

Digitális transzformáció és ipar 4.0: magyar, szerb, szlovák és román tapasztalatok*

SZABÓ ZSOLT ROLAND – HORTOVÁNYI LILLA

A digitalizáció valamennyi iparágat érinti és jelentősen átformálja. A digitális átalakulást a koronavírus-járvány kapcsán hozott nemzeti és nemzetközi intézkedések felgyorsították. Ennek ellenére a digitális transzformáció és ipar 4.0 hatásait még kevés empirikus kutatás vizsgálta, ezért ez korunk egyik legfontosabb társadalmi-gazdasági kutatási területe. Ezt a kutatási rést messze nem betömve, sőt inkább azt tovább tágítva, 302 ipar 4.0 területén aktív hazai és környező országbeli vállalat gyakorlatát térképeztük fel kérdőíves kutatás segítségével. Az eredmények rámutattak a vizsgált vállalatok digitális és ipar 4.0 fókuszterületeire és érettségére, illetve ezek területi sajátosságaira. Feltártuk továbbá, hogy mit is várnak az ipar 4.0 területén aktív vállalatok a digitális és ipar 4.0 ökoszisztéma kiemelt szereplőitől. A cikk gazdaságpolitikai ajánlásokat is megfogalmaz, illetve számos kutatási irányt is kijelöl.

Journal of Economic Literature (JEL) kód: L22, L23, L25, M11, M15, M16, O14, O19, O32, O33.

Kulcsszavak: digitalizáció, kvantitatív, ipari forradalom, automatizáció, ökoszisztéma, szervezeti növekedés.

* A publikáció a Széchenyi 2020 program EFOP-3.6.2-16-2017-00007 „Az intelligens, fenntartható és inkluzív társadalom fejlesztésének aspektusai: társadalmi, technológiai, innovációs hálózatok a foglalkoztatásban és a digitális gazdaságban” európai uniós projektje keretében készült.

A kézirat első változata 2020. szeptember 25-én érkezett szerkesztőségünkbe.

<https://doi.org/10.47630/KULG.2021.65.5-6.56>

Szabó Zsolt Roland, PhD, kutatóközpont-vezető, habilitált egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem Stratégiai és Nemzetközi Menedzsment Kutatóközpont.

E-mail: szabozsoltroland@yahoo.com

Hortoványi Lilla, PhD, habilitált egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem Stratégiai és Nemzetközi Menedzsment Kutatóközpont. E-mail: lilla.hortovanyi@gmail.com

Abstract

**Digital transformation and Industry 4.0: experiences from Hungary,
Serbia, Slovakia and Romania**

ZSOLT ROLAND SZABÓ – LILLA HORTOVÁNYI

Digitization affects all industries and transforms them significantly. The digital transformation has been accelerated by national and international measures taken in the context of the Covid-19 pandemic. Nevertheless, the effects of digital transformation and Industry 4.0 have yet been discussed in only a few empirical studies, making it one of the most important socio-economic research areas of our time. Not far from closing this research gap, but rather widening it further, the practice of 302 domestic companies and firms located in countries surrounding Hungary and involved in Industry 4.0 was explored with the help of questionnaire research. The results identified the focus areas and maturity of the examined digital and Industry 4.0 companies, as well as their spatial specificities. Furthermore, it was explored what companies active in Industry 4.0 expect from key actors in the digital and industry 4.0 ecosystem. The article also makes economic policy recommendations and identifies a number of further research areas.

Journal of Economic Literature (JEL) codes: L22, L23, L25, M11, M15, M16, O14, O19, O32, O33.

Keywords: digitalization, quantitative, industrial revolution, automation, ecosystem, organizational growth.

Bevezetés

A digitális transzformáció és ipar 4.0 vizsgálata napjaink egyik „forró témája” (Fischer et al., 2020), azonban a témában megjelenő cikkek többsége elméleti és technológiaorientált (Machado et al., 2020; Xu et al., 2018), miközben a digitális transzformációs és ipar 4.0-kezdeményezések gyakran a vezetési képességek hiánya miatt buknak el (Saldanha, 2019). Emellett a fejlődő és a fejlett régiók (Raj et al., 2020), valamint a kis- és középvállalatok és a nemzetközi nagyvállalatok fejlődési lehetőségei eltérnek (Horváth & Szabó, 2019). A téma népszerűsége ellenére a legtöbb szervezetben nincs még meg az a tudás, amely a sikeres digitális transzformációhoz és ipar 4.0-érettség eléréséhez szükséges (Sony & Naik, 2019).

A nemzetközi kutatási eredményekkel összhangban állnak a hazai kutatók közelmúltban közölt eredményei is. Több hazai esettanulmányt is publikáltak a digitalizáció és az ipar 4.0 kapcsán (lásd Demeter et al., 2020; Nagy et al., 2020; Szerb et al., 2020). Hortoványi és szerzőtársai (2020) igazolták, hogy a hazai vezetők nincsenek felkészülve a digitális transzformációs projektek sikeres vezetésére. A ha-

zai ökoszisztéma sem felkészült a digitális transzformáció és ipar 4.0 támogatására (Szabó et al., 2019). Mindemellett az ipar 4.0 vállalatok térbeli elrendeződésének kérdése szintén fontos, kutatásra érdemes terület (Kiss & Nedelka, 2020). Ezenfelül Szalavetz (2020) és Vuksanović Herceg és szerzőtársai (2020) is rámutattak arra, hogy kevés empirikus eredménnyel rendelkezünk a régióinkból, illetve különösen kevés a kvantitatív vizsgálattal alátámasztott eredmény.

A feltárt kutatási rés alapján magyar, szerb, szlovák és román vállalatok tapasztalatait térképeztük fel kérdőíves kutatás segítségével, aminek középpontjában az egyes vállalatok innovációs megítélése, a digitális és ipar 4.0 fókuszterületei és érettsége állt. Ennélfogva a jelen kutatás nem pillanatfelvétel arról, hogy a B2B (*business-to-business*) cégek hogyan teljesítenek a digitális átalakulás során. Célunk a meglévő ismeretek bővítése volt, a legjobb gyakorlatok feltárásán és a kritikus tanulási pontok azonosításán keresztül, hogy ezáltal egyfajta útmutatást nyújtsunk a gyakorló szakemberek és a kutatók számára.

Az egyes vizsgálatokat vállalati méret és területi dimenziók szerint is elemezzük. Feltártuk továbbá, hogy a digitális és ipar 4.0-ökoszisztéma kiemelt szereplőitől (kormányzat, egyetemek és kutatóhelyek, ipar 4.0-t felhasználó vállalatok és az ipar 4.0 beszállítói) mit is várnak az ipar 4.0 területén aktív résztvevők.

Digitális transzformáció és ipar 4.0

Digitális és ipar 4.0 fókuszterületek

Digitális átalakuláson a vállalatoknak a negyedik ipari forradalom (ipar 4.0) kihívásaival való küzdelmét értjük (Saldanha, 2019), ami a kortárs információs technológiák üzleti felhasználásában testesül meg (Gerbert et al., 2015), s ami végső soron a technológiai és üzleti folyamatok összeolvadását eredményezi (Kusiak, 2017).

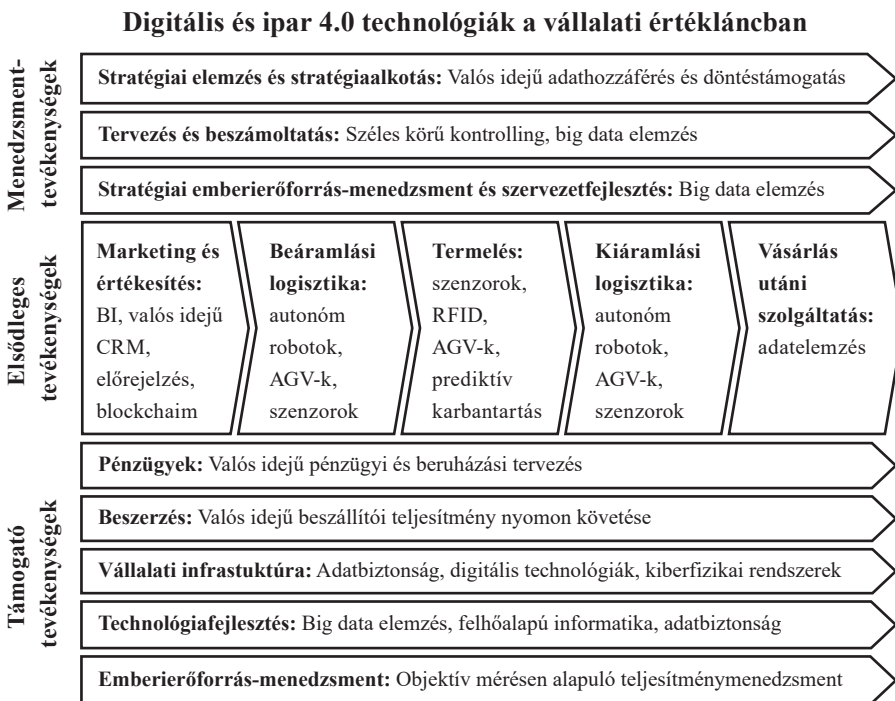
Napjaink információtechnológiai forradalma – azaz az ipar 4.0 – abban mutatkozik meg, hogy a teljes gyártási folyamatot integrált módon, mégis rugalmasan számítógépek vezérlik és felügyelik (Szalavetz, 2016). Ezzel egyidejűleg a támogató üzleti funkciók jelentős változáson mennek keresztül, s nem csupán a technológia térhódításáról van szó, hanem az üzleti folyamatok paradigmaváltásáról is (Oláh, 2019).

A digitális átalakulás vonzó, mert lehetővé teszi az integrációt és a gyártási folyamatok kiterjesztését szervezetten belüli és szervezetközi szinten egyaránt, ugyan-

akkor nagy kihívás is (Nevo & Wade, 2010). A vállalatok igen kis százaléka jár sikerrel (Issa et al., 2018).

A digitális transzformáció és az ipar 4.0 elsődleges fókuszterületei egyfelől azok a digitális technológiák és eszközök, amelyek a radikális változásokat lehetővé teszik (Chen et al., 2020), másfelől azok a menedzsmenteszközök, amelyek a technológiai eszközöket integrálják az üzleti folyamatokba, és valós termelékenységnövekedést érnek el (Xu et al., 2018). A digitalizáció során a fizikai tárgyak, termékek vagy üzleti folyamatok virtuálissá válnak vagy virtuális tulajdonságokkal ruháznak fel (Horváth & Szabó, 2019). A technológiai eszközök között olyan elemek sorolhatók fel, mint a kibernetikai térre épülő termelési rendszerek, a dolgok internete (Internet of Things – IoT), a felhőalapú számítástechnika vagy a big data elemzés (Chen et al., 2020).

1. ábra



Megjegyzések: AGV: önműködő járművek, BI: üzletiintelligencia-rendszer, CRM: ügyfélkapcsolatimenedzsment-rendszer, RFID: rádiófrekvenciás azonosítás

Forrás: Demeter et al., 2020; Nagy et al., 2020; Szabó & Vida, 2009 alapján saját szerkesztés.

A kiberfizikai rendszerek (Cyber-Physical Systems – CPS) kifejezés az integrált rendszerek új generációjára utal, amely az integrált számítási és fizikai képességeknek köszönhetően kölcsönhatásba léphet az emberrel (Baheti & Gill, 2011). Az ily módon létrejövő intelligens gyárakban számítógép-vezérelt szerszámgépekkel, rádiófrekvenciás azonosítással működtetett, a termelés során generált és összegyűjtött óriási mennyiségű adathalmaz valós idejű elemzésével az automatizált gyártóegységek önkorrekcióra is képesek; ezt a rendszert nevezzük kiberfizikai termelési rendszernek (Monostori, 2014; Szalavetz, 2016).

A menedzsmentrendszerek átalakulása a vállalati értéklánc valamennyi tevékenységére kihat (*1. ábra*).

Digitális és ipar 4.0-érettség

Az érettségmodellek alap gondolata az, hogy az éretté válás szakaszosan valósul meg. Minden egyes érettségi szint egyértelmű fejlesztési prioritásokat határoz meg, azok teljesítését követően léphet a szervezet a következő szintre vagy szakaszba. Az érettségi modellek lépésről lépésre segítik az egyént vagy a szervezetet egy magasabb érettségi szint elérésében (Mittal et al., 2018). Következésképp az érettségi modellek értékes eszközök a vezetők számára, mivel lehetővé teszik a szervezet jelenlegi helyzetének felmérését, valamint az észszerű fejlesztési intézkedések azonosítását (Becker et al., 2009). Értékes információkat nyújt arra vonatkozóan, hogy milyen feltételek teljesítése, valamint erőforrások és képességek fejlesztése szükséges a továbblépéshez (Benedict, 2017).

A képességérettség-modellek (Capability Maturity Model – CMM) leírják az egyes „érettségi” szinteken jellemző viselkedést, azaz kodifikálják a jó (és a rossz) gyakorlatot (Fraser et al., 2002), ezáltal segítik a szervezetet egy magasabb érettségi szint elérésében (Mittal et al., 2019). Nemcsak fejlődési utat jelölnek ki, hanem segítik az önértékelést és a fejlődést azáltal, hogy felhívják a figyelmet az eltérésekre, hiányosságokra és a szervezet jelenlegi, valamint az áhított állapota közötti eltérésekre (Amaral et al., 2019). Ha a szervezet valamelyik szakaszban nem teljesíti a feltételeket, akkor az végső soron megakadályozhatja a következő szintre lépését (Machado et al., 2020).

Digitális (ipar 4.0) érettségen a szervezet digitális átalakulásának állapotát (ipar 4.0 elterjedésének mértékét) értjük (Ifenthaler & Egloffstein, 2020). Az érési folyamat velejárója a képességek növekedése, az infrastruktúra és a vállalati kultúra

tudatos építése. Az érett szervezetek jellemzője a meghatározott, irányított, mért, ellenőrzött és hatékony folyamatok kifejlesztése és következetes betartatása.

A digitális átalakítás sikeres megvalósításához meg kell tervezni a cég számára egy evolúciós utat, egy ütemtervet, amely alapján fokozatosan kiépül a digitális átalakítási képesség komplex rendszere (Issa et al., 2018). A digitálisan éretlen és egy teljesen érett szervezet közötti különbség az, hogy az előbbi elkezdja a digitális tevékenységet, míg az utóbbiban nemcsak az infrastruktúra, hanem a szervezet képességei is érlelődnek (Paulk et al., 1991).

A digitális és ipar 4.0 modellekkel kezdetben a technológia érettségét értékelték, jelenleg viszont már széles körben, általános üzleti érettségi modellként használják (Wang & Chen, 2018). A modellek feladata az, hogy leírják a szervezet által az egyes „érettségi” szinteken jellemző viselkedést, ami lehetőséget nyújt a jó (és rossz) gyakorlatok bemutatására és rendszerezésére (Fraser et al., 2002).

Az érettségi modellek közös jellemzői: (a) érettségi szintek vagy szakaszok elhatárolása (általában három–hat szint), (b) az egyes szintek tömör, mindemellett beszédes elnevezése (például kezdő, haladó stb.), (c) általános leírás, (d) az egyes szinteken jellemző gyakorlatok vagy tevékenységek leírása (Ifenthaler & Egloffstein, 2020). Az egyes szinteken végrehajtott fejlesztések megalapozzák továbbá a következő szinteket, fejlesztéseket (Paulk et al., 1991), illetve problémákat is előidéznek, amelyeket a következő szintre lépéshez meg kell oldani (Greiner, 1998).

A digitális transzformációról nagyon kevés empirikus vizsgálat áll a rendelkezésünkre, ezek néhány kivételtől eltekintve (például Bloching et al., 2015; Kane et al., 2017; Remane et al., 2017) tipikusan kis mintákon, esettanulmány módszerrel vontak le következtetéseket. A digitálisérettség-modellek átfogó áttekintése alapján van Hillegersberg (2019) arra a következtetésre jutott, hogy az irodalomból hiányoznak azok az empirikus vizsgálatok, amelyek ezeket a modelleket igazolják. A vezetők számára nem adnak útmutatást, eszközt az önértékelésük elvégzésére, de ha mégis, akkor a legtöbb nem határozza meg egyértelműen a javítási pontokat és nem is rangsorolja azokat (Proença & Borbinha, 2016). Specifikus javulási pontok nélkül ezek az érettségi modellek kevésbé használhatók a gyakorlatban (Tarhan et al., 2016).

Tudományos ismereteink bővítése és a gyakorló szakemberek számára hasznos tudás létrehozása érdekében vizsgáltuk a digitális érettséget magyar, szerb, szlovák és román vállalatok tapasztalatai alapján. Schumacher és szerzőtársai (2016) modelljéből indultunk ki, amelyet a kérdőíves kutatás korai szakaszában, gyakorló szakemberekkel folytatott beszélgetések alapján egyszerűsítve kérdeztünk le a teljes mintán.

A digitális fejlődés folyamatában fontos a szervezet interakciója külső környezetével. Az egyetemek és a kutatóhelyek, a vállalati szereplők és a kormányzat, azaz a hármasspirál (Etzkowitz, 1993) szoros együttműködése, gyakori interakciói támogatják a digitális fejlődést (Etzkowitz, 2008). A modell alapján az egyetemek erősítik vállalkozási tevékenységüket (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000), miközben a tanulás színterei is átalakulnak, és felértékelődik a munkahelyi tanulás és tapasztalatmegosztás (Hortoványi & Ferincz, 2015).

A digitális és ipar 4.0 ökoszisztémában a kormányzat és az egyetemek és kutatóhelyek mellett jelen vannak az ipar 4.0-t felhasználó és az ipar 4.0-t beszállító (kiszolgáló) vállalatok (Szabó et al., 2019). A fentiek alapján jelen kutatásunkban megvizsgáltuk az ipar 4.0 területén aktív szervezetek elvárásait az ökoszisztéma kulcsszereplőivel szemben. Itt azokat a már működő vállalatokat vettük számításba, amelyek már észlelték a digitális átalakítás lehetőségeit és szükségességét, és valószínűleg már a megvalósítás különböző szakaszaiban is járnak.

A méret a lényeg?

A legtöbb vállalat manapság felismeri a digitalizáció és az ipar 4.0 fontosságát, azonban a kis- és középvállalatok (kkv) kevesebb erőforrással rendelkeznek és kevésbé felkészültek az új technológiákra és elvárásokra (Smit et al., 2016). Ezzel szemben a multinacionális vállalatoknak (mnv) sokkal bővebbek a lehetőségeik az új technológiákba való befektetésre, ezért általában többet alkalmaznak fejlett gyártási technológiákból, mint a kkv-k (Dangayach & Deshmukh, 2005). Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy a mnv-k versenyelőnyökkel rendelkeznek a kkv-kkal szemben. Ez azonban nem minden esetben igaz, az erőforrásbőség hátrány is lehet, mivel gyakran nem optimális szervezeti teljesítményt idéz elő (Mishina, Pollock & Porac, 2004).

Kennedy és Hyland (2003) rámutatott arra, hogy a gyártó kkv-k képesek lehetnek az operatív működés során előnyöket kialakítani az mnv-kkel szemben, azonban a pénzügyi erőforrások és a tapasztalat hiánya korlátozza kutatási és fejlesztési potenciáljukat.

Mishra (2016) megállapította, hogy az mnv-k gyártási rendszerei rugalmasabbak, ami válasz az egyre intenzívebbé váló versenyre. A kkv-k alacsonyabb gyártási rugalmassága visszavezethető az ismeretek hiányára, a felső vezetés és a

beszállítók alacsony szintű támogatására és a fejlesztési beruházások költségeitől való félelemre.

Mittal és szerzőtársai (2018), valamint Horváth és Szabó (2019) is rámutattak arra, hogy bár az mnv-k számos tekintetben előnyökkel rendelkeznek a kkv-kkal szemben, azonban a kkv-knak is van esélyük. Ezek alapján jelen kutatásunkban vizsgáltuk, hogy a vállalati méret és a digitális fejlettség között van-e kapcsolat.

Összefoglalva, az érettségi modellek értékes eszközök a vezetők számára, mivel lehetővé teszik a szervezet jelenlegi helyzetének felmérését és az észszerű fejlesztési intézkedések azonosítását (Becker et al., 2009), jelzik, hogy miként lehet mérsékelni vagy kiküszöbölni a várható teljesítménytől való lehetséges eltéréseket (De Bruin et al., 2005), és támogatják a menedzsmentet, hogy az adott szakaszban zajló átalakulásban a megfelelő erőforrásokra és képességekre koncentráljon (Rajnai & Kocsis, 2018).

Mintajellemzők

A kutatás célja kifejezetten az ipar 4.0 területén aktív B2B (*business-to-business*, vagyis nem közvetlen fogyasztóknak, hanem más vállalatoknak értékesítő) vállalatok gyakorlatának a feltárása volt. Ennek érdekében célzott, személyes lekérdezéseket folytattunk 2019-ben négy országban: Magyarországon, Romániában, Szerbiában és Szlovákiában.

A vizsgált országok gazdasági szerkezete, innovációs képessége és összességében versenyképessége igen hasonló (Schwab, 2018). A közép- és kelet-európai országok duális gazdasági szerkezetűek, s növekedésük nagyrészt az exportorientáltságra épül. A helyi kis- és közepes méretű szereplők jellemzően a technológiailag fejlett külföldi nagyvállalatok beszállítói (Nick et al., 2019). Nagy és Molnár (2018) megállapította, hogy a közúti járműgyártásnak, amely iparág élen jár a robotok alkalmazásában, hasonló a súlya a vizsgált országokban: Magyarországon 12,4 százalék, Romániában 14,4 százalék és Szlovákiában 15 százalék. Mivel ezen országok termelési szerkezetében jelentős az autóipar és a kapcsolódó iparágak részesedése, ezért csak úgy őrizhetik meg versenyképességüket, ha közelebb kerülnek a technológiai határhoz, és a globális értékláncban előrébb tudnak kerülni (Backé et al., 2019). Az ipar 4.0 értékláncban a szállítási idő különösen kritikussá vált a vállalatok számára, és már-már a költségcsökkentési elvárásokat is felülírja. A gyártási folyamatok rövidítése úgy érhető el, ha az értéklánc vállalatai fizikailag is közelebb kerülnek egymáshoz, mely a korábbi – távoli, olcsóbban, de lassabban szállító országokba

történi – kiszervezési trendet megfordítja (Nagy & Molnár, 2018). Összefoglalva, álláspontunk szerint a vizsgált országok számára kifejezetten fontos, sőt kritikus a vállalkozásaik sikeres digitális átalakulása.

A minta populációját az ipar 4.0-t ismerő B2B vállalatok alkották. Az adatfelvételkor minden részt vevő országban kevesebb mint 200 olyan vállalatot találtunk, amely tudatában volt az ipar 4.0-nak. A B2B cégek kezdeti listáját helyi, a nemzeti feldolgozóipar átalakulását támogató szövetségeken keresztül érték el a kutatók. Például Magyarországon felvették a kapcsolatot az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform Szövetség tagjaival.

Az adatfelvétel 78 magyar, 118 szerb, 77 szlovák és 29 román, azaz összesen 302 vállalati lekérdezést tartalmaz. A vállalatok székhelye közül 72 az adott ország fővárosában, míg 173 városban és 55 kisebb településen van bejegyezve.

Vállalatonként egy felső vezetővel készült interjú. Az alkalmazott módszertan a vezetői önértékelés, ami a társadalomtudományokban bevett gyakorlat, különösen a marketing és a stratégiai menedzsment kutatásában (Grinstein & Goldman, 2006; Warner & Wäger, 2019). Korábbi kutatások rámutattak arra, hogy amikor a válaszadók nemcsak hogy ismerik a vizsgált jelenséget, hanem annak megvalósításában kulcsszerepet is játszanak (például felső vezetők), akkor a véleményük nagymértékben reprezentatív (Tortorella et al., 2020). Amaral és munkatársai (2019) megerősítették ezt a következtetést azzal, hogy a kkv-k esetében a sikeres megvalósítás feltétele a felső vezetői szándék és a reális helyzetértékelés. Mindezek alapján álláspontunk szerint a felső vezetés tagjai – funkcionális háttérüktől függetlenül – ismerik szervezetük digitális átalakulási elképzeléseit, stratégiáját, továbbá szerepük valóban kulcsfontosságú a megvalósításában, ezért véleményük reprezentatív. Végezetül Lahrman és Marx (2010), valamint Fraser és szerzőtársai (2002) ajánlása alapján a konfigurációk vagy érettségi szakaszok Likert-skálán mért adatok alapján azonosíthatók. Ezt alkalmazva a kutatásban megkérdezett vezetők az általuk képviselt szervezet digitális teljesítményét 1-től 5-ig terjedő Likert-skálán értékelték.

A vállalatok 25 százaléka 250 főnél többet, 36 százaléka 50–249 főt, 29 százaléka 10–49 főt, míg 10 százaléka legfeljebb 9 főt foglalkoztat. Itt fontos megjegyezni, hogy az ipar 4.0 területén aktív gazdasági szereplők nem csupán termelő vállalatok lehetnek, hanem a nekik beszállító cégek is ide tartoznak, mint például a mérnöki irodák, a robottechnológiát gyártó és az informatikai vállalatok is.

A válaszadók 76 százaléka férfi, értelemszerűen a fennmaradó 24 százaléka nő volt. A válaszadók legnagyobb része a vállalatok első számú vezetője/alapítója volt (32 százalék), míg az értékesítési és marketing területről származó válaszok száma

és aránya szintén jelentős (26 százalék). Mindemellett termelési vezető (19 százalék), pénzügyi vezető (10 százalék), termékfejlesztési vezető (9 százalék) és logisztikai vezető (4 százalék) is volt a válaszadók között. A válaszadók munkatapasztalatának statisztikáit az 1. táblázat mutatja be. Itt fontos megjegyezni, hogy ugyan a válaszadók 20 éves munkatapasztalattal rendelkeznek, a leggyakoribb eset az, hogy egy éve dolgoznak jelenlegi szerepkörükben.

1. táblázat

Munkatapasztalat a válaszadók körében

(Év)

	Munkatapasztalat	Mennyi ideje dolgozik a vállalatnál?	Mennyi ideje dolgozik a jelenlegi szerepkörben a vállalatnál?
Átlag	19,04	11,5	8,09
Medián	19	10	5
Módusz	20	3	1

Forrás: A kérdőíves felmérés adatai alapján saját szerkesztés.

Eredmények

A vállalatok innovatív magatartásának megítélése

Az ipar 4.0 önmagában újszerű terület, ezzel összhangban a válaszadók alapvetően innovatívnak ítélték meg vállalatukat az iparági átlaghoz viszonyítva (2. táblázat). Mindemellett arra is fény derül a válaszok alapján, hogy nem minden ipar 4.0 területén aktív vállalat tekinthető egyformán innovatívnak, illetve az országok tekintetében is némi eltérés mutatkozik. Ezzel összefüggésben külön kiemelendő, hogy a magyar mintában a leggyakoribb válasz a 100 százalék volt, vagyis az érintettek rendkívül innovatívnak ítélték meg a vállalatukat.

A vállalatok innovatív magatartásának megítélése a válaszadók körében
(Százalék)

	Teljes minta	Magyarország	Szerbia	Szlovákia	Románia
Átlag	72,74	76,4	70,58	73,45	65,74
Medián	80	80	80	80	70
Módusz	80	100	80	80	70

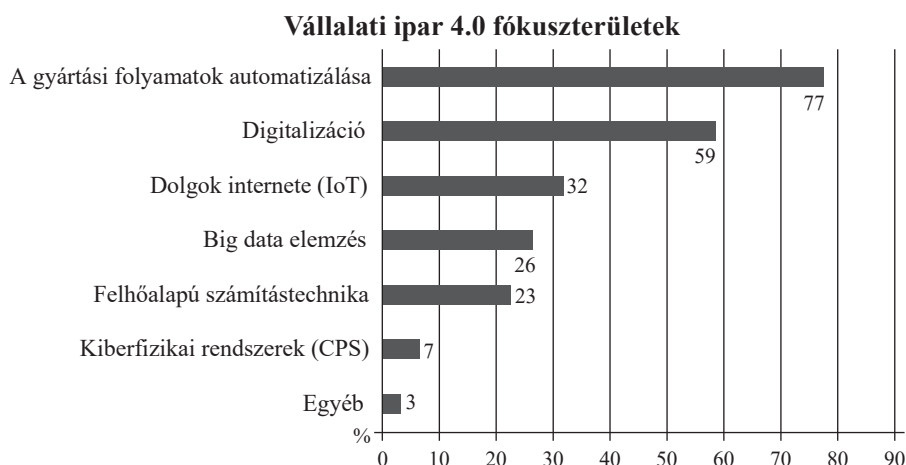
Megjegyzés: A 0 jelentése: kevésbé innovatív, mint az iparági átlag, míg a 100 jelentése: rendkívül innovatív.

Forrás: A kérdőíves felmérés adatai alapján saját szerkesztés.

Legfontosabb ipar 4.0 fókuszterületek a vállalatoknál

A megkérdezetteket arra kértük, hogy a vállalatuk gyakorlata alapján jelöljenek meg legfeljebb 3 fókuszterületet az ipar 4.0 kapcsán. A válaszok alapján a gyártási folyamatok automatizálása (234 válasz) a leggyakoribb fókuszterület, míg ezt követi a digitalizáció (177) és a dolgok internete (IoT) (96) (2. ábra). Az egyéb említések között még megjelent a folyamatok egységesítése, az új technológiai folyamatok kialakítása, a robotizáció, a karbantartás, a csomagolás, a világszintű innovációs tevékenység, az online applikáció és a logisztika.

2. ábra



Forrás: A kérdőíves felmérés adatai alapján saját szerkesztés.

A vállalatméret és az ipar 4.0 fókuszterületek között nem mutatható ki szignifikáns kapcsolat, azonban az egyes fókuszterületek országonként részben eltérnek (3. táblázat). Magyarországon kevésbé jelentős fókuszterület az általános digitalizáció Szerbiához, illetve a gyártási folyamatok automatizálása a három másik vizsgált országhoz képest. Romániában fontosabb fókuszterület a big data elemzés, mint a másik három országban. Szlovákiában kevésbé lényeges fókuszterület a felhőalapú informatika Magyarországhoz és Szerbiához viszonyítva.

3. táblázat

Vállalati ipar 4.0 fókuszterületek országonként

Fókuszterület	Csoportátlagok ^a					Scheffe-teszt ^b
	magyar (n = 78)	szerb (n = 118)	szlovák (n = 77)	román (n = 29)	F-értéke	
Digitalizáció	0,47	0,69	0,60	0,41	4,599**	SRB>M
Dolgok internete (IoT)	0,21	0,25	0,22	0,41	1,802	
Kiberfizikai rendszerek	0,06	0,06	0,10	0,00	1,306	
A gyártási folyamatok automatizálása	0,53	0,84	0,91	0,90	15,944**	SRB>M; SK>M; R>M
Felhőalapú informatika	0,27	0,32	0,04	0,24	7,924**	M>SK; SRB>SK
Big data elemzés	0,23	0,24	0,25	0,55	4,536**	R>M, R>SRB; R>SK

Megjegyzések:

^a Dichotóm változó 0 (nem fókuszterület) és 1 (fókuszterület)

^b Post-hoc elemzés az átlagok eltérésére ($p \leq 0,05$), ahol M = magyar, SRB = szerb, SK = szlovák és R = román.

** $p \leq 0,01$

Forrás: A kérdőíves felmérés adatai alapján saját szerkesztés.

Digitális és ipar 4.0 érettség

A vállalatok digitális és ipar 4.0 érettségét öt dimenzió alapján mértük 0-tól (teljesen éretlen) 100-ig (teljesen érett) terjedő skálán, amelyek a következők: (1) stratégia, (2) technológia, (3) működés, (4) szervezet és kultúra, valamint (5) kívülről

hogyan látják a vevők. A kérdőív segítséget is tartalmazott az egyes dimenziók értelmezésére, például:

- **Stratégia:** a vállalat fejlett (érett) a digitális/ipar 4.0 kezdeményezések tekintetében annak érdekében, hogy ebből versenyelőnyt szerezzen.
- **Technológia:** a szervezet képes alacsony költségek mellett adatokat létrehozni, feldolgozni, biztonságosan tárolni és megosztani a szervezeten belül és külső partnerekkel.
- **Működés:** a folyamatok és tevékenységek során digitális technológiák kerülnek alkalmazásra, amelyek segítik a stratégiai elvárások elérését és a hatékony és hatásos üzleti működést.
- **Szervezet és kultúra:** a döntéshozatal adatvezérelt, a munkavállalók digitálisan képzettek.
- **Vevők:** a vevők digitális partnerként tekintenek a vállalatra.

A kapott válaszok alapján digitális és ipar 4.0 érettségi klasztereket hoztunk létre feltáró k-means eljárással. Négy jól elkülöníthető klaszter alakult ki. Ezeket tartalmuk alapján az alábbi elnevezésekkel illettük: (1) Újjonc, (2) Kezdő, (3) Kompetens és (4) Szakértő. Mind az öt vizsgált dimenzió szerepe meghatározó az érési folyamat során (4. táblázat).

4. táblázat

Digitális és ipar 4.0 érettségi klaszterek

Dimenzió	Vállalati csoportok középértékei ^a				
	Újjonc (n = 27)	Kezdő (n = 63)	Kompetens (n = 97)	Szakértő (n = 115)	F-érték ^b
Stratégia	30,07	59,03	65,47	87,68	121,41
Technológia	28,81	59,51	71,82	88,02	152,35
Működés	28,15	44,76	64,86	84,30	190,31
Szervezet és kultúra	27,56	37,19	63,61	81,74	175,77
Vevők	20,19	45,62	62,85	83,13	130,88

Megjegyzések:

^a 0-tól 100-ig terjedő skála, ahol 0 a „teljesen éretlen”, míg 100 a „teljesen érett” digitálisan.

^b F-érték minden esetben szignifikáns $p < 0,001$.

Forrás: A kérdőíves felmérés adatai alapján saját szerkesztés.

A digitális és ipar 4.0 szempontjából érettebb vállalatok egyben innovatívabbnak is tartják magukat ($\rho = 0,385$, $p < 0,001$), illetve a felhőalapú számítástechnika esetükben fókuszterület ($\rho = 0,150$, $p < 0,01$). Más digitális és ipar 4.0 technológiák és az érettség, illetve a vállalati méret és a digitális és ipar 4.0 érettség között nem mutatható ki szignifikáns kapcsolat.

Jelentős azonban az összefüggés mértéke a székhely településtípusa és a digitális fejlettség között. A nagyobb településeken jellemzően érettebbek a vállalkozások ($\rho = 0,181$, $p < 0,01$); a fővárosokban működő ipar 4.0 területén aktív vállalatok 52,8 százaléka szakértő. Mindemellett az ipar 4.0 területén aktív (mintabeli) vállalatok többsége (300-ból 173, vagyis 57,7 százaléka) városokban működik (5. táblázat).

5. táblázat

A digitális és ipar 4.0 érettség szakaszainak településtípus szerinti megoszlása
(Százalék)

Digitális és ipar 4.0 érettség	Település típusa			Összesen	
	Falu, község, egyéb kistelepülés	Város	Főváros		
Újjonc	N	7	16	4	27
	Település típusán belül	12,7	9,2	5,6	9,0
Kezdő	N	11	42	10	63
	Település típusán belül	20,0	24,3	13,9	21,0
Kompetens	N	24	52	20	96
	Település típusán belül	43,6	30,1	27,8	32,0
Szakértő	N	13	63	38	114
	Település típusán belül	23,6	36,4	52,8	38,0
	N	55	173	72	300
	Település típusán belül	100,0	100,0	100,0	100,0

Forrás: A kérdőíves felmérés adatai alapján saját szerkesztés.

A digitális és ipar 4.0 érettség térszerkezetét tovább vizsgálva megállapítható, hogy ott érettebbek a vállalatok, ahol magas a felsőfokú foglalkoztatottak aránya ($\rho = 0,168$, $p < 0,01$) és alacsonyabb a szakmunkás foglalkoztatottaké ($\rho = -0,260$, $p < 0,001$). Ezen-

felül érettebbek azok a vállalatok, amelyek olyan területen működnek, ahol alacsonyabb az ipari foglalkoztatottak relatív súlya ($\rho = -0,260$, $p < 0,001$) és az ipari vállalkozások aránya ($\rho = -0,260$, $p < 0,001$) (a foglalkoztatási adatok forrása: Eurostat, 2020).

Hozzájárulások a digitális és ipar 4.0 érettség kialakulásához

A kormányzat, az egyetemek és kutatóhelyek, az ipar 4.0-t felhasználó vállalatok és az ipar 4.0 beszállítóinak szerepéről is kérdeztük az ipar 4.0 területén aktív vállalatokat. Négy dimenzióban folytattunk vizsgálatokat: emberi erőforrások, vezetési kérdések, pénzügyi erőforrások és technológiai kérdések tekintetében 5 fokozatú skálán (6. táblázat).

6. táblázat

Az egyes szereplőktől elvárt hozzájárulások mértéke

Szereplő [hozzájárulása]	N	Átlag	Szórás
Egyetemek és kutatóhelyek [technológiai kérdések]	290	4,34	0,98
Ipar 4.0 beszállítói [technológiai kérdések]	280	4,19	0,99
Kormányzat [pénzügyi erőforrások]	295	4,08	1,09
Egyetemek és kutatóhelyek [emberi erőforrások]	283	4,05	1,17
Ipar 4.0-t felhasználó vállalatok [technológiai kérdések]	276	3,99	1,12
Ipar 4.0-t felhasználó vállalatok [vezetési kérdések]	284	3,89	1,13
Egyetemek és kutatóhelyek [vezetési kérdések]	275	3,85	1,14
Ipar 4.0-t felhasználó vállalatok [emberi erőforrások]	275	3,76	1,17
Kormányzat [emberi erőforrások]	276	3,73	1,27
Ipar 4.0 beszállítói [vezetési kérdések]	276	3,71	1,20
Ipar 4.0 beszállítói [emberi erőforrások]	273	3,62	1,25
Kormányzat [technológiai kérdések]	270	3,62	1,29
Kormányzat [vezetési kérdések]	268	3,42	1,34
Ipar 4.0-t felhasználó vállalatok [pénzügyi erőforrások]	270	3,38	1,31
Ipar 4.0 beszállítói [pénzügyi erőforrások]	267	3,34	1,29
Egyetemek és kutatóhelyek [pénzügyi erőforrások]	265	2,99	1,44

Forrás: A kérdőíves felmérés adatai alapján saját szerkesztés.

A legfontosabb hozzájárulást technológiai kérdésekben várnak az ipar 4.0 területén aktív vállalatok elsősorban az egyetemektől és a kutatóhelyektől (laborok), illetve az ipar 4.0 beszállítóitól (tesztalkalmazások, megoldások). Emellett még az ipar 4.0-t használó vállalatok is fontos forrásai lehetnek a technológiai kérdések megoldásának (mintaüzemek/gyakorlatok bemutatása).

A pénzügyi erőforrások terén a vizsgált vállalatok a kormányzatra számítanak (különösen igaz ez a digitálisan fejlettebb vállalatokra ($\rho = 0,159$, $p < 0,01$), ezen belül is a szakértő vállalatokra, a többi szereplőtől pénzügyi erőforrásokat jellemzően nem várnak.

Az emberi erőforrás terén elsősorban az egyetemek szerepe meghatározó, de ezenfelül a többi aktornak is fontos feladatai vannak. Az egyetemekkel szemben szintén jelentős az elvárás a vezetési kérdések terén csakúgy, mint az ipar 4.0-t használó vállalatokkal szemben. E tekintetben az ipar 4.0 beszállítói és a kormányzat szerepe kevésbé jelentős.

Következtetések és kutatási irányok kijelölése

Közép- és Kelet-Európában a gyártási folyamatok automatizálása és a digitalizáció képezi a legfontosabb fókuszterületeket az ipar 4.0-hoz kapcsolódóan. Ebben a tekintetben az egyes országokban tapasztalt gyakorlat némi eltérést mutat, de összességében több a hasonlóság köztük, mint a különbség.

A digitális és ipar 4.0 érettség terén négy jól elkülönülő szintet határoztunk meg (Újonc, Kezdő, Kompetens és Szakértő), amelyek jól elkülönülnek a vizsgált dimenziók (stratégia, technológia, működés, szervezet és kultúra, valamint vevők általi megítélés) alapján. Mivel mindegyik dimenzióknak szerepe van az érettségben, ezért fontos, hogy azok a vállalatok, amelyek szintet szeretnének lépni, valamennyi dimenzióban egyenletesen fejlődjenek. Vagyis hiába megy esetleg előre egy vállalat a technológia vagy a stratégia területén, ha a szervezet, a kultúra ezt nem támogatja.

Az egyetemek és kutatóhelyek kiemelt szerepet játszhatnak a digitális transzformációban és az ipar 4.0-ban. Az ipar 4.0 területén aktív vállalatok jelentős elvárásokkal lépnek fel velük szemben a technológiával, az emberi erőforrással és a vezetési kérdésekkel összefüggő területeken. Ez megerősíti Szabó és szerzőtársainak (2019) korábbi kutatási eredményeit, amelyek szerint az ipar 4.0 nem csupán technológiai, hanem társadalmi-gazdasági jelenség is. Azaz nem elegendő a technológiákat kompatibilissé tenni, szükség van azoknak a vállalatok vezetési rendszereibe történő beágyazására is. Nick és szerzőtársai (2019) szintén arra a következtetésre jutot-

tak, hogy az ipar digitális átalakulásának intézményi alapját az ipari ökoszisztéma platformalapú modellje biztosítja, ahol a versenyképesség növelésének a feltétele a gazdasági, a tudományos és kormányzati szféra közötti együttműködés. Az előrehaladás sikeressége az emberi erőforrásokhoz kapcsolódik, ezek fejlesztése döntő fontosságú.

Kérdés ezért, hogy az egyetemek és a kutatóhelyeink készen állnak-e erre?

Ehhez kapcsolódóan a tanulás színterei is átrendeződnek, és az egyetemek és a kutatóhelyek mellett jelentős tudás keletkezik az ipar 4.0-rendszerek használata során a munkahelyeken is, az ipar 4.0-t felhasználó és beszállító vállalatoknál. Ez összhangban van Hortoványi és Ferincz (2015) korábbi eredményeivel, így ajánlásaik alapján különösen fontos a munkahelyi tanulás lehetőségeinek megteremtése és ösztönzése a szervezeten belül és kívül.

Mindemellett a munkahelyi tanuláshoz kapcsolódóan fontos felhívni a figyelmet korábbi hazai kutatásokra, amelyek megállapították, hogy elsősorban (1) a manipulációs és észlelési, (2) a kreatív intelligenciát igénylő, illetve (3) a szociális intelligenciát igénylő feladatokra kell, illetve érdemes a humán erőforrás-fejlesztést összpontosítani (lásd Nábelek, 2017).

A kormányzat legfontosabb szerepét a válaszadók a fejlődéshez szükséges források biztosításában látják, ami kiemelt jelentőségű a már érett vállalatok esetében is. Emellett a kormányzati szerepvállalás különösen fontos a képzőhelyek támogatása terén. Eredményeink alapján ezen belül a felsőfokú képzés előmozdítása segíti a digitális transzformáció és az ipar 4.0 terjedését, míg a szakképzés ezzel ellentétesen hat; az alacsonyabb értékteremtő tevékenységek tartósan közepes jövedelmi csapdához vezetnek. A képzések kapcsán fontos ismét hangsúlyozni, hogy a vállalatok a technológia terén érzik a legnagyobb hiányosságokat. A technológiát értő, rendszerekben gondolkodni tudó menedzserek kinevelése az egyik legfontosabb feladat az ipar 4.0-megoldások üzleti hasznainak valós realizálásához.

Az eredmények megerősítik továbbá Furr és szerzőtársai (2019) megállapításait is, amelyek szerint a digitális átalakulás sikere megköveteli a vezetőktől, hogy ne csak a technológia kiválasztására fókuszáljanak. A sikeres vállalatok vezetőinek törekedniük kell mind az öt dimenzióban a szervezet fejlődésének, érettségének a javítására. A kormányzat, az egyetemek és a támogató szervezetek szempontjából ennek az az üzenete, hogy a sikeres átalakulás érdekében ösztönözni és támogatni kell a vállalkozásokat képességeik és humán erőforrásaik fejlesztésében.

A pénzügyi források rendelkezésre bocsátásán túlmenően a kormányzat a képzés, illetve az oktatás támogatása révén járulhat hozzá ahhoz, hogy minél több ha-

zai vállalkozás digitális érettséget szerezzen. A képzések lehetővé teszik, hogy a vállalkozás magasabb érettségi szintű szakaszba léphessen és végső soron éretté váljon, ami a hosszú távú makrogazdasági versenyképesség döntő tényezője. Ezzel megerősítettük Chen és szerzőtársai (2021) eredményeit, akik szerint a kormányzatok egyik legfontosabb feladata a kisvállalkozások segítése digitális képességeik fejlesztésében.

A kutatás arra is rámutatott, hogy méretétől függetlenül lehet érett egy vállalat digitális fejlettség és ipar 4.0 tekintetében. Vagyis a kkv-k is lehetnek digitálisan és az ipar 4.0 szempontjából érettek. Ezzel szemben nem közömbös, hogy hol van a vállalat székhelye. Egy fővárosi vállalat jóval nagyobb eséllyel válik ipar 4.0 szempontjából éretté (szakértővé), mint egy más településen bejegyzett vállalat.

A cikk lezárásaként célszerű kijelölni további kutatási irányokat. Véleményünk szerint ez a tanulmány tovább mélyítette a digitalizáció és az ipar 4.0 közötti összefüggések feltárását, ezáltal számos további kutatási irányt megalapoz. Például részlegesen érintettük a digitális transzformáció és az ipar 4.0 hajtóerőit és gátló tényezőit, ezek alapos vizsgálata további kutatásokat igényel, csakúgy, mint a digitális transzformáció és az ipar 4.0 térbeliségének alapos feltárása. A vizsgálatok kiterjesztésének fókuszja lehet további országok bevonása a vizsgálatokba, ezen belül különösen fontos az ipari termelésünket vezérlő Németországban működő vállalatok vizsgálata, lehetőség szerint azonos kérdésstruktúra mentén.

Hivatkozások

- Amaral, A., Jorge, D., & Peças, P. (2019). Small medium enterprises and industry 4.0: Current models' ineptitude and the proposal of a methodology to successfully implement industry 4.0 in small medium enterprises. *Procedia Manufacturing*, 41, 1103–1110. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.039>
- Backé, P., Korhonen, I., Ritzberger-Grünwald, D., & Solanko, L. (2019). A tribute to 30 years of transition in CESEE. *Focus on European Economic Integration*, Q3, 11–28.
- Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical systems. *The Impact of Control Technology*, 12(1), 161–166.
- Becker, J., Knackstedt, R. & Pöppelbuß, J. (2009). Developing Maturity Models for IT Management. A Procedure Model and its Application. *Business & Information Systems Engineering*, 1(3), 213–222. <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Benedict, G. F. (2017). Nontraditional manufacturing processes. In *Nontraditional Manufacturing Processes*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203745410>
- Bloching, B., Leutiger, P., Oltmanns, T., Rossbach, C., Schlick, T., Remane, G., Quick, P., & Shafranyuk, O. (2015). *The Digital Transformation of Industry*. Roland Berger Strategy Consultants GmbH & BDI.

- Chen, C. L., Lin, Y. C., Chen, W. H., Chao, C. F., & Pandia, H. (2021). Role of Government to Enhance Digital Transformation in Small Service Business. *Sustainability*, 13(3), 1028.
- Chen, G., Wang, P., Feng, B., Li, Y., & Liu, D. (2020). The framework design of smart factory in discrete manufacturing industry based on cyber-physical system. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), 79–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699254>
- De Bruin, T., Rosemann, M., Freeze, R., & Kaulkarni, U. (2005). Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. In D. Bunker, B. Campbell, & J. Underwood (Eds.), *Australasian Conference on Information Systems (ACIS). Australasian Chapter of the Association for Information Systems*, 8–19.
- Demeter, K., Losonci, D., Szász, L., & Rác, B. G. (2020). Magyarországi gyártóegységek ipar 4.0 gyakorlatának elemzése. *Vezetéstudomány/Budapest Management Review*, 51(4), 2–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.04.01>
- Eurostat. (2020). *NUTS3 régióra vonatkozó foglalkoztatási adatok*. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=nama_10r_3empers
- Fischer, M., Imgrund, F., Janiesch, C., & Winkelmann, A. (2020). Strategy archetypes for digital transformation: Defining meta objectives using business process management. *Information and Management*, 57(5), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103262>
- Fraser, P., Moultrie, J., & Gregory, M. (2002). The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. *IEEE International Engineering Management Conference*, 244–249.
- Furr, N., Gaarlandt, J., & Shipilov, A. (2019). Don't put a digital expert in charge of your digital transformation. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2019/08/dont-put-a-digital-expert-in-charge-of-your-digital-transformation>
- Gerbert, P., Gauger, C., & Steinhäuser, S. (2015). The double game of the digital strategy. *BCG Perspectives*. <https://www.bcg.com/publications/2015/double-game-of-digital-strategy>
- Greiner, L. E. (1998). Evolution and revolution as organizations grow. *Harvard Business Review*, 76(3), 55–64.
- Grinstein, A., & Goldman, A. (2006). Characterizing the technology firm: An exploratory study. *Research Policy*, 35(1), 121–143. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.09.003>
- Hortoványi, L., & Ferincz, A. (2015). The impact of ICT on learning on-the-job. *Learning Organization*, 22(1), 2–13. <https://doi.org/10.1108/TLO-06-2014-0032>
- Hortoványi, L., Szabó, Z. R., Nagy, S. G., & Stukovszky, T. (2020). A digitális transzformáció munkahelyekre gyakorolt hatásai – Felkészültek-e a hazai vállalatok a benne rejlő nagy lehetőségre (vagy a veszélyekre)? *Külgazdaság*, 64(3-4), 73–96.
- Horváth, D., & Szabó, R. Zs. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- Ifenthaler, D., & Egloffstein, M. (2020). Development and Implementation of a Maturity Model of Digital Transformation. *TechTrends*, 64, 302–309. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00457-4>
- Issa, A., Hatiboglu, A., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment. *51st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 973–978. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212827118303081?token=5525A2A090D98C122FBADE008C5F7E8B16034373048DBBF6C852C3BCC4DCD38ADD58F65D23ACDAF6972C32C4B8C151B8>
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2017). Achieving Digital Maturity. *MIT Sloan Management Review*. <http://sloanreview.mit.edu/digital2017>
- Kiss, É., & Nedelka, E. (2020). Geographical approach of Industry 4.0 based on information and communication technologies at Hungarian enterprises in connection with industrial space. *Hungarian Geographical Bulletin*, 69(2), 99–117.

- Lahrmann, G., & Marx, F. (2010). Systematization of maturity model extensions. In R. Winter, J. L. Zhao, & S. Aier (Eds.), *Global perspectives on design science research*. Springer.
- Machado, C. G., Winroth, M. P., & Ribeiro da Silva, E. H. D. (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1462–1484. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1652777>
- Mittal, S., Khan, M. A., Purohit, J. K., Menon, K., Romero, D., & Wuest, T. (2019). A smart manufacturing adoption framework for SMEs. *International Journal of Production Research*, 57, 1–19. <https://doi.org/DOI: 10.1080/00207543.2019.1661540>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., Wuest, T., & Mittal, S. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Monostori, L. (2014). Variety Management in Manufacturing. *Procedia CIRP*, 17, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>
- Nábelek, F. (2017). *Az automatizáció munkaerő-piaci hatásai*. www.gvi.hu
- Nagy, C., & Molnár, E. (2018). Az ipar 4.0 területi összefüggései a robotizáció tükrében: milyen hatásai lehetnek a folyamatnak Magyarországon? *Területfejlesztés és Innováció*, 12(2), 3–18.
- Nagy, J., Jámbor, Z., & Freund, A. (2020). Az ipar 4.0 és a digitalizáció legjobb gyakorlatai a hazai élelmiszergazdaságban. *Vezetéstudomány/Budapest Management Review*, 51(6), 5–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.06.02>
- Nevo, S., & Wade, M. R. (2010). The formation and value of it-enabled resources: Antecedents and consequences of synergistic relationships. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 34(1), 163–183. University of Minnesota. <https://doi.org/10.2307/20721419>
- Nick, G., Várgéző, T., Nagy, C., & Szaller, Á. (2019). The territorial contexts of Industry 4.0 in Hungary: The present and future challenges and expectations of the digital ecosystem. *Journal of Regional Development and Tourism*, 11(3), 29–58.
- Oláh, J. (2019). Az Ipar 4.0 keretrendszere, valamint a kapcsolódó technológiák. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 4(4), 213–223.
- Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., Averill, E. L., Bamberger, J., Kasse, T. C., Konrad, M. D., Perdue, J. R., Weber, C. V., & Withney, J. V. (1991). *Capability Maturity Model for Software* (CMU/SEI-91-TR-24).
- Proença, D., & Borbinha, J. (2016). Maturity models for information systems-a state of the art. *Procedia Computer Science*, 100, 1042–1049.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sarma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224(107546). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107546>
- Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2018). Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. *SAMI 2018 - IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, 225–230. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2018.8324844>
- Remane, G., Hanelt, A., Wiesböck, F., & Kolbe, L. M. (2017). Digital maturity in traditional industries: An exploratory analysis. *Twenty-Fifth European Conference on Information Systems (ECIS)*. <https://www.researchgate.net/publication/316687803>
- Saldanha, T. (2019). *Why Digital Transformations Fail: The Surprising Disciplines of How to Take Off and Stay Ahead*. Berrett-Koehler Publishers. https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=LEyMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT10&dq=Why+Digital+Transformations+Fail:+The+Surprising+&ots=G14Cz1_2sr&sig=BgDTgLfKVMIONDE6Ad2NYrg5GY&redir_esc=y#v=onepage&q=Why+Digital+Transformations+Fail%3A+The+Surprising&f=false

- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*. <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf>
- Sony, M., & Naik, S. (2019). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 27(7), 2213–2232, <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284>
- Szabó, Z. R., Horváth, D., & Hortoványi, L. (2019). Hálózati tanulás az ipar 4.0 korában. *Közgazdasági Szemle*, 66(1), 72–94.
- Szabó, Z. R., & Vida, G. (2009). Szolgáltató központok Magyarországon. *Vezetéstudomány/Budapest Management Review*, 40(4), 28–42.
- Szalavetz, A. (2020). Digital transformation and local manufacturing subsidiaries in central and eastern Europe: changing prospects for upgrading? In Drahoukoupil, J. (Ed.) *The challenge of digital transformation in the automotive industry: Jobs, upgrading and the prospects for development*. Brussels, Belgium: European Trade Union Institute (ETUI) (2020) 178 p., 25–43.
- Szalavetz, Andrea. (2016). Az ipar 4.0 technológiák gazdasági hatásai: Egy induló kutatás kérdései. *Külgazdaság*, 60(7–8), 27–50. <http://real.mtak.hu/39363/1/Ipar40.pdf>
- Szerb, L., Komlósi, É., & Páger, B. (2020). Új technológiai cégek az Ipar 4.0 küszöbén. *Vezetéstudomány/Budapest Management Review*, 51(6), 81–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.06.08>
- Tarhan, A., Turetken, O., & Reijers, H. A. (2016). Business process maturity models: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 75, 122–134.
- Tortorella, G. L., Cawley Vergara, A. Mac, Garza-Reyes, J. A., & Sawhney, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 219, 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.023>
- van Hillegersberg, J. (2019). The Need for a Maturity Model for Maturity Modeling. In K. Bergener, M. Räckers, & A. Stein (Eds.), *The Art of Structuring* (pp. 145–151). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06234-7_14
- Vuksanović Herceg, I., Kuč, V., Mijušković, V. M., & Herceg, T. (2020). Challenges and Driving Forces for Industry 4.0 Implementation. *Sustainability*, 12(10), 4208. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12104208>
- Wang, T., & Chen, Y. (2018). Capability Stretching in Product Innovation. *Journal of Management*, 44(2), 784–810. <https://doi.org/10.1177/0149206315594847>
- Warner, K. S. R., & Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. *Long Range Planning*, 52(3), 326–349. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2018.12.001>
- Xu, L. Da, 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>