

# AZ IPAR 4.0 IMPLEMETÁCIÓVAL KAPCSOLATOS VEZETŐI MOTIVÁCIÓK ÉS AKADÁLYOZÓ TÉNYEZŐK ELEMZÉSE HAZAI VÁLLALATVEZETŐK VÉLEMÉNYE ALAPJÁN

## ANALYSIS OF MANAGERIAL MOTIVATIONS AND BARRIERS RELATED TO THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0 BASED ON THE OPINION OF HUNGARIAN BUSINESS LEADERS

Internet, közösségi média, digitális transzformáció, dolgok internete, okos technológiák, mesterséges intelligencia: egyre inkább a hétköznapiak részévé válnak. Az automatizáció és a robotika az Ipar 4.0 alapkövei. A vállalatoknak most kell dönteniük arról, hogy integrálják-e a mesterséges intelligenciát, robotokat a működésükbe, továbbá bátorítják-e a munkatársakat, hogy robotokkal dolgozzanak együtt. Néhány tanulmány készült már eddig arról, hogy ezekkel a változásokkal kapcsolatban milyen attitűdök jelennek meg a munkahelyeken. Jelen kutatás összefoglalja egy projekt első eredményeit, amelynek célja annak feltárása, hogy Magyarországon milyen előítéletek és attitűdök vannak jelen a vállalatoknál; mire van szükségük ahhoz, hogy elfogadják a változást és szélesebb körben alkalmazzák a technológia vívmányait. A kutatás kvalitatív módszertanra, vezetőkkel készített interjúkra épül. Az eredmények alapján a technológiai változásokkal szemben tartózkodó állásponton vannak a vállalatok, de ahol már bevezették az Ipar 4.0 egyes elemeit, ott a pozitív tapasztalatok felülírják a félelmet és hatékonyabban tudják a munkát elvégezni.

**Kulcsszavak:** attitűd, Ipar 4.0, motiváció, munkaerő

Internet, social media, digital transformation, Internet of Things, smart technologies and artificial intelligence are increasingly part of people's lives. Automation and robotics are the key factors for Industry 4.0. Companies are now facing the challenge of integrating artificial intelligence and robots into their workforce by encouraging employees to work with their 'robotic teammates'. A few studies have examined attitudes towards these new technologies. This study summarises the first part of a major research project that aims to reveal the attitudes and perceptions of company leaders towards digital transformation and Industry 4.0. The research is based on qualitative interviews with Hungarian managers. The main findings show that there is a great amount of uncertainty towards the upcoming changes in the world of work and a bit of anxiety as well, but as the change unfolds, the companies become more and more confident and willing to apply the new technologies.

**Keywords:** attitude, Industry 4.0, labour force, motivation

### Finanszírozás/Funding:

A közlemény megjelenését a TKP2020-NKA-10 sz. projekt keretében a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap 2020-4.1.1-TKP2020 sz. Tématerületi Kiválóság Programja finanszírozta.

The publication is supported in the framework of TKP2020-NKA-10 project by the Thematic Excellence Program (2020-4.1.1-TKP2020) of the National Research, Development and Innovation Fund.

### Szerzők/Authors:

Dr. Obermayer Nóra, egyetemi docens, Pannon Egyetem, (obermayer.nora@gtk.uni-pannon.hu)

Dr. Csizmadia Tibor, egyetemi docens, Pannon Egyetem, (csizmadia.tibor@gtk.uni-pannon.hu)

Dr. Hargitai Dávid Máté, egyetemi adjunktus, Pannon Egyetem, (hargitai.david@gtk.uni-pannon.hu)

Kigyós Tamás Attila, mesteroktató, Pannon Egyetem, (kigyos.tamas@gtk.uni-pannon.hu)

A cikk beérkezett: 2020. 07. 11-én, javítva: 2020. 10. 06-án, elfogadva: 2021. 01. 12-én.

This article was received: 11. 07. 2020, revised: 06. 10. 2020, accepted: 12. 01. 2021.

Az elmúlt évszázadokban a mindennapi élet megköny-nyítését célzó, ipari forradalmak formájában megjelenő innováció fejlődést jelentett, a termelő rendszerek hatékonysága növekedett, mégpedig egy új technológiai megoldásnak köszönhetően (Xu, Xu, & Li, 2018). Az első ipari forradalmat a XVIII. század végén az emberi és állati izomerő kiváltása jelentette a gőzgép feltalálásával (Berg & Hudson, 1992). Ezt követte a XIX. század fordulóján, amelynek során elterjedt az elektromos áram és a Ford nevéhez kötődő tömeggyártás (Mokyr, 1998). A harmadik esetében, a XX. század második felében az elektronika, valamint az információtechnológia fejlődésének köszönhetően megindult a gyártásautomatizálás (Greenwood & Jovanovic, 1999). Napjainkra az adatok forradalma jellemző, az új, digitális forradalom, amely alapjaiban változtatja meg az ipart, az üzleti életet, továbbá a gazdaságot és a civil társadalmat is jelentős mértékben érinti (Demeter, Losonci, Nagy, & Horváth, 2019; Horváth & Szabó, 2019; Nagy, 2019).

Az egyik legnagyobb kihívás, amellyel a szervezetek manapság szembesülnek, hogy megtalálják a megfelelő megközelítéseket és módszereket versenyképességük folyamatos fenntartásához az Ipar 4.0 korában. Ez hosszú távon a túlélésük előfeltétele. Az Ipar 4.0 a termelő szektor digitalizációjára vonatkozik, amibe beleértjük az összes termékkomponensbe és gyártóberendezésbe beépített érzékelőket, a mindenütt jelenlévő kiber-fizikai rendszereket és az összes kapcsolódó adatelemzési mechanizmust (Gehrke, Bonse, & Henke, 2016). Az Ipar 4.0 előnyei abban mutatkoznak meg, hogy az információs technológiák és az ipari automatizálás révén a gyártórendszerek rugalmasabbak és jobban méretezhetőek (Brettel, Friederichsen, Keller, & Rosenberg, 2014; Dassisti, Giovannini, Merla, Chimienti, & Panetto, 2019). Ez egyrészt rendkívül hatékonyra teszi a vállalatokat az új technológiai képességeik révén, ami gyors alkalmazkodást tesz lehetővé számukra a szervezeti célok és az iparági forgatókönyvek kihívásai közepette (Wittenberg, 2016), ugyanakkor új kihívásokat is támaszt a szervezetek és a munkavállalók irányába (Kasinen et al., 2020; Demeter et al., 2019; Yu, Ouyang, Li, & Peng, 2017). Új készségekre, ismeretekre és kompetenciákra van szükség ezeknek a technológiáknak a kezeléséhez, valamint rugalmasabb vállalati munkakörnyezetet igényel (Imran & Kantola, 2019). Ezenkívül a vállalatok teljesítményét erőteljesen befolyásolja vezetőik és munkatársaik potenciálja és elkötelezettsége (Stachová, Papula, Stacho, & Kohnová, 2019).

Számos nemzetközi kutatás foglalkozik az Ipar 4.0 emberközpontú vetületével (Romero et al., 2016; Quattrociochi, Mercuri, d'Arcangelo, & Cristini, 2018; Li, Fast-Berglund, & Paulin, 2019), valamint egy friss tanulmány (Horváth & Szabó, 2019) összefoglalja az Ipar 4.0 adaptálásának hajtóerőit és korlátait. Hajtóerők között azonosították a piaci versenyt, a cégvezetés elvárásait, a termelékenység és a hatékonyság egyes elemeit, ezzel szemben korlátként jelölték meg a szervezeti tényezőket, a cégek jelenlegi képességeit, valamint a technológiai és folyamatintegrációt, illetve az együttműködés hiányát. Az emberi erőforrás és pénzügyi források egyes fakto-

rai hajtóerőként, míg más faktorok korlátként tűnhetnek fel. Mindezek mellett versenyképes helyzetbe jöhetnek a kihívásokra rugalmasan reagálni képes KKV-k is, bár az egyes hajtóerők és korlátok eltérő mértékben jelennek meg a különböző méretű cégeknél (Horváth & Szabó, 2019).

Kutatásunk célja az volt, hogy felmérje egyrészt a vezetők motivációit az Ipar 4.0 bevezetésével kapcsolatban, másrészt megállapítsa, hogy milyen akadályok nehezítik a bevezetést. A kutatás kvalitatív interjúk alapul, 32 magyar vállalat vezetőjének részvételével.

## Szakirodalmi áttekintés

Ebben a fejezetben az Ipar 4.0-t és annak technológiai, társadalmi és munkaerőpiacra gyakorolt hatásait, valamint az észlelés és attitűd megközelítéseit elemezzük.

### Az Ipar 4.0

Az Ipar 4.0 kifejezést a „Hannover Messe 2011” ipari vásáron használták először, amely a német ipar versenyképességének erősítését célzó közös kezdeményezés elnevezésére szolgált (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). A koncepciót gyakran hívják negyedik ipari forradalomnak (4IR) is. Az Ipar 4.0 forgalmát három mérnök alkotta meg: Kagermann, fizikus, az SAP egyik alapítója; Wahlster a mesterséges intelligencia (MI) professzora és Lukas, aki szintén fizikus és a Német Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium vezető tisztviselője. Meglátásuk szerint, az „Industrie 4.0” olyan kihívásokra ad megoldást, mint például az erőforrás- és energiahatékonyság vagy a demográfiai változások, továbbá lehetővé teszi az erőforrások termelékenységének és hatékonyságának növelését a teljes értékláncon keresztül (Kagermann et al., 2013).

Az első három ipari forradalom nagy termelékenységnövekedést ért el a gyorsan elterjedt, általános célú technológiáknak köszönhetően: gépesítés, villamos energia és informatika (Kagermann et al., 2013; Veza, Mladineo, & Gjeldum, 2015). A negyedik ipari forradalom abban különbözik az előzőektől, hogy az élet minden területére vonatkoztatható (Ślusarczyk, 2018). Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann (2014, p. 240) szerint „*az Ipar 4.0 magában foglalja a gyártási környezet növekvő digitalizálását és automatizálását, valamint a digitális értékláncok létrehozását a termékek, környezetük és üzleti partnerek közötti kommunikáció megvalósulása érdekében.*” A dolgok internetén (Internet of Things (IoT)) keresztül a kiber-fizikai rendszerek (CPS) valós időben kommunikálnak és együttműködnek (Kagermann et al., 2013). A CPS alkalmazása lehetővé teszi a fizikai és a digitális folyamatok együttműködését az ellátási láncok között (Liao, Deschamps, Loures, & Ramos, 2017), ami magasabb hozzáadott értéket eredményez (Hermann, Pentek, & Otto, 2016; Pfohl, Yahsi, & Kurnaz, 2015).

Az Ipar 4.0, mint jövőkép 2016-ban a Davosban megrendezett Világgazdasági Fórumon terjedt tovább. Számos új lehetőséget teremt a vállalatok számára, ugyanakkor kihívásokkal is szembesül az automatizálás és a digitalizálás terén. A makrokörnyezet szempontjából politikai, gazdasági, társadalmi, technikai, környezeti és jogi

kihívások kerültek előtérbe. A kutatás célja szempontjából döntő jelentőségűek a társadalmi és a technikai kihívások. Társadalmi szempontból három fő befolyásoló tényező azonosítható: a demográfiai változás, a növekvő virtuális munka és a folyamatok növekvő összetettsége; a technikai kihívások közül pedig megemlíthetők a különféle technológiák és az adatok felhasználásának növekedése, illetve a munkavégzés területén folyamatosan növekvő együttműködési platformok száma (Hecklau, Galeitzke, Flachs, & Kohl, 2016).

Az Ipar 4.0 átförmálja az üzleti és gazdasági környezetet a következő évtizedben, éppen ezért nagyon fontos kérdés, hogyan lehet elérni a kiber-fizikai rendszerek és a munkavállalók közötti hatékony interakciót.

### Az Ipar 4.0 technológiai hatásai

Az Ipar 4.0 az IoT gyártási környezetbe való bevonásával egy újszerű ipar képét vázolja fel. Az IoT a különböző IT-rendszerek, gépek és eszközök közös hálózatra kapcsolásával jön létre. A vállalatok számára az egyik legnagyobb értéket a rendszerei és eszközei között zajló folyamatos kommunikációból kinyerhető valós idejű adatok (Big Data) jelenthetik. Az Ipar 4.0 egyik legnagyobb vívmánya, hogy az automatizációt egy sokkal magasabb szintre emeli, mint ahogy korábban megismertük. A megjelenő mesterséges intelligencia pedig a big data analitikára épülő magasabb szintű gépi tanulás révén fejlődik tovább (Ternai, 2020).

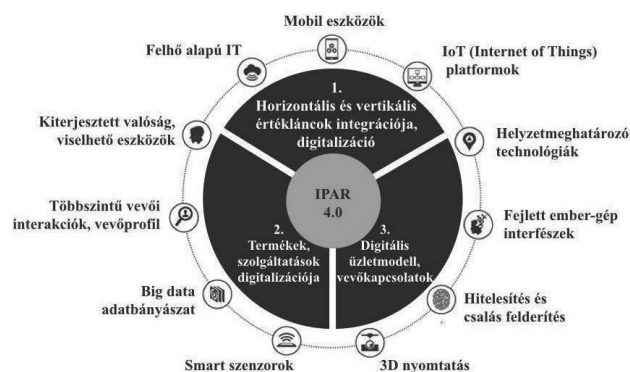
A PricewaterhouseCoopers (PwC, 2018a) kutatása szerint, az Ipar 4.0 három fő területen (1. ábra) hat az üzleti világra:

- *horizontális és vertikális értékláncok integrációja, digitalizáció* (felhőalapú IT, mobil eszközök, IoT platformok),
- *termékek, szolgáltatások digitalizációja* (kiterjesztett valóság, többszintű vevői interakciók, vevőprofil, big data adatbányászat, smart szenzorok),
- *digitális üzletmodell, vevőkapcsolatok* (3D nyomtatás, hitelesítés és csalásfelderítés, fejlett ember-gép interfészek, helymeghatározó technológiák).

Az információs rendszerek integráltsága, az adatok rendelkezésre állása, a magasabb automatizáltsági szint és az egységek közti együttműködés által a vállalatoknak lehetőségük van hatékonyságuk növelésére.

A Boston Consulting Group (2015) kutatása szerint az Ipar 4.0 elterjedése jelentős változást eredményez a munkakörnyezettel kapcsolatos követelményekben, az iparban dolgozók munkájának módszereiben, új munkahelyek jönnek létre, míg mások eltűnnek. Bár úgy vélik, hogy az Ipar 4.0 (elsősorban a robotika területén) felváltja az emberi munkaerőt, a termelő vállalatok mégis inkább a munkavállalók támogatására fogják alkalmazni a robotikát. A technológia növelni fogja a termelékenységet mind a fizikai, mind a digitális támogató rendszerek révén, de az emberi munkaerőt nem helyettesíti. A rutin feladatok száma csökken, miközben a rugalmasságot, a problémamegoldást és a testreszabást igénylő feladatok száma növekszik (BCG, 2015).

### Az Ipar 4.0 keretrendszere és kapcsolódó technológiai



Forrás: PwC (2018a) alapján saját szerkesztés

A Massachusetts Institute of Technology (MIT) egyik felmérése megállapította, hogy az emberekből és a robotokból álló együttműködő csoportok eredményesebbek lehetnek, mint a csupán emberekből, vagy csupán robotokból álló csoportok. A robotokat, gépeket nem a munkavállalókat fenyegető veszélynek tekintik, hanem támogatóknak vagy csapatársnak, akik közös munkaterületen, egymást kiegészítve dolgoznak (Koleva, 2019).

A PwC Strategy& 26 országban végzett tanulmánya szerint a globális gyártó vállalatok 10%-a nevezhető digitális bajnoknak, amely többek között abban nyilvánul meg, hogy a digitalizációt olyan innovatív módon kezelik, amely túlmutat az automatizáláson. Ázsiában a gyártók 19%-a, Amerikában 11%-a, míg az EMEA-régióban csupán 5%-a ért el digitális bajnok státuszt. A digitális bajnokok 90%-a kísérleti jelleggel már bevezetett néhány új technológiát (vagy tervezi bevezetésüket), ilyen például a robotika (90%), továbbá egyharmaduk alkalmaz már mesterséges intelligenciát (AI) a főbb működési területeken, elsősorban a manuális feladatok automatizálására. Ez az arány a digitális újoncok esetében csupán 2%. Az eredmények alapján az AI alkalmazása továbbra is kezdeti szakaszban van. A legtöbb vállalat nagyra értékeli az AI nyújtotta lehetőségeket, de a felhasználási területek még csak kialakulóban vannak. A digitális bajnokok 52%-a szerint nincsenek megfelelő kompetenciák az AI-rendszerek széles körű bevezetéséhez. Az ázsiai vállalatok ugyanakkor az AI területén is élen járnak: 15% jelentős AI-megoldások kivitelezésébe kezdett, míg az EMEA-régió esetén ez csupán 5% (PwC, 2018b).

### Az Ipar 4.0 társadalmi hatásai

A technológia fejlődése következtében az Ipar 4.0 társadalmi hatásai is fontossá válnak. A modern gazdaságokban egy úgynevezett termelékenységi paradoxon észlelhető: hiába a technológiai fejlesztés, a termelékenységnek csak a szinten tartása következhet be. A növekedés gátja a fogyasztás csökkenése, az elszegényedés, és leginkább az előregedő társadalmak. Ez utóbbiak megakadályozzák a növekedést, a fenntarthatóságot, hiszen szűkül a rendelkezésre álló munkaerő. Ha a fogyasztás nagymértékű visz-

szaesést eredményez, az a munkaerőpiac átalakulására is hatással lesz (Molnár, 2018).

A kékgalléros munkahelyek számának csökkenése mellett várható lesz a féhégallérosoké is (PRC, 2014). Az ügyvédek, könyvelők, tanácsadók helyét átveheti a mesterséges intelligencia, amely az emberi munkaerő költségének töredékéért végez gyorsabb és pontosabb munkát. Az automatizálás már nem csupán az alacsony képességeket igénylő munkaerőt teszi feleslegessé, hanem ez a tendencia eltolódhat a magasabb kvalitású munkaerő irányába (UBS, 2016). A kialakulóban lévő helyzet új foglalkoztatási, gazdasági, társadalmi, szociálpolitikai megoldások feltárását teszi szükségessé, új megoldásokat kell kitalálni a várható helyzet orvoslására (Molnár, 2018).

Az Ipar 4.0 koncepció szorosan kötődik a technológiához (hardver és szoftver területén egyaránt), ugyanakkor látható, hogy az emberi tényezőt nem veszik kellő mértékben figyelembe. Az Ipar 4.0 olyan szakaszban van, amikor az emberek szkeptikusak az új technológiákkal szemben, bár a „big data” több területen is hatással van már az életükre. Ha az emberi tényező nem szerves része az Ipar 4.0 koncepciójának, akkor a 4IR úgy érhet véget, mint más, korábbi ipari forradalmak: az embereket teljesen kihagyják a folyamatból, vagy legalábbis ők úgy érzik, hogy valójában nem tartoznak a folyamathoz (Kinzel, 2017). Schwab (2016) azt is hangsúlyozza, hogy a jövőt úgy kell alakítani, hogy az emberek kerüljenek előtérbe. A legembertelenebb formájában a 4IR „robotizálja” az embereket és megfoszthatja a „szívüket és a lelküket”.

### Az Ipar 4.0 hatása a munkaerőpiacra

A gépek szerepe nem az emberek helyettesítése, hanem az emberek és a gépek együttműködésének megvalósítása. Az emberek képesek olyan feladatok végrehajtására, amelyeket a gépek nem tudnak megtanulni vagy automatizálni, és ez a tény olyan képességek fejlesztését vagy megerősítését teszi szükségessé, amelyeket nem lehet gépi tanulással, kognitív számítástechnikával, vagy mesterséges intelligencia segítségével átruházni a gépekre (Mortensen, 2017).

Az Ipar 4.0 korszak munkavállalójának rendelkeznie kell technológiai, módszertani, társadalmi és személyes kompetenciákkal is (Quattrocio et al., 2018). Azért, hogy versenyképesek legyenek és megtarthassák a munkájukat, ezen ismeretek, készségek és kompetenciák folyamatos fejlesztésére van szükség (Agolla, 2018). A specializált munkavállaló egyre kevésbé lesz fontos, ugyanakkor a sokrétű szaktudással és készséggel rendelkező, alkalmazkodóképes munkatársak jelentősége megnö (Kergroach, 2017).

Egyes felfogások szerint a robotok a jövőben elvehetik az emberek munkáját. Ez a felfogás azonban nem állja meg a helyét, hiszen a robotok már ma is olyan feladatokat végeznek el, amelyek ellátásához az emberi munkaerőnek nem, vagy csak korlátozott mértékben állnak a rendelkezésére a megfelelő eszközök, vagy pedig nem az emberek helyett dolgoznak, hanem megkönnyítik vagy felgyorsítják a feladatok megoldását. A harmadik ipari forradalom vívmánya, a számítógépek megjelenése miatt sem szűntek

meg a munkahelyek, hanem újak jöttek létre, így a negyedik ipari forradalom estében is hasonló jövőkép várható.

A DXC Technology előrejelzése szerint 2020-ban élre törnek a technológiai fókusszal rendelkező üzleti vezetők, akik a szervezet hatékonyságát és innovatív erejét előmozdító technológiákban látják a siker kulcsát. Digitális stratégia kidolgozásában, okos termékek alkalmazásában és a szellemi tulajdon fejlesztésében gondolkodnak. A technológiai vezetők új szemléletet képviselnek, feladatuk az új készségek és a vállalati kultúra fejlesztése (DXC, 2019).

A Világ gazdasági Fórum véleménye szerint a következő kompetenciák lesznek kiemelkedőek az Ipar 4.0 korában: komplex problémamegoldás, kritikus gondolkodás, kreativitás, emberek menedzselése, koordináció, érzelmi intelligencia, ítélőképesség és döntéshozatal, szolgáltatásorientáltság, tárgyalás és kognitív rugalmasság (Mortensen, 2017).

A PwC tanulmánya szerint (2018b) a gyártó vállalatok kétharmada nem rendelkezik digitális stratégiával, és mindössze 27% véli úgy, hogy munkavállalóik rendelkeznek a szükséges kompetenciákkal ahhoz, hogy megállják a helyüket a digitális jövőben. A digitális bajnokok több mint 70%-a szerint ugyanakkor vezetők világos jövőképet látnak maguk előtt és támogatják munkavállalóik fejlesztését.

Fontos feladat, hogy mélyebb betekintést nyerjünk arról, hogy a vezetők hogyan vélekednek az Ipar 4.0 lehetőségeiről, milyen elvárásokkal és attitűdökkel rendelkeznek, hiszen a menedzsment viselkedése nagymértékben befolyásolja a munkavállalók hozzáállását (Rubin, Dierdorff, Bommer, & Baldwin, 2009).

### Észlelés és attitűd

Az új dolgoktól való félelem természetes automatikus emberi reakció. Olyan érzelmek alkotják, mint a bizonytalanság, zavar, illetve negatív elvárások és attitűdök azzal kapcsolatban, hogy a mindennapi életünk alapjai megváltoznak. Ezek a folyamatok általánosnak mondhatók és nagy hatással vannak az emberek viselkedésére (Gawronski & Bodenhausen, 2006). Ez a vállalati környezetre is igaz. Annak érdekében, hogy a munkáról alkotott elképzeléseinket átalakítsuk és változtassunk a szervezet megközelítésén, tisztában kell lennünk a viselkedésünket megalapozó attitűdökkel és valószínűleg az erőteljes és alapvető változásokban támogatnunk kell a munkatársakat is.

Az attitűd széleskörűen alkalmazott definíció szerint egy pszichológiai tendencia arra vonatkozóan, hogy egy adott tárgyat (személyt, fogalmat, vagy más létezőt) előnyösnek vagy előnytelennek, pozitívnak vagy negatívnak értékelünk (Eagly & Chaiken, 1993). Crano és Prislín (2006) szerint az attitűd tükrözi a személy észlelését, kognícióját, és érzelmi viszonyulását az adott tárgy felé. Ezek az ítéletalkotások kognitív és/vagy érzelmi szintűek is lehetnek, különböző intenzitással, erővel és időtartammal lehetnek hatással a cselekvésekre, amelyek ezáltal konzisztenssé válhatnak. A szerzők úgy vélik, hogy az attitűdök létrejöhetnek kondicionálás, implicit, illetve tudattalan vagy tudatos, explicit, kigondolt módokon is.

Egy későbbi tanulmányukban azt is kimutatták, hogy az attitűdök és a cselekvés olyannyira kapcsolódnak, hogy kölcsönösen képesek hatást gyakorolni egymásra, így az attitűdök alapján megjósolhatjuk a jövőbeni viselkedést, illetve ez fordítva is igaz (Crano & Prislin, 2008).

A pszichológia már a XX. század közepe óta vizsgálja az attitűdök kialakulásának fontosságát a munkahelyi eredményességben (Fleishman, 1953), illetve az egyetértés, az azonosulás és az internalizáció szerepét az attitűdváltozásban (Kelman, 1958). Híres cikkükben Hersey és Blanchard (1982) a vezetési stílusokat és attitűdöket kapcsolták össze a viselkedéssel, közvetlenül vizsgálva Ajzen és Fishbein (1977) empirikus eredményeinek vállalati megjelenését.

Az attitűdök megismerése, mint a Hofstede és munkatársai által megkezdett kutatássorozat, a GLOBE-kutatás, illetve az ezekre épülő későbbi alkalmazott vizsgálatok, amelyek a különböző európai országok eltérő értékrendjének hatását vizsgálják a vezetői attitűdökre, alapvető eszköze a társadalomtudományos megismerésnek (Mockaitis, 2005). Az olyan attitűdkutatások, amelyek az automatikus pszichés mechanizmusok, az implicit asszociációk szerepét vizsgálják a politikai (szavazói) döntéshozatalra (Roccatto, & Zogmaister, 2010), vagy ugyanezen jelenségek megjelenése a vallási előítéletek kialakulásában (Rudman, Greenwald, Mellott, & Schwartz, 1999) igazolják a viszonyulás és előzetes beállítódás hatását azok viselkedésére, akikre befolyással vagyunk.

A Leader Behavior Description Questionnaire (LBDQ), illetve az Ohio State Leadership Studies (Schriesheim, & Bird 1979; Schriesheim, Cogliser, & Neider, 1995) vagy az előző bekezdésben hivatkozott Implicit Asszociációs Teszt (IAT) kvantitatív módon közelítik meg a vezetői attitűdök vizsgálatát. Amint azt Alvin és Krosnick (1991) cikkükben tárgyalják, az attitűd vizsgálatának számos olyan aspektusa van, amely a megbízhatóságot érinti. Elsősorban két faktort azonosítanak, az első a kérdéses módjára, a második a válaszadók kognitív és motivációs jellemzőire (például az iskolázottságukra, vagy korukra) vonatkoznak. Ahogy azt Reid (2006) összefoglalta, a szakértők és érintettek célzott megkérdéztése a leghatékonyabb módszer az attitűdök azonosítására akár kvantitatív, akár kvalitatív adatgyűjtésről beszélünk.

Gawronski és Bodenhausen (2006) amellett érvel, hogy mind az implicit, mind az explicit attitűdöket az azokat megalapozó mentális folyamatok tükrében érdemes vizsgálni. Ezek a folyamatok lehetnek asszociatívak, vagy feltételezéseken, hiedelmeken alapulók. Modelljükben a kétféle attitűd elkülönül, de interakcióban van egymással, míg a korábbi modellek azt feltételezték, hogy a különféle attitűdelemek egymástól függetlenül jelennek meg és különböző szintű a feldolgozottságuk (Albarracín, Wei, Hong, & Kenji, 2008).

Az attitűdök keletkezése a percepcióval vagy a kognícióval kezdődik. Ez lehet közvetlen olyan esetekben, ahol az attitűd tárgya hozzáférhető, megérintható, látható (Eagly & Chaiken, 1993). Az Ipar 4.0 esetében azonban egy fogalomról beszélünk, amely absztrakt, ráadásul más és más jelentéssel bírhat a különböző vállalatok számá-

ra. Amíg a legtöbb érintett számára egyértelmű, hogy a koncepció lényegi eleme az automatizáció és az infokommunikációs technológiák kiterjedt alkalmazása, a fogalom gyakorlati alkalmazásában sok múlhat azon, hogy a potenciális felhasználóknak milyen beállítódásai vannak. A vállalatok döntéshozóinak ki kell békíteniük az ellentmondást a hatékonyság növelése és a munkavállalói elégedettség tényezői között, szem előtt tartva a profit maximalizálását és a vevői elégedettség növelését. Ezért kritikus, hogy megértsük a vállalati kulcsemberek gondolkodását és hiedelmeit az új technológiákkal kapcsolatban. A vezetők gondolkodásmódja nagymértékben befolyásolja az alkalmazottak vélekedését is. Ez különösen igaz, ha egy jelentős változást kell véghez vinni a szervezet életében. Rubin és munkatársai (2009) kutatásának példáját kiemelve: a vezető szervezeti változással szembeni cinizmusa (cynicism about organizational change, CAOC) különösen lényegesnek bizonyult abban a tekintetben, hogy annak magas foka csökkentheti a munkavállalóknak a vállalati életben való aktív részvételét (organizational citizenship behavior, OCB). Ezzel párhuzamosan káros hatást gyakorol a munkavállalók szervezet iránti elkötelezettségére, illetve növeli a munkavállalói CAOC-t. Az OCB olyan viselkedési formákat tartalmaz, mint a bizalom megnyilvánulása, a hatékonyságra törekvés, és további olyan tevékenységek, amelyek hozzájárulnak a vállalat sikeréhez. Mindezekből arra következtethetünk, hogy a vezető attitűdjei közvetlenül hatnak a munkavállalói eredményességre (Rubin et al., 2009).

Müller és munkatársai (2018) kutatása felhívta a figyelmet arra is, hogy az Ipar 4.0, a dolgok internete (IoT), illetve az ipari IoT (IIoT) pozitív és negatív hatásaival kapcsolatos kutatások meglehetősen egydimenziósak és a fenntarthatóságra fókuszálnak, míg nem veszik figyelembe az úgynevezett Triple Bottom Line dimenzióit. A Spreckley által 1981-ben bevezetett hármas értékelés lényege, hogy az üzleti értéket három szempontból értékeli: gazdasági, szociális és környezeti dimenziók figyelembevételével. Van néhány vizsgálat, amely az Ipar 4.0 társadalmi vetületeivel foglalkozik, mint például az emberi tanulás fejlesztése az intelligens rendszerek által, vagy az ember-gép interfészek hatásával a munkavállalók elégedettségére vonatkozóan. Viszont a jelenlegi szakirodalom alapján nincs átfogó képünk arról, hogy az iparban a jelenlegi átalakulás számszerűen milyen változásokat fog hozni. Ez tovább növeli a bizonytalanságot és a bizalmatlanságot az új folyamatokkal szemben (Müller, Kiel, & Voigt, 2018).

Az Ipar 4.0 új kihívásai folyamatos innovációt és tanulást követelnek, ezeket pedig az emberek és vállalatok képességei limitálják. A megfelelő irányítói, vezetői folyamatok életbevágó szerepet játszanak a kapacitások dinamikus fejlesztésében, a hatékony tanulásban és az innovációs klíma kialakításában. A szervezeti tanulás kultúrája, a problémamegoldás, a tudásmenedzsment, a vezetési stílus és a szervezeti struktúra kiegészülve a HR támogatásával segíthet a változás folyamatában (Shamim, Cang, Yu, & Li, 2016). A vállalatok mindennapi működését szorosabban kell integrálni a tanulóhoz és az innovációhoz, kombinálva

a rövid és hosszú távú stratégiákat. Az emberierőforrás-menedzsment gyakorlatok jó kombinációja (képzések, felvételi politika, nyílt, innovatív emberek alkalmazása, fair kompenzációs rendszerek és jutalmazás alkalmazása, rugalmas munkakörök stb.) elősegíti az újdonságok bevezetésének sikerességét (Shamim et al., 2016). Több kutatás (Müller et al., 2018; Shamim et al., 2016; Rubin et al., 2009) elemzése alapján arra a következtetésre jutunk, hogy a vállalatok esetében a vezetők elvárásai és a változásmenedzsment el-képesztő hatással bír az új technológiák bevezetésére és az Ipar 4.0 elemeinek használatára.

### A kutatás feltételezései

Az irodalmi áttekintést felhasználva (Lasi et al., 2014; Rubin et al., 2009; Kinzel, 2017; Schwab, 2016) a következő feltételezések mentén vizsgáljuk kutatási témánkat:

*Feltételezés 1:* A magyarországi vállalatok vezetőinek percepcióin alapuló Ipar 4.0 értelmezése összhangban van az Ipar 4.0 nemzetközi értelmezésének fő irányával.

*Feltételezés 2:* Minél pozitívabb a vállalatok vezetőinek attitűdje, annál magasabb az Ipar 4.0 eszközök implementációjának aránya.

*Feltételezés 3:* Az emberi tényező döntő szerepet játszik az Ipar 4.0 implementációjának motivációs és akadályozó tényezőiben is.

Feltételezéseinkhez kapcsolódóan kiemeljük, hogy mivel a magyar gazdaságpolitikában döntő szerepe van az ipari szektornak, ezért az Ipar 4.0 sikere kulcsfontosságú az ország számára. Ugyanakkor a téma növekvő népszerűsége ellenére sem találtunk a bevezetés sikerében kulcsszerepet játszó hazai vezetők Ipar 4.0 értelmezéséről friss vizsgálati eredményt. Ezen kívül a humán tényező Ipar 4.0 implementációjában játszott szerepének feltárása lehetőséget biztosít többek között a robotokkal való együttműködés támogatásában és a munkafolyamatok (át)tervezéséhez.

### A kutatás módszertana

Ebben a fejezetben a kutatással kapcsolatos adatgyűjtés és elemzés módszertani háttérét mutatjuk be. A kvalitatív típusú kutatásunk szakértői interjúkon alapult, melynek elsődleges célja az Ipar 4.0 és a munkaerő kapcsolatának vizsgálata, annak megértése. A fókuszcsoportos interjúkkal szemben azért döntöttünk a vezetői interjúk mellett, mert egyrészt a fókuszcsoportos interjúkhoz képest strukturált válaszokat kapunk, amiknek a kódolása és elemzése könnyebb, másrészt a csoportnormák sem torzítják a válaszokat (Acocella, 2012). Hasonló megállapításra jutottak Veres és társai (2016), akik szerint a gondolatok egyénileg keletkeznek, de a vélemény kialakulásában már nagymértékben befolyásolja azokat a mások által alkotott vélemény, valamint a környezeti hatások.

A feltáró kutatási fázisban a minőségi adatokon szöveganalitikát végeztünk. Az Ipar 4.0-val kapcsolatos vezetői attitűdök, motivációk meghatározását első körben nem szabad diszkrét módon statisztikai elemzés alá vetni. A kvalitatív kutatási eredmények minden esetben feltárnak mintázatokat, jelenségeket, jellegzetességeket. Az al-

kalmazott szöveganalitikai módszer különösen alkalmas a vélemény-, attitűd- és imázsformálódás modellálására. Ezeket az összefüggéseket kívánjuk bemutatni a kutatás eredményei alapján. Elemzésünk során általánosabb kérdésekkel dolgoztunk, nem volt egy előzetes kódrendszer, hanem a kódok maguknak a szövegeknek a vizsgálata során bontakoztak ki egy iteratív eljárás során (Géring, 2017). Ebben a kutatásban például annak meghatározása, hogyan értelmezik a vezetők az Ipar 4.0 fogalmát. Mind ezen túl az alkalmazott módszer lehetőséget biztosított arra, hogy az elemzés során figyelembe vegyük a szövegek olyan kontextuális elemeit is, amelyek hatással voltak a vizsgált területekre (Elo et al., 2014).

### Az adatgyűjtés

Az adatgyűjtéshez kvalitatív módszertant alkalmaztunk, interjúk készítettünk Magyarországon működő vállalatok vezetőivel. Azért választottuk őket, mert széles körű rálátással rendelkeznek a vizsgálatunk témáját illetően. 2019 novembere és 2020 februárja között összesen 32 interjú készítettünk húsz termelő és 12 szolgáltató vállalatnál. A strukturált interjúk során nyitott, félig nyitott és zárt kérdéseket tettünk fel. A témákról előzetesen tájékoztattuk a kutatásba bevont válaszadókat, így fel tudtak készülni az interjúra. Az elemzés során A1-A32 sorszámmal jelöltük, hogy melyik vállalat vezetőjétől származik az idézet.

Az interjú kérdései három fő csoportba sorolhatók:

1. az Ipar 4.0 eszközök implementálása és akadályozó tényezői,
2. képzési igények,
3. az Ipar 4.0-val kapcsolatos vezetői motivációk.

Az interjúk 50-70 percig tartottak, minden interjút rögzítettünk és átírtunk a későbbi szisztematikus elemzés érdekében.

### Az elemzés

A tanulmányunkhoz a primer adatokat rögzített strukturált vezetői interjúk alapján készítettük el. Az Atlas.ti nevű szöveganalitikai szoftver segítségével végeztük a kvalitatív adatok strukturálását és a tartalomelemzést. A tartalomelemzés egy olyan kutatási technika, amely a szövegek elemzése révén nemcsak a szövegekre magára, hanem azok kontextusára vonatkozóan is próbál következtetéseket levonni. A szövegelemzés során tehát nem a nyelvtani szerkezetre figyelünk, hanem a szavak, mondatok, bekezdések tartalmára. Ennek elemzése révén a szövegen túl, akár tágabb jelenségekre is érvényes állításokhoz juthatunk, amelyekkel a szöveg foglalkozik (Géring, 2017). Miután a vezetői interjúkat elkészítettük, az átírtakat többször átolvastuk, a releváns tartalmakhoz emlékeztetőket adtunk hozzá (memos). A kódolási szakaszban az adatokat kezelhető szegmensekre bontottuk és címkéztük az azonosíthatóság érdekében. Schwandt (2007) szerint a kódolás alapvetően megköveteli az adatszegmensek folyamatos összehasonlítását és kategorizálását, ezért kutatócsoportunk a végleges kódrendszer egy iterálási folyamat eredményeképpen alkotta meg.

A forráskutatás alapján létrehoztunk egy teoretikus keretrendszert, amely három pillérrre épül: vezetői motívációk az Ipar 4.0-val kapcsolatosan, felmerült akadályozó tényezők az implementálás során, továbbá az Ipar 4.0 terület fejlettségi és kiterjedtségi szintje a vállalkozásokban. Ebben a cikkben arra keresünk választ, hogy a vezetői motívációs és a vállalatban tetten érhető akadályozó tényezők milyen elemekre bonthatók, és ezek hogyan határozzák meg a vállalkozások jelenlegi Ipar 4.0 implementációs szintjét.

### A kutatás eredményei

Az eredmények értékelése során a kvalitatív elemzés három fő szempontját tartottuk szem előtt: a vezetői vélemények megjelenítése, adatok elemzése és értelmezése. A részletes elemzéseket az alábbi alfejezetben mutatjuk be.

#### Percepció az Ipar 4.0-ról

Hoffmeister-Tóth (2017, p. 151) szerint a percepció „olyan komplex folyamat, amely során az emberek szelektálják, rendezik és értelmezik az érzékszervi ingereket, összefüggő értelmes képbe rendezve a világot”. A filozófiában, pszichológiában, valamint a kognitív tudományban az észlelés az érzékszervi információk tudatosságának, illetve a megértés elérésének a folyamatoként értelmezhető. Ez alapján azt gondoltuk, hogy a vezetők által kifejezett percepciókból megfogalmazzuk a saját Ipar 4.0 definíciókat. A folyamat első lépéseként lehvítuk az összes ehhez kapcsolódó idézetet (vezető percepció: Ipar 4.0 kód), majd az említett szavakat gyakorisági sorrendbe rendeztük (a szinonim szavakat összevontuk pl.: automatizálás, automata) és ebből készítettünk egy szófelhőt (Atlas.ti és a wordart online alkalmazás segítségével). Az eredményt a 2. ábra mutatja be, amely alapján megállapíthatjuk, hogy a hívószavak összhangban állnak az elméletben feltárt Ipar 4.0 definícióval. A legfontosabb elemek: az információs technológia, a munkaerő, a költség, a gyártás, az automatizálás, valamint a folyamatok.

Szófelhő az Ipar 4.0-ról



Forrás: saját szerkesztés

A szófelhőben megjelenő szavak kontextus elemzésével a vizsgálat tárgyát képező definíció: Az Ipar 4.0 egy olyan technológiaalapú irányzat, amely az értékteremtő folyamatokat és a minőséget helyezi előtérbe a költség és a megtérülés figyelembevételével. Az Ipar 4.0 az adat- és folyamatáramlás automatizmus kialakítása mellett a humán tényezőt a komplex feladatok során használja a jobb vállalati pozíció megszerzésének érdekében. A magyarországi vezetők véleménye alapján megalkotott definícióink technológiai aspektusból hasonlít Kagerman et al. (2013) és Lasi et al. (2014) eredményeihez, ugyanakkor fontos új elemként jelenik meg a gazdasági és a humán tényezők szerepe, így a definícióink komplexebben közelíti meg a témakört.

#### Vezetői hozzáállás az Ipar 4.0 megoldásokhoz

Az 1. táblázat a vállalkozások által alkalmazott Ipar 4.0 megoldások számát és a megkérdezett vezetők attitűdje közötti összefüggést fejezi ki. A megoldások száma az adott értékhez tartozó idézetek gyakoriságát mutatja, míg az attitűd skálán elfoglalt pozíció ugyanezt a logikát követi. A keresztábra alapján láthatjuk, hogy akik pozitívabb attitűddel rendelkeznek az Ipar 4.0-val kapcsolatban, ők a

1. táblázat

A vezetői attitűdök és Ipar 4.0 megoldások kapcsolata

Keresztábra (Attitűdök*Megoldások)		Attitűdök (idézetek gyakorisága)								
		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Megoldások	0 (14 eszköz)	0	0	1	1	2	0	0	0	1
	1 (14 eszköz)	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	2 (14 eszközök)	0	0	2	2	0	0	0	2	0
	3 (14 eszközök)	3	0	0	0	9	0	3	0	0
	4 (14 eszközök)	0	0	8	0	4	8	0	0	0
	5 (14 eszközök)	0	5	5	0	0	0	0	0	0
	6 (14 eszközök)	0	0	0	12	18	0	0	0	0
	7 (14 eszközök)	0	0	0	0	21	0	0	0	0
9 (14 eszközök)	0	0	0	0	0	0	27	0	0	
Összesen		3	5	16	17	54	8	30	2	1
		41 idézet					95 idézet			

Forrás: saját szerkesztés

vállalkozásukban is előnyben részesítik ezeknek az eszközöknek az alkalmazását.

A pozitív hozzáállású vezetőkhez kétszer annyi idézet volt kapcsolható az Ipar 4.0 megoldások tekintetében, mint akik kevésbé érzik fontosnak az Ipar 4.0 jelentőségét (neutrális és negatív attitűd). Az egyik vezető, aki pozitív (3) hozzáállással rendelkezik, a következőket mondta: „Mind az információ kommunikációs eszközök, mind az IT-vezérelt technológiák egyre fontosabbá válnak a mezőgazdasági létesítményeinkben, melyet az automatizálás eszközeivel támogatunk” (A18). „Hasznosnak tartjuk az informatikavezérelt technológiákat, ezért a legszélesebb körben akarjuk ezeket alkalmazni a vállalkozásunkban” (A18).

Egy negatív (-3) hozzáállású menedzser szerint viszont: „A vállalatok nem állnak készen erre az ipari forradalomra ... sok probléma kapcsolódik a túlzott digitalizációhoz” (A6). Ennek a cégnek egy RFID rendszere van, más Ipar 4.0-hoz kapcsolódó technológiát nem használnak. A táblázat alapján bizonyos esetekben megállapítható az a diszsonancia is, hogy a negatív attitűdű vezetők több Ipar 4.0 eszközt is használnak: „Az Ipar 4.0 tőlem távol álló, de sajnos elkerülhetetlen folyamat, ami mindenképpen be fog következni. A gyártási folyamatainkban egyre inkább jelen van. Szerintem a döntési folyamatok digitalizációja, az intelligens, egymással kommunikáló berendezések hálózata egyelőre utópisztikus, ennek ellenére van több automatizált gyártó gépünk, amelyet a beérkező információ alapján egy program vezérel” (A12), vagyis negatív érzéseik ellenére is belátják a technológiai eszközök fejlesztésének szükségességét.

A példák alapján látható, hogy alapvetően a pozitív attitűddel rendelkezők több Ipar 4.0 megoldást használnak, mint a negatívok.

### Motivációk és akadályok

Először az Ipar 4.0 megoldások megvalósításával kapcsolatos akadályozó tényezőket vizsgáltuk meg. A munkaerővel kapcsolatban a legmeghatározóbb akadályozó elemek közé sorolható a változás („Sokan nem akarnak rugalmasak lenni.” A17), a motiváció („...van olyan, akit nem érdekel, mit mondunk neki.” A26), továbbá a munkavállalók bevonása és megtartása („Nagy kihívás a munkavállalók bevonása és egyben megtartása is...” A18). A termelő vállalatok legnagyobb problémája a technológiával kap-

csolatos dilemmákból fakad. Legtöbbször a kompatibilitási problémák fejeződtek ki („Rengeteg féle rendszer jelenik meg, amelyek nem kompatibilisek egymással, ez céges környezetben katasztrófa.” A9). Emellett az információ is külön elemként jelent meg („...hiányosak és sok esetben rosszak az információk a megjelenő új technológiákról” A4), és természetesen az adatbiztonság is helyet kapott e kategóriarendszeren belül („...az adatbiztonság azonban nagy kihívás számunkra” A5).

A pénzügyi korlátok a szolgáltatói szektornál domináltak inkább. Az új technológiát sok esetben nagyon drágának ítélik meg, ezért nem tudják bevezetni („A megvalósítás költsége olyan drága lenne, hogy nem érné meg bevezetni.” A15).

A külső környezeti akadályok jelentek meg a legcsekélyebb mértékben a többihez viszonyítva, itt problémás területnek az oktatást említették („Gondot okoz az iskolai oktatás is, mert manapság már számítógépeken tanítják a diákokat rajzolni, azonban papíralapon is tudni kellene, ezért a vezető megköveteli a papírt és a ceruzát. Az informatikai végzettséget silánynak értékelem.” A2). A kategórián belül ugyanilyen idézettségi gyakorisággal jelentkezett a gazdasági hatás szerepe („Amikor lehetőségünk van, akkor fejlesztünk, amikor lassul a világgazdaság, nekünk is reagálnunk kell rá. A cég legnagyobb felvevőpiaca az autóipar, ez viszont tavaly október óta lassul és zsugorodik.” A21). Ezeket az eredményeket mutatja be a 2. táblázat, ahol szürke háttérrel jelöltük, hogy a vállalat típusa szerint, illetve összesen a teljes mintára vonatkozóan melyik akadályozó tényezőt említették a legnagyobb gyakorisággal.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a gyártói oldalon a technológiai, míg szolgáltatói oldalon a pénzügyi akadályok kerültek előtérbe az emberi tényező mellett, amely az ágazat jellegétől függetlenül mindkét esetben meghatározó tényező volt.

A vezetőktől azt is megkérdeztük, hogy motiváltak-e az Ipar 4.0 eszközök alkalmazásában, implementálásában (mi ösztönzi őket a bevezetésben és a használatban). A motivációs tényezőket az interjúk alapján négy csoportra lehetett osztani.

1. humán tényezőkkel kapcsolatos motivációk: munkaerőhiány („Szükségszerűvé vált a versenyképesség és munkaerőhiány miatt az automatizálás, a feladatok gyorsítása, egyszerűbbé tétele esetleges kiváltása.” A20), ok-

2. táblázat

A legmeghatározóbb implementációs akadályok

Akadályozó tényezők fő kategóriái	A vállalat típusa				ÖSSZES (idézetek)
	gyártó (20 vállalat)		szolgáltató (12 vállalat)		
Külső környezeti akadályok	6 (idézet)	18%	5 (idézet)	22%	11
Pénzügyi akadályok	4 (idézet)	12%	8 (idézet)	35%	12
Humán akadályok	11 (idézet)	32%	8 (idézet)	35%	19
Technológiai akadályok	13 (idézet)	38%	2 (idézet)	9%	15
Összesen:	34	100%	23	100%	57

Forrás: saját szerkesztés



tatási rendszer („Gondot okoz az iskolai oktatás is.... az informatikai végzettség silánynak értékelhető.” A11) és a humán tartalékképzés.

2. biztonsággal kapcsolatos motivációk: energiatakarékoság, környezetvédelem („Motiválóan hat számomra a környezetvédelmi szempontok figyelembevétele .... olyan berendezések tervezése, melyek figyelik az energiafelhasználást is.” A27) és a balesetek csökkenése.

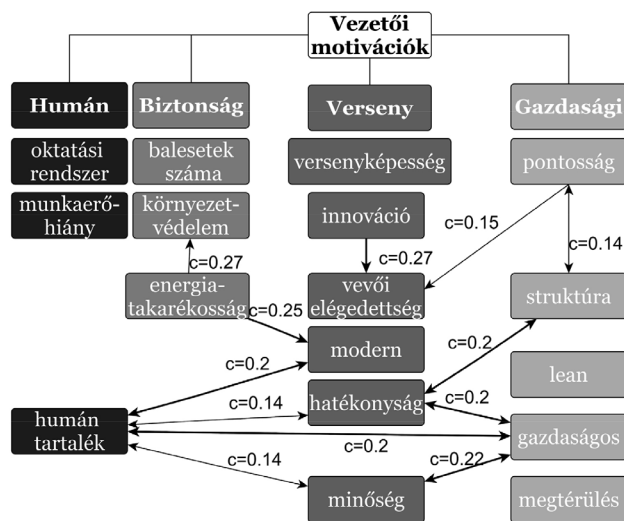
3. versenytényezőkkel kapcsolatos motivációk: minőség, innováció, hatékonyság, vevői elégedettség és versenyképesség („Versenyképesség, gazdaságosság, továbbá az egyes megoldások egyszerűsítése.” A19).

4. gazdasági tényezők kapcsolatos motivációk: pontosság, lean elvek, költségmegtérülés, folyamatstruktúra és gazdaságos működés („Egy egyszerű beruházás keretében meg lehet spórolni a komplett munkaerőköltséget hosszú távon és a nyereség szempontjából ez előremutató.” A6).

A 3. ábra a motivációs tényezők közötti kapcsolatot és annak erősségét mutatja. A c-együttható 0 (nincs összefüggés, együtt járás) és 1 (a két kód között függvényeszerű kapcsolat, együtt járás van) között értelmezendő. A nyilak jelzik a kapcsolat meglétét és a c érték jelzi a kapcsolat erősségét. Az együttmozgást a program a  $c = n_{12} / (n_1 + n_2 - n_{12})$  függvénnyel határozza meg ( $n_{12}$  = a két c1 és c2 kód szerinti együttes előfordulás értéke az  $n_1$  és  $n_2$  kódok közötti gyakoriságok függvényében). Például a struktúra ( $n_1$ ) kód 9-szer, míg a pontosság ( $n_2$ ) 7-szer jelent meg az átiratokban, a két kód pedig együttesen ( $n_{12}$ ) 2-szer szerepelt a vizsgált idézetekben, így az együttes előfordulási arány  $c = 2 / (9 + 7 - 2)$  formulából adódóan 0,14.

3. ábra

A motivációs tényezők kapcsolata



Forrás: saját szerkesztés

A legmagasabb együttes előfordulást ( $c=0,27$ ) az innováció és az ügyfelek elégedettsége között tudtuk feltárni („A partnerek elvárásainak maximális teljesítése, magasabb szintű vevői elégedettség elérése.” A20), de a legtöbb kapcsolatot a humán tartalékképzés adja a verseny és a gazdasági tényezők kapcsolatában („A munkatársaink értéke-

remtő komplex feladatokban akarnak részt venni, modern és kreatív világot szeretnének a munkahelyükön.” A9). A c értéke itt is minden esetben meghaladja a 0,14-es értéket.

A gazdasági tényező szintén meghatározó jelentőséggel bír, amely egyaránt kapcsolódik a minőséghez és a hatékonysághoz („A pénz motivál, növeli hatékonyságot és biztosítja a strukturáltságot.” A2).

Megállapítható, hogy a humán tényezők a gazdasági és a versenytényezőkkel mutatnak szorosabb kapcsolatot, illetve a fentebb megjelenített vezetői kijelentések is azt támasztják alá, hogy az Ipar 4.0 eszköztára az emberek helyettesítését helyezi középpontba.

## Összegzés

A tanulmányban az Ipar 4.0 implementációval kapcsolatos vezetői motivációkat és akadályozó tényezőket elemeztük. Vizsgálatunk eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy az Ipar 4.0 implementáció fontos akadályozó tényezői a humán, a technológiai, a pénzügyi és a külső tényezők, míg a gazdasági, a humán, a biztonsági és a versenytényezők fontos motivációs tényezők (2. táblázat és 3. ábra). Összhangban Demeter és munkatársai (2019) megállapításával, az akadályozó tényezők közül a legfontosabb a humán faktor. A motivációs tényezőknél pedig – hasonlóan Horváth & Szabó (2019) megállapításához – a verseny és a gazdaság mellett fontos elemként jelenik meg a humán faktor, ami egyértelműen kiemeli az emberi tényező relevanciáját az Ipar 4.0 megvalósításában. A motivációs tényezőknél a humán faktoron belül az Ipar 4.0 eszköztár alkalmazása elsődlegesen az emberek helyettesítését célozza meg. Ez az eredmény rávilágít a hazai vállalatvezetők gazdasági szemléletére. Mindezek alapján a 3. feltételezésünket, mely szerint az emberi tényező döntő szerepet játszik az Ipar 4.0 implementációjának motivációs és akadályozó tényezőiben, elfogadjuk.

Mindezek mellett tanulmányunk bemutatja a magyar vezetők konkrét Ipar 4.0-val kapcsolatos percepcióit is: a legfontosabbak az információs technológia, a munkaerő, a költség, a gyártás, az automatizálás, valamint a folyamatok. A nemzetközi vizsgálatokban hangsúlyos technológiai aspektus (Kagerman et al., 2013; Lasi et al., 2014) mellett fontos szerepet kapnak a gazdasági és humán tényezők. Ennek következtében részben látjuk igazoltnak az 1. feltételezésünket, amely szerint a magyarországi vállalatok vezetőinek percepcióin alapuló Ipar 4.0 értelmezése összhangban van az Ipar 4.0 nemzetközi értelmezésének fő irányával. Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a hazai vezetők az Ipar 4.0-át holisztikus módon, mintsem szűk, csak a technológiára fókuszálva értelmezik.

A 2. feltételezés tükrében, az attitűdök szintjén vizsgálva az eredményeket, elmondható, hogy a percepcióinak hatása van a vezetői attitűdök kialakulásában. Az interjúalanyok válaszai azt mutatják, hogy a pozitív hozzáállású vezetők több Ipar 4.0 megoldást használnak, mint a negatív hozzáállású vezetők. Ez összhangban van a nemzetközi kutatási eredményekkel (Shamim et al., 2016; Rubin et al., 2009), miszerint a vezető alapattitűdje fontos szerepet tölt be a vezetői döntések során az Ipar 4.0 megoldások

bevezetésével kapcsolatban. Eredményeink ugyanakkor felhívják a figyelmet arra a fontos mechanizmusra, hogy míg az attitűdök elsődlegesen implicit alapúak, de explicit irányba tolódnak el, mivel a külső tényezők a vezetői döntések meghozatalában felülírták az alapattitűdöt. A kognitív feldolgozás a meglévő implicit attitűdöknél nagyobb hatással van a vezetők döntéseire, Gawronski és Bodenhausen (2006) megállapításainak megfelelően. Ez csak részben igazolja a 2. feltételezésünket, miszerint minél pozitívabb a vállalatok vezetőinek attitűdje, annál magasabb az Ipar 4.0 eszközök implementációjának aránya. Megállapítottuk, hogy a vezetői alapattitűdöt a másodlagos (észlelt külső nyomás) tapasztalatok felülírják.

Kutatásunk jelentősége abban rejlik, hogy magas elemszámú, hazai vezetőkkel folytatott interjúk bázisán tártunk fel összefüggéseket a vezetői motivációk és akadályozó tényezők, valamint az Ipar 4.0 kapcsolatában. Különösen érdemes az Ipar 4.0 megoldásokkal kapcsolatban is alkalmazni Shamim és munkatársai (2016) javaslatait és a humán menedzsment eszközeinek kombinációját alkalmazva átültetni a vezetői attitűdöket a gyakorlatba.

Mint minden kutatásnak, ennek is megvannak a maga korlátai. Ilyen korlát, hogy kizárólag magyarországi vállalatok vezetőit kérdeztük meg a vizsgálat során; az emberi tényező helyettesítésének középpontba kerülése más, tudásintenzív kontextusokban lehet, hogy kevésbé hangsúlyos. Ezért a jövőbeli vizsgálatoknak arra is választ kell keresniük, hogy az Ipar 4.0 implementáció motivációs és akadályozó tényezői közül melyek, és milyen módon járulnak hozzá az emberi munka helyettesítéséhez, és/vagy a robotokkal történő együttműködés támogatásához. A kutatás eredményei a módszertanból fakadóan limitáltak. Bár kvalitatív vizsgálatokhoz képest nagyszámú (32) interjú alapján végeztük a kutatást, a jövőben célszerű kvantitatív eszközökkel megvizsgálni kutatási kérdéseinket például iparági különbségek feltárása céljából. Végezetül eredményeink a vizsgálat konceptualitásából fakadóan is korlátosak. A vizsgálat alapvetően az emberi tényezőt helyezte középpontba, ezen belül is az Ipar 4.0 bevezetésével kapcsolatos motivációs és akadályozó tényezőket. Ennek tükrében az emberi tényezők erőteljes hangsúlya fenntartásokkal kezelendő. Ennek ellenére úgy gondoljuk, hogy vizsgálatunk eredményei fontos kérdésekre irányították rá a figyelmet, a tanulságok pedig jó gyakorlatként használhatók a vállalatok fejlődése számára iparágtól függetlenül.

## Felhasznált irodalom

- Acocella, I. (2012). The focus groups in social research: advantages and disadvantages. *Quality & Quantity*, 46(4), 1125-1136. <https://doi.org/10.1007/s11135-011-9600-4>
- Agolla, J. E. (2018). Human Capital in the Smart Manufacturing and Industry 4.0 Revolution. In Antonella Petrillo, Raffaele Cioffi & Fabio De Felice (eds.), *Digital Transformation in Smart Manufacturing* (pp. 41-58). London: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73575>

- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1977). Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 84(5), 888-918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.84.5.888>
- Albarracín, D., Wei, W., Hong, L., & Kenji, N. (2008). Structure of Attitudes Judgments, Memory, and Implications for Change. In Crano, W. D. & Prislin, R. (eds.), *Attitudes and Attitude Change* (pp. 19-41). New York: Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203838068>
- Alvin, D. F., & Krosnick, J. A. (1991). The Reliability of Survey Attitude Measurement: The Influence of Question and Respondent Attributes. *Sociological Methods & Research*, 20(1), 139-181. <https://doi.org/10.1177/0049124191020001005>
- BCG (2015). *Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?* Retrieved from [http://englishbulletin.adapt.it/wp-content/uploads/2015/10/BCG\\_Man\\_and\\_Machine\\_in\\_Industry\\_4\\_0\\_Sep\\_2015\\_tcm80-197250.pdf](http://englishbulletin.adapt.it/wp-content/uploads/2015/10/BCG_Man_and_Machine_in_Industry_4_0_Sep_2015_tcm80-197250.pdf)
- Berg, M., & Hudson, P. (1992). Rehabilitating the industrial revolution 1. *The Economic History Review*, 45(1), 24-50. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0289.1992.tb01290.x>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Science Engineering and Technology*, 8(1), 37-44. <https://publications.waset.org/9997144/how-virtualization-decentralization-and-network-building-change-the-manufacturing-landscape-an-industry-40-perspective>
- Crano, W. D., & Prislin, R. (2006). Attitudes and persuasion. *Annual Review of Psychology*, 57(1), 345-374. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.57.102904.190034>
- Crano, W. D., & Prislin, R. (2008). *Attitudes and Attitude Change The Fourth Peak*. New York: Taylor & Francis Group.
- Dassisti, M., Giovannini, A., Merla, P., Chimienti, M., & Panetto, H. (2019). An approach to support Industry 4.0 adoption in SMEs using a core-metamodel. *Annual Reviews in Control*, 47(Nov), 266-274. <https://doi.org/10.4324/9780203838068>
- Demeter, K., Losonci, D., Nagy, J., & Horváth, B. (2019). Tapasztalatok az Ipar 4.0-val – egy esetalapú elemzés. *Vezetéstudomány*, 50(4), 11-23. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.04.02>
- DXC (2019). *Five Technology Trends in 2020 Poised to Transform the Future of Work*. Retrieved from <https://www.dxc.technology/newsroom/press-releases/147885-five-technology-trends-in-2020-poised-to-transform-the-future-of-work-according-to-dxc-technology>

- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Fort Worth, TX.: Harcourt Brace Jovanovich.
- Elo, S., Kääriäinen, M., Kanste, O., Pölkki, T., Utriainen, K., & Kyngäs, H. (2014). Qualitative content analysis: A focus on trustworthiness. *SAGE Open*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.1177/2158244014522633>
- Fleishman, E. A. (1953). Leadership Climate, Human Relations Training, and Supervisory Behavior. *Personnel Psychology*, 6(2), 205-222. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1953.tb01040.x>
- Gawronski, B. & Bodenhausen, G. V. (2006). Associative and Propositional Processes in Evaluation: An Integrative Review of Implicit and Explicit Attitude Change. *Psychological Bulletin*, 132(5), 692–731. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.5.692>
- Gehrke, L., Bonse, R., & Henke, M. (2016). Towards a management framework for the digital transformation of logistics and manufacturing. In *Proceedings of 23rd EurOMA Conference* (pp. 1–10). 23rd EurOMA Conference, Trondheim.
- Géring, Zs. (2017). Kevert szövegelemzési módszertan alkalmazása gazdasági és társadalmi jelenségek vizsgálatához. *Vezetéstudomány*, 48(4), 55-66. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2017.04.08>
- Greenwood, J. & Jovanovic, B. (1999). The information technology revolution and the stock market. *American Economic Review*, 89(2), 116-122. <https://doi.org/10.1257/aer.89.2.116>
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54(Dec), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>
- Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In *Proceedings of 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937). Koloa, HI. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hersey, P., & Blanchard, K. H. (1982). Leadership style: Attitudes and behaviors. *Training & Development Journal*, 36(5), 50–52.
- Hoffmeister-Tóth, Á. (2017). *A fogyasztói magatartás alapjai*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Horváth D., & Szabó Zs. R. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting & Social Change*, 146(Sept), 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- Imran, F., & Kantola, J. (2019). Review of Industry 4.0 in the Light of Sociotechnical System Theory and Competence-Based View: A Future Research Agenda for the Evolute Approach. In Kantola J., Nazir S., & Barath T. (eds.), *Advances in Human Factors, Business Management and Society. AHFE 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing (vol. 783)* (pp. 118-128). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94709-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94709-9_12)
- Kaasinen, E., Schmalfuß, F., Öztürk, C., Aromaa, S., Boubekeur, M., Heilala, J., Heikkilä, P., Kuulaa, T., ... Waltere, T. (2020). Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. *Computers & Industrial Engineering*, 139(Jan), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.052>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, Acatech, Frankfurt am Main, Germany. Retrieved from [http://digital.bib-bvb.de/webclient/DeliveryManager?custom\\_att\\_2=simple\\_viewer&pid=5744125](http://digital.bib-bvb.de/webclient/DeliveryManager?custom_att_2=simple_viewer&pid=5744125)
- Kelman, H. C. (1958). Compliance, identification, and internalization: Three processes of attitude change. *Journal of Conflict Resolution*, 2(1), 51-60.
- Kergroach S. (2017). Industry 4.0: New Challenges and Opportunities for the Labour Market. *Foresight and STI Governance*, 11(4), 6–8. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2017.4.6.8>
- Kinzel, H. (2017). Industry 4.0 – Where Does This Leave the Human Factor? *Journal of Urban Culture Research*, 15, 70-83. <https://doi.org/10.14456/jucr.2017.14>
- Koleva, N. (2019). An Empirical Study on Human Resources' Attitude Towards Manufacturing Digitalization. In *2019 Proceedings of International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth (CREBUS)* (pp. 1-5). Sandanski, Bulgaria. <https://doi.org/10.1109/CREBUS.2019.8840057>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(April), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Li, D., Fast-Berglund, Å., & Paulin, D. (2019) Current and future Industry 4.0 capabilities for information and knowledge sharing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105(Dec), 3951–3963. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03942-5>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609–3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Mockaitis, A. (2005). A cross-cultural study of leadership attitudes in three Baltic sea region countries. *International Journal of Leadership Studies*, 1(1), 44 - 63.
- Mokyr, J. (1999). The Second Industrial Revolution, 1870–1914. In Castronovo, V. (Ed.), *Storiadell' Economia Mondiale* (pp. 219-245). Rome: Laterza Publishing.
- Molnár, Sz. (2018). A negyedik ipari forradalom nem várt hatásai. *E-Közigazgatási Tanulmányok*, 11(3), 43-51. [http://kozszov.org.hu/dokumentumok/UMK\\_2018/3/06\\_Negyedik\\_ipari\\_forradalom.pdf](http://kozszov.org.hu/dokumentumok/UMK_2018/3/06_Negyedik_ipari_forradalom.pdf)

- Mortensen, D. (2017). *Automation may take our jobs – but it'll restore our humanity*. Retrieved from <https://qz.com/1054034/automation-may-take-our-jobs-but-itll-restoreour-humanity>
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247. <https://doi.org/10.3390/su10010247>
- Nagy, J. (2019). Az Ipar 4.0 fogalma és kritikus kérdéseivállalati interjúk alapján. *Vezetéstudomány*, 50(1), 14-26. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.01.02>
- PEW - Pew Research Center (2014). *Key Insights: Expert Views on Artificial Intelligence, Robotics, and the Future of Jobs*. Retrieved from <http://www.pewinternet.org/2014/08/06/key-insights-expert-views-on-artificial-intelligence-robotics-and-the-future-of-jobs/>
- Pfohl, H. C., Yahsi, B., & Kurnaz, T. (2015). The impact of Industry 4.0 on the supply chain. In Kertsen, W., Blecker, T., & Ringle, C.M. (Eds.), *Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chain* (pp. 31-58). Berlin: epubli GmbH.
- PWC (2018a). *How SAP's intelligent enterprise can help Technology, Media, and Telecom (TMT) Companies in their "Connected Supply Chain" journey towards Industry 4.0 evolution*. Retrieved from <https://www.pwc.com/us/en/services/alliances/assets/pwc-sap-intelligent-enterprise-and-industry-4-0.pdf>
- PwC (2018b). *Global Digital Operations Study 2018 - Digital Champions How industry leaders build integrated operations ecosystems to deliver end-to-end customer solutions*. Retrieved from [www.pwc.com/gx/en/insights/industry4-0/global-digital-operations-study-digital-champions.pdf](http://www.pwc.com/gx/en/insights/industry4-0/global-digital-operations-study-digital-champions.pdf)
- Quattrociochi, B., Mercuri, F., d'Arcangelo, D., & Cristini, V. (2018). Knowledge management to compete in the digital era: Skills evolution of enterprise systems. In *Proceedings of 19th European Conference on Knowledge Management* (pp. 733-741). Padua, Italy.
- Reid, N. (2006). Thoughts on attitude measurement. *Research in Science & Technological Education*, 24(1), 3-27. <https://doi.org/10.1080/02635140500485332>
- Roccatto, M. & Zogmaister, C. (2010). Predicting the Vote through Implicit and Explicit Attitudes: A Field Research. *Political Psychology*, 31(2), 249-274. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9221.2009.00751.x>
- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å., & Gorecky, D. (2016). Towards an Operator 4.0 Typology: A Human-Centric Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies. In *Proceedings of 46th International Conference on Computers & Industrial Engineering* (pp. 1-11). Tianjin, China.
- Rubin, R. S., Dierdorff, E. C., Bommer, W. H., & Baldwin, T. T. (2009). Do leaders reap what they sow? Leader and employee outcomes of leader organizational cynicism about change. *The Leadership Quarterly*, 20(5), 680-688. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2009.06.002>
- Rudman, L. A., Greenwald, A. G., Mellott, D. S., & Schwartz, J. L. K. (1999). Measuring the Automatic Components of Prejudice: Flexibility and Generality of the Implicit Association Test. *Social Cognition*, 17(4), 437-465. <https://doi.org/10.1521/soco.1999.17.4.437>
- Schriesheim, C. A., Coglisier, C. C., & Neider, L. L. (1995). Is It "Trustworthy"? A Multiple-Levels-Of-Analysis Reexamination of an Ohio State Leadership Study, With Implications For Future Research. *Leadership Quarterly*, 6(2), 111-145. [https://doi.org/10.1016/1048-9843\(95\)90031-4](https://doi.org/10.1016/1048-9843(95)90031-4)
- Schriesheim, C. A., & Bird, B. J. (1979). Contributions of the Ohio State Studies to the Field of Leadership. *Journal of Management*, 5(2), 135-145. <https://doi.org/10.1177/014920637900500204>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: What It Means, How to Respond*. World Economic Forum. Retrieved from <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>
- Schwandt, T. A. (2007). *The Sage dictionary of qualitative inquiry*. Thousand Oaks, CA: Sage
- Shamim, S., Cang, S., Yu, H. & Li, Y. (2016). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. In *Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 5309-5316). Vancouver, BC. <https://doi.org/10.1109/CEC.2016.7748365>
- Ślusarczyk, B. (2018). Industry 4.0 - are we ready? *Polish Journal of Management Studies*, 17(1), 232-248. <https://doi.org/10.17512/pjms.2018.17.1.19>
- Spreckley, F. (1981). *Social Audit: A Management Tool for Co-operative Working*. London: Beechwood College.
- Stachová, K., Papula, J., Stacho, Z., & Kohnová, L. (2019). External partnerships in employee education and development as the key to facing industry 4.0 challenges. *Sustainability*, 11(2), 345. <https://doi.org/10.3390/su11020345>
- Ternai, K. (2020). Az Ipar 4.0 az ERP-ökoszisztémák perspektívájából. *Vezetéstudomány*, 51(6), 56-68. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.06.06>
- UBS (2016). *Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution*. UBS White Paper for the World Economic Forum. Annual Meeting 2016, Retrieved from [www.worldcat.org/title/extreme-automation-and-connectivity-the-global-regional-and-investment-implications-of-the-fourth-industrial-revolution-ubs-white-paper-for-the-world-economic-forum-annual-meeting-2016/oclc/935421307](http://www.worldcat.org/title/extreme-automation-and-connectivity-the-global-regional-and-investment-implications-of-the-fourth-industrial-revolution-ubs-white-paper-for-the-world-economic-forum-annual-meeting-2016/oclc/935421307)
- Veres, Z., Hoffmann, M., & Kozák, Á. (2016). *Bevezetés a piackutatásba*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

Veza, I., Mladineo, M., & Gjeldum, N. (2015). Managing Innovative Production Network of Smart Factories. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 555-560.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.139>

Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

Wittenberg, C. (2016). Human-CPS interaction –

requirements and human-machine interaction methods for the Industry 4.0. *IFAC-Papersonline*, 49(19), 420–425.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.602>

Yu, Z., Ouyang, J., Li, S., & Peng, X. (2017). Formal modeling and control of cyber-physical manufacturing systems. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(10), 1–12.

<https://doi.org/10.1177/1687814017725472>