

## A DIGITÁLIS IKER LOGISZTIKAI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A NEGYEDIK IPARI FORRADALOM KERETÉBEN

**Sass Henrietta**

*MSc hallgató, Miskolci Egyetem*

*Logisztikai Intézet*

*3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: heni.sass@gmail.com*

**Bányai Tamás**

*egyetemi docens, Miskolci Egyetem*

*Logisztikai Intézet*

*3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: alttamas@uni-miskolc.hu*

### **Absztrakt:**

*A negyedik ipari forradalom nagymértékben megváltoztatta a termelési és szolgáltatási rendszerek fejlődési irányait. Az info- és telekommunikációs technológiák alkalmazása lehetővé tette a hagyományos ellátási láncok hatékonyságának, rugalmasságának és rendelkezésre állásának növekedését és a hagyományos rendszer kiber-fizikai rendszerré alakulásához vezetett. A szimulációs eljárások, a virtuális és kiterjesztett valóság fejlődése és integrációja a digitális iker megoldások megjelenéséhez vezetett. Jelen cikk keretében a szerzők bemutatják a digitális iker megoldásokban rejlő lehetőségeket és azok várható hatását a logisztikai folyamatokra.*

**Kulcsszavak:** *negyedik ipari forradalom, kiber-fizikai rendszer, digitális iker, logisztika, ellátási lánc*

### **Abstract:**

*The fourth industrial revolution has changed the main development directions of production and service companies. The application of available ITC technologies makes it possible to increase the efficiency, flexibility and availability of the traditional supply chain solutions and led to the transformation of traditional systems to cyber-physical systems. The improvement and integration of simulation technology, virtual and augmented reality (VR+AR) led to the appearance of digital twin technology. Within the frame of this article the authors describe the potential of digital twin technology and the possible impact on logistics.*

**Keywords:** *fourth industrial revolution, cyber-physical system, digital twin, logistics, supply chain*

### **1. Bevezetés**

Az újkori technológiai fejlődés mérföldköveit leginkább az ipari forradalmak történésein keresztül lehet megérteni. A vásárlói piac globalizációja, illetve a technológiai fejlődés (főként az info- és telekommunikáció, valamint az automatizálás területén) olyan szintre jutott, hogy a 21. század elején bekövetkezett a 4. ipari forradalom, mely alapvetően a kiber-fizikai rendszerek megjelenéséhez vezetett.

Jelen kutatás célja megvizsgálni azt, hogy a 4. ipari forradalom egyik fontos eszköze, a digitális iker milyen lehetőségeket és kihívásokat tartogat a termelő és szolgáltató vállalatok számára, különösen a

logisztikai folyamatok tervezésének és irányításának tekintetében. Röviden bemutatjuk az ipari forradalmak történetét, mely alapvetően a gőzgép, a tömeggyártás, az automatizálás és a digitalizáció rövid történeteként foglalható össze. Ezt követően ismertetjük azokat a főbb technológiai irányokat, melyek a 21. század elejének főbb technológiai trendjeiként jellemezhetőek, így a mesterséges intelligencia, az algoritmusok, a blockchain, az intelligens eszközök, a virtuális és kiterjesztett valóság, az adaptív biztonsági architektúrák és big data megoldások. Ismertetjük a digitális iker megoldások főbb változatait, így a digitális példány (digital twin instance), a digitális prototípus (digital twin prototype), a digitális összesség (digital twin aggregate) és a digitális környezet (digital twin environment) fogalmát és működését. Alkalmazási példákon keresztül szemléltetjük a digitális iker megoldásokat, melyek során egyaránt érintjük a terméktervezés, a gyártás, a logisztika és a karbantartás területén történő alkalmazhatóságot szemléltető példákat.

## 2. Az ipari forradalmak

Első ipari forradalomnak nevezzük a 18. századi Anglia, az USA, valamint a Nyugat-európai országok gazdaságában bekövetkező mennyiségi és minőségi növekedést, melynek során a manufaktúraipart a gyáripar váltotta fel, a tőke és a munkaerő a mezőgazdaság helyett az iparba áramlott. Az első ipari forradalom Angliából indult ki, egy láncreakciószerű folyamatként, mely a textiliparból kiindulva, a közlekedés, a gépgyártás, illetve egyre több gazdasági terület fejlődésében megjelent. A gőzenergia már ismert volt korábbról is. Ipari célú használatának megkezdése a legnagyobb áttörés volt az emberi termelékenység növelésében. A második ipari forradalom a 19. században kezdődött az elektromosság és a gyártó-sorokkal felgyorsított termelés felfedezésével. Henry Ford radikálisan megváltoztatta a gyártási folyamatot, mivel korábban egyetlen szerelőállomáson szerelték össze az egész autót, ezután azonban a járműveket szerelőszalagon, részfeladatonként állították össze jelentősen gyorsabban és alacsonyabb költségek mellett. A harmadik ipari forradalom az 1970-es években kezdődött a programozható memóriájú vezérlőkkel és számítógépekkel megvalósított részleges automatizáció révén. Ezeknek a technológiáknak a bevezetése óta mára teljes gyártási folyamatokat tudunk automatizálni emberi közreműködés nélkül. Az automatizálás eszközei lehetnek például az ipari robotok, amelyek emberi beavatkozás nélkül előre beprogramozott művelet sorokat hajtanak végre. Napjainkban a negyedik ipari forradalom valósul meg. A számítástechnikával már korábban kibővített gyártási rendszereket hálózati kapcsolattal bővítik tovább, ezáltal ezeknek a rendszereknek egyfajta digitális hasonmása jön létre az interneten. Lehetővé válik, hogy a rendszerek más létesítményekkel kommunikáljanak, továbbá saját magukról információkat közöljenek. Ez a gyártásautomatizálás következő lépése. A rendszerek hálózatba kapcsolása „kiberfizikai gyártási rendszerek” létrehozásához vezet, és így okos gyárakhoz, amelyekben a gyártási rendszerek, az alkatrészek és az emberek hálózaton keresztül kommunikálnak egymással, és a gyártás szinte automatikus [1-3].

## 3. Technológiai trendek

### 3.1 Mesterséges intelligencia és fejlett gépi tanulás

A mesterséges intelligencia olyan számítástechnikai rendszerek gyűjtőfogalma, amelyekkel a gépek utánozhatják és automatizálják az emberi viselkedést. A mesterséges intelligencia egyrészt olyan módszereket jelent, amelyeknél emberek által meghatározott viselkedési mintákat alkalmaznak,

másrészt olyanokat, amelyeknél a viselkedés adatokon alapuló tanulás eredménye. A mesterséges intelligencia-rendszer érzékelőkkel észleli a környezetét, felismeri az összefüggéseket és ebből vezet le cselekvéseket [4].

### 3.2 Intelligens alkalmazások

Az intelligens alkalmazások az emberi asszisztens egyes funkcióit hajtják végre, amelyek megkönnyítik a mindennapi feladatokat. Más intelligens alkalmazások, például a virtuális ügyfél-asszisztensek, jobban specializálódtak olyan területeken, mint például az értékesítés és az ügyfélszolgálat. Az intelligens alkalmazások megváltoztathatják a munka jellegét és a munkahely szerkezetét. A következő 10 évben szinte minden alkalmazás és szolgáltatás tartalmaz majd bizonyos szintű mesterséges intelligenciát [5].

### 3.3 Virtuális és kiterjesztett valóság

A virtuális valóság széleskörűen alkalmazható elektronikus technológiák gyűjtőneve. Az oktatás, atlétika, ipari tervezés, építészet és tájrendezés, városrendezés, úrkutatás, orvostudomány, modellezés és tudomány számos területét foglalja magába. A virtuális valóság egy közvetítő közeg. A virtuális valóságnak nincs egyetemes definíciója, az elnevezést sokféle jelenségre használják, de úgy is definiálható, mint számítógéppel vezérelt multiszenzoros kommunikációtechnológia, amely lehetővé teszi az intuitív interakciót az adatokkal, új módon bevonva az emberi érzékelést [6].

### 3.4 Blockchain

A blockchain technológia, mely a legismertebb elosztott főkönyvi technológia. A főkönyv egy adatbázis, amely végleges nyilvántartást vezet a tranzakciókról, ezáltal az adatbázisban rögzített adatok észrevétlenül nem módosíthatók. A blockchain lehetővé teszi, hogy a főkönyvet egy hálózatban az ahhoz kapcsolódó csomópontok között elosztva tartsák nyilván, elkerülve egy központi egység és egyéb közvetítők szolgáltatásainak szükségességét. Ez különösen hasznos a bizalom, a nyomonkövethetőség és a biztonság biztosításában az adat- vagy vagyoneszközcserélő rendszerekben. Az ilyen informatikai megoldásban számos lehetőség rejlik, mely az élet számos területét (mint például a pénzügyi szolgáltatások, ellátási láncok vagy egészségügyi ellátás) alapvetően megváltoztathatja [7].

### 3.5 Big Data

A Big Data a cégek, az intelligens hálózatok, a magánszektor, valamint az egyéni felhasználók által világszerte, napi szinten előállított óriási adatmennyiséget jelenti. Ez a rengeteg információ nagy hasznot hozhat a cégek és ügyfeleik számára. Az International Business Machines szerint világszerte napi szinten körülbelül 2,5 exabit adatot állítunk elő. (Ez egy olyan számot jelent, amelyet 18 db nulla követ, és 2,5 trillió bitnek felel meg.) Erre a hatalmas mértékű adatfolyamra szokás „big data”-ként utalni, amely több különböző forrásból is származhat [8].

### 3.6 Digitális iker

A digitális iker információk egy olyan halmaza, mely egy potenciális vagy létező terméket ír le teljes mértékben akár atomi szinttől makrogeometriai szintig. Optimális esetben a digitális ikerből minden olyan következtetés és információ kinyerhető, ami a valós termék megfigyelésével. A digitális ikernek két változata létezik, a digitális példány (digital twin instance), és a digitális prototípus (digital twin prototype). A digitális prototípus minden olyan információt tartalmaz, mely alapján a valós termék leírható és legyártható. A digitális prototípus a következő információkat tartalmazza: követelmények, 3D modell, darabjegyzék, gyártási folyamat. A digitális példány egy fizikailag létező termékhez kapcsolt virtuális termék, mely a következő információkat tartalmazza: valós tárgy geometriai adatait nagy pontossággal leíró 3D modell, darabjegyzék a jelenlegi és korábbi alkatrészekkel, technológiai műveletek, melyeket elvégeztek korábban a valós terméken, korábbi mérések és azok eredményei, korábbi karbantartások eredményei, cserélt alkatrészek listája [10].

### 4. Példa megelőző karbantartás kiber-fizikai megoldására digitális iker alkalmazásával

A karbantartás és alkatrészcsere egyik típusa a megelőző karbantartás. Ez tervezett időközönként, vagy valamilyen használati mutatón alapszik (pl. gépjármű olajcsere, futásteljesítmény). Ugyanakkor a másik típus a diagnosztika, amelynél különböző szenzorok segítségével képes megjósolni, ha például hamarabb elfárad az olaj. A megelőző karbantartás a digitális iker egyik legfontosabb alkalmazási területe. A digitális iker a működő valós fizikai eszközt naprakészen ábrázolja. Jelentését a következő példán keresztül szemléltetjük. Tétélezzük fel, hogy van több olaj- és gázlelőhelyünk, ahol egyszerre több szivattyú is üzemel. Amit a digitális iker meghatározásánál eszközként említünk, lehet egy rendszer alkotóeleme, például a szivattyúnak egy szelepe, vagy maga a szivattyú. Feltételezzük azt, hogy az eszközünk a szivattyú. A szivattyú naprakész (valós idejű) ábrázolása olyan modell létrehozásával érhető el, amelyet frissíteni kell a szivattyú bejövő adataival. Minden kút telephelyén több szivattyú is üzemel. Ezek a szivattyúk olyan alkatrészeket tartalmaznak, mint pl. szelepek, tömítések, dugattyúk, amelyek nagyon költségesek. Ezért a meghibásodásokat úgy szeretnénk megakadályozni, hogy megjósoljuk azok várható bekövetkezését. Érdemes lehet felismerni a rendszerben felmerülő hibákat, és betekintést nyerni az alkatrészek javításához vagy cseréjéhez szükséges tapasztalatokba. Ez logisztikai szempontból jobb készletgazdálkodáshoz vezethet.

A modellezési módszer attól függ, hogy mi a digitális iker tervezett felhasználása. Ha a karbantartási ütemtervek optimalizálása a cél, akkor adatközpontú modellt kell alkalmaznunk. A szivattyúból származó adatok típusával kapcsolatos ismereteink meghatározzák, melyik modellt fogjuk használni. Például, ha nem ismert a flotta teljes adatsora, de ismerünk egy biztonsági küszöböt, akkor degradációs modell segítségével becsülhetjük meg a szivattyúk élettartamát. A modell folyamatosan frissül a szivattyúkra szerelt szenzorok által mért adatokkal, mint pl. nyomás, áramlási tulajdonságok és rezgések.

Ha a digitális iker tervezett felhasználása eltér, akkor használhatunk fizikai viselkedésen alapuló modellezést is. Példa lehet egy olyan fizikai modell, amelyet a mechanikai és hidraulikus komponensek összekapcsolásával hozunk létre. A modellt a szivattyú felől érkező adatok táplálják. Az egyes paraméterek becsülhetők és összehangolhatók a beérkező adatokkal, hogy a modell naprakész legyen. Ezzel a modellel különféle meghibásodások szimulálhatók és megvizsgálható azok szivattyúra gyakorolt hatásait. Minden egyes eszközhöz létre kell hoznunk egy egyedi digitális ikret. Ez azt jelenti, hogy mindegyik szivattyúhoz, amelyek különböző helyszíneken vannak, létre kell hoznunk

egyedi digitális ikreket, amelyeket az adott szivattyú adatai paramétereznek. A tervezett felhasználás alapján a szivattyúnak több digitális ikre is lehet [9].

## 5. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Felhasznált irodalom

- [1] Ipari forradalmak – az Ipar 1.0-ból az Ipar 4.0-ba vezető út. Magyar Logisztikai Egyesület. Forrás: <http://mle.hu/ipari-forradalmak-az-ipar-1-0-bol-az-ipar-4-0-ba-vezeto-ut/> Letöltve: 2020.02.15.
- [2] Harmat, Á.P.: Az ipari forradalom története. Forrás: <http://tortenelemcikkek.hu/node/147> Letöltve: 2020.02.15.
- [3] Bosch Zünder, A Bosch Csoport Munkatársainak Nemzetközi Lapja, 2019/02. szám
- [4] A második ipari forradalom – a gépek korszaka. Forrás: <https://zanza.tv/tortenelem/ujkor-nemzetallamok-es-birodalmi-politika-kora/ii-ipari-forradalom> Letöltve: 2020.02.15.
- [5] MIT Deep Technology Bootcamp. Forrás: <https://www.networkworld.com/article/3132363/gartner-top-10-strategic-technology-trends-you-should-know-for-2017.html> Letöltve: 2020.02.15.
- [6] A virtuális valóság fogalmának meghatározása. Forrás: [http://okt.ektf.hu/data/szlahorek/file/kezek/06\\_blended\\_04\\_11/821a\\_virtulis\\_valsg\\_fogalmnak\\_m\\_eghatrozsa.html](http://okt.ektf.hu/data/szlahorek/file/kezek/06_blended_04_11/821a_virtulis_valsg_fogalmnak_m_eghatrozsa.html) Letöltve: 2020.02.15.
- [7] Blokklánc- és elosztott főkönyvi technológiák nemzetközi szabványosítása. Magyar Szabványügyi testület. Forrás: <http://www.mszt.hu/web/guest/blokklanca-es-elosztott-fokonyvi-technologiak-nemzetkozi-szabvanyositasa> Letöltve: 2020.02.15.
- [8] Statista (2018) Media usage in an internet minute as of June 2018. Forrás: <https://www.statista.com/statistics/195140/new-user-generated-content-uploaded-by-users-per-minute/> Letöltve: 2020.02.15.
- [9] Predictive Maintenance, Digital Twin: <https://www.youtube.com/watch?v=cfbKR48nSyQ>
- [10] Bányai, T., Bányainé Tóth, Á., Illés, B., Tamás, P. Ipar 4.0 és logisztika. Miskolci Egyetem, 2019