

Gyártórendszerek folyamatfejlesztési lehetőségei a negyedik ipari forradalomban

Process improvement possibilities for manufacturing systems in the industry 4.0

Posibilitățile dezvoltării proceselor în sistemelor de fabricație în a 4-a revoluție industrială

Dr. TAMÁS Péter¹, Prof. Dr. ILLÉS Béla²

¹Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet, e-mail: alttpeti@uni-miskolc.hu

² Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet, email: altlles@uni-miskolc.hu

ABSTRACT

The fourth industrial revolution creates some new possibilities for the production processes' improvement for example by spreading the „Internet of things (IoT)” and appearance of the cyber physical systems. This paper introduces in details the fourth industrial revolutions' more important achievements and those possible effects on formation of „the lean wastes”. In this paper there will be also numerous new research directions in connection with the manufacturing systems' process improvement possibilities presented.

ÖSSZEFOGLALÓ

A negyedik ipari forradalom többek között a „dolgok internete” (Internet of Things (IoT)) elterjedésével, valamint a kiberfizikai rendszerek megjelenésével új lehetőségeket biztosít a termelési folyamatok fejlesztésére. A dolgozat részleteiben ismerteti a negyedik ipari forradalom eddigi fontosabb vívmányait, majd bemutatja, hogy azok milyen módon támogathatják a lean filozófia által megfogalmazott célkitűzéseket. Továbbá a dolgozatban számos új kutatási irányt is bemutatunk a gyártórendszerek folyamatfejlesztési lehetőségeivel kapcsolatban.

Kulcsszavak: lean, ipar 4.0, értékfolyamat, folyamat-fejlesztés, kiberfizikai rendszerek

1. BEVEZETÉS

A vevők által megkövetelt termékminőség biztosítása csupán a megfelelő gyártási technológiák és logisztikai folyamatok kialakításával érhető el [1, 2]. A folyamatos fejlesztés megvalósítása mindkét területen elengedhetlenné vált a versenyképesség biztosítása érdekében. A korszerű gyártási technológiák fejlesztése [3, 4] (esztergálás, marás, fröccsöntés, stb.) területén manapság már jóval kisebb fejlesztési potenciál található, mint a logisztikai rendszerek fejlesztésénél. Köszönhető ez annak, hogy a negyedik ipari forradalom új lehetőségeket teremt (Internet of Things (IoT), kiberfizikai rendszerek, Big Data, stb.) a gyártási logisztikai rendszerek kialakításában, fejlesztésében [5, 6]. Korábban a tömeggyártás megvalósítására való törekvéssel szemben mostanra az egyedi gyártás minél hatékonyabb megvalósítása került előtérbe, melynek eredményeként elmondható, hogy azon vállalatok lesznek sikeresek, melyek az egyedi vevői igények alacsony költségen való kielégítésére képesek lesznek. A folyamatok komplexitásának növekedése miatt szükségessé vált a korábban alkalmazott folyamatfejlesztési módszerek, mint például az értékfolyamat-térképezés módszerének az újragondolása is a számítógépes modellezési technikák alkalmazásával [7].

Logisztikai szempontból a termelési folyamatban kezelendő anyagokat két csoportba sorolhatjuk, vagyis a darabáruk és ömlesztett anyagok csoportjába. Ezen csoportok kezelése a logisztikai műveletek (rakodás, szállítás, tárolás, csomagolás, ..., stb.), valamint az alkalmazott technológiai berendezések tekintetében is jelentősen eltér. A dolgozat terjedelmi korlátok miatt csupán a darabáruk gyártási folyamatának új hatékonyságnövelési lehetőségeit mutatja be. Ezen új hatékonyságnövelési lehetőségek az ipari 4.0, valamint a lean

filozófia „eszközeinek” alkalmazásával válnak elérhetővé. Gondolatmenetét tekintve a dolgozat bemutatja a lean filozófia lényegét, majd ismerteti az ipar 4.0 történetét, fontosabb vívmányait, ezt követően az új kutatási és veszteségcsökkentési lehetőségek körvonalazása valósul meg.

2. LEAN FILOZÓFIA A GYÁRTÁSBAN

A lean filozófia értelmezésére sokféle definíció létezik, melyek közül a lényegét véleményünk szerint Taichi Ohno, a Toyota üzemvezetője fogalmazta meg. Szavaival élve a lényeg a megrendelés és a pénzbeérkezés közötti idő lecsökkentése a veszteségek kiküszöbölésével [8]. A filozófia alapvetően két elvre épül, vagyis a veszteségek csökkentésére és az ember tiszteletére [9]. Az elmúlt időszakban a Toyota Termelési Rendszerből (TPS) kiindulva a lean filozófia egy jól definiált eszköz és szabályrendszerre fejlődött, mely nem csak a termelési, hanem a szolgáltatási területek veszteségeinek csökkentésére is felhasználható. A lean alapvetően 3 MU-t különböztet meg, így az egyenetlenséget (MURA), a túlterhelést (MURI) és a 8 alapvető veszteséget (MUDA) [9]. Elmondható, hogy a muri és a mura minden esetben mudát is okoz, ezért sok esetben a szakirodalmak csak a mudák, vagyis a veszteségek kiküszöböléséről beszélnek. Alapvetően 8 veszteséget különböztethetünk meg, melyek a túltermelés, felesleges készlet, anyagmozgatás, mozdulatok, várakozás, műveletek, hibák/selejteket, ki nem használt képességek [9]. A gyártás területén a lean filozófia szellemében számos új megoldás jelent meg (kanban rendszer, heijunka, jdoka, ..., stb.). Az eszközök használatán túl a dolgozók szemléletének, probléma megoldási képességének kialakítása nagyon fontos a folyamatos fejlesztések megvalósításához. A Toyota ezt a fejlesztési és a coaching katók segítségével valósította meg [10]. A coaching kata a fejlesztési kata megtanítására, a fejlesztési kata pedig a hatékony fejlesztés megvalósítására szolgáló rutin. Az említett katók gyakorlásával elérhető, hogy a vállalaton belül valamennyi fejlesztési célkitűzés hatékonyan, rövid idő alatt megvalósulhasson.

3. IPARI FORRADALMAK KIALAKULÁSA

Az ipari forradalmak alapvetően társadalmi, gazdasági és technológiai változásokhoz köthetőek, hiszen az egyes technológiák feltalálásának, elterjedésének alapfeltétele a megfelelő gazdasági és társadalmi környezet rendelkezésre állása. Az 1. ipari forradalom kezdetét pl. a modern gőzgép feltalálásától datáljuk (1769, James Watt). A következőkben az ipari forradalmakat és azok sajátosságait mutatjuk be.

1. táblázat Ipari forradalmak kialakulása

1. ipari forradalom

Kezdet: 18. század hatvanas éveitől

Fontosabb vívmányok:

- széntüzelésű gőzgép,
- textilüzemek gépesítése,
- gőzhajtású hajók, gőzvasút, stb.

2. ipari forradalom

Kezdet: 19. század 70-es éveitől

Fontosabb vívmányok:

- elektromosság,
- olajipar,
- acélipar,
- gépgyártás (esztergagép, fűrőgép, marógép, stb.),
- belső égésű motorok feltalálása,
- szolgáltatóipar megjelenése,
- tömegtermelés.

3. ipari forradalom

Kezdet: 20. század 30-as éveitől

Fontosabb vívmányok:

- atomenergia,
- új technológiák,
- CAD/CAM rendszerek,
- CIM rendszerek,
- folyamatok, hálózatok,
- zártkörű anyagáramlások.

4. ipari forradalom

Kezdet: napjainktól

Fontosabb vívmányok:

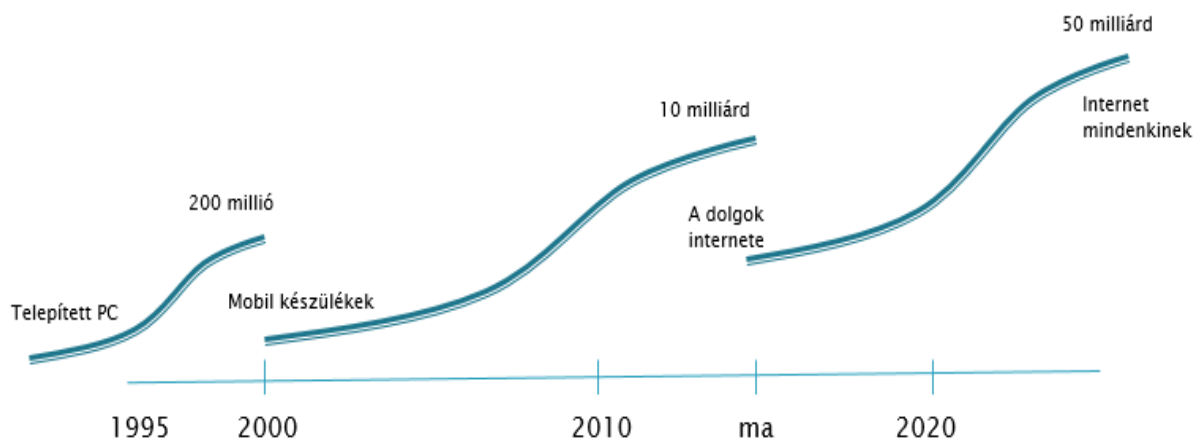
- dolgok internete (IoT- Internet of Things),
- kiberfizikai rendszerek,
- ipar 4.0,
- logisztika 4.0,
- gyártás 4.0,
- lean 4.0.,
- kórházi logisztika 4.0., ..., stb.

4. A NEGYEDIK IPARI FORRADALOM FONTOSABB ESZKÖZEI

A napjainkban is tartó negyedik ipari forradalom három legfontosabb fogalma – az Internet of Things (IoT), a kiberfizikai rendszerek és a big data – sokak szerint jelentős mértékben át fogja formálni a világot. Új lehetőséget teremtenek a termelési és szolgáltatási folyamatok fejlesztéséhez. A fejezet a fogalmak magyarázatát tűzte ki célul, mely ismereteket a későbbiekben használjuk fel.

4.1. Internet of Things (IoT)

Az „Internet of Things” kifejezést Kevin Ashton használta először 1999-ben [5]. Számos magyar nyelvű megfelelője létezik, de talán a „dolgok internete” kifejezés az, ami a legjobban kifejezi az elgondolás lényegét. Az IoT lehetővé teszi különféle eszközök (autó, kandalló, biztonsági rendszer, alkatrészek, anyagmozgató berendezések, stb.) interneten/valamilyen hálózaton keresztül való elérését, illetve bizonyos esetekben az eszközök közötti kommunikáció biztosítását is. Az elmúlt évtizedekben az interneten elérhető adatok többségét az emberek rögzítették, ez meglehetősen lehatárolta a rendelkezésre álló adattípusokat és azok mennyiségét. Annak érdekében, hogy az emberiség az általa működtetett rendszerek hatékonyságát tovább tudja fokozni, elengedhetetlen a felhasznált „dolgok”-ról való adatgyűjtés, illetve a kapott adatok alapján a rendszer működésébe való beavatkozás. Egy egyszerű példával élve, hogyha a technológiai berendezések fontosabb alkatrészeit olyan érzékelőkkel látnánk el, amelyek még a meghibásodás előtt jelzik a problémát, akkor időben beavatkozhatunk, és elkerülhetjük a termelés leállítását. Az elképzelés komolyságát az 1. ábrán ismertetett előrejelzés is alátámasztja.



1. ábra

Számítógépek számának alakulása [11]

Az eNET 2015 júliusában végzett online kutatása során feltárta a lakosság által ismert és hasznosnak vélt IoT megoldásokat, melyek a következők:

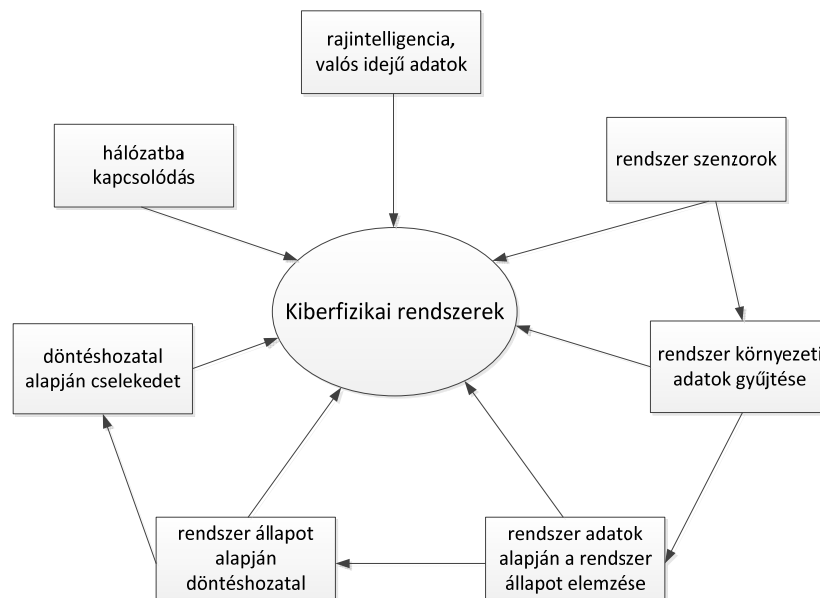
- intelligens otthoni riasztó (rendellenesség esetén üzenetet kapunk),
- okosautó (környezetet érzékeli és veszélyhelyzet esetén fékez vagy jelzést ad),
- okosmérő (valós idejű információt nyújt a gáz- és villamos áram-fogyasztás állapotáról és költségéről és ezt a szolgáltató is megkapja, így nem kell leolvasni),
- okosotthon (távrolról is vezérelhetjük a lakásunkban található eszközök működését pl. fűtés, világítás, ..., stb.),
- online kassza (NAV rendszere és a pénztárgépek közötti kommunikáció).

4.2. Kiberfizikai rendszerek

Az informatika és az automatizálás fejlődése, valamint a közöttük lévő kohézió növekedése lehetővé tette a kiberfizikai rendszerek alkalmazását (vezérléssel és hálózati kapcsolattal rendelkező elektronikai eszközöket nevezünk kiberfizikai rendszernek). A kiberfizikai rendszerek képesek környezetükből szenzorok segítségével adatokat gyűjteni, valamint a helyzetük elemzését követően cselekednek. A kiberfizikai rendszerek hálózatba kapcsolnak, jelentős részük egymással is összekötött, ezért alkalmazható a rajntelligencia (a közös stratégia alkalmazása a működésben), amely még hatékonyabb működést eredményez (2. ábra). A gya-

korlati életnek számos olyan területe létezik, amelyeknél a kiberfizikai rendszerek létrejötte a hatékonyság növekedésével párosulhat:

- közlekedésben a gépkocsik összekapcsolásával csökkenteni lehet a légellenállást, fogyasztást, balesetek számát,
- a gyártás területén a gyártórendszerek elemeinek összekapcsolásával csökkenteni lehet a gyártási veszteségeket,
- ellátási láncok kialakításánál, működtetésénél.



2. ábra
Kiberfizikai rendszerek működési koncepciója

4.3. Big Data koncepció

A világban keletkező adatmennyiség megközelítőleg két évente megduplázódik [6], melynek hatására hatalmas mennyiségű adat keletkezik az élet különböző területén (csillagászat, logisztika, kereskedelem, tőzsde, ..., stb.). A nagy mennyiségű adatokból az adatok közötti korrelációk feltárásával hasznos következtetéseket, új szolgáltatásokat hozhatunk létre. Ilyen szolgáltatás lehet például a repülőjegyek árának előrejelzésére szolgáló szoftver, mely a korábbi időszakos jegyvásárlások alapján határozza meg a megfelelő vásárlási időpontot anélkül, hogy ismernénk a mögöttes számítási módszert [6]. A big data lényege az előrejelzés, tehát „nagy mennyiségű” adat matematikai módszerekkel, eljárásokkal való kezelése valószínűségek meghatározásához. A big data koncepció egyesek szerint jelentős mértékben meg fogja változtatni a jövőt, hiszen a nagy mennyiségű adatra támaszkodva nagy valószínűséggel tudunk majd megfelelő döntéseket hozni, akár az ok-okozati összefüggések ismerete nélkül. A fentiekben ismertetett kifejezések egymással szoros kapcsolatban vannak. Tehát az IoT nélkül nem beszélhetünk kiberfizikai rendszerekről és big data-ról sem.

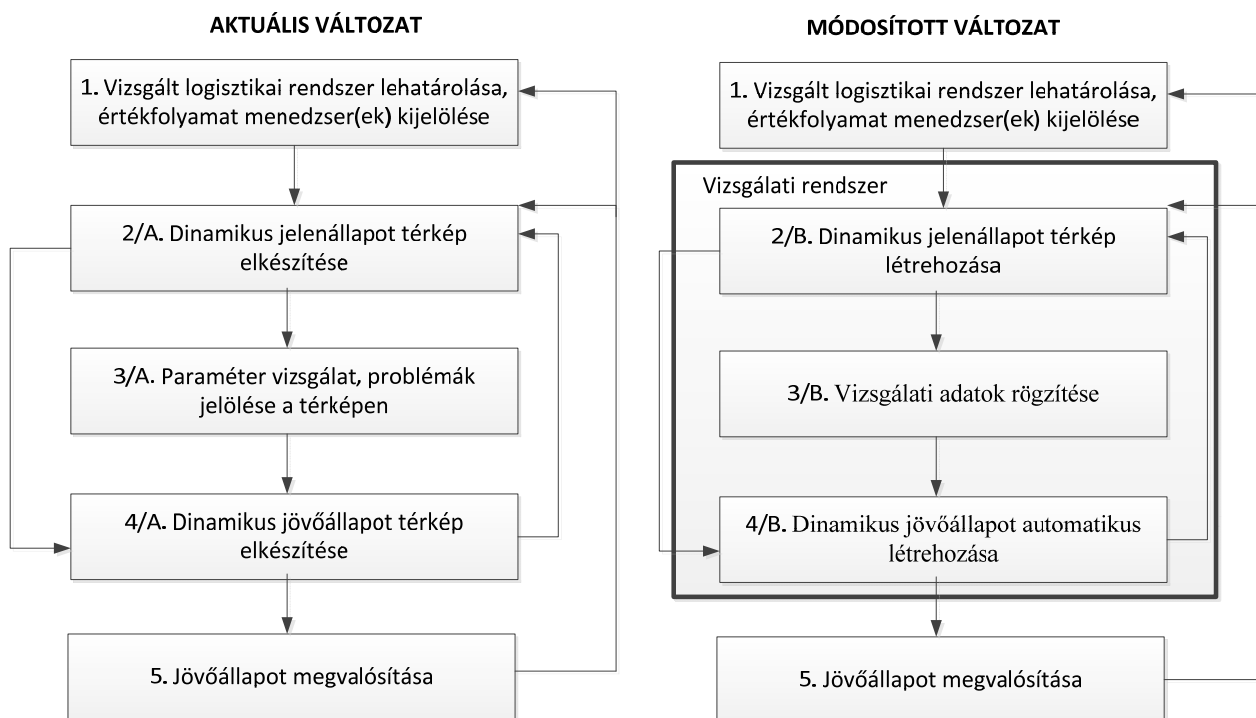
5. FONTOSABB KUTATÁSI IRÁNYOK A GYÁRTÓRENDSZEREK FOLYAMATFEJLESZTÉSÉBEN

Alapvetően gyártási területen a 4. ipari forradalom célkitűzése, mint ahogyan azt már korábban is említettük az egyedi gyártás megvalósítása a tömeggyártásra jellemző termelékenységgel és fajlagos költségekkel. Ennek megvalósulásával lehetővé válna az egyedi vevői igények gyors és hatékony kiszolgálása. Ez a jelenlegi állapothoz képest rendkívül nagy ugrásnak tűnhet, ugyanakkor a megvalósításhoz szükséges technológiák jelentős része már napjainkban is rendelkezésre áll. A cél elérése érdekében a logisztika területén alapvetően két terület fejlődésére van szükség:

- Értékfolyamat térképezés módszerének továbbfejlesztése.
- Új intelligens logisztikai megoldások kidolgozása.

5.1. Értékfolyamat térképezés módszerének továbbfejlesztése

Az értékfolyamat térképezés módszere a Toyota anyag- és információáramlási diagramjának felhasználásával jött létre. Ezt először Mike Rother & John Shook publikálta 1999-ben a „Tanulj meg látni” c. művében [8, 9]. A módszer alapvető célja a veszteségek kiküszöbölése és ezáltal az anyag- és információáramlási folyamat fejlesztése. Az eddigiekben alkalmazott változata egyidejűleg csupán egy termékcsalád logisztikai folyamatainak fejlesztésére volt használható, ezért a komplex logisztikai folyamatok vizsgálatánál nem mutatott nagy hatékonyságot [2]. Alapvetően két típusát különböztethetjük meg, vagyis az egyidejűleg egy termékcsalád folyamatainak vizsgálatára alkalmas statikus és a komplex logisztikai rendszerek fejlesztésére alkalmas dinamikus értékfolyamat térképezés módszerét [12, 13]. A gyártórendszerek egyre nagyobb komplexitással rendelkeznek, ezért a dinamikus értékfolyamat térképezés módszerének alkalmazása előtérbe került.



3. ábra

Dinamikus értékfolyamat térképezés lépései [2]

Ezen módszer lépései egyértelműen meghatározottak, ugyanakkor a folyamatfejlesztés módjának és mértékének meghatározása többnyire próbálgatás, tapasztalatok, megérzések alapján történik (egy szimulációs modellen vizsgáljuk a lehetőségeket). Véleményünk szerint ezen a területen egy olyan vizsgálati rendszer kidolgozásában van potenciál, amely képes az előre definiált adatstruktúrák adatainak feltöltését követően a vizsgálati cél(ok)nak leginkább megfelelő rendszerváltozat létrehozására. A dinamikus értékfolyamat térképezés aktuális és módosított változatának lépéseit a 3. ábra szemlélteti.

A dinamikus értékfolyamat térképezés módszerének lépései a következőképpen foglalhatók össze:

1. Vizsgált logisztikai rendszer lehatárolása, értékfolyamat menedzserek kijelölése: A kijelölt logisztikai rendszer vonatkozásában meg kell határozni az előforduló termékcsoportokat a már korábban ismertett ökölszabály figyelembevételével, valamint hozzájuk kell rendelni az értékfolyamat menedzsereket, akik az értékfolyamatok fejlesztéséért felelősek [9].

2/A. Dinamikus jelenállapot térkép elkészítése: Az értékfolyamat menedzsereknek meg kell érteniük a hozzájuk rendelt termékcsoport(ok) anyag- és információáramlási folyamatait, valamint össze kell gyűjteniük a térképezéshez szükséges adatokat [9]. Az összegyűjtött adatok alapján el kell készíteni a részrendszer komplex értékfolyamat térképét a szimulációs modellezés technikájának felhasználásával.

2/B. Dinamikus jelenállapot térkép létrehozása: A 2/A. lépéstől annyiban tér el ez a lépés, hogy az összegyűjtött adatokat egy előre definiált adatstruktúrába rögzítik, mely alapján a vizsgálandó szimulációs modell automatikusan létrejön. Ehhez ki kell dolgozni a különböző gyártási rendszerek szimulációs modelljének

létrehozásához szükséges adatstruktúrát, algoritmusokat, majd el kell végezni az adaptációt egy kiválasztott szimulációs keretrendszerre.

3/A. Paraméter vizsgálat, problémák jelölése: A dinamikus értékfolyamat térképen elemezhető valamennyi logisztikai paraméter változtatásának részrendszer működésére való hatása (pl. átállási idő csökkentésének hatása a folyamatközi készletre és a termékátfutási időre, különböző gépbeállítások hatása a vevői igények kielégítésének mértékére, technológiai meghibásodások hatása a lehatárolt részrendszer működésére, stb.). A vizsgálatok eredményeként meghatározható a jelenlegi rendszer anyag- és információáramlási problémáinak többsége [9].

3/B. Vizsgálati adatok rögzítése: Ez a lépés alapvetően annyiban tér el a 3/A. lépéstől, hogy a folyamatfejlesztési vizsgálat adatait, feltételeit, célfüggvényeit egy előre definiált adatstruktúrában kell megadni. Ehhez ki kell dolgozni az alkalmazandó adatmodell felépítését, mely alkalmas a vizsgálati lehetőségek, a feltételek és célfüggvények adatainak rögzítésére. Természetesen ezen adatstruktúra adaptációját is meg kell valósítani.

4/A. Dinamikus jövőállapot térkép elkészítése: Elkészítjük a meghatározott problémák kiküszöbölésével a dinamikus értékfolyamat térképet.

4/B. Dinamikus jövőállapot térkép automatikus létrehozása: A vizsgálati adatok alapján automatikusan generálódik a vizsgálati céloknak leginkább megfelelő dinamikus jövőállapot térkép. Ehhez ki kell dolgozni egy olyan algoritmust, mely képes a vizsgálati adatok alapján a rendszerváltozatok generálására és a leginkább megfelelő változat kiválasztására.

5. Jövőállapot megvalósítása: A jövőállapot térképen jelölni kell az értékfolyamat hurkokat (ütemadó hurok, egyéb hurkok), melyekhez tartozó logisztikai folyamat kialakításához definiálni kell az elvégzendő feladatok listáját (megvalósítási terv). A megvalósítási terv birtokában el kell készíteni az éves értékfolyamat tervet, mely leírja, hogy mely tevékenységet milyen ütemezésben kell megvalósítani, ki a megvalósítás felelőse, milyen célállapot mutatók tartoznak a megvalósításhoz és a feladat elvégzésének ellenőrzése milyen formában történik. Ezt követi a megvalósítás és annak folyamatos ellenőrzése [9].

Ezen lépések között a kapcsolat nem minden esetben egyirányú, előfordulhat visszacsatolás is, pl. ha a jövőállapot térkép elkészítésekor olyan információra van szükségünk, melyet a jelenállapot térkép nem tartalmaz, akkor ennek hatására a jelenállapot térképet is módosítani kell, vagy ha a jövőállapot térkép megvalósul, akkor ismét a 2. lépés következik és ciklikusan ismétlődik a folyamat.

Az aktuális és a módosított változat alapvetően a következőkben tér el egymástól:

- A módosított változat alkalmazása egyszerűbb, mivel kidolgozott adatstruktúrákat, algoritmusokat alkalmaz (az aktuális változat csupán a vizsgálat kereteit határozza meg).
- A módosított változat alkalmazása kevesebb időráfordítást igényel, mivel a vizsgálat lépései pontosan meghatározottak.
- A módosított változat esetén jóval több lehetséges változatot értékelnek ki, ezért a jövőállapot térkép meghatározása nagyobb hatékonysággal – a vizsgálati igényeknek megfelelően – történik.

Összességében megállapítható, hogy a vizsgálati rendszer megvalósításával az eddigiekhez képest gyorsabb és költséghatékonyabb folyamatfejlesztési módszert kapnánk, mely jelentős versenyelőnyt eredményezne az alkalmazó vállalatok számára.

5.2. Új intelligens logisztikai megoldások kidolgozása

Intelligens logisztikai megoldásokon azon eszközöket/(rész)rendszereket értjük, melyek képesek reagálni (automatikus információtovábbítással és/vagy a saját működésük szabályozásával) a külső környezet változásaira [14, 15]. Ezen megoldások alkalmazásával és továbbfejlesztésével lehetővé válhat a veszteségek jelentős mértékű csökkenése. A veszteségek csökkenése elsősorban annak eredménye, hogy a feladatok elvégzésének reakcióideje lerövidül, illetve a rendszer objektumai (forrás és nyelő objektumok, anyagmozgató eszközök, személyzet, ..., stb.) közötti optimalizált együttműködés növekedésével az emberi- és gépi erőforrások kihasználásának hatékonysága növekszik.

Termelési területen jelenleg alkalmazott fontosabb intelligens logisztikai megoldások a következők:

- Intelligens azonosítóeszközök (külső környezet kedvezőtlen változásáról automatikus üzenetet küld pl. hőmérséklet vagy páratartalom egy előírt érték alá csökkent).
- Intelligens technológiai berendezés (pl. azonosítóeszköz adatai alapján automatizált megmunkálás, szenzorok segítségével a meghibásodás előrejelzése).
- Intelligens minőség-ellenőrzés (pl. a terméken elhelyezett RFID chip adatai alapján végzi el a berendezés a szükséges ellenőrzéseket).
- Intelligens anyagmozgató berendezés (pl. környezeti adatok alapján automatikus működés).

- Intelligens raktár (pl. érzékelők segítségével a készletfogyás alapján automatikus rendelésseladás történik).
- Intelligens logisztikai rendszerek (pl. Az ipar 4.0 aktuális eszközrendszerének felhasználásával létrehozott, az ember-gép és/vagy gép-gép közötti kommunikáción alapuló részben/teljesen automatizált logisztikai rendszerek).

Az ipar 4.0 a gyártási rendszerek kialakítására, működtetésére is jelentős hatással lesz. A prognózisok szerint a következő változások várhatóak:

- A különféle eszközök (technológiai berendezések, anyagmozgató gépek, alkatrészek, egységgrakományok, ..., stb.) és a központi egység(ek), valamint az eszközök közötti kommunikáció is megváltozhat, így az eddigiekben alkalmazott központi vezérlést egyre inkább a decentralizált önvezérlés fogja felváltani.
- A merev, komplex döntéshozatalt egyre inkább a valós idejű szimuláción alapuló döntések fogják felváltani.
- Az eddigiekben előre tervezett termelési rendszereket a technológiai berendezések rugalmasságának növekedése hatásaként (pl. 3D nyomtatás megjelenése) a jövőben modularizáción alapuló termelésbővülések fogják jellemezni.
- A jelenleg alkalmazott passzív munkadarabok helyett intelligens munkadarabokat alakítanak ki, melyek a rájuk programozott információk alapján képesek lesznek a környezetük befolyásolására.
- A hálózatba kapcsolat eszközök által küldött és tárolt adatok felhasználásával jóval nagyobb méretű rendszerek optimalizálására nyílik majd lehetőség. Tulajdonképpen egy vállalat teljes ellátási láncának optimális kialakítására, működtetésére is lehetőség nyílik majd.
- A logisztikai rendszerekről gyűjtött nagy mennyiségű adatok feldolgozásával új üzleti modellek megjelenése valószínűsíthető (pl. adott típusú berendezés meghibásodása vagy dolgozó megbetegedése nagy pontossággal előre jelezhető lesz a korábban végzett feladat adatok alapján, így a termelés kiesés kockázata jelentős mértékben mérsékelhető lesz).

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A gyártórendszerek kialakításában, működtetésében a 4. ipari forradalom nyújtotta lehetőségek jelentős változást hoztak, illetve vetítenek előre. Az IoT és a kiberfizikai rendszerek megjelenése, valamint a big data nyújtotta lehetőségek erőteljes kutatási potenciált jelenítettek meg a gyártási logisztikai rendszerek hatékonyabb működtetése, folyamatos fejlesztése tekintetében. A gépek közötti kommunikáció, a gyártásban áramló anyagok nyomkövetéséből származó információk, valamint a hálózati együttműködésben rejlő lehetőségek a gyártási folyamatok szélesebb körű optimalizálására adnak lehetőséget. A dolgozat részleteiben ismertette a 4. ipari forradalom létrejöttének folyamatát, valamint annak aktuális vívmányait, lehetséges fejlődési irányait. Továbbá a dolgozat kitért a fontosabb kutatási lehetőségekre is a darabárus anyagok gyártási folyamatának fejlesztése/veszteségsökkentése területén.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

“This project has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 691942”. A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Mechatronikai és Logisztikai Kiválósági Központ keretében valósult meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Industry 4.0 – Challenges and solutions for the digital transformation and use of technologies, Deloitte, <http://www2.deloitte.com/> (2014)
- [2] P. Tamás: Application of value stream mapping at flexible manufacturing systems, KEY ENGINEERING MATERIALS (686), pp. 168-173. (2016), doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.686.168
- [3] P. Shukla, J. Lawrence: Mathematical modelling of the fibre laser surface processing of a zirconia engineering ceramic by means of three-dimensional finite-element analysis, Proc. IMechE Vol 225. Part C: J. Mechanical Engineering Science, DOI: 10.13140/RG.2.1.2769.9923, (2010)
- [4] Cs. Felhő, J. Kundrák: Investigation of the Topography of Machined Surfaces, APPLIED MECHANICS AND MATERIALS 693: pp. 412-417. (2014)

- [5] K. Ashton: That 'Internet of Things' Thing, in the real world things matter more than ideas. RFID Journal. June 22, 2009.
- [6] V. Mayer, S. Kenneth Cukier: Big Data, A revolution that will transform how we live, work, and think, ISBN 978-0-544-00269-2
- [7] A. Mahfouz, A. Arisha, Lean distribution assessment using an integrated framework of value stream mapping and simulation, Proceedings of the 43rd Winter Simulation Conference, IEEE Computer Society, 2013, pp.3440–3449.
- [8] J. P. Womack, D. T. Jones: Lean thinking, Simon & Schuster Inc., 2008.
- [9] M. Rother, J. Shook: Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda, Lean Enterprise Institute, 2003.
- [10] M. Rother M: Toyota Kata - Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results. New York: McGraw Hill; 2009.
- [11] Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0, Fraunhofer – Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IOA
- [12] P. Solding, P. Gullander: Concepts for simulation based value stream mapping, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, pp. 2231-2237.
- [13] P. Košťál, K. Velíšek: Flexible manufacturing system (Scopus) In: World Academy of Science, Engineering and Technology. - ISSN 2010-376X. - Vol. 77 (2011), pp. 825-829
- [14] B. Illés, A. Trohák, Z. Bíró: Can message filter algorithms for remote diagnostics of vehicles, APPLIED MECHANICS AND MATERIALS 309: pp. 213-220. (2013)
- [15] Á. Gubán, R. Kása: Conceptualization of fluid flows of logistificated processes, ADVANCED LOGISTIC SYSTEMS: THEORY AND PRACTICE 7:(2) pp. 27-24. (2014)