalmassággal kapcsolatban gyakran használt különféle terminológiákat nézzük meg, majd a logisztikai rugalmasság definícióját, valamint az aktuális szakirodalom módszertani megfontolásait. Ezt követően az automatizálás rövid ismertetése után megvizsgáljuk hogyan hat az automatizálás a logisztikai rendszerekre és ezen keresztül értelmezzük a hatását a logisztikai rugalmasságra. Végezetül megnézzük a logisztikai folyamatok digitalizációja során alkalmazható RPA (Robotic Process Automation) hatását a logisztikai rugalmasságra.

2. A logisztikai rugalmasság

Zhang és munkatársai [4] egy logisztikai modellben a képességekre összpontosítottak, melyben a sebességre fókuszáltak. Javasolt keretükben a fizikai ellátás és a beszerzési rugalmasságok olyan kínálati oldali kompetenciák, amelyek a fizikai elosztási és keresletkezelési rugalmasság révén támogatják a vevői elégedettséget. Ez a nézőpont átfogóbbnak tűnik, mivel kiterjedhet a gyártásra is. Noha a tudósok általában határvonalat húznak a rugalmasság, agilitás és a reagálás egymáshoz kapcsolódó fogalmai között, még mindig van némi zűrzavar fogalmuk és átfedésük tekintetében. A logisztikai rugalmasság az ellátási lánc rugalmasságának egyik legfontosabb dimenziója, annak a képességnek felel meg, hogy gyorsan és hatékonyan reagáljunk a változó vásárlói igényekre, a bejövő és kimenő szállítások és szolgáltatások terén [4]. A mai üzleti környezet időalapú versenyt ír elő, így a logisztikai rugalmasság jelentős teljesítménynövelő képesség lehet [5].

Ha definiálni kellene a logisztikai rugalmasságot, akkor az az a képesség, amellyel a vállalat logisztikai rendszere képes alkalmazkodni a változó, előre egyáltalán nem, vagy csak nagy bizonytalansággal látható igényekhez, körülményekhez és kihívásokhoz anélkül, hogy az üzleti folyamatokat vagy a szolgáltatás minőségét jelentősen befolyásolná. Ezen képesség alapján a logisztikai rugalmasság lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy a külső vagy belső környezeti igényeknek, a termelési kapacitásnak és az anyagmozgásnak megfelelően gyorsan és hatékonyan módosítsák a logisztikai folyamataikat.

Ha összehasonlítjuk a főbb különbségeket, akkor az ellátási lánc rugalmassága a vállalatok azon képessége a változó igényekre és piaci körülményekre, hogy gyorsan és hatékonyan képesek alkalmazkodni az összes ellátási lánc résztvevő által végzett tevékenységek összekapcsolásával (beszállítótól a termelésig, raktározástól a fogyasztóig). Még a logisztikai rugalmasság pedig a vállalat logisztikai rendszerének azon képessége a változó igényekre és piaci körülményekre, hogy gyorsan és hatékonyan tud alkalmazkodni a logisztikai tevékenységek (raktározás, szállítás, termelés, stb.) során. Tehát, míg az ellátási lánc rugalmassága az egész ellátási láncot átfogja, a logisztikai rugalmasság a vállalat logisztikai rendszerére korlátozódik. Azonban a két fogalom szorosan összefügg, mivel a logisztikai rendszer a vállalat ellátási láncának része és a logisztikai rugalmasság segíthet a vállalat számára az ellátási lánc rugalmasságának javításában.



1. ábra. A logisztikai rugalmasság összetevői, saját szerkesztés

Ezen képesség fokozása azonban számos kihívást jelent, beleértve a rendszerüzemeltetés költségeinek növekedését és a rugalmasság növelése miatt igénybe vett egyéb anyagi forrásokat. Azonban a logisztikai rugalmasság növelése segíthet a vállalatoknak a piaci igényekhez való jobb alkalmazkodásban, valamint növelheti a hatékonyságot és a versenyképességet.

3. Az automatizálás jelentősége a logisztikai rugalmasságra

Az automatizálás olyan folyamat, amely során az emberi munkát automatikus rendszerek, gépek vagy szoftverek végzik. Az automatizálás célja az emberi erőforrások hatékonyabb kihasználása, az idő megtakarítása, a hibák csökkentése növekvő hatékonyság mellett. Az automatizálás révén azok a folyamatok, amelyek eleve kézi folyamatok voltak, automatizált folyamatokká válnak, ami az ipari folyamatoknak nagyobb önállóságot biztosít.

A logisztikai automatizálás a logisztikai folyamatok automatikus vezérlését és ellenőrzését jelenti. Az automatizálás célja a logisztikai folyamatok hatékonyságának, pontosságának és gyorsaságának javítása. Az automatizált logisztikai rendszerek lehetővé teszik a termékek mozgásának nyomon követését, a raktározás és a kiszállítás optimalizálását, a beszerzési és elosztási folyamatok automatizálását.

Az automatizált logisztikai rendszerek a számítógépes rendszerek, a vonalkódolvasók, a raktári rendszerek, a fuvarozási nyomkövető rendszerek, a mobil eszközök és az internetes rendszerek kombinációját használják a logisztikai folyamatok ellenőrzésére és automatizálására. Általánosságban elmondható, hogy számos konkrét lehetőség kínálkozik az automatizálási koncepciók logisztikai rendszerekben történő megvalósítására az általános hatékonyság és rugalmasság javítása érdekében. Ebben az összefüggésben egy szisztematikus irodalmi áttekintés alapján [6] az alábbiak szerint lehet csoportosítani és összefoglalni a gépesített logisztikai automatizálás alkalmazásait és típusait:

- Automatizált be- és kirakodó rendszerek
- Automatizált irányított járművek (AGV)
- Automatizált tárolási és visszakereső rendszerek (AS/RS)
- Automata targoncák gépesített mozgáshoz
- Gépesített raklapozás
- Ipari robotok/robotika
- Különböző típusú körhinták, szállítoszalagok és szállítoszalag alapú válogatás rendszerek
- Lift és forgótányérok/segédeszközök
- Lineáris hajtóművek
- Mozgó fedélzetek és átvilágító és/vagy válogató rendszerek
- Tételszedő eszközök

A következőkben kiemeljük a három leggyakrabban használt logisztikai automatizálási lehetőséget, melyek a leghatékonyabban, a legrövidebb megtérülési idővel valósíthatók meg.

- Az AGV-k az anyagmozgatási folyamatok automatizálásának egyik hatékony eszközei a logisztikában, általuk megoldható az áruk automatizált mozgatása. Rendelkeznek érzékelőkkel és navigációs rendszerekkel, amelyek lehetővé teszik, hogy az automatizált járművek precízen és biztonságosan közlekedjenek a raktárakban és a gyártósorokon. Az AGV-k nagyfokú rugalmasságot kínálnak a logisztikai folyamatok során, mivel képesek alkalmazkodni az eltérő raktári és gyártási környezetekhez. Rendkívül skálázhatóak, amelyek lehetővé teszik a logisztikai folyamatok és a termelés növelését a gyártási és raktári folyamatokban. Az AGV-k integrálhatók az automatizált raktári rendszerekkel, amelyek tovább növelik az automatizálási hatékonyságot. Használatuk jelentős előnyöket kínál a logisztikai folyamatok során, az alacsonyabb költségek és az emberi hibák minimalizálása mellett.
- Azonban a robotika használata a logisztikai folyamatokban nem korlátozódik az AGV-kra. Az iparban használt robotok széles skálája található, beleértve a kis- és közepes méretű, mobil robotokat, amelyek képesek különböző feladatok végrehajtására, mint például a dobozok vagy termékek mozgatása, címkézése vagy csomagolása. Az iparban használt robotok mellett a logisztikai robotika másik fontos területe a kollaboratív robotok (cobotok) alkalmazása. A kollaboratív robotok olyan robotok, amelyek képesek együtt dolgozni az emberekkel és lehetővé teszik az ember-robot együttműködést [7].
- Manapság szállítoszalagos rendszereket meglehetősen könnyű megvalósítani. A szállítoszalag rendszer kiválasztása a mozgatandó anyagtól, a rendelkezésre álló helytől és a további műveletekhez szükséges helytől függ. A szállítoszalagok elhelyezhetők a földön és/vagy a fej fölött, érzékelők és

aktuátorok segítségével integrálhatók. Ezáltal a gépek, eszközök, rendszerek és termékek képesek emberi beavatkozás nélkül automatizáltan összekapcsolódni egymással [8, 9]. A szállítószalag-rendszerek nem olyan rugalmasak, mint az AGV-k, de gyakori szállítási feladatok mellett a szállítószalag-rendszer jó megoldás az automatizálásra mechanikai egyszerűségük, megbízhatóságuk, valamint nagyon hatékony anyagátviteli képességük és rugalmasságuk miatt.

Kimondható, hogy az automatizálás hatása jelentős a fizikai logisztikára, mivel az alábbi fontos előnyöket biztosítja a vállalatok számára:

- Hatékonyabb raktározás: Az automatizált raktározási rendszerek segítségével a vállalatok hatékonyabban tudják kezelni a raktárkészletüket és gyorsabban megtalálhatják a keresett termékeket.
- Pontosabb nyomonkövetés és készletkezelés: Az automatizált nyomonkövetési rendszerek segítségével a vállalatok valós időben tudják nyomon követni a termékek mozgását, ami javítja a raktározás és a kiszállítás pontosságát. Az automatizált raktári rendszerek lehetővé teszik a pontosabb készletkezelést is, mivel az automatizált raktári rendszerek képesek a pontos készletmeghatározásra, a raktári áru nyomon követésére és az áru mozgásának optimalizálására.
- Csökkentett hibalehetőség: Az automatizált rendszerek minimálisra csökkentik az emberi hibák lehetőségét, ami javítja a logisztikai folyamatok pontosságát és biztonságát.
- Fokozott hatékonyság: Az automatizált rendszerek segítségével a vállalatok növelhetik a logisztikai folyamatok hatékonyságát, mivel a rendszerek gyorsabban és pontosabban tudják végrehajtani a feladatokat. Az automatizált folyamatok csökkenthetik a késedelmet és a hibákat, ami jelentősen csökkentheti a veszteségeket.
- Magasabb szintű biztonság: Az automatizált rendszerek nagyobb biztonságot nyújtanak, mivel azok minimálisra csökkentik a manuális munkaerő részvételét. Az automatizált berendezések és rendszerek miatt kisebb a balesetek és a sérülések kockázata, mivel azok a munkavállalók helyett dolgoznak, így az ilyen esetekből bekövetkező állásidővesztés is minimális.

A fentiek főleg a fizikai ellátás rugalmasságára és a fizikai elosztás rugalmasságára vannak hatással a logisztikai rugalmasság komponensei közül.

Az automatizálás hatását a logisztikai rugalmasságra képlet formájában a következőképpen lehet leírni:

$$LR = f(t, Q, A, C)$$

ahol LR a logisztikai rugalmasságot jelöli, t a lead time, Q az áruk készlete, A az automatizáltság szintje, C pedig a rugalmasságot korlátozó tényezők. A függvény az automatizálás szintjét, valamint a fent felsorolt tényezők hatását veszi figyelembe a logisztikai rugalmasságra. Az automatizálás növelése általában növeli a logisztikai rugalmasságot, de az automatizáltság hatása eltérő lehet a különböző tényezőkre. Például, ha az automatizálás csökkenti a manipulációs terület méretét egy raktárban, akkor nőhet a raktár kapacitása, akkor a logisztikai rugalmasság javulhat, mivel a vállalatok nagyobb készlettel tudnak rendelkezni, ami növeli a rendelkezésre álló áruk számát. Ugyanakkor, ha az automatizálás csökkenti a lead time-ot (t), akkor a rugalmasság javulhat azzal, hogy a vállalatok gyorsabban tudnak reagálni a változó igényekre. Az automatizálás hatása azonban korlátozható a rugalmasságot befolyásoló tényezők miatt, például az áruk szállítására rendelkezésre álló infrastruktúra korlátozása miatt. Az automatizálás pozitív hatással van az ellátási lánc, azon belül a logisztika rugalmasságára és ezt a függvényt használva a vállalatok kiszámíthatják, hogy az automatizálás milyen mértékben növeli ezt a rugalmasságot.

Az automatizálásnak, mint mindennek, megvannak a maga előnyei és hátrányai. Az automatizált gépek megjelenésével az ipar olyan forradalmat élt át, amely új módszertant indított el. Az automatizálás előnyei közül kiemelhetjük a megnövekedett termelékenységet, a költségmegtakarítást, a jobb életminőséget és a munkakörülmények javulását. Másrészt az automatizálásnak vannak hátrányai, nehézségei. A kockázatok közül a következőket kell kiemelni: technológiai függőség és elavulás, a beruházási és karbantartási költségek növekedése és a képzettebb személyzettől való függés.

Az előzőek ellenére vitathatatlan, hogy az automatizálás segítségével a vállalatok hatékonyabban tudják kezelni a logisztikai folyamatokat, ami javítja a hatékonyságukat, csökkenti a költségeiket és javítja a minőséget. Ezenkívül az automatizálás lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy a folyamatosan változó piaci igényekhez igazodva gyorsabban reagáljanak és hatékonyabban alkalmazkodjanak, azaz nőjön a logisztikai rendszerek rugalmassága.

4. Az RP automatizálás hatása

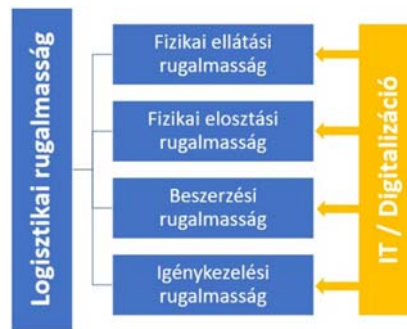
Ha automatizálásról beszélünk logisztikai területen sokaknak csupán a manipulációs feladatok automatizálása jut eszükbe, pedig az RPA (Robotic Process Automation) is jelentős hatással van mind a 4 logisztikai rugalmassági faktorra. Az RPA az automatizálás egyik formája, amelyet a digitalizált logisztikai folyamatok automatizálására használnak. Az RPA segítségével a vállalatok automatizálhatják a folyamatokat, mint például az áruk szállításának nyomon követése, a raktárkezelés, a rendelések kezelése, a számlázás és a fizetések kezelése, jelentéskészítés, stb... Az RPA automatizált szoftverrobotokat vagy más néven botokat használ az adatok kinyerésére az egyik alkalmazásból és beillesztésére egy másikba. Az RPA technológia nem olyan kifinomult vagy gyors, mint néhány más integrációs technika, de könnyebben, gyorsabban megvalósítható és a kiegészítő technológiákat is elősegítheti.

A legtöbb esetben az RPA-t más digitális eszközökkel, például az IoT-vel, az intelligens dokumentumfeldolgozással, a chatbotokkal, a mobilalkalmazásokkal és akár a blokklánccal együtt használják, hogy újra gondolják a munkafolyamatokat, a szűk keresztmetszetek és más jelentős üzleti kihívások kezelését. Lássuk milyen területeken van hatása az RPA-nak a logisztikai rugalmasságra:

- **Logisztikai menedzsment:** Az RPA-botok figyelik a rendeléseket és frissítik a rendelés-átadás részleteit az összes releváns rendszerben. Működhetnek együtt AI-alapú intelligens rendszerekkel is, amelyek több logisztikai partner, például közúti árufuvarozás, teherszállító hajók és légi fuvarozás között koordinálnak. Ezek a botok képesek automatikusan kijelölni egy szállítópartnert a termékek helye alapján.
- **Beszerezési rendelések kezdeményezése:** A szervezetek az RPA bot segítségével ellenőrizhetik a készletszinteket és beszerzési rendelést kezdeményezhetnek, ha a készletszintek egy meghatározott minimum alá süllyednek. A hatékony folyamatok fenntartása csökkenti az anyag- vagy készlethiány miatti eladáskiesések kockázatát, így biztosítva, hogy a vállalatok optimális készletszintet tudjanak kezelni. A beszállítók jelentéseket készítenek az alapanyagok készletszintjéről, a folyamatban lévő munkákról és a késztermékekről. Az RPA botot a vállalat CRM rendszerével is kapcsolatban állhat. A jelentés információi alapján az RPA bot e-mailben vagy webes alapú rendelési portálon keresztül kommunikálhat a szállítóval a rendelés leadása érdekében. Az RPA-botok késedelem esetén is értesítést küldhetnek az ügyfeleknek, így a valós idejű rendelésfrissítések javítják az ügyfelek elégedettségét. Az RPA különösen hasznos a határokon átnyúló szállítmányok kezelésében, amelyek különféle vám-, raktározási- és ellenőrzési folyamatokat igényelhetnek, amelyeket koordinálni kell.
- **Prediktív karbantartás:** A karbantartás fontos szempont a logisztikai berendezések esetében is, az RPA más pl. IoT technológiákkal együttműködve, segítséget nyújt az előrejelző karbantartási feladatok megszervezésében. Az alkalmazások valós időben kérik le az érzékelő adatokat és továbbítják a felhőbe értékelés, elemzés és előrejelzés céljából. Az RPA-robotok ezekre az információkra reagálva automatizálják a karbantartás ütemezését, értesítik az érintett ügyfeleket és frissítik a pénzügyi terveket.
- **Adatbeviteli automatizálása:** Az adatbeviteli automatizálás olyan folyamat, amely során az adatbeviteli feladatokat gépi rendszerek végzik el és a manuális bevitelhez képest jelentősen csökkentik az emberi beavatkozás szükségességét. Az adatbeviteli automatizálás lehetővé teszi, hogy ezeket az adatokat automatikusan beolvassuk a megrendelői űrlapokból, e-mail üzenetekből vagy más dokumentumokból, így nem kell kézzel beírni az adatokat egy adatbázisba vagy rendszerbe. A szoftverek használhatók OCR (Optical Character Recognition) technológiával, amely lehetővé teszi a szöveg felismerését és az adatok automatikus beolvasását a megfelelő mezőkbe. Az adatok ellenőrzése és validálása is automatizálható, hogy csökkentse az emberi hibák számát.

Az automatizálást és az ehhez kapcsolódó informatikát nem öncélúan, hanem a piaci trendekkel összhangban vagy az elvárásoknak megfelelően alkalmazzák. Az automatizálás segít a termelékenység növelésében, a költségek csökkentésében, a rugalmasság növelésében, a rutinfeladatok hatékonyabbá tételében, a munkahelyi biztonság biztosításában, az átfutási idők és a piacra kerülési idő csökkentésében, valamint a termékek és szolgáltatások minőségének javításában.

Az RPA lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy időt és pénzt takarítsanak meg, valamint növeljék a hatékonyságot és a pontosságot azáltal, hogy automatizálja az ismétlődő, időigényes feladatokat. Az RPA azáltal, hogy automatizálja a folyamatokat, eltávolítja a manuális hibákat és csökkenti a folyamatokat végző munkatársak terhelését. Az RPA logisztikai területen történő alkalmazásával a vállalatok képesek gyorsabban reagálni a változó igényekre és rugalmasabban alkalmazkodni a változó piaci környezethez. Az RPA főleg a beszerzési és az igénykezelési rugalmasságra van hatással, de növeli a fizikai ellátási, a fizikai elosztási rugalmasságát is, tehát elmondható, hogy a logisztikai flexibilitás minden összetevőjére hatással van.



2. ábra. A digitalizáció jelentős hatással van a logisztikai rugalmasság összes összetevőjére

5. Konklúzió, összefoglalás

Mindenekelőtt a logisztika továbbra is létfontosságú feltétele annak, hogy megfizethető költségek mellett rugalmasan, kiváló szolgáltatási színvonalat biztosítsanak a vállalatok. A jelenlegi, gyorsan változó üzleti környezetben a logisztikai rugalmasság elengedhetetlen összetevője annak, hogy a vállalat képes legyen kezelni az ellátási lánc bizonytalanságait és teljesíteni tudja az ügyfelek igényeit. Az automatizálás, a robotika és RPA egyértelmű hatékonyság és rugalmasságjavulást jelent a logisztikába. Ez az integráció jelentős hatással van a logisztikai rugalmasságra, mivel lehetővé teszi az ellátási lánc műveleteinek valós idejű nyomon követését és ellenőrzését, csökkentve a kézi beavatkozás szükségességét. Növelve a logisztikai folyamatok hatékonyságát és reagálóképességét erőforrásokat szabadíthat fel a stratégiaibb feladatokhoz. Az automatizáláson kívül számos más területnek is van hatása a logisztikai rugalmasságra, így az alábbi területek vizsgálata is a kutatás tárgyát képezi és ezeken keresztül további összefüggések tárhatók fel:

- Valós idejű monitorozás: az IoT-technológiákon alapuló érzékelők és az RFID-címkék használata lehetővé teszi a szállítmányok valós idejű nyomon követését és felügyeletét, lehetővé téve a vállalatok számára, hogy gyorsabban és hatékonyabban reagáljanak a kereslet változásaira és a kínálati zavarokra.
- Prediktív elemzés: A gépi tanulási algoritmusok különféle forrásokból származó adatok, például időjárás körülmények, forgalmi minták és szállítási információk elemzésére használhatók a potenciális fennakadások előrejelzésére és a logisztikai műveletek optimalizálására.
- Fokozott láthatóság: Az Ipar 4.0 technológiák nagyobb rálátást biztosítanak az ellátási láncra, lehetővé téve a vállalatok számára, hogy azonosítsák a hatékonyság hiányát és a fejlesztendő területeket és megalapozottabb döntéseket hozzanak.
- Rugalmas és agilis működés: A legújabb technológiák kiaknázásával a vállalatok rugalmasabb és agilisebb ellátási láncot hozhatnak létre, amely hatékonyabban tud reagálni a kereslet változásaira és az ellátási zavarokra és minimalizálja a hulladékot és a hatékonyságot.

Irodalmi hivatkozások

- [1] Upton, D.M. *The management of manufacturing flexibility*. California Management Review, 1994
- [2] Skipper, J.B., Hanna, J.B. *Minimizing supply chain disruption risk through enhanced flexibility*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2009
- [3] Tummala, V.M.R., Phillips, C.L.M., Johnson, M. *Assessing supply chain management success factors: a case study*. Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 11, 2006
- [4] Zhang, Q., Vonderembse, M.A., Lim, J. *Logistics flexibility and its impact on customer satisfaction*. The International Journal of Logistics Management, 2005, ISSN 0957-4093
- [5] Closs, D.J., Swink, M. and Nair, A. *The role of information connectivity in making flexible logistics programs successful*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 35 No. 4, 2005
- [6] Zsifkovits, H., Woschank, M., Ramingwong, S., Wisittipanich W. *State-of-the-Art Analysis of the Usage and Potential of Automation in Logistics*, 2019, ISBN 978-3-030-25425-4
- [7] Bányai T., Bányainé Tóth Á., Illés B., Tamás P. *Ipar 4.0 és logisztika*, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2019. ISBN: 978-963-385-182-7
- [8] Jeschke, S., Brecher, C., Song, H., Rawat, D.B. *Industrial Internet of Things*. Cham: Springer, 2017.
- [9] McGuire, P.M. *Conveyors: Application, Selection, and Integration*. BocaRaton, FL: CRC Press., 2009.