

IPARI DIGITALIZÁCIÓ – IPAR 4.0 ÉS VIRTUÁLIS VALÓSÁG (VR) A GYÁRTÁSBAN

Simon János

Abstract: Az ipari digitalizáció lehetővé teszi a gyártók részére, hogy elemezzék a rendszer virtuális komponenseit, így képesek lesznek módosítani és tervezni ott, ahol valós rendszerben változtatásra van igény. A virtuális valóság technológiája optimalizálja a tervezés folyamatát azáltal, hogy lehetőséget ad a tervezőmérnöknek a módosítások kipróbálására még azelőtt, hogy a végső terméket megalkotnák. A VR betanítási folyamataival modellezhető a gyártási környezetben előforduló élethű és kockázatos szimulációk (mint például a vegyszerekkel történő balesetek, a veszélyes gépek tesztelése és az egészségre káros környezet), anélkül, hogy a dolgozókat valós veszélynek tennék ki. Amennyiben mégis megtörténne a baj, az alkalmazottaknak használható tapasztalata lesz és jobb eséllyel készülnek fel a helyzetre. Valószínűleg az AR és VR ipari potenciáljának az egyik leglényegesebb jelzője a nagyobb mérnöki vállalatok toborzásának változásában látható. Az utóbbi időben megjelent trendek alapján, a cégek rendkívül nyitottak és aktívan alkalmaznak a játéktervezés terén diplomával rendelkező mérnököket. A felsőoktatásban megszerzett tapasztalatoknak köszönhetően a fiatal mérnökök úgyesen bánnak az AR/VR technológiával, valamint az IOS/Android mobil eszközök programozásával, így segítenek megvalósíthatóvá tenni az ipar 4.0 és IoT (tárgyak internete) megoldásokat.

Abstract: Industrial digitalization allow manufacturers to study the virtual elements of the system, enabling them to analyse and design where real-world changes are needed. Virtual reality reduces unnecessary design by giving the engineer the opportunity to test changes before the final solution is created. Virtual reality training programs can simulate realistic and risky scenarios in a manufacturing environment (such as chemical spills, dangerous machinery, and noisy environments) without putting workers in actual danger. If the inevitable does happen, employees will have usable experience and are more likely to respond appropriately to the situation. Perhaps one of the most significant indicators of the industrial potential of augmented (AR) and virtual reality (VR) can be seen in the change in recruitment by major engineering companies. Lately, companies have been extremely open and actively recruiting people with degrees in game design. These young engineers are adept at virtual reality and Android and mobile devices, helping to make Industry 4.0 and IoT (Internet of Things) solutions tangible.

Kulcsszavak: ipar 4.0, IoT, AR, VR

Keywords: Industry 4.0, IoT, AR, VR

1. Bevezetés

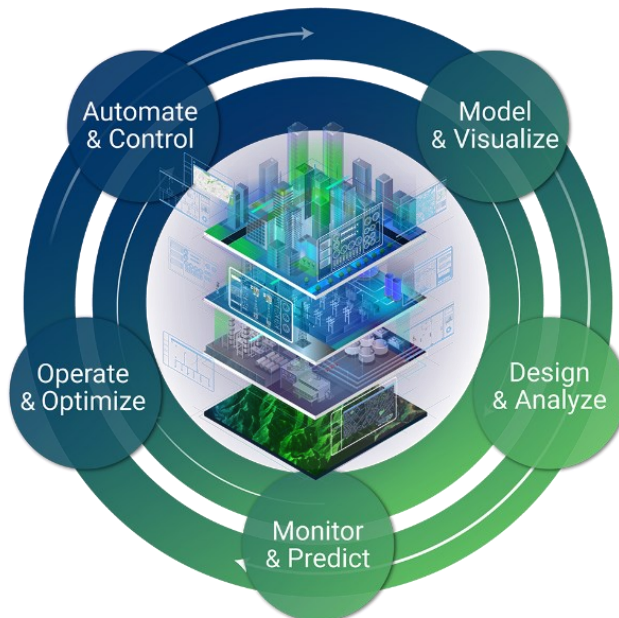
Az ipari digitalizáció célja egy teljes gyártórendszer megvalósítása, amely virtuális elemeken és fizikai megvalósításon egyaránt alapul, figyelembe véve a testreszabott tömeggyártás előnyeit. A rendszer képes kell, hogy legyen különböző termékek gyártására – összeszerelésére pusztán szoftveres módosítás alapján, amit a gyártás előtt virtuálisan megtekinthetünk és végigkövethetjük a folyamatot (Mészáros–Sárosi, 2022). A legyártott termékek változatosságát a raktárkészletben rendelkezésre álló alkatrészek, és a gyártási folyamatban beillesztett munkaállomások – szerszámok határozzák meg. A kialakított rendszer a következő egységekből tevődhet össze:

- AR/VR rendszerek,
- 3D nyomtatás,

- Automatizált gyártás / megmunkálás / összeszerelés,
- AGV szállítórendszer,
- Minőség-ellenőrzés,
- Automatizált raktározás.

A virtualizációs rendszer lehetővé teszi a gyártó számára, hogy tanulmányozza a rendszer egyes elemeit, így képes lesz elemezni és optimalizálni ott, ahol valós világban változtatásra van szükség (1. ábra). A VR minimalizálja a tervezést azáltal, hogy lehetőséget ad a mérnöknek a módosítások tesztelésére még azelőtt, hogy a végső terméket létrehoznák (Pletikoszty et al., 2022).

1. ábra: Digitális iker platform átalakítási folyamat



Forrás: <https://etap.com/products/etap-digital-twin>

A VR betanítási programjaival szimulálhatóak a gyártási környezetben előforduló valóság-hű és kockázatos szimulációk anélkül, hogy a fejlesztőket tényleges veszélynek tennék ki és elkerülnék az esetleges hibaforrásokat még a korai tervezési fázisban. A jelen cikk átfogó célja olyan, az ipar 4.0 terén végzett K+F tevékenységek fejlesztése/ismertetése, amelyek hozzájárulnak:

- Magyarország helyzetének megerősítéséhez az európai, valamint világ színvonalú ipar 4.0 kutatásokban,
- A hazai kutatószervezetek vállalkozásokkal, valamint nemzetközi szervezetekkel történő együttműködéséhez,
- A kutatói munkahelyteremtéshez,
- Az ipar 4.0 kutatás terén végzett kutatás fejlesztés kapacitás fejlesztése, műszeres infrastruktúrájának javítása,

- Külföldi, vagy pillanatnyilag külföldön dolgozó magyar kutatók Magyarországra vonzásához, és beilleszkedéséhez.

A gyártás során megtekinthetők a munkautasítások, megfigyelhető a munkafolyamat, megállapítható az egyes műveletek ciklus ideje. A továbbiakban megvizsgálható a munkavállalókra ható terhelések nagysága, és ellenőrizhető a munkaállomások optimális kialakítása, valamint, hogy megfelelő szerszámok állnak-e rendelkezésre.

2. Termelés-tervezés ütemezés és végrehajtás integrált rendszerekkel

Az olyan cégek számára, amelyek az ügyfelek elégedettségére helyezik a hangsúlyt, fontos, hogy olyan termelési rendszert használjanak, amely nem csak optimalizálja a költségeket és kiegyensúlyozza a termelés ingadozásait, hanem magas szintű vevői kiszolgálást is biztosít. A tervezett platform számos szolgáltatást kínál, többek között a termelési stratégia és projekttervezés, menedzsment-támogatás, üzleti, termelési és logisztikai folyamatok elemzése és modellezése, a meglévő vállalati információs architektúra feltérképezése, célszoftverek kiválasztása és bevezetése, valamint egyedi, probléma-specifikus, vállalatra szabott alkalmazásfejlesztés. Mindezzel elengedhetetlen a fejlett termelés-irányítási eszközök (termelés-tervezés, ütemezés és gyártásirányítás) és a támogató informatikai rendszerek valós idejű, integrált alkalmazása a mai komplex és gyorsan változó környezetben.

3. Gyártási és logisztikai folyamatok optimalizálása

A modern szimulációs és adatelemzési szoftverek, valamint a rendelkezésre álló számítási kapacitás megfizethető áron lehetővé teszik a viszonylag összetett gyártási rendszerek alapos elemzését és optimalizálását. A diszkrét, eseményvezérelt szimulációs modellezés és a hozzá kapcsolódó részletes adatelemzés nagy tapasztalattal és számos referenciával rendelkező tervezőmérnökökkel, a termelés és a logisztika területén számos lehetőséget kínál, mint például az adatok elemzése és előkészítése, a teljes rendszer vagy rendszermodul és folyamat átfogó elemzése, a gyenge pontok felderítése (például a szűk keresztmetszetek vagy a ki nem használt kapacitások), az anyagi és információs folyamatok összefüggéseinek feltárása, a különböző megoldási lehetőségek hatásainak összehasonlítása és a modellezett rendszer bizonytalan környezetbeli viselkedésének elemzése.

Mintalaborban megtalálhatóak az ipar 4.0 technológiai fejlesztések főbb elemei, beleértve termelési és szolgáltatási, valamint infokommunikációs technológia fejlesztések és az alább felsorolt technológiák mutathatók be:

- Gyártás vizualizáció, MES (Manufacturing Execution System),
- Ellátási lánc vizualizációja, kollaborációja,
- Ellátási lánc, készlet és termelés-tervezés optimalizálása,
- Big Data megoldások,
- Intelligens energiafelhasználás,
- Robotokkal támogatott gyártás, kollaboratív robotok (CR),
- Korszerű raktár- és gyártáslogisztikai megoldások,

- Kis sorozatú és testreszabott gyártást támogató megoldások,
- Gép-gép (M2M) kommunikáció,
- AR alkalmazása karbantartásban, távoli segítségnyújtásban,
- 3D nyomtatás,
- Gyors prototípus-előállítás,
- Vevők bevonása a prototípus fejlesztési folyamatba, egyidejű tervezés.

A gyártók a VR segítségével vizsgálják meg a terveiket és mérik fel azt, hogy hogyan néznek ki a termék különböző elemei anélkül, hogy ténylegesen meg kéne építeni a terméket. A VR közvetlenül kapcsolatban áll a cég CAD szoftverével, így a fejlesztők gyorsan és könnyen végezhetik el a módosításokat, illetve szintén könnyen és gyorsan vizualizálhatják az eredményeket.

4. Hogyan valósulhat meg az ipar 4.0 megoldás?

Az ipar 4.0 számos fontos tényezőtől tevődik össze. Ezek közül néhány fontosabb a következőképpen emelhető ki:

- Adatgyűjtés a teljes gyártási folyamatról: folyamatok, alapanyagok, félkész termékek, emberek (Human Resource),
- Az adatokból a gyár egyszerűsített, valós idejű modelljének felépítése: az ipari digitalizáció alapja,
- Optimalizálás a vizualizált adatok ismeretében – a termelés felépítésére, a változások kezelésére vonatkozó döntések. Az erőforrások kihasználása különböző algoritmusok segítségével (Big Data vagy AI),
- Automatizálás, robotizálás a termelési lánc leggyengébb pontjainak ismeretében,
- A digitális gyár kialakítása kommunikációképes informatikai hálózat kiépítésével, biztonsági megfontolásokkal,
- Intelligens termelésvezérlés: az idealizált modell és a valós gyártó rendszer adaptív fúziója, iteratív optimalizálás.

Gyártáson túli digitális támogatás a minőségbiztosításban és a karbantartásban:

- AR használata: pl. az adott gépre „vetített” szerelési utasítások, amit a szakember okosszemüveggel vagy táblagépen keresztül láthat. Távoli eléréssel szükség esetén egy specialista is közreműködhet a folyamatban,
- Prediktív karbantartás, amelynek során mérik a gyártóeszköz paramétereit, ezzel előre meg lehet „jósolni”, hogy mikor és hogyan kell közbelépni és/vagy változtatni, még mielőtt elromlana a szerszám (javítás, csere).

Az ipar 4.0 elsősorban olyan új szemlélet, amellyel minden termelő és logisztikai vállalatnak meg kell ismerkednie. Ez magában foglalja a termelési és logisztikai folyamatokat támogató informatikai megoldásokat, a hardver és szoftver eszközök összességét, ezek hálózatban történő használatát.

5. Gyártáslogisztika

Az ipari digitalizáció által megalkotott gyártáslogisztika irányítás megoldás egy olyan részben szoftver, részben hardver, továbbá szolgáltatásokból álló

termékcsomag, amely elsősorban a munkaszíjigetes beszállítói tevékenységét végző vállalkozások számára lehetővé teszi a gyártás logisztikai folyamatok automatizálását és ezen keresztül optimalizálását, ezáltal jelentős hatékonyság bővülést biztosítva az együttműködő gyártók részére (Kóczi–Sárosi, 2022). Az ipari digitalizáció által megfogalmazott gyártáslogisztika irányítási megoldás legfontosabb szolgáltatásai:

- A gyártótéri félkész termék készlet szintek optimalizálása – minden gyártási szakaszban a gyártás folyamatosságához és a megrendelések kiszolgálásához szükséges félkész termék készlet rendelkezésre álljon, de ne legyenek az optimális szinthez képest többlet félkész termék készletek.
- A gyártótéri félkész termékek a First In First Out (FIFO) elv alapján kerülnek felhasználásra, azaz az előző gyártási folyamatból legkorábban kikerült félkész terméket kell a következő folyamatban használni. Ez előírás bizonyos gyártásrendszerekben érvényesül.
- Az egyedi termékkövetés a gyártósíjigetes termelés során azt jelenti, hogy nem egyedi azonosítású termékeknél is pontosan dokumentálni kell, hogy melyik gyártási folyamatokon mentek keresztül, például milyen műszakban, melyik munkaállomáson, milyen emberrel vagy géppel stb.
- A gyártótéri anyagmozgatást optimalizálni kell annak érdekében, hogy a félkész termékek és az alapanyagok ellátása a lehető legkevesebb emberrel, géppel és anyagmozgatási kilométerrel történjen, miközben a termelés zavartalanul működik.
- Az alapanyagmozgatás támogatása azt jelenti, hogy az alapanyagokat általában külön raktárban tárolják, ezért azokat a raktár bejáratánál kell átvinni, majd a megfelelő időpontban el kell juttatni az alapanyag felhasználás helyére. A gyártáslogisztika irányítás segítségével az alapanyag kivételezése időpontját pontosan meghatározhatjuk, ezáltal hatékonyabbá téve az alapanyagraktár működését.
- A késztermékmozgatás támogatása azt jelenti, hogy a készterméket a gyártás végén átadják a raktárnak, ahol azokat a gyártótéri anyagmozgatás részeként szállítják el a megfelelő helyre. A rendszer segít abban, hogy pontosan követhető legyen, melyik terméket és milyen mennyiségben kell eljuttatni.
- A rendszer lehetővé teszi, hogy akkor is kiszolgáljuk a megrendelők igényeit, ha az alapanyag vagy a késztermékraktár nem elkülönített, hanem a gyártótérben található, és nem igényel külön raktárszemélyzetet.
- A gyártósíjigetes Just In Time (JIT) működés a gyártásirányítás és a gyártótéri logisztika összehangolásával valósítható meg, azaz a félkész termékek közvetlenül a gyártósíjigettőt.

A nagyobb mérnöki vállalatok toborzásának változásában a kiterjesztett és VR ipari potenciáljának egyik legfontosabb jelzője látható, ahogy Andersson és munkatársai is megemlézték (Andersson et al., 2021). Az utóbbi időben a cégek rendkívül nyitottak és aktívan toboroznak játéktervezés terén diplomával rendelkező embereket. Ezek a fiatal mérnökök úgyesen bánnak a VR lehetőségekkel és az

iOS/Android mobil eszközökkel, így segítenek megvalósítani az ipar 4.0 és az IoT (dolgok internete) megoldásokat.

6. Az okos gyár és annak előnyei

Az üzleti tényezők változása és a vevői elvárások növekedése egyre gyorsabb, erőteljesebb és magasabb minőséget követel a személyre szabott termékek szállításában. A termékek élettartama rövidül, és világszerte fontos a folyamatos rendelkezésre állás és az azonnali reagálás akár fizikai jelenlét nélkül is. Ez a folyamat folyamatosan gyorsuló természetes fejlődés. Azok a vállalatok előnyt élveznek a versenyben, akik időben felismerik és alkalmazkodnak a változásokhoz. Az intelligens gyárakban okos termékek készülnek a korábban ismertetett kiberfizikai termelési rendszerek alapján (Hattayer–Gál, 2022). A gyártás és logisztika teljesen átalakul, az izolált termelési egységek pedig teljesen integrált, automatizált és optimalizált, nagy hatékonyságú termelési folyamatokká olvadnak össze mind az egyes gyárakon belül, mind azon kívül. Ennek következtében megváltozik a viszony a terméket előállító vállalkozások, a logisztikai feladatokat ellátó szállítók és az ügyfelek között. A cégek globális értékláncot alkotnak, és ezek az értékláncok versenyezhetnek egymással szemben, nem pedig az adott értéklánc bizonyos résztvevői. Az értéklánc résztvevői térben egymástól távolabb is lehetnek, de integráltságuk horizontális és vertikális értelemben is megoldható. A cégek a piaci igényekre specializálódva, országhatárok nélkül szolgálják ki a vevőket. A globális szolgáltatási háló elképzelése már a cégcsoportok esetében is látható. Az intelligens gyár minden időben alkalmazkodik az új körülményekhez és környezethez, mint például a megrendelés-állományhoz vagy az anyagszükséglet rendelkezésre állásához, és önállóan optimalizálja a termelési folyamatait. Ennek a teljes ellátási és értékláncban a beszállítókkal és a megrendelőkkel való integráción keresztül kell megvalósulnia, ami azt jelenti, hogy a szereplők közötti összefonódásról van szó, amit horizontális integrációnak nevezünk. Az intelligens gyárban, a cégen belül az emberek, gépek és más erőforrások digitális modellben jelennek meg, és a kiberfizikai rendszerek segítségével kommunikálnak egymással. Ezt vertikális integrációnak nevezzük. Az ilyen rendszerben valós idejű információk válnak elérhetővé a gyártási folyamat állapotáról és környezetéről. A kiberfizikai rendszerek segítségével magas komplexitású gyártási folyamatokat lehet felügyelni, és az értékteremtés és a termék-életciklusának adatai az elejétől a végéig ellenőrizhetővé válnak. Az egész ipari termelés integrálhatóvá válik egy intelligens környezetben, amely által a termelésben nem csak a rugalmasság növelhető, hanem lehetővé válik egy elosztott szabályozási és irányítási folyamat kialakítása. Az ipar 4.0 bevezetése lehetővé teszi, hogy a termék és a gyártási folyamat intelligensebb legyen, és hogy a termékek, a rendszerek, a gépek és a logisztikai elemek közvetlenül egymással kommunikáljanak (Csikós–Bálint, 2016). A kommunikáció eredményeként önálló döntések születnek meg, és nincs szükség hierarchikus adatáramlásra. A gyártási folyamat decentralizáltan valósul meg, és a termék határozza meg, mi történjen vele az adott gyártási folyamat során. Az ipar 4.0 koncepcióban a tárgyak digitális összehangolásával lehetővé válik az optimális

nyersanyag-beszerezés, termelés, raktározás, szállítás stb. A vertikálisan és horizontálisan integrált, virtuális értékláncba szervezett működés az ipar 4.0 jellemzője, és a beszállítóknak is be kell vezetniük a megfelelő technológiákat ahhoz, hogy integrálhatók lehessenek a megrendelő hálózatába, különben a konkurens cégek előnyhöz jutnak.

7. Az automatizált raktár szabályozási rendszer működési logikája

A logisztikában jelentős szerepet tölt be a raktározás, mint anyagi rendszerfeladata a raktározásnak vagy, mint anyagi folyamatnak a megvalósítása. Ennek megfelelően három részfolyamatot különböztethetünk meg:

- Beszállítási (raktári megrendelés, beszállítás, betárolás),
- Tárolási,
- Kiszállítási (kereslet, kitárolás, kiszállítás) folyamatot.

A raktárban tárolt mennyiségek és azok időbeli változásai közvetlenül függenek a bemeneti és kimeneti folyamatok mennyiségi és időbeli paramétereitől. Ezek a paraméterek lehetnek meghatározhatóak előre meghatározott értékekkel, vagy véletlenszerűek, és lehetnek determinisztikusak vagy sztochasztikusak. A kiszállítás hatására a raktáron lévő mennyiség csökken, viszont beszállításkor feltöltik a készletet. Az anyagáramlás során a készlet szorosan kapcsolódik a kereslet és a kínálat között. A tárolt készletnek mindenképpen biztosítania kell:

- A termékek iránti időben és mennyiségben változó kereslet kielégítését,
- Az értékteremtési láncban az egyes folyamatok függetlenségének fenntartását,
- A gyártásütemezés rugalmasságát,
- A termelési folyamatok sztochasztikus jellegéből fakadó bizonytalanságok toleranciáját,
- A felmerülő piaci lehetőségek, előnyök kiaknázását.

Az előzőekben felsoroltakat a raktárkészlet nagyságának növelésével érhető el. Mint köztudott a készlettartás költségnöveléssel jár, mely miatt a készletszint minimalizálására célszerű törekedni. Ezért a vállalatok által kitűzött gyakorlati irányelv az adott körülményekhez mérten az optimális készletszint tartása. Ezt az optimalizálási folyamatot valósíthatja meg egy modern módszereken és eljárásokon alapuló felügyeleti rendszer. A készletraktározó rendszer alapvető célja az adott gyártási folyamat anyagszükségleteinek kielégítése, a raktározási stratégiák működtetése, valamint az optimális készletszint meghatározása és fenntartása gazdasági vagy megbízhatósági szempontok alapján (Dominik et al., 2023). A raktárfelügyelet része ennek a rendszernek, amely magában foglalja a raktározási irányelvek betartását, a rendelések kezelését és a készletfigyelést. A felügyelő rendszer közvetlenül kapcsolódik az anyagmozgatási folyamatokhoz, és szabályozza azokat térben és időben. A rendeléskezelésen keresztül befolyásolja az ellátási lánc különböző pontjain kialakuló készletmennyiséget, és az egész raktározási folyamat hatékonyságát igyekszik maximalizálni. A raktározó rendszer elsődleges feladata a kereslet alapján történő működés. A kereslettel kapcsolatos információk a raktározási mechanizmusba érkeznek, ami az adott raktározási stratégiát és a

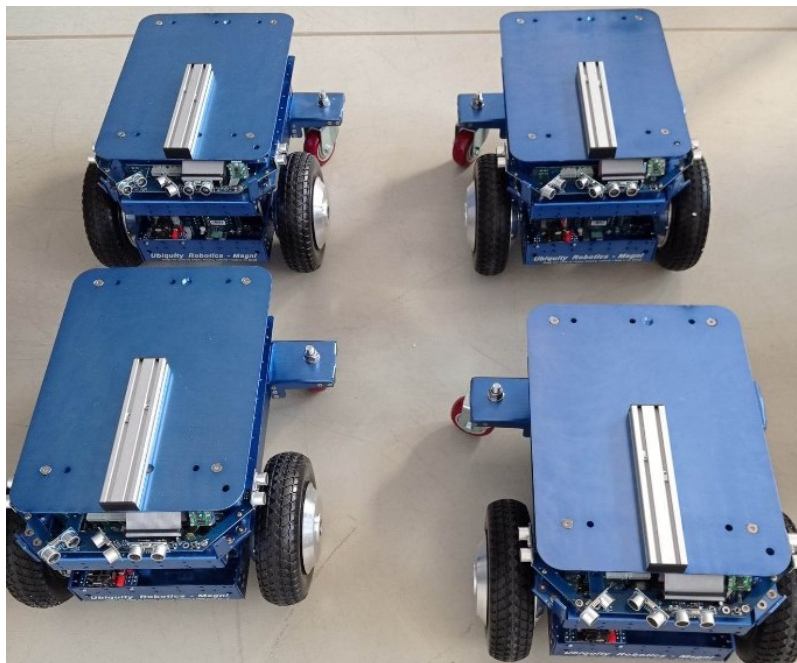
rendszer céljait és követelményeit teljesíti. Amikor a keresletet kielégítették, a raktárkészlet szintje megváltozik, és ennek a szintnek a meghatározott értéken kell maradnia. Ennek érdekében a szabályozott jellemzők mérhetők közvetlenül a raktárkészlet figyelése által vagy közvetetten azokon a folyamatokon keresztül, amelyekkel a szabályozott jellemzők kapcsolatban vannak, például a kereslet és a kielégítés, valamint a bemeneti és kimeneti folyamatok mérése révén.

8. Automata szállítóeszközök (AGV-k) logisztika optimalizálás

A gyáron belüli anyagmozgatási logisztika területén egyre nagyobb figyelmi egység fordul az automatizálás irányába. Emellett a felhasználók olyan moduláris megoldásokat keresnek, amelyek igény szerint bővíthetők, és alkalmasak bármely rendszerhez történő integrálásra. Mindehhez társul még alapelvárásként a lehető legrövidebb kivitelezési időtartam. Az AGV-k (Automated Guided Vehicle) optimális automatizálási megoldást kínálnak számos logisztikai feladatra. Alkalmazásuk előnyei közé tartozik a megbízhatóság, a folyamatbiztonság és a magas fokú hatékonyság. Emellett hibrid üzemeltetésekor szállítószalagos rendszerrel kollaboratív módon együtt is alkalmazhatók. Az AGV szállítóeszközök rendszerbe illesztése vagy bővítése is könnyen megoldható. Ennek köszönhetően az elmúlt években jelentősen növekedett az érdeklődés és a beruházási hajlandóság az AGV rendszerek iránt. Egyre több cég szeretné az anyagmozgatás automatizálását AGV rendszerekkel optimalizálni.

A Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kara együttműködve a Csongrád Megyei Kereskedelmi és Iparkamarával, a Szabadkai Üzleti Inkubátorral és a Szabadkai Műszaki Szakfőiskolával a Magyarország-Szerbia IPA Határon Átnyúló Együttműködési Program keretében, „Mechatronikai és ipari automatizálási regionális innovációs laboratórium – Industry 4.0 (RILIAM I-4.0)” címmel, közös szakmai projektet valósított meg. A projektben négy darab AGV – Automated Guided Vehicle, avagy automatikusan vezérelt jármű – került beszerzésre, amelyek az SZTE MK Robotika laborjának eszközparkját bővítik és színesítik (2. ábra). A szenzorokkal és kamerákkal gazdagon felszerelt mobil robotok a korábban beszerzett pick & place eszközhöz illeszthetők, így az ott szétválogatott munkadarabok tetszőleges célállomásra szállíthatók általuk. A hallgatók így tanulmányaik során megismerkedhetnek ezekkel a rendszerekkel.

2. ábra: AGV rendszerek



Forrás: a szerző szerkesztése.

A testreszabott igények definiálásához a cégnek pontosan elemeznie kell azt a folyamatot, amelyet automatizálással szeretne kiváltani. Az AGV rendszerek főbb alkalmazási területei a repetitív, rutin szállítási feladatok megoldása, mint például az áru beérkezésétől vagy a gyártósortól a raktárba való szállítás, akár 24 órán keresztül. Az AGV rendszerek tervezésénél a mérnöki kihívásokat az adott alkalmazási hely és a cég specifikus adottságai adják. Éppen ezért az érdekelt cégeknek a specifikációban mindent szigorúan dokumentálniuk kell (Đekić–Mester, 2021). A dokumentáció alapján kerülnek telepítésre az eszközök és a teherfelvételi elemek az egyedi szállítási feladatokhoz, hogy az egyedi körülményeknek megfelelő feltételeket ki tudják szolgálni. Ennek eredményeképpen – az ipar 4.0 elvének megfelelően – a gépek megbízhatóan kommunikálnak a már fennálló IT- és szoftverkönyezettel vagy gyártóelemekkel. A megcélzott rakodási teljesítmény ismeretében határozható meg a szükséges AGV-k száma (Gogolák–Fürostner, 2020). Az alábbi tényezők határozzák meg, mekkora legyen az AGV flotta ahhoz, hogy az átlagos szállítási kihasználtsághoz állandóan rendelkezésre álljon, de még a gyártási csúcsokat is ki tudja szolgálni:

- Szállítási anyagmennyiség,
- Környezeti paraméterek (a szállítási útvonalak hossza és adottsága, a maximális menetsebesség az óránkénti/útvonalankénti szállítások elemzéséhez),
- Töltőállomások pozicionálása (útvonalak, a töltési és a szállítási idő arányának függvényében),
- Megbízások/feladatok kezelése.

Az eredmény a célfeladathoz szükséges AGV-k és töltőállomások száma, amelyből következik a flotta mérete. Lítium-ion akkumulátorral hajtott AGV-k és automata csatlakoztatás esetében a szállítási szünetek kihasználhatók utántöltésre. Így az AGV rendszerek 24 órán keresztül kezelő nélkül használhatók. Az AGV rendszerek 24 órás üzemeltetése nagyon fontos a hatékony és megbízható automatizálás szempontjából. Az akkumulátoros táplálású mobil robotok használata ezt a célt szolgálja, azonban ennek néhány technikai kihívása van, amelyeket érdemes megfontolni. Az AGV rendszerek 24 órás üzemeltetése általában úgy valósul meg, hogy az akkumulátoros mobil robotok rendszeresen visszatérnek a töltőállomáshoz, hogy feltöltsék az akkumulátoraikat. Ezzel biztosítva van a folyamatos üzemeltetés, mivel a robotok csak akkor dolgoznak, amikor teljesen feltöltött akkumulátorral rendelkeznek. Az akkumulátoros táplálású mobil robotok monitorozása az automatizálás során különösen fontos, mivel a hibás vagy lemerült akkumulátorok károsíthatják a robotokat és a munkakörnyezetet is. A robotok monitorozása és vezérlése általában központi irányítóegységgel történik, amely figyeli az akkumulátorok állapotát és jelzi a visszatöltési szükségességet. A töltési idő és típus szintén fontos szempont, amely befolyásolhatja az automatizálás hatékonyságát. A gyors töltési technológiák, például a szabványosított gyorsöltők, lehetővé teszik, hogy az akkumulátorok rövidebb idő alatt teljesen feltöltődjenek. A megfelelő töltési ciklusok, például az optimális töltési feszültség és áram beállítása, biztosítják az akkumulátorok hosszabb élettartamát. A töltési idő hossza befolyásolhatja az automatizálás hatékonyságát, mivel az akkumulátorok töltésekor a robotok nem dolgoznak. Ezért fontos, hogy az akkumulátorokat olyan időpontokban töltsék fel, amikor a robotok nem dolgoznak, vagy olyan módon, amely minimalizálja a töltési időt és a munkaütemtervet. Összefoglalva, az akkumulátoros táplálású mobil robotokat úgy kell üzemeltetni, hogy biztosítva legyen a folyamatos üzemeltetés 24 órán keresztül.

9. VR a gyártásban

Az ipari digitalizáció, vagyis az ipar 4.0 egy olyan gyártási paradigmaváltást jelent, amelynek célja az ipari folyamatok hatékonyságának növelése és a termelési folyamatok optimalizálása. Az ipar 4.0 egy olyan ökoszisztéma, amelybe számos új technológia, mint például a mesterséges intelligencia, a gépi tanulás, az automatizálás és a robotika kerül bevonásra. A VR egy olyan technológia, amely lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy valóságyszerű, de virtuális környezetben interaktív módon vegyen részt. Az ipar 4.0 és a VR együttes használata lehetővé teszi a gyártóknak, hogy optimalizálják a termelési folyamatokat, növeljék a hatékonyságot és csökkentsék a hibák számát. Az ipar 4.0 és a VR használata azonban kihívásokat is jelent a gyártók számára, többek között az adatbiztonság és a munkaerő-piaci kihívások terén. A VR alkalmazása a gyártási folyamatban lehetővé teszi a gyártási folyamatok digitalizálását és a termékek digitális másolatának készítését. A VR technológiával lehetőség van az üzemekben történő virtuális tervezésre, az összeszerelési folyamatok tervezésére és azok optimalizálására, ami csökkentheti a termelési időt és javíthatja a minőséget. A VR alkalmazása lehetővé

teszi az operátorok számára, hogy virtuális környezetben szimulálják a gépek működését és az összeszerelési folyamatokat, ami javíthatja a hatékonyságot és a biztonságot is. Emellett a VR segítségével az operátorok képzése is hatékonyabb lehet, mivel biztonságosabb környezetben lehet gyakorolni az összeszerelési folyamatokat.

10. A fordított tervezés

Számos cég küzd a gyártórendszerek megfelelő cserealkatrészeinek gyors és hatékony beszerzésével. Sok esetben a termelési lánc elavult lehet, így a cserealkatrész-ellátás akadozhat vagy akár teljesen megszűnhet. Esetenként a szükséges alkatrészek tervdokumentációja nem elérhető vagy hiányos. A fordított tervezés (Reverse Engineering) folyamata során egy már létező tárgy, eszköz vagy gép fizikai modelljét digitalizálják, hogy létrehozzanak egy 3D-s digitális reprodukciót. Ez a digitális modell lehetővé teszi a tervezők és mérnökök számára, hogy könnyen módosítsák a termék tervezését, áttervezzék a terméket vagy akár nyomtatási feladatokat hajtsanak végre a modell alapján. A fordított tervezési folyamat során általában olyan technológiákat alkalmaznak, mint a 3D-s szkennelés, a számítógépes tomográfia (CT) vagy a lézeres szkennelés, hogy megkapják a pontos 3D-s adatokat a tárgyról.

11. Karbantartási stratégiák

Az iparban elterjedt szabvány szerint a karbantartás az összes olyan intézkedés, amely a kívánt állapot megóvására, helyreállítására és a meghibásodások megakadályozására irányul. A karbantartások technikai, adminisztratív és szervezési tevékenységeket foglalnak magukba, és összhangban állnak a vállalati célokkal és a megfelelő karbantartási stratégiával. A fizikai folyamatként kezelt karbantartásokat két csoportra oszthatjuk: hibaelhárító és megelőző karbantartás (Sánta et al., 2022). A hibaelhárító karbantartás célja, hogy a hibás berendezéseket visszahozzák a működőképes állapotba, míg a megelőző karbantartás célja, hogy megakadályozza a jövőbeli hibákat, még működő berendezések karbantartásával. Az összes karbantartási stratégiát ezek alapján lehet megkülönböztetni, és az adott vállalat igényei alapján választhatók ki a legmegfelelőbb karbantartási rendszer kialakításához:

- Eseti vagy hibáig tartó üzemeltetés,
- Ciklikus,
- Állapotfüggő,
- Karbantartás-megelőzés.

Abban az esetben, ha a hiba elkerülési költsége magasabb, mint a hiba által okozott közvetett és közvetlen kár, akkor a legkézenfekvőbb karbantartási stratégia az, hogy a berendezést hibáig működtetjük, tehát a berendezés életébe csak akkor avatkozunk be, amikor a funkcióvesztés már fennáll. Ez a megközelítés az ún. „hibajavításra” vagy „reaktív karbantartásra” utal, ahol az eszközök és berendezések csak akkor javítanak, ha már meghibásodtak. Azonban, ha a hiba elkerülésének

költsége alacsonyabb, mint a hiba által okozott kár, akkor a legjobb stratégia a megelőző karbantartás, amelyben az eszközöket rendszeresen ellenőrzik és karbantartják, még mielőtt meghibásodnának. A trendelemzés segítségével a hibák és meghibásodások előrejelezhetőek, és időben megelőzhetőek lehetnek. Ezáltal a karbantartási költségek csökkenthetőek, az üzemidő növelhető, és a termelékenység és a munkavédelem is javítható. A JIT (Just In Time) karbantartás a különböző mutatók elemzése nélkül nehezen valósítható meg.

12. Összefoglaló

Az ipari digitalizáció eredményeinek konferenciák, folyóiratokban történő publikációk, nyílt hozzáférésű adattárak vagy ingyenes, vagy nyílt forráskódú szoftverek útján történő széles körben való terjesztése publikálásra kerülnek. Habár a VR és az AR még évekre van attól, hogy teljes mértékben bekerüljön a gyártás mindennapi használatába, az már látszik, hogy virágzó jövője van ezen a területen. Az ipari digitalizáció keretében piacra vihető termék valósul meg, mely az adott ügyfélre való szabás után használható és olyan, laikusok számára is kezelhető, AR/VR felületet tartalmaz, mellyel olyan funkciókat tudnak ellátni, amelyet eddig csak komoly programozási ismeretekkel rendelkező fejlesztők tudtak megtenni.

Irodalomjegyzék

- Andersson, S. K. L., Bruch., J., Hedelind, M., Granlund A. (2021): Critical Factors Supporting the Implementation of Collaborative Robot Applications. 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) 1–7. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613422>
- Csikós, S., Bálint, Á. (2016): DC motor speed control in LabVIEW. *Recent Innovations in Mechatronics*, 3 (1-2): 1–3. <https://doi.org/10.17667/riim.2016.1-2/15>.
- Đekić, M. D., Mester Gy. (2021): Kiberbiztonság, kiberműveletek vizsgálata, Vajdasági Magyar Tudományos Társaság.
- Digital twins for Industrial Applications. An Industrial Internet Consortium White Paper (2020): <https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_Digital_Twins_Industrial_Apps_White_Paper_2020-02-18.pdf> (2023.02.10).
- Dominik, C., Ákos, O., Richárd, P., József, S., Peter, S. (2023): A novel orientation-based FSPL model parameter optimization method using PSO for indoor localization. In: *IEEE 21st World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics SAMI (2023): Proceedings*. 201–205.
- Gogolák, L., Füstner, I. (2020): Wireless sensor network aided assembly line monitoring according to expectations of industry 4.0. *Applied Sciences*, 11 (1): 25. <https://doi.org/10.3390/app11010025>
- Hattayer M., Gál J. (2022): Az ellátási lánc menedzsment gyógyszeripari aspektusai. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 17 (1-2): 51–58. <https://doi.org/10.14232/jtgf.2022.1-2.51-58>
- Kóczy D., Sárosi J. (2022): Kollaboratív robotok ipari alkalmazása – Áttekintés. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 17 (1-2): 145–152. <https://doi.org/10.14232/jtgf.2022.1-2.145-152>
- Mészáros, A., Sárosi, J. (2022): Soft Robotics: State of Art and Outlook. *Analecta Technica Szegediniensia*, 16 (1): 8–13. <https://doi.org/10.14232/analecta.2022.1.8-13>
- Open Manufacturing Platform (2022): <<https://open-manufacturing.org/>> (2023.02.07.)
- Pletikoszity, Á., Füstner, I., Gogolák, L. (2022): Industry 4.0 and Rami Model Based Art in Microindustry for Polishing Application. In: *Security-Related Advanced Technologies in Critical*

Infrastructure Protection: Theoretical and Practical Approach. Dordrecht: Springer Netherlands. 331–340. https://doi.org/10.1007/978-94-024-2174-3_28

Sánta, R. (2022). Investigations of the performance of a heat pump with internal heat exchanger. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 147(15): 8499–8508. <https://doi.org/10.1007/s10973-021-11130-5>

The Digital Twin Consortium. (2023): <<https://www.digitaltwinconsortium.org/>> (2023.02.07.)