

Ipar 4.0 koncepció és kulcselemei

Industry 4.0 Concept and Key Elements

KOVÁCS SZ.¹

¹University of Debrecen, Faculty of Economics and Business, Institute of Accounting and Finance, kovacs.szabolcs@econ.unideb.hu

Absztrakt. A növekvő és folyton változó nemzetközi verseny, a növekvő piaci volatilitás és a mindinkább egyedi termékek iránti kereslet (személyre szabott gyártás), valamint a termékek rövidebb életciklusa komoly kihívások elé állítják a vállalatokat, aminek a hagyományos termelési rendszerek már nem képesek megfelelni. Az ipar 4.0 egy új gyártási paradigma, mely nagy hangsúlyt fektet az intelligens termékek és folyamatok létrehozására. Az egyedi gyártás minél hatékonyabb megvalósítása került előtérbe, tömegtermelésnek megfelelő kondíciók mellett. A készletre történő termelést felváltja a vevői rendelésre történő gyártás. Az ipar 4.0 téma iránti növekvő érdeklődés ellenére azonban ez még mindig nem konszenzusos koncepció. Nincs egyértelmű elképzelés erről az új gyártási paradigmáról, ezért a szakirodalom bemutatásán keresztül próbálom meg ismertetni a fellelhető ipar 4.0 definíciókat, deklarálni a koncepció technikai elemeit és részletesen bemutatni azokat, ezáltal is mind tisztább képet alkotni a koncepcióról.

Abstract. Growing and constantly changing international competition, increasing market volatility and demand for increasingly customised products (personalised manufacturing), and shorter product life cycles create significant challenges for companies that traditional production systems can no longer meet. Industry 4.0 is a new manufacturing paradigm focused on creating intelligent products and processes. The focus has been placed on achieving fully effective customised production under conditions suitable for mass production. Make-to-order replaces make-to-stock. Despite the growing interest in Industry 4.0, it is still not a consensual concept. There is no clear idea about this new manufacturing paradigm, so I attempt to present the available definitions of Industry 4.0 through the presentation of the scientific literature, declare the concept's technical elements, and present them in detail to get a clearer picture of the concept.

Kulcsszavak: ipar 4.0, CPS, IoT, IoS, okosgyár

Keywords: industry 4.0, CPS, IoT, IoS, Smart Factory

Bevezetés

A növekvő nemzetközi verseny, a növekvő piaci volatilitás, az erősen egyedi termékek iránti kereslet és a termékek rövidebb életciklusa komoly kihívások elé állítják a vállalatokat [47]. A hagyományos termelési rendszerek napjainkban számos társadalmi kihívással szembesülnek, amelyeket jelenleg létező megközelítésekkel nem lehet megoldani [50][18]. Túlélésük veszélyben van, mivel alkalmazásuk jelentős környezeti károkhoz vezet (klímaváltozás), és túl sok nem megújuló energiát fogyasztanak. Ráadásul, a társadalom öregedése miatt a dolgozó népesség várható száma csökkenni fog [50]. [10]

véleménye szerint a technológia képes újfajta megoldásokat kínálni a társadalmi és üzleti kihívásokra és lehetővé teszi a termelés átformálását. A rövid ciklusú, ingadozó piacok kezelése kulcsfontosságú tényező a versenyképesség megőrzésében [21].

Napjainkban egyre nagyobb figyelmet fordítanak a vásárlói igényekre, egyéni igényekre, ami lehetővé teszi a személyre szabott termékek arányának jelentős növekedését. Alapvető fontosságú a gyártási folyamatok és technológiák ehhez a fejlesztéshez való igazítása [21]. Az ipari szegmens drasztikusan megváltozott az elmúlt néhány évben az egymást követő innovációk és a fejlesztések eredményeként, különösen a digitális technológia és a gyártás területén [43].

Az ipar 4.0 egy új gyártási paradigma, mely nagy hangsúlyt fektet az intelligens termékek és folyamatok létrehozására, intelligens gépek használatával és hagyományos gyártási rendszerek intelligens gyárakká való átalakításával [39]. [13] véleménye szerint az ipar 4.0 paradigmaváltásai közül a legjelentősebb az egyedi vevői igények rugalmas és minőségi színvonalú kielégítése, tömegtermelésnek megfelelő kondíciók mellett. A készletre történő termelést felváltja a vevői rendelésre történő gyártás, sőt a fizikai termék helyett mindinkább szolgáltatás előállítása, értékesítése történik.

Az Ipar 4.0 egész iparágakat érinthet azáltal, hogy átalakítja az áruk tervezésének, gyártásának, leszállításának és fizetésének módját [18], mivel a korábbi, 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 [29].

1. Kutatás módszertana

A cikk készítése során a dokumentumelemzés módszere került alkalmazásra, ami olyan adatgyűjtési eljárás, melynek alapja kész produktumok vizsgálata, célja a vizsgált anyag fő tartalmának azonosítása. Az ipar 4.0 szakirodalmának feldolgozása a Web of Science, Proquest, Scopus adatbázisokban az „ipar 4.0”, „industry 4.0”, „industrie 4.0”, „negyedik ipari forradalom” „smart factory”, „okos gyár” keresőszavakra kapott cikkek feldolgozásával készült. A negyedik ipari forradalom koncepciójának bemutatása után annak definiálása, kialakulása, kulcselemeinek részletezése és magyarországi helyzete kerül megtárgyalásra.

2. Ipar 4.0 koncepció

A termelés vállalatokon és országhatárokon átívelő digitalizálása és hálózatba szervezése jelenti az alap gondolatot az ipar 4.0 mögött. A negyedik ipari forradalom eredményeként az egyes egységek kommunikálnak egymással és megszervezik önmagukat. A hálózatba szervezett termelés gépei ma már pontosan tudják, hol melyik alkatrészre van szükség, miként kell megmunkálni, milyen minőségi standardoknak kell megfelelnie, és hol vannak az esetleges szűk keresztmetszetek. Hogy mindez működjön, a gyártási folyamat elemei szenzorokon és hálózatokon keresztül önállóan kommunikálnak egymással [19]. Az ipar 4.0 által megjósolt termelés jövője az átfogó integrációból áll, ahol minden gyártási elem autonóm módon cserél információt, indít el cselekvéseket és önállóan irányítja magát [51] [15].

A gyártás digitalizálása alapvető szerepet játszik az ipar 4.0 paradigmájának kialakításában, ahol javul a gyártás rugalmassága, személyre szabott termékeket hoz létre kevesebb idő és költség alatt, hogy megfeleljen a forradalom fő kihívásainak [7] [53]. Az ipar 4.0 olyan új ipari gyártási folyamat, amely integrálja és összekapcsolja a vállaltokat a hatékony ipari teljesítmény elérése érdekében [9].

2.1. Ipar 4.0 fogalma

Az Industry 4.0 fogalma széles körben használatos szerte Európában, különösen Németország ipari szektorában. Az Egyesült Államokban és általában az angol nyelvű területeken a szakértők az Internet of Things (IoT – dolgok internete), a mindenség internete (internet of everything), vagy az ipari internet (industrial internet) kifejezéseket használják erre [19]. Bár az Ipar 4.0 kifejezés az utóbbi időben nagy figyelmet kapott, még mindig hiányzik a pontos, általánosan elfogadott definíció. Ez a helyzet nem tekinthető kielégítőnek, különösen tudományos szempontból [18], ezért továbbiakban megpróbálom a szakirodalomban fellelhető ipar 4.0 definíciókat összeszedni.

[46] és [18] szerint az ipar 4.0 arról szól, hogy a fizikai gépek, tárgyak, termékek, eszközök és akár a szolgáltatások is kis decentralizált és digitalizált termelési információs hálózatba kapcsolódnak, amelyek emberi beavatkozás nélkül működnek, és működésüket a környezet változásaitól és követelményeitől függően autonóm módon irányítják [11], valamint, amelyek képesek valós időben kommunikálni és intelligens környezetben együttműködni más okoseszközökkel, döntéseket hozni és cselekvéseket végrehajtani a kapott információk alapján [41].

Az Ipar 4.0 egy olyan jelenség, amely technológiai eszközökre építve, tevékenységek összessége révén, a digitalizáció adta lehetőségek kiaknázásával magas szintre emeli a folyamatok átláthatóságát, integrálja a vállalati értékláncot és az ellátási hálózatot, új szintre emelve a vevői értékteremtést a testreszabott és okostermékek elérhetővé tétele révén [34].

Az ipar 4.0 olyan intelligens termelési folyamat [5], melynek elsődleges célja az egyedi vevői igényeknek megfelelő testreszabás, a termelékenység, a rugalmasság és a hatékonyság magasabb szintű javítása [16], ugyanakkor olyan technológiák integrációja, melyek segítik a gyártási rendszer hatékonyságának és érzékenységének növelését [1].

Az ipar 4.0 gyors és nagymértékű változásokat tartalmaz, amelyek a digitális gyártást, a hálózati kommunikációt, a számítógépes és automatizálási technológiákat, valamint sok más releváns területet is felölel [54].

[35] megállapították, hogy technikai szempontból ez az új paradigma úgy írható le, mint a gyártási környezet fokozott digitalizálása és automatizálása, valamint a digitális értéklánc létrehozása által lehetővé tett fokozott kommunikáció.

[33] és [37] szerint az Ipar 4.0 középpontjában a valós idejű, intelligens, horizontális és vertikális hálózatépítés áll, amelyben emberek, gépek, tárgyak kapcsolódnak össze, információs és kommunikációs technológiák járulnak hozzá a komplex rendszerek dinamikus kezeléséhez.

Az Ipar 4.0 a dolgok és szolgáltatások internete (Internet of Things, IoT) fogalmára építő, új gyártásfilozófia és működési mód, amikor okosgyárak (Smart Factories) jönnek létre azáltal, hogy az erőforrásokat, a gépeket és még a logisztikai rendszereket is online integrált rendszerré, egyfajta

kiberfizikai rendszerré kötik össze. Ily módon pedig független és önoptimalizáló helyi termelési folyamatok alakulnak ki [24].

[17] definíciója szerint az Industrie 4.0 az értéklánc-szervezési technológiák és fogalmak gyűjtőfogalma. Az Industrie 4.0 moduláris felépítésű Smart Factories-jában a CPS figyeli a fizikai folyamatokat, virtuális másolatot készít a fizikai világról, és decentralizált döntéseket hoz. Az IoT-n keresztül a CPS valós időben kommunikál és együttműködik egymással és az emberekkel. Az IoS-en keresztül mind belső, mind szervezetközi szolgáltatásokat kínálnak és vesznek igénybe az értéklánc résztvevői.

[18] az alábbiak szerint fogalmazták meg az ipar 4.0 fogalmát: (1) a termékek és szolgáltatások rugalmasan kapcsolódnak az interneten vagy más hálózati alkalmazásokon, például a blokkláncon keresztül; (2) a digitális kapcsolat lehetővé teszi az áruk és szolgáltatások automatizált és önoptimalizált előállítását, beleértve az emberi beavatkozás nélküli szállítást is; (3) az értékhálózatokat decentralizáltan irányítják, míg a rendszerelemek autonóm döntéseket hoznak.

[25] az alábbiakban fogalmazta meg saját definícióját az ipar 4.0-ra: a dolgok és szolgáltatások internetére (IoT) építő új gyártási filozófia és működési mód, amely során okos gyárak (smart factories) jönnek létre azáltal, hogy az erőforrásokat, a gépeket és még a logisztikai rendszereket is online integrált rendszerré, egyfajta kiberfizikai rendszerré kötik össze.

Az ipar 4.0 olyan új üzleti modellek megjelenését hozza magával, amelyek jobban megfelelnek az ügyfelek változó igényeinek a valós idejű kommunikációs képesség révén a teljes ellátási lánc mentén [11].

2.2. Ipar 4.0 megjelenése

A növekvő termelékenység minden ipari forradalom magja [44]. Az első ipari forradalom a 18. század második felétől kezdődő és a 19. század egészében felerősödő mechanikus gyártóberendezések bevezetése volt [17], mely a termelékenységet és a hatékonyságot növelte a gőzerővel [48]. Az 1870-es évektől a második ipari forradalomban a munkamegosztás (azaz a taylorizmus), az elektromos áram és az általa üzemelő berendezések, a tömeggyártás és a belső égésű motorok széles körű elterjedése révén emelte új szintre az életszínvonalat széles társadalmi rétegekben [31] [17] [48]. A harmadik ipari forradalom az 1970-es években kezdődött a számítógépek megjelenésével, (amelyet „digitális forradalomnak” is neveznek), melyben a fejlett elektronika és információs technológia tovább fejlesztette a gyártási folyamatok automatizálását [17][48][14]. Az „Industrie 4.0” kifejezést a következő ipari forradalomra használják – amely éppen most következik be [17]. A kétezres évek elején Németország kezdeményezéseken kezdett gondolkodni, hogy megőrizze, sőt erősítse az ipari szektorban betöltött „előfutár” szerepét. Végül a 2011-es Hannoveri Vásáron, Merkel kancellár támogatásával nyilvánosan bemutatták az Ipar 4.0 kifejezést, Németország 2020-ra vonatkozó csúcstechnológiai stratégiájának részeként, hogy felkészítsék és megerősítsék az ipari szektort a jövőbeni termelési követelményekre [30] [54] [13].

3. Ipar 4.0 kulcselemei

[23] szerint az ipar 4.0 koncepció főbb jellemzőit az integráció három dimenziója jellemzi: (1) horizontális integráció értékhálózatokon keresztül, (2) vertikális integráció és hálózatba kötött gyártási rendszerek és (3) végponttól végpontig a tervezés digitális integrációja a teljes értékláncon keresztül.

Az értékhálózatokon keresztüli **horizontális integráció** több informatikai rendszer, folyamat, erőforrás és információáramlás egy szervezeten belüli és más szervezetek közötti integrációját jelenti, míg a **vertikális integráció** és a hálózatba kötött gyártási rendszerek ezen elemek integrációját jelentik a szervezet osztályain és hierarchikus szintjein keresztül a szervezetben a termékfejlesztéstől a gyártásig, logisztikáig és értékesítésig. Ennek a két típusú integrációnak az a célja, hogy egy végponttól végpontig terjedő megoldást biztosítson a teljes értékláncon, amelynek célja a termék testreszabásának megkönnyítése és a működési költségek csökkentése a CPS használatával a **teljes értéklánc digitális integrálása** érdekében [23].

[17], [13] és [40] az ipar 4.0 négy kulcsfontosságú aspektusát azonosította: (1) kiber-fizikai rendszerek - CPS, (2) a dolgok internete - IoT, (3) szolgáltatások internete - IoS, (4) okos gyár - Smart Factory, melyek új lehetőséget teremtenek a termelési és szolgáltatási folyamatok fejlesztéséhez.

3.1. Kiberfizikai rendszerek (CPS)

Ezek a rendszerek a fizikai és a virtuális környezet interakciójából, a folyamatok és műveletek integrálásából, vezérléséből és koordinálásából, valamint egyidejűleg adathozzáférés és adatfeldolgozás biztosítása és felhasználásából állnak [32]. A CPS általában olyan innovatív technológiákként definiálható, amelyek lehetővé teszik az összekapcsolt rendszerek menedzselését azok fizikai és számítási környezetének integrálása révén [27].

A CPS alapvetően egy olyan beágyazott rendszerként írható le, amely egy intelligens hálózatban cserél adatokat, és lehetővé teszi az intelligens termelést. Amikor a CPS csatlakozik az internethez, gyakran „dolgok internetének” nevezik [22].

A CPS a fizikailag megjelenő eszközöket köti össze a kibertérrel. Szenzorokat, 3D szkennereket, kamerákat vagy RFID-t használ, és adatot termel az adott folyamatról, ami tulajdonképpen az IoT megvalósulása [17].

A kiberfizikai rendszerek (CPS) fizikai objektumok beágyazott szoftverrel és számítási teljesítménnyel [2], melyben a beépített szenzorok alkalmazásával az okos termékek kommunikálni tudnak a gyártás folyamán, így például információt közölnek magukról [36].

Az informatikai, szoftvertechnológiai valamint mechanikai- és elektronikai elemek egységbe kapcsolását értjük, ahol az elemek egy olyan „adat-infrastruktúrán” keresztül kommunikálnak egymással, mint pl. az internet. Képesek környezetükből szenzorok segítségével adatokat gyűjteni, valamint a helyzetük elemzését követően cselekedni. [20] [40].

[26] szerint a CPS a számítási és fizikai folyamatok integrációja. A beágyazott számítógépek és hálózatok figyelik és vezérlik a fizikai folyamatokat, általában visszacsatolási hurokkal, ahol a fizikai folyamatok

befolyásolják a számításokat, és fordítva, ezzel lehetővé téve a vállalatok termelékenységének és hatékonyságának javítását [54].

Felépítésüket tekintve a CPS két párhuzamos hálózatot vezérel, nevezetesen az infrastruktúra összekapcsolt összetevőiből álló fizikai hálózatot és egy intelligens vezérlőkből és a köztük lévő kommunikációs kapcsolatokból álló kiberhálózatot [38]. A CPS ezeknek a hálózatoknak az integrációját valósítja meg több érzékelő, aktuátorok, vezérlőegységek és kommunikációs eszközök használatával.

[5] szerint a CPS-ek képesek kölcsönhatásba lépni környezetükkel érzékelőkön és aktuátorokon keresztül, amivel várhatóan lehetővé teszik a gyárak számára, hogy önállóan, decentralizált módon és valós időben szervezzék meg és irányítsák magukat.

Az információs és kommunikációs technológia folyamatos fejlődése a számítási, átviteli és tárolási kapacitás exponenciális növekedésével párosulva teszi lehetővé az egyre erősebb, egymással összekapcsolt új technológiai rendszerek megjelenését [21].

3.2. Dolgok Internete (IoT)

Közelebbről megvizsgálva nem technológia, hanem inkább koncepció. Fizikai objektumok (dolgok) összekapcsolása virtuális ábrázolással az interneten vagy az internethez hasonló szerkezettel. Az érzékelő és aktuátor technológián keresztül a funkcionalitás az állapot észlelésével és a műveletek végrehajtásával bővíthető [21].

Hálózati eszközök segítségével egyesíti az adatokat a döntéshozatali folyamatokhoz, növeli a termék értékét és funkcionalitását [52]. Integrálja a fizikai világot a számítógép-alapú rendszerbe, hogy csökkentse az emberi beavatkozást és javítsa a gazdasági hasznot, a hatékonyságot és a pontosságot [8][4][3][28].

A jövő iparának középpontjában egy integrált hálózat áll, a felhőben központosítva, és a kulcs-adatok egy központi adatraktárrendszerben érhetők el. Minden eszköz oda tölti fel és onnan tölti le a szükséges adatokat és információkat [10].

Az egyedileg azonosítható fizikai objektumok, eszközök összekapcsolását jelöli egy internethez hasonló struktúrában. A hálózati struktúra nem csak „embereket köt össze”, hanem dolgokat, eszközöket is. Az „okos eszközök” kommunikálnak egymással [20].

[45] szerint az IoT úgy definiálható, mint egy internetes kapcsolat a műhelyben lévő mindennapi fizikai tárgyak, az emberek, a rendszerek és az IT-rendszerek között, létrehozva egy intelligens gyártási környezetet, amelyet gyakran intelligens gyárnak neveznek.

[12] az IoT-re olyan világgént hivatkozik, ahol alapvetően minden (fizikai) dolog úgynevezett „okos dologgá” változhat az internethez csatlakoztatott kis számítógépek segítségével.

3.3. Szolgáltatások internete (IoS)

Az IoS lehetővé teszi a szolgáltatóknak, hogy szolgáltatásaikat az internet segítségével értékesítsék [17][6]. Az internet része, amely szolgáltatásokat és funkciókat webalapú szoftverösszetevőkként

biztosít. A szolgáltató ezeket elérhetővé teszi az interneten, és a tényleges kereslet alapján kínálja. A vállalatok az egyes szoftverkomponenseket összetett, de rugalmas megoldásokká hangszerelhetik [21].

Az IoS résztvevőkből, szolgáltatások infrastruktúrájából, üzleti modellekből és magukból a szolgáltatásokból áll. A szolgáltatásokat különböző beszállítók kínálják és kombinálják értéknövelt szolgáltatásokká; kommunikálnak a felhasználókkal és a fogyasztókkal, és különféle csatornákon keresztül érik el őket [6].

[49] véleménye szerint az IoS azon az elgondoláson alapul, hogy a szolgáltatásokat a webes technológiák révén könnyen elérhetővé teszik, lehetővé téve a vállalatok és a magánfelhasználók számára, hogy összekapcsolják, létrehozzák és újfajta hozzáadott értékű szolgáltatásokat kínálnak.

3.4. Intelligens gyár (Smart Factory)

A CPS az IoT-n és az IoS-en keresztül kommunikál, így lehetővé válik az úgynevezett „okos gyár”, amely egy decentralizált termelési rendszer gondolatára épül, ahol az emberi lények, a gépek és az erőforrások olyan természetesen kommunikálnak egymással, mint egy közösségi hálóban. Az intelligens gyárban a termékek a gyártási folyamatokon keresztül függetlenül találnak utat, és bármikor könnyen azonosíthatók és lokalizálhatók, a költséghatékony, ugyanakkor rendkívül rugalmas és személyre szabott tömeggyártás gondolatát követve [23].

Az intelligens gyárral szorosan összefüggő paradigma arra vonatkozik, hogy az Ipar 4.0 környezetben a gépek CPS-é válnak, ami önszerveződő termelési rendszereket jelent, egymással összekapcsolt komponensekkel, eszközökkel, termelési modulokkal és termékekkel. Az intelligens gyár intelligensebb, rugalmasabb és dinamikusabb lesz, az intelligens gépek pedig képesek lesznek javítani a termelési folyamatokat önoptimalizálás és autonóm döntéshozatali folyamat révén [42].

[34] szerint az okosgyár (smart factory) tulajdonképpen a CPS és az IoT sikeres alkalmazása esetén, a digitalizáció segítségével vertikálisan és horizontálisan integrált gyárat jelenti, amely így még nagyobb vevői érték létrehozására képes.

Ember és gép közötti intelligens hálózatba kapcsolódást jelent, olcsó automatizálással és valós idejű adatokkal. Ennek technológiai alapját a kibernetikai rendszerek alkotják, melynek elemei IoT megoldás segítségével kommunikálnak egymással [36].

[17] és [46] szerint a Smart Factory olyan gyárként definiálható, ahol a CPS az IoT-n keresztül kommunikál, és segíti az embereket és a gépeket feladataik végrehajtásában.

Az ipar 4.0-ban az intelligens gyárak értékláncokhoz kapcsolódnak, hogy megfeleljenek a piaci követelményeknek, és szabványos interfészek segítségével integrálják a gépeket és az anyagokat. Az intelligens anyagokat és intelligens termékeket a teljes életciklus során nyomon követik, ami nagyfokú testreszabást tesz lehetővé [11].

3.5. Big Data

A big data és elemzése nemcsak arra szolgál, hogy megértsük adatainkat, hanem azt is lehetővé teszi, hogy bizonyos problémákat, trendeket (hibákat, varianciákat) előre jelezzenek. Ezeken az adatokon

nyugodva a működő rendszerek sokkal kiegyensúlyozottabbakká válhatnak, ami az agilis vállalatok kialakításának alapját is jelentik [10].

Nagy adatállományok és döntési szabályok gyűjteménye és alkalmazása (az adatfeldolgozás egy olyan módja), ahol nagymennyiségű, sokrétű és strukturálatlan adatról van szó. Lényege, hogy az ömlesztett adathalmazból – különféle matematikai, illetve mesterséges intelligencia módszerek segítségével – megpróbál korábban nem ismert összefüggéseket keresni. A nagy mennyiségű adatokból az adatok közötti korrelációk feltárásával hasznos következtetéseket, új szolgáltatásokat hozhatunk létre [20][40].

A Big Data segítségével lehetőség nyílt a minőség optimalizálására a gyártás során kialakuló adattömegek elemzésével nagy energiamennyiség megtakarítása mellett [37].

4. Ipar 4.0 Magyarországon

2016 februárjában Magyarország Kormánya elfogadta a Nemzetgazdasági Minisztérium által beterjesztett iparstratégiát, az Irinyi Tervet, amely kijelölte a gazdaságfejlesztés legfontosabb irányait a 2016-2020-as időszakra. Az Irinyi Terv célja, hogy megteremtse a magyar gazdaság hosszútávú növekedésének hajtó erejét. A stratégia egyik célja az volt, hogy az ipar aránya a bruttó hazai termékben (GDP) az akkori 23,5 százalékról 30 százalékra emelkedjen 2020-ig. A stratégia szerint ezzel párhuzamosan csökkenteni kell az ipar egyoldalú függését a járműgyártástól és a hozzá kapcsolódó beszállítói iparágaktól, meg kell erősíteni a többi ágazatot is a kiegyensúlyozott gazdasági fejlődés biztosítása érdekében [13].

2016 májusában létrejött az NGM támogatásával, a Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet (MTA SZTAKI) koordinációjával az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform (NTP) mintegy 40 tagszervezet, vállalatok, kutatóintézetek, egyetemek, szakmai szervezetek részvételével, ami mára, bővülő tagság mellett szövetséggé alakult át. A Platform alapvető célja az információcserén alapuló tudásmegosztás és fejlesztések ösztönzése a digitalizációban és a gyártásban, mint az Ipar 4.0 kulcsterületein, valamint feladata szakmai konzultáció, tanácsadás nyújtása, illetve javaslatok készítése a kormányzat és az Ipar 4.0 ökoszisztéma egyéb szereplői részére [46].

5. Következtetések

Az ipar 4.0 mélyreható változásokat fog eredményezni az iparban, a gyártás területén és a szolgáltató szektorban is, erős hatást gyakorolva a teljes értéklánra. Új lehetőségeket kínál az üzleti modellek, a termelési technológia, az új munkahelyek teremtése és a munkaszervezés terén, ugyanakkor veszélyeket is rejt magában (a hatékony Ipar 4.0 alapú gyártás és logisztika jelentős beruházást igényel). Az Ipar 4.0 mára a gyártási és infokommunikációs technológiai innovációkon túl egy új szemléletű iparfejlesztési politika irányát jelöli ki.

Az ipar 4.0 téma iránti növekvő érdeklődés ellenére azonban ez még mindig nem konszenzusos koncepció. Nincs egyértelmű elképzelés erről az új gyártási paradigmáról, minden tudományág saját megközelítésében tárgyalja a koncepciót, valamint kevés az empirikus kutatás a témában.

Az ipar 4.0 technológiai kiegészítik, sőt feltételezik egymást: a big data elemzés elképzelhetetlen a dolgok internete (szenzorokkal felszerelt gépek hálózata), az adattárolási és számítási kapacitás (felhő), valamint a szoftvermegoldások és a megfelelő tudás egyidejű rendelkezésre állása nélkül. Éppen ezért a rendszer kiépítése nemcsak költség, de időigényes is. Véleményem szerint az ipar 4.0 a közeljövőben forradalmian átalakítja munka- és életkörülményeinket: az élet számos területén javul a hatékonyság, másrészt segít megfordítani a fejlett világban évtizedek óta kimutatott termelékenyénövekedés romló tendenciáját. Ugyanakkor napjainkra az Ipar 4.0 választóvonalá is vált: aki kimarad, az lemarad! Ez igaz a beszállítói és fogyasztói oldalra is, de igaz a nemzetgazdaságokra is.

6. Köszönetnyilvánítás

A publikáció megjelenése az EFOP3.6.3-VEKOP-16-2017-00007-„Tehetségből fiatal kutató” –A kutatói életpályát támogató tevékenységek a felsőoktatásban című projekt keretében valósult meg.

Hivatkozások

- [1] AHUETT-GARZA, H. and KURFESS, T., 2018. A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing. *Manufacturing Letters*, 15, pp. 60-63.
- [2] ALMADA-LOBO, F., 2015. The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of innovation management*, 3(4), pp. 16-21.
- [3] ARNOLD, C., KIEL, D. and VOIGT, K., 2017. Innovative business models for the industrial internet of things. *BHM Berg-und Hüttenmännische Monatshefte*, 162(9), pp. 371-381.
- [4] BRANGER, J. and PANG, Z., 2015. From automated home to sustainable, healthy and manufacturing home: a new story enabled by the Internet-of-Things and Industry 4.0. *Journal of Management Analytics*, 2(4), pp. 314-332.
- [5] BRETTEL, M., FRIEDERICHSEN, N., KELLER, M. and ROSENBERG, M., 2014. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), pp. 37-44.
- [6] BUXMANN, P., HESS, T. and RUGGABER, R., 2009. Internet of services. *Business & Information Systems Engineering*, 1(5), pp. 341-342.
- [7] DA SILVA, ELIAS HANS DENER RIBEIRO, SHINOHARA, A.C., DE LIMA, E.P., ANGELIS, J. and MACHADO, C.G., 2019. Reviewing Digital Manufacturing concept in the Industry 4.0 paradigm. *Procedia CIRP*, 81, pp. 240-245.
- [8] DA XU, L., HE, W. and LI, S., 2014. Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, 10(4), pp. 2233-2243.

- [9] DALENOGARE, L.S., BENITEZ, G.B., AYALA, N.F. and FRANK, A.G., 2018. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, pp. 383-394.
- [10] DEMETER, K., LOSONCI, D., NAGY, J. and HORVÁTH, B., 2019. Tapasztalatok az Ipar 4.0-val–egy esetalapú elemzés. *Vezetéstudomány-Budapest Management Review*, 50(4), pp. 11-23.
- [11] EROL, S., JÄGER, A., HOLD, P., OTT, K. and SIHN, W., 2016. Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CiRp*, 54, pp. 13-18.
- [12] FLEISCH, E., 2010. What is the internet of things? An economic perspective. *Economics, Management, and financial markets*, 5(2), pp. 125-157.
- [13] FÜLEP, I., NICK, G.A. and VÁRGEDŐ, T., 2018. Zászlón a digitalizáció-Ipar 4.0. *Új Magyar Közigazgatás*, 11(2), pp. 45-55.
- [14] GREENWOOD, J. and JOVANOVIĆ, B., 1999. The information-technology revolution and the stock market. *American Economic Review*, 89(2), pp. 116-122.
- [15] GUBÁN, M. and KOVÁCS, G., 2017. INDUSTRY 4.0 CONCEPTION. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 10(1), pp. 111.
- [16] HALEEM, A. and JAVAID, M., 2019. Additive manufacturing applications in industry 4.0: a review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 4(04), pp. 1930001.
- [17] HERMANN, M., PENTEK, T. and OTTO, B., 2016. Design principles for industrie 4.0 scenarios, 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS) 2016, IEEE, pp. 3928-3937.
- [18] HOFMANN, E. and RÜSCH, M., 2017a. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, pp. 23-34.
- [19] HUSI GÉZA, 2016. Ipar 4.0. , pp. 1-43.
- [20] ILLÉS, B., 2016. LOGISZTIKAI TRENDEK, UMI-TWINN PROJEKT, MultiScience - XXX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference, 2016.04.21-22. 2016, University of Miskolcs, pp. 1-6.
- [21] JAN BARTODZIEJ, C., 2017. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. Springer Gabler.
- [22] JAZDI, N., 2014. Cyber physical systems in the context of Industry 4.0, 2014 IEEE international conference on automation, quality and testing, robotics 2014, IEEE, pp. 1-4.
- [23] KAGERMANN, H., WAHLSTER, W. and HELBIG, J., 2013. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion: Berlin, Germany*.
- [24] KOVÁCS, O., 2017a. Az ipar 4.0 komplexitása–I. *Közgazdasági szemle*, 64(7-8), pp. 823-854.
- [25] KOVÁCS, O., 2017b. az ipar 4.0 komplexitása–ii. *Közgazdasági szemle*, 64(9), pp. 970-987.

- [26] LEE, E.A., 2008. Cyber physical systems: Design challenges, 2008 11th IEEE international symposium on object and component-oriented real-time distributed computing (ISORC) 2008, IEEE, pp. 363-369.
- [27] LEE, J., BAGHERI, B. and KAO, H., 2015. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, pp. 18-23.
- [28] LUTHRA, S., GARG, D., MANGLA, S.K. and BERWAL, Y.P.S., 2018. Analyzing challenges to Internet of Things (IoT) adoption and diffusion: An Indian context. *Procedia Computer Science*, 125, pp. 733-739.
- [29] MAHFOUZ, A. and ARISHA, A., 2013. Lean distribution assessment using an integrated framework of value stream mapping and simulation, 2013 Winter Simulations Conference (WSC) 2013, IEEE, pp. 3440-3449.
- [30] MITTERMAIR, M., 2015. Industry 4.0 Initiatives. *SMT: Surf.mt.Technol*, 30(3), pp. 58-63.
- [31] MOKYR, J. and STROTZ, R.H., 1998. The second industrial revolution, 1870-1914. *Storia dell'economia Mondiale*, (1), pp. 219-245.
- [32] MONOSTORI, L., KÁDÁR, B., BAUERNHANSL, T., KONDOH, S., KUMARA, S., REINHART, G., SAUER, O., SCHUH, G., SIHN, W. and UEDA, K., 2016. Cyber-physical systems in manufacturing. *Cirp Annals*, 65(2), pp. 621-641.
- [33] MÜLLER, J., DOTZAUER, V. and VOIGT, K., 2017. Industry 4.0 and its impact on reshoring decisions of German manufacturing enterprises. *Supply management research*. Springer, pp. 165-179.
- [34] NAGY, J., 2019. Az Ipar 4.0 fogalma és kritikus kérdései–vállalati interjúk alapján. *Vezetéstudomány-Budapest Management Review*, 50(1), pp. 14-26.
- [35] OESTERREICH, T.D. and TEUTEBERG, F., 2016. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, pp. 121-139.
- [36] OLÁH, J., 2019. Az Ipar 4.0 keretrendszer, valamint a kapcsolódó technológiák. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 4(4), pp. 213-223.
- [37] OLÁH, J., POPP, J. and ERDEI, E., 2019. Az Ipar 5.0 megjelenése: ember és robot együttműködése. *Logisztika Trendek és legjobb gyakorlatok kiadvány*, 5(1), pp. 12-19.
- [38] PARVIN, S., HUSSAIN, F.K., HUSSAIN, O.K., THEIN, T. and PARK, J.S., 2013. Multi-cyber framework for availability enhancement of cyber physical systems. *Computing*, 95(10), pp. 927-948.
- [39] PEREIRA, A.C. and ROMERO, F., 2017. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1206-1214.
- [40] PÉTER, T. and BÉLA, I., 2016. 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. *Műszaki Szemle*, , pp. 41-48.

- [41] RADZIWON, A., BILBERG, A., BOGERS, M. and MADSEN, E.S., 2014. The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, pp. 1184-1190.
- [42] ROBLEK, V., MEŠKO, M. and KRAPEŽ, A., 2016. A complex view of industry 4.0. *Sage open*, 6(2), pp. 2158244016653987.
- [43] SCHMIDT, R., MÖHRING, M., HÄRTING, R., REICHSTEIN, C., NEUMAIER, P. and JOZINOVIĆ, P., 2015. Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results, *International Conference on Business Information Systems 2015*, Springer, pp. 16-27.
- [44] SCHUH, G., POTENTE, T., WESCH-POTENTE, C. and HAUPTVOGEL, A., 2013. 10.6 Sustainable increase of overhead productivity due to cyber-physical-systems.
- [45] SHARIATZADEH, N., LUNDHOLM, T., LINDBERG, L. and SIVARD, G., 2016. Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things. *Procedia Cirp*, 50, pp. 512-517.
- [46] SIMON JÁNOS, 2016. A negyedik ipari forradalom–Industry 4.0, *A magyar tudomány napja a délvidéken 2016*, Dialóg Campus Kiadó, pp. 493-501.
- [47] SPATH, D., GANSCHAR, O., GERLACH, S., HÄMMERLE, M., KRAUSE, T. and SCHLUND, S., 2013. *Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0*. Fraunhofer Verlag Stuttgart.
- [48] VON TUNZELMANN, N., 2003. Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(4), pp. 365-384.
- [49] WAHLSTER, W., GRALLERT, H., WESS, S., FRIEDRICH, H. and WIDENKA, T., 2014. *Towards the internet of services: The THESEUS research program*. Springer.
- [50] WANG, S., WAN, J., LI, D. and ZHANG, C., 2016. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International journal of distributed sensor networks*, 12(1), pp. 3159805.
- [51] WEYER, S., SCHMITT, M., OHMER, M. and GORECKY, D., 2015. Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *Ifac-Papersonline*, 48(3), pp. 579-584.
- [52] YANG, P. and XU, L., 2018. The Internet of Things (IoT): Informatics methods for IoT-enabled health care. *Journal of Biomedical Informatics*, 87, pp. 154-156.
- [53] ZHONG, R.Y., XU, X., KLOTZ, E. and NEWMAN, S.T., 2017. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), pp. 616-630.
- [54] ZHOU, K., LIU, T. and ZHOU, L., 2015. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges, 2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD) 2015, IEEE, pp. 2147-2152.