

Operating modes of driverless material handling machines

Dorina Varga

Videoton Holding Zrt. 8000. Székesfehérvár, Berényi út 72-100, varga.dorina@videoton.hu

Abstract

This article describes the development and application of driverless transport vehicles, in particular AGVs (Automated Guided Vehicles). AGVs have expanded considerably over the years, initially as simple towing vehicles that followed wires on the floor, but now there are many different models and applications. AGVs range from industrial applications to warehouse and human service areas. AGVs are now used in almost every industry and, as technology continues to advance, we are seeing them in more and more areas. Money invested in automation is one of the best investments for warehouses, and the proliferation of AGVs and AMRs (Automated Mobile Robots) reflects this trend.

Keywords: online education; teaching methods; case study

Vezető nélküli anyagmozgató gépek működési módjai

Varga Dorina

Videoton Holding Zrt. 8000. Székesfehérvár, Berényi út 72-100, varga.dorina@videoton.hu

Absztrakt

A cikk a vezető nélküli szállítóeszközök, különösen az AGV-k (Automated Guided Vehicle) fejlődését és alkalmazását mutatja be. Az AGV-k az évek során jelentősen kibővültek, kezdetben egyszerű vontatójárművekként működtek, amelyek a padlón lévő vezetékeket követték, de ma már sokféle modellt és alkalmazási területet léteznek számukra. Az AGV-k az ipari alkalmazásoktól a raktári és humán kiszolgálási területekig terjednek. Az AGV-eket ma már szinte minden iparágban alkalmazzák, és a technológia további fejlődésének köszönhetően egyre több területen találkozhatunk velük. Az automatizációba fektetett pénz az egyik legjobb befektetés a raktárak számára, és az AGV-k és az AMR-ek (Automated Mobile Robots) elterjedése ezt a trendet tükrözi.

Kulcsszavak: vezető nélküli jármű; irányítási módszerek; anyagmozgatás;

1. Bevezetés

A logisztikai költségek a versenyképesség szempontjából igen jelentős tényezők egy termelő vállalatnál. Ezeknek a költségeknek az állandó csökkentése és a folyamatok optimalizálása révén állandó lehetőség nyílik az újabb és újabb elérhető technológiák bevezetésére. Napjaink-ban az egyik legjobb példát a vezető nélküli anyagmozgató gépek, legfőképp targoncák elterjedése szolgáltatja.

A munkaerő költsége is egy állandóan növekvő költségtényező, ami jól megválasztott automatizálási projektek segítségével kiváltható, illetve csökkenthető. A targoncát vezető

személy a munkaideje nagy részében egyszerű, járművezetési feladatokat lát el. Ez a tevékenység önvezető targoncák segítségével teljes mértékben kiváltható, viszonylag alacsony beruházási költségek mellett rövid megtérülési idők érhetők el.

Az automata anyagmozgató gépekkel a standardizált rutin feladatoknál az idő és költség megtakarításán kívül csökkenthetők a szállítás során felmerülő károk is. Az üzemeltetők számára egyértelmű előnyt jelentenek a hatékony és folyamatbiztos szállítási megoldások, valamint a rövid telepítési idő.

A vezető nélküli szállítóeszközök típusai és az automatizált anyagmozgatás az évek során rendkívüli módon kibővült. Az autonóm anyagmozgatók felhasználási területei az ipari alkalmazásokat követően a raktári, majd humán kiszolgálási területekre is áttértek. Méretük, kialakításuk az alkalmazási területtől függően változnak.

2. A vezető nélküli szállítóeszközök

Az automatikusan vezérelt, vezető nélküli vontató- és szállítógépek Magyarországon az angol rövidítésük - AGV (Automated Guided Vehicle) - néven váltak ismertté. Emellett német nyelvterületen gyakran használatos az FTS (Fahrerlose Transportsystem) rövidítés is.

Az első AGV-t az 1950-es években hozta forgalomba a Barrett Electronics, és akkoriban egyszerűen egy vontatójármű volt, amely a padlón lévő vezetéket követte. Ebből a technológiából egy új típusú AGV jött létre, amely láthatatlan UV-markereket követ a földön, ahelyett, hogy láncsal vontatnák. Az első ilyen rendszert a chicagói Willis-toronyban (korábban Sears Tower) telepítették, hogy az irodákba postai küldeményeket szállítson.

Az AGV-k olcsóbb verzióit gyakran automatizált irányított kocsiknak (AGC) nevezik, és általában mágnesszalag mentén közlekednek. Az AGC-k sokféle modellje kapható, melyek felhasználhatók termékek mozgatására futószalagon, áruk szállítására egy üzemben vagy raktárban és rakományok szállítására.

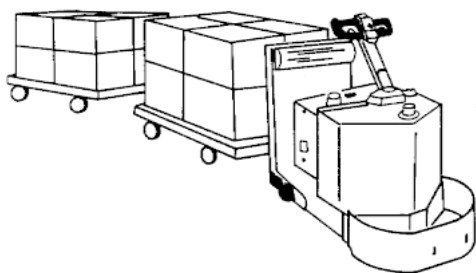
Az AGV tulajdonképpen egy olyan gyűjtőfogalom, mely a legkülönbözőbb, önálló mozgásra képes, logisztikai folyamatokban résztvevő robotokat foglalja magába. Elmondható, hogy az AGV-k a hagyományos anyagmozgatási módokhoz – mint például emberi erő, futószalagok, targoncák, tologatógépek, traktorok stb. – hasonló kategóriát képeznek.

Főbb típusai:

- nyíltpályás anyagmozgatók, milk-run
- automata egyégrakomány szállítók
 - automatizált targonca, platform AGV
 - targonca funkciókkal rendelkező AGV
 - automata járművek

2.1. Nyíltpályás automata anyagmozgatók, milk-run

A nyíltpályás automata anyagmozgatókat jellemzően gyártásban a gyártósorok, gyártószigetek ellátására alkalmazzák, például a termelésből származó készárak összegyűjtésére. Azonban a vontató képessége miatt egyéb célfeladatokra, nagymennyiségű, nagyobb távolságra, vontatmányként történő anyagmozgatásra is használható (1. ábra).



1. ábra Nyíltpályás automata anyagmozgatók

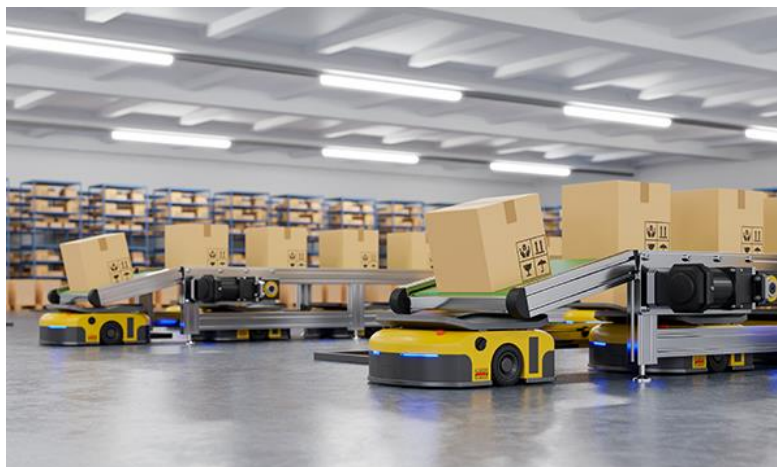
A rendszer üzemben belüli és üzemek közötti anyagmozgatás megvalósítására is alkalmas. Lényege, hogy egy időablakon belül egy vonalon valósít meg elosztó és begyűjtő szállítást. A járat kiinduló- és végpontja általában megegyezik (raktárból indul, üzemben át, vissza a raktárba). A nyíltpályás AGV-ket rendszerint járatszerűen, menetrendben használják. A milk-run rendszerek használata jellemzően vezető igénybevételével történik, és nagymennyiségű folyamatosan termelődő áruk automatizált anyagmozgatása esetén használatos. Az automatizáltsága elsősorban a vontatmány automatizálásban jelentkezik. Napjainkban azonban a milk-run AGV rendszer, mint teljesen automatizált áruszállítás megoldás is terjed. Az AGV szerverek, AGV vezérlő szoftverek létrehozásakor és ezáltal a működési elmélet és mód meghatározásakor, alapfolyamat változtatások és munkabiztonsági felülvizsgálatok és rendelkezések is szükségesek.

2.2. *Automata egységrakomány szállító eszközök*

Az automata egységrakomány szállító eszközök nagyon sokrétű, a gyártás és logisztika területén egyaránt használatos gépek. Az alap hordozókra platform AGV-kre számtalan kialakítású felépítmény rendelhető, tervezhető, melyekkel az AGV-k a célfeladatra tökéletesíthetők. A gépeket irányító AGV szerver egy összetett szoftver, amely a közlekedési útvonalakat optimalizálja a közlekedési intenzitás, az útvonalon található kereszteződések, a csomópontok a leadási és feladási pontok száma és a közlekedésben betöltött alárendeltségi szint alapján. Az AGV szerver szoftver az általában az MFC, automatizált anyagáramlási rendszer szoros része.

2.2.1. Platform jellegű AGV, automatizált targoncák

A platform jellegű AGV-k (2. ábra) fejlesztése az elmúlt években nagymértékű fejlődést mutat. A felhasználási körük, az alapjárművekre építhető kiegészítő AGV felépítmények, AGV manipulátorok miatt egyre szélesedik. Az autonóm anyagmozgató eszközök rendszerbe fűzése biztosítja a folyamatok rugalmasságát a bővíthetőséget a horizontális hálózati elmélet kiszolgálását. Az eszközök önálló és nagyteljesítményű folyamatkiszolgálásra is alkalmazhatók, amennyiben egy megfelelően paraméterezett flottakezelő AGV szerver irányítja a működést. Emiatt a mind raktári automatizálás, mind gyártáskiszolgálási folyamat automatizálás esetén is megállják a helyüket. A platform AGV-k elsődlegesen ipari célokra fejlesztett egyedi eszközök. Az automatizált targoncák mérete a mozgatni kívánt egységek mérete alapján kerül megállapításra. Kialakításuk tekintetében a változatok száma szinte végtelen. A felépítmény az üzem kialakítása és a folyamatok alapján minden esetben egyedileg tervezett optimális elem.



2. ábra AGV

2.2.2. Targonca funkciókkal rendelkező AGV

A targonca funkciókkal rendelkező AGV-k (3. ábra) a belső - és esetenként - külső területeken vezető nélküli anyagmozgatók elterjedt kivitelei. A villás AGV-k előnyei, hogy az egységrakatot önállóan kezelik. Az automata targoncák esetén A és B pont között nem szükséges további anyag-mozgató használata. Az egység rakományokat padlóról, állványból, bármilyen előre meghatározott, definiált pontról képesek elmozgatni, majd a szabályzó AGV szerver szoftver irányítása alatt a leadási pontig szállítani. A leadási pontokra hasonlóan önállóan egyéb anyagmozgató beavatkozása nélkül képesek letárolni. Hátrányukat a platform AGV-hez képes a robosztus ki-alakításuk jelenti és az ezzel együtt járó térbeli megkötések.



3. ábra Targonca AGV

2.2.3. Automata járművek

Az automatizált vezetőnélküli járművek szintén az automatizált anyagáramlási rendszer MFC által felügyelt járművek. Kialakításuk tekintetében léteznek kamion méretű és 7,5t teherautó méretű kialakítások. A felépítmény zárt raktere akár hűtött, klimatizált is lehet, a plató kialakítása akár szállítópályára átalakítható.

3. AGV-k működési módjai

Az AGV-k rendszerint a feladat, az anyagmozgatás típusa és körülményei szerint más-más funkciókat látnak el. Például a közkedvelt lapos AGV-k különböző tárgyak, akár polcok alá bekúszva képesek a gyáron belül különböző anyagok, eszközök, termékek mozgatására, vagy ismeretesebbek a raklapmozgató AGV-k (Hegyi, 2020). Kifejezetten a keskeny polcok közötti manőverezésre és pakolásra fejlesztették ki az úgynevezett Very Narrow Aisle vagy VNA AGV-t, azaz a „nagyon keskeny folyosós” AGV-t. Léteznek súlyemelésre optimalizált, ellensúlyozott AGV-k is az olyan helyzetekre, amikor nem lehetséges tartószerkezettel megtámogatni az emelővillát (például ha túl kevés a hely az eszköz mögött).

Az AGV-k a mögöttük lévő tárgyakat pótkocsin is képesek vontatni, amelyekhez önállóan rögzülhetnek. A pótkocsik felhasználhatók nyersanyagok vagy késztermék mozgatására, melyekről a tárgyakat motoros hengerekre (szállítószalagra) lehet helyezni. Az AGV-ket szinte minden iparágban alkalmazzák, de például ételek, ágyneműk vagy gyógyszerek szállítását is végzik a kórházakban.

3.1. *Forgalomirányítás*

A forgalomirányítás az AGV-k telepítésének egyik legfontosabb szempontja, hiszen enélkül gyakorlatilag nem használható az eszköz.

A forgalomirányító rendszer helyben, vagy központi számítógépen futó szoftver segítségével a létesítmény más részein is végrehajthatja az AGV-k irányítását, így az üzemben nem feltétlenül szükséges neki dedikált hely kialakítása. Azonban, ha a rendszer a célterülettől távolabb helyezkedik el, kiemelten fontos a jó infrastruktúra, hogy biztosítva legyen a folyamatos, valós idejű kapcsolat az eszközök és a központ között.

A helyi forgalomirányító módszerek közé tartozik a zónavezérlés, a lézeres érzékelésű vezérlés és a kombinált vezérlés. Mindegyik módszernek megvannak a maga előnyei és hátrányai.

3.2. *Zónavezérlés*

A zónavezérlés egyértelműen a vállalatok egyik nagy kedvence, mivel egyszerűen telepíthető és könnyen bővíthető. A zónavezérlő rendszer vezeték nélküli adóval továbbítja a jelet egy előre kijelölt területen. Minden AGV tartalmaz egy érzékelőeszközt, amely ezt a jelet veszi, és továbbítja az adóhoz. Ha a terület tiszta, a jel „szabad” értékre van állítva, amely lehetővé teszi, hogy az AGV belépjen az adott területre, és áthaladjon rajta. Ha egy másik AGV is van a kör-nyéken, akkor „stop” jelet kap minden AGV, amely megpróbál belépni a területre, így megállnak, és várnak. A zónavezérlő forgalomkezelés beállításának másik módja az, ha minden egyes robotot saját kis adóvevővel látnak el. A helyszínen lévő AGV ezután elküldi a saját üzenetét az összes olyan AGV-nek, amely közelít a zónájához.

3.3. *Elektromágneses irányítás*

Az elektromágneses irányítás viszonylag régóta ismert, egyszerű megoldás a robotok irányítására. Megvalósításához szükség van egy fémhuzal beágyazására a padlóba azon az útvonalon, ahol szeretnénk, hogy az AGV közlekedjen (4. ábra). Ezt alacsony frekvenciájú és

áramerősségű áram alá helyezve elektromágneses mező jön létre, melyet a fedélzeti elektromágneses érzékelő dolgoz fel. Előnye, hogy mivel a vezetékek a föld alatt van, nehezen sérül meg, az AGV-k navigációját pedig semmilyen fényjelenség, hang vagy más külső tényező nem befolyásolja. Hátránya viszont, hogy az útvonal megváltoztatása nehéz, valamint, ha mégis sérülés következik be, a javítás is problémába ütközhet.



4. ábra Fémhuzal beágyazására a padlóba

3.4. *Mágnesszalagos vezérlés*

A mágnesszalagos vezérlés működése hasonló az elektromágneses vezérlő elvéhez. Ugyancsak a padlóra helyezett vezérfonal – mágnesszalag – mutatja az utat az automatikus jármű számára, a mágneses mező jelét pedig a fedélzeti elektromágneses érzékelő fogadja. A szalagvezetés fő előnye, hogy a technológia érett és megbízható, alacsony a költsége, és a szalag felhelyezése viszonylag egyszerű. Az elektromágneses irányításhoz képest könnyebb meghosszabbítani vagy megváltoztatni az utat. Hátránya, hogy a mechanikai hatásoknak erősebben ki van téve, mint a korábban említett módszerek.

3.5. *QR-kódos navigáció*

A QR-kódos navigáció napjainkban nemzetközi viszonylatban és idehaza is nagyon népszerűnek számít. A módszer lényege, hogy a QR-kódos matricákat sakktáblaszerűen helyezik el a munkaterület padlóján, majd az AGV-k föléjük állva, föld felé néző kamerájukkal beolvassák, beszkenelik azokat. A kód segítségével a robot megkapja és

feldolgozza a pontos helyinformációkat, amelyet ismerve tovább mozoghat, vagy befejezi feladatát. Ez a navigációtípus mára igen fejletté vált, mégis nagyon olcsó megoldásnak számít. Hátránya, hogy nagyon sok QR-matrica elhelyezésére van szükség, és a karbantartási költség magas lehet, mivel a matricákat folyamatosan ellenőrizni kell.

3.6. Szalagvezérlés

Ez a módszer az optikai vezérlési megoldások kategóriájába tartozik. Működéséhez a munkaterületen speciális szalagokat (vagy lakkot) kell az AGV útját körülvevő felületekre illeszteni, amit a fedélzeti optikai érzékelővel dolgoz fel a jármű (5. ábra). A szalagvezérlés előnye, hogy gyakorlatilag bármikor megváltoztatható, kiterjeszthető, fejleszthető az útvonal, a karbantartás viszonylag egyszerű, a költségei pedig alacsonyak. Hátránya, hogy ha a jelzés bepiszkolódik vagy takarásban van, akkor a rendszer nem használható. A szalagvezető navigáció emiatt olyan esetekben alkalmazható, amikor a munkakörnyezet tiszta, a talaj sík, és az AGV használatához nincs szükség nagy pontosságú pozicionálásra.



5. ábra Szalagvezérlés

3.7. Lézerszenneres irányítás

A lézernavigációs módszert a hagyományos és a természetes lézerszenneres megoldások kategóriájára lehet osztani. A hagyományos lézerszenneres irányítás során az AGV-re egy lézerszenktert csatlakoztatnak (6. ábra), a munkaterületet pedig speciális visszaverődési pontokkal látják el. A szennerből kibocsátott sugarak egyidejű visszaverődésének szögeit

érzékelve a robot képes meghatározni helyzetét a munkaterületen belül. A lézeres navigáció előnye, hogy a robot bizonyos kereteken belül szabadon mozoghat, a technológia jól alkalmazkodik a gyakorlati kihívásokhoz. A lézerszkennerek az AGV egységen viszonylag magasan helyezkedik el, így a mechanikai hatás okozta sérülések igen ritkák. Hátránya, hogy nagyon költséges, és ha a szkennert valamilyen tárgy leárnyékolja, akkor a rendszer funkcionalitását vesztheti.

A természetes lézerszkenneres navigációhoz nincs szükség visszaverődési pontokra, hanem az eszköz a természetes objektumokat érzékelve tájékozódik. Ilyen természetes objektumok lehetnek például a falak, a polcok vagy a tárolóeszközök. Előnye, hogy a hagyományos lézeres megoldáshoz képest jóval alacsonyabb költségvetésből is kihozható a rendszer felállítása és karban-tartása, azonban hátránya, hogy sokkal pontatlanabb is annál.



6. ábra Lézerszkenneres irányítás

3.8. *Kombinált vezérlés*

A kombinált vezérlés több navigációs mód kombinálását jelenti, amit ütközésselkerülési érzékelőkkel egészítenek ki. Ezzel a módszerrel a költségek és a karbantartás bonyolultsága nőhet, ám sokkal megbízhatóbb és gazdaságosabban működő rendszer építhető ki. Ha például a QR-kódos vezérlést a robot belső helyzetérzékelő szenzorainak képességével kombinálják, akkor sokkal hatékonyabban küszöbölhető ki a robot testének tehetetlenségéből adódó pontatlanság, azaz pontosan ott fog megállni, ahol a program szerint kell. A kombinált vezérlési rendszerek különböző forgatókönyvek esetében is megfelelően működnek, és automata módon képesek kiküszöbölni a problémákat, akadályokat.

4. A vezető nélküli targoncák biztonsági berendezései

A korábbi kialakítású, vezető nélküli targoncáknál ütközés-gátló kengyel volt a targonca homlokoldalán – padlósínt felett 100-200 mm magasságban – felszerelve, érintésekor (ütközéskor) a fékvezérlő berendezést működtette. Szélességi mérete a targonca, illetve a rakomány szélességi méreteihez igazodott. A következő generációs, hagyományos állványkiszolgáló targoncáknál az indulási állapotjelző a targonca indulási készségi állapotát jelezte optikai úton, ezzel figyelmeztette a környezetében tartózkodókat az elindulással járó veszélyekre. A mozgási állapotjelző a targonca haladó mozgását jelezte optikai vagy akusztikai jelekkel (körbe forgó fény vagy szaggatott hang). Az irányjelző készülék a haladási irány megváltoztatása előtt adott fényjelzést. A fékvezérlő berendezés a vezetőnyom elhagyása, a vezetőmező gyengülése, valamint a vészkipcsoló működtetése esetén kikapcsolta a hajtómotort és működtette a rögzítő-féket. A korszerűbb műszaki megoldásokkal működő vezető nélküli targoncák már nem csak szabályozott üzemű raktár-térben, hanem vegyes üzemű (a közlekedő folyosóban egyidejű-leg személy és targonca is tartózkodhat) esetén is alkalmazhatók. A targoncák a haladás és a teherfelvevő eszköz mozgási irányába itt is fel vannak szerelve egy-egy lézer szkennelvel, amelyek a padlósíntől 20–30 cm magasságban vizsgálják az útvonalon a szabad mozgás lehetőségét. A vezérlő elektronika ellenőrzi, és szabályozza a védelmi funkciókat, és kommunikál a járműelektronikával. Amennyiben a veszélyzónában személyt, vagy más akadályt észlel, leállítja az állványkiszolgáló targonca mozgását. Ha az akadály tovább nem áll fenn, ismét lehetővé teszi a targonca tovább haladását. A rendszer teljesen automatikusan működik, az állványkiszolgáló targonca napi üzembevételekor teszteli önmagát, majd a közlekedő folyosóba való be-haladáskor automatikusan üzemkész állapotba kerül.

5. Autonóm mobil robotok

A közelmúltig csak a hagyományos automata vezérlésű járművek (AGV-k) és a szállítoszalagok jöhettek szóba a belső szállítási feladatok automatizálása kapcsán. Ma már azonban az AGV-k helyét átveszi az autonóm mobil robotok (AMR-ek) fejlett, rugalmas és költséghatékony technológiája (7. ábra). Az AGV-k és az AMR-ek is különböző anyagokat szállítanak A-ból B-be, a hasonlóság azonban itt véget is ér. Működésükhöz az AMR-ek nem igényelnek vezetésint, vagy lézervezérlést, mivel saját navigációs rendszerükkel képesek tájékozódni. A két rendszer jól kiegészíti egymást: miközben az AGV-k elvégzik az ismétlődő munkafázisokat, az AMR-ek összekötik, kiegészítik azokat.

Az AMR-ek sokoldalúbbak és nincs szükségük további infrastruktúra kiépítésére a tájékozódás-hoz, így telepítésük problémamentes és nagyon egyszerűen skálázható. Fedélzeti intelligenciája képes döntést hozni, amikor a robotok akadállyal néznek szembe, megállás nélkül lehet újratervezni útvonalukat, valamint biztonságos fékezést is végrehajtanak, amikor valaki véletlenül az útjukba kerül. Az AMR-ek különböző feladatokra, útvonalakra és létesítmény-elrendezésekre telepíthetők bármikor, ehhez mindössze pár módosításra van szükség küldetésükben. Akár más helyszínre is szállíthatóak, ahol pár órán belül már munkába is tudnak állni.



7. ábra AMR

Az AMR-ek telepítése könnyen elvégezhető, hiszen a terület egyszeri feltérképezése szükséges, valamint a kiemelt zónák és pontok beállítása sem kíván meg többszöri módosítást. Egy egyszerű és intuitív felhasználói felületen keresztül vezérelhetők, amihez nincs szükség programozói ismeretekre. Amikor az üzemterület megváltozik, az AMR-ek belső térképei könnyedén frissíthetők. Az AMR-ek minden szinten rugalmasak, emellett különféle fedélzeti modulokkal láthatók el a végfelhasználó igényei szerint.

Az AMR-ek evolúciójának következő lépése a mesterséges intelligencia (MI) hozzáadása, ami kiterjeszti a kisméretű mobil robotok képességét. Az MI ezeket a robotokat még hatékonyabbá teszi, növeli az általuk elvégezhető feladatok körét, csökkenti a munkakörnyezetben létrehozandó módosítások számát (a robotok munkába állítása érdekében). 2019-ben a piacvezető Mobile Industrial Robots új szintre emelte a robotnavigációt. A mesterséges intelligenciát használó funkciókkal ellátott szoftver, valamint

a stratégiai elhelyezett kamerák segítségével, – melyek további érzékelőként segítik a robot tájékozódását- a MiR lehetővé tette az AMR-jei számára, hogy optimalizálják az útvonaltervezésüket és vezetés közbeni magatartásukat.

6. Összegzés

A raktárak számára egyértelműen az automatizáció az előrelépés útja. Bár sokak számára még inkább a sci-fi világába tartoznak az önállóan dolgozó AGV-k és AMR-ek, valójában már sok raktár áll át az új módszerekre. Az ő tapasztalatuk kiválóan visszaigazolja, hogy az automatizációba fektetett pénz az egyik legjobb befektetés.

Az AGV-knek és a hozzájuk rendelhető navigációs rendszereknek a tárháza igen nagy, ami nem könnyíti meg a választást, de cserébe megtalálhatjuk a legmegfelelőbb megoldást a legkülönbözőbb méretű, költségvetésű, kiépítettségű gyárak, épületek, intézmények számára is. Az AGV-k elterjedése jelenleg az iparban a legmagasabb, de a technológia további fejlődésének köszönhetően – kiemelten gondolva itt az 5G bevezetésére és a mesterséges intelligencián alapuló adat-feldolgozásra – valószínűleg nem kell sokáig várnunk, hogy más területen is találkozassunk velük, ahol szükség van erre a rugalmas és népszerű logisztikai megoldásra.

Noha egy AMR sokkal fejlettebb technológiát alkalmaz, mint egy AGV, többnyire kevésbé költséges megoldásnak számít. Az alacsony kezdeti befektetés, valamint a folyamatok gyors optimalizálása rendkívül rövid – gyakran egy éven belüli- megtérülési időt eredményez.

Irodalomjegyzék

Zenit Kft. (2023). Automatizált anyagmozgatás. Link: <https://www.zenitkft.hu/szolgáltatások/Automatizalt-anyagmozgatas-42>

Hegy H. (2020). Tegyük helyre az AGV-k működését!. NEW technology magazin. 2020. október 27. Link: <https://newtechnology.hu/tegyuk-helyre-az-agv-k-mukodeset/>

Egyéb linkek:

- <https://www.okosipar.hu/mi-a-kulonbseg-amr-es-agv-kozt/>
- <https://www.jungheinrich.hu/logisztikai-rendszerek/vezet%C5%91-n%C3%A9lküli-sz%C3%A1ll%C3%ADt%C3%B3-rendszerek/automata-vezet%C5%91-targonc%C3%A1k>
- <https://www.scmonitor.hu/cikk/20180503/automata-gyartaskiszolgalas>