

MAGYARORSZÁGI GYÁRTÓEGYSÉGEK IPAR 4.0

GYAKORLATÁNAK ELEMZÉSE – TECHNOLÓGIA, STRATÉGIA, SZERVEZET

ANALYSIS OF THE INDUSTRY 4.0 PRACTICE OF THE HUNGARIAN

PRODUCTION UNITS – TECHNOLOGY, STRATEGY, ORGANIZATION

Bár számos koncepcionális tanulmány létezik az Ipar 4.0 (I4.0) technológiáiról és empirikus eredmények is vannak konkrét I4.0 alkalmazásokról, a jelenlegi irodalom csak felületes képet ad a szervezeti szintű I4.0 transzformációkról. A cikk célja, hogy az I4.0 bevezetésére kialakított keretrendszer alapján bemutasson három esettanulmányt. A szerzők eredményei alapján még a nagyvállalatok is küzdenek az I4.0-val. Mindenesetre, nekik már van digitális stratégiájuk, digitális transzformációs tervük és digitális kormányzásuk. De a digitalizáció egyelőre egy különálló osztály kompetenciája. Az I4.0 erőfeszítések rendszerint a szervezeten belülre, a termelésre irányulnak. A helyettesítő technológiák kedvező, jól becsülhető megtérüléssel kecsegtetnek, de nem fognak áttörő transzformációhoz vezetni.

Kulcsszavak: digitalizáció, Ipar 4.0, stratégia, szervezet, technológia, esettanulmány

Although there are conceptual works on key I4.0 technologies and empirical findings about specific I4.0 applications, current literature offers only superficial empirical findings about organisation wide I4.0 transformations. The authors' objective is to provide a framework for I4.0 implementation and discuss three case studies along the framework. Based on their findings, even the large companies struggle with I4.0. Nevertheless, they already have digital strategy, digital transformation plan, and digital governance. But digitalization is still in a separated department. Efforts are usually made internally, in manufacturing. Replacing technologies can provide good, easy to estimate return, but will not lead to breakthrough transformations.

Keywords: digitalisation, Industry 4.0, strategy, organization, technology, case study

Finanszírozás/Funding:

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00007 azonosító számú, Az intelligens, fenntartható és inkluzív társadalom fejlesztésének aspektusai: társadalmi, technológiai, innovációs hálózatok a foglalkoztatásban és a digitális gazdaságban című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap és Magyarország költségvetése társfinanszírozásában valósul meg.

This research was supported by project EFOP-3.6.2-16-2017-00007 Aspects of developing a smart, sustainable and inclusive society: social, technological, innovative networks in employment and the digital economy.

The project is funded by the European Union and co-financed by the European Social Fund and the budget of Hungary.

Szerzők/Authors:

Dr. Demeter Krisztina, egyetemi tanár, Budapesti Corvinus Egyetem, (krisztina.demeter@uni-corvinus.hu)

Dr. Losonci Dávid, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem, (david.losonci@uni-corvinus.hu)

Dr. Szász Levente, egyetemi tanár, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, (szasz.levente@yahoo.com)

Dr. Ráczi Béla-Gergely, egyetemi adjunktus, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, (raczbela@gmail.com)

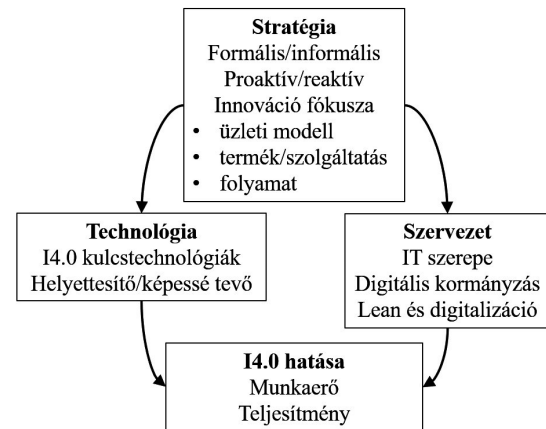
A cikk beérkezett: 2019.07.09-én, javítva: 2019.12.17-én, elfogadva: 2020.03.16-án.

This article was received: 09. 07. 2019, revised: 17. 12. 2019, accepted: 16.03.2020.

A digitalizáció radikális hatásai már jó ideje tapasztalhatóak az üzleti életben, így a feldolgozóiparban is. Elég, ha csak a digitális tartalmakra épített üzleti modellek térnyerésére gondolunk, amelyek a nyomtatott termékeket (újságok), vagy a zeneipart kiszolgáló gyártócégeket

érintették. Ha azonban kiemelten csak a gyártócégek működtetésének és előállítási folyamatainak digitális alapokra helyezését tekintjük, akkor a feldolgozóipar az átmenetnek még csak az elején jár. Sőt, egyelőre a feldolgozóipar digitalizációjának pontos tartalma és várható hatásai is

A kutatási keretmodell



Forrás: saját szerkesztés

élenk diskurzus tárgyát képezik (Horváth & Szabó, 2019; Nagy, 2019).

Az anyagáramlási folyamatok jelentős szerepe miatt a digitalizációs trendet a feldolgozóiparban az ún. Ipar 4.0 (I4.0) jelenség foglalja magába (Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann, 2014; Valenduc & Vendramin, 2016). Az I4.0 felöleli az új és/vagy megújult digitális és fizikai technológiákat is. Vízíójában az I4.0 kiber-fizikai technológiákat használ azzal a céllal, hogy személyre szabott, digitális szolgáltatási tartalommal felruházott termékeket kínáljon egy újratervezett értékláncban (vertikális integráció), egy átstrukturált ellátási láncban belül (horizontális integráció), amelyben minden résztvevő össze van kapcsolva és megosztja egymással az információt (Brettel, Friederichsen, Keller, & Rosenberg, 2014; Schlechtendahl, Keinert, Kretschmer, Lechler, & Verl, 2015; Demeeter, Losonci, Nagy, & Horváth, 2019).

Ma már számos koncepcionális tanulmány létezik az I4.0 kulcstechnológiáiról (Davies, 2015; Ghobakhloo, 2018) és egy-két jól dokumentált empirikus eredmény is született konkrét I4.0 alkalmazásokról (Porter & Heppelmann, 2014). Sőt a folyamatok teljesítményre gyakorolt hatásairól is van átfogó ismeretünk (López-Gómez, McFarlane, O’Sullivan, & Velu, 2018). Bár az átmenet központi szereplői a gyártóvállalatok, ezen cégek ténylegesen megélt I4.0 transzformációjának komplex leírásáról csak meglehetősen homályos képpel rendelkezünk.

Cikkünk a kontingenciaelméletre építve (Donaldson, 2001; Sousa & Voss, 2008) vizsgálja a gyártóegységek alkalmazkodását az üzleti környezetben tapasztalt technológiai változásokra a technológiahasználat, a stratégiaalkotás és a szervezeti változások keretrendszerében és bemutatja a tapasztalt hatásokat is. A cikk fő hozzáadott értéke, hogy – a korábbi cikkekkel ellentétben, a keretrendszer segítségével – komplexen ragadja meg és elemzi az átmenetet. A keretrendszert három Magyarországon működő gyártónál készített esettanulmány alapján tárgyaljuk.

Cikkünk először az irodalmat tekinti át a keretmodell egyes pillérei mentén. Ezt követően kutatási modellünk leírása következik. A módszertani megfontolásokat az egyes gyártóegységeknél tapasztalt változás leírása, majd ezek összevetése követi. Cikkünket az összegzés zárja, amelyben kitérünk a menedzsereknek szóló javaslatokra és a további kutatási lehetőségekre is.

Az Ipar 4.0 a digitális gazdaságban

Keretmodellünkhöz (1. ábra) kapcsolódóan az irodalomlemezésben a technológiákra, a stratégiaalkotásra és a szervezeti változásokra térünk ki. Ez az elemzési keret szintetizálja a vállalati szintű I4.0 érettségi modellek legfontosabb közös dimenzióit (Fettermann, Sá Cavalcante, de Almeida, & Tortorella, 2018; Geissbauer, Vedso, & Schrauf, 2016; Viharos, Soós, Nick, Várgedő, & Beregi, 2017). A kontingenciaelmélet a változásokhoz hatásokat is kapcsol. Az I4.0 hatásai közül a munkavállalókra és a teljesítményre gyakorolt hatásokat emeljük ki.

Stratégia

A stratégia elemzése kapcsán foglalkozunk az innovációs fókusszal, illetve a stratégiaalkotás folyamatának jellemzőivel.

Az Ipar 4.0 által támogatott innováció jellege

A legkomplexebb változást az üzleti modell innovációja eredményezi (Horváth, Móricz, & Szabó, 2018): számottevően átalakítja az érintettekkel a kapcsolatot, és egészen újfajta működési rendhez vezethet (pl. új folyamatok, új versenytársak) egy adott iparágban, vagy új iparágat is létrehozhat. Szükségszerűen okos termékekre és szolgáltatásokra épül, amelyeket a második fajta innovációnak tekintünk. Végül, az I4.0 folyamatinnovációban való kiaknázása is egy működőképes alkalmazási stratégia. Ez utóbbi esetben a fő cél, hogy az értéklánc folyamatait – rendszerint a belsőt – hatékonyabbá tegyék. Bár vannak esetek, amikor új üzleti modelleket és értékJánlatokat (értsd: okos termékeket és szolgáltatásokat) fejlesztettek a cégek, a gyártó vállalatok az I4.0 alkalmazásával rendszerint a belső folyamatok integrációjára és jobb működési teljesítményre törekednek (López-Gómez et al., 2018). A folyamatinnovációs megközelítés elég szűk interpretációját adja a technológiákban rejlő lehetőségeknek, mégis úgy gondoljuk, hogy a technológiák ilyen típusú megközelítése hozta el az I4.0 fogalom berobbanását a köztudatba. Ugyanakkor hiba lenne csak ezt az orientációt követni a mindennapokban.

Az Ipar 4.0-val kapcsolatos stratégiaalkotás

A kontingenciaelmélet alapállása szerint a külső környezetben bekövetkező változásokat a stratégiának kell lekövetnie, melynek megvalósítása érdekében megváltoznak a szervezeti és működési folyamatok, illetve mindezeknek köszönhetően a teljesítmény. Nem meglepő tehát, hogy az elérhető technológiák alkalmazása és a vállalati stratégia kialakítása kéz a kézben járnak. Így a stratégia alakításának legfeljebb a milyensége lehet kérdéses. Ennek kapcsán egyesek azt emelik ki, hogy a stratégiai orientációnak vál-

toznia kell, hogy az új technológiák hatékonyabb bevezetésének motorja legyen (Stock & McDermott, 2001; Lewis & Boyer, 2002). Mások azt hangsúlyozzák, hogy a technológiák bevezetési stratégiájának és a vállalati (üzleti) stratégiáknak összhangban kell lenniük ahhoz, hogy bármilyen új technológiát sikerrel lehessen bevezetni (Kotha & Swamidass, 2000; Pires & Aisbett, 2003). A nagyjából egy irányba mutató megfontolások mellett is további elemzéseket igényel a téma, mivel a stratégia és a technológia bevezetése közötti kapcsolat nem mindig egyértelmű (Lucianetti, Jabbour, Gunasekaran, & Latan, 2018). Ez különösen igaz az újonnan megjelent I4.0 technológiákra és megoldásokra.

A stratégiai tervezés két fontos szempontját emeljük ki az új technológiák alkalmazásával kapcsolatban. Az első szempont a stratégiai tervezés proaktív vagy reaktív természetével foglalkozik (King & Teo, 2000). Proaktív stratégiánál a vállalat aktív szerepet játszik a stratégiai innovációban. Ez azt jelenti, hogy a versenytársakat megelőzve új folyamatokat és termékeket hoz létre azzal a céllal, hogy megragadja a felmerülő lehetőségeket és versenyelőnyt szerezzen a piacon. A reaktív stratégia szerint a vállalat szerepe passzív. Ilyenkor a vállalat stratégiai viselkedését a külső behatásokhoz igazítja, a környezetben megfigyelt változásokra reagál vagy a versenytársak által támasztott kihívásokra válaszol (Chen, Chang, & Wu, 2012).

Az új technológia alkalmazásával kapcsolatos stratégiai tervezés másik szempontja a folyamat formális vagy informális jellegével foglalkozik (O'Regan & Ghobadian, 2002). A formális stratégiai tervezés egy iteratív, átfogó, szisztematikus megközelítést jelent, amellyel a vállalat vezetése analitikusan meghatározza a szervezet stratégiai irányvonalát (Galbraith, 2010). Ezzel szemben, az informális tervezés csak a múltbeli tapasztalatokon és a szervezeti tagok intuícióján nyugszik, amelyek alapján a jövőre vonatkozó döntéseket meghozzák. Az informális tervezés így azt is jelenti, hogy a cégek nem tervezik meg előre szisztematikusan stratégiájukat; a stratégiai lépések és kiigazítások a vállalat tapasztalataira építenek, amelyekkel a vállalat a stratégiai döntés pillanatában rendelkezik (Mintzberg & Waters, 1985). Ez a különbség szorosan kapcsolódik a fentről-lefelé és lentől-felfelé (top-down/bottom up) jellegű stratégia kialakításához. A fentről-lefelé irány mentén olyan funkcionális stratégia (benne a technológiai stratégia) jön létre, amely egy világosan megfogalmazott vállalati és üzleti stratégiából származik. A lentől-felfelé megközelítés alapján a stratégiai döntések idővel formálódnak és a szervezet mindennapi tapasztalatain alapulnak. Tehát, a fentről-lefelé stratégia egy formális, hierarchikus tervezési folyamat eredménye, míg a lentől-felfelé stratégia egy szervezet napi tevékenysége folyamán felhalmozott tapasztalat eredője (Slack, Chambers, & Johnston, 2010).

Összességében, az I4.0 bevezetés stratégiai megközelítéseinek osztályozásakor érdemes tisztában lenni az innováció fókuszával, a stratégiai tervezés reaktív vagy proaktív jellegével, és a stratégiai tervezés formalitásával, ami szorosan kapcsolódik stratégiaalkotás fentről-lefelé és/vagy lentől-felfelé természetéhez.

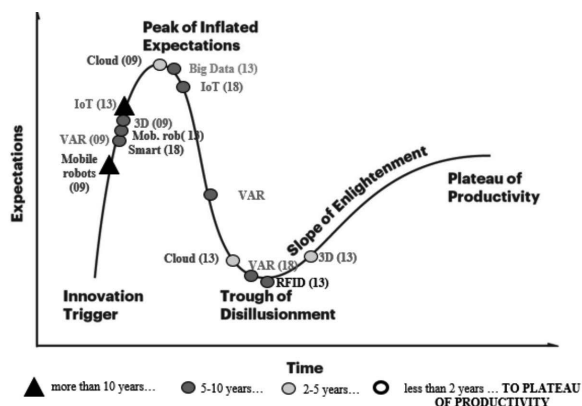
Az Ipar 4.0 technológiái

Az I4.0 koncepció megjelenése azt mutatja, hogy a digitális és fizikai innováció gyártási környezetben mára kritikus tömeget ért el. A gyártóvállalatok termelési folyamataiban ma megjelenő kulcstechnológiák (1. táblázat) konszenzusosan összeszedhetők (Demeter et al., 2019). E technológiák alapozzák meg az I4.0 elveit (pl. horizontális és vertikális integráció (Ghobakhloo, 2018) és ezekre épülnek a konkrét I4.0 megoldások (pl. digitális minőségmenedzsment, prediktív karbantartás (Goran, LaBerge, & Srinivasan, 2017)).

Az I4.0 kulcstechnológiák differenciáltabb megközelítést adja, ha a technológiákat érettségük alapján csoportosítjuk. Az egyes technológiák érettségéről az irodalomban kevés szó esik, miközben az érettség determinálja, hogy mennyire széles körben terjedhetnek el ezek a technológiák, vagy mennyire számíthatunk ezekkel kapcsolatban „csak” pilot projektekre. A kulcstechnológiák érettségét az új technológiák hype görbéje segítségével ragadjuk meg (Gartner, dátum nélkül.). Az éves hype görbe sok új technológia aktuális helyzetét mutatja az „életciklus” következő szakaszai alapján: innováció elsütése (*innovation trigger*), felfokozott várakozás csúcsa (*peak of inflated expectations*), kiábrándulás völgye (*trough of disillusionment*), felvilágosodás emelkedője (*slope of enlightenment*) és termelékenység fennsíkja (*plateau of productivity*). Az elemzés előrejelzi, hogy időben mikor fog az adott technológia a termelékenység fennsíkjára érkezni. Annak érdekében, hogy a vizsgált technológiák érettségét megbecsüljük, három kiválasztott évre megnéztük a Gartner elemzését (2. ábra).

2. ábra

Néhány I4.0 kulcstechnológia érettsége a Gartner-görbén



Forrás: Carpenter (2009), Gartner, I. (2013), Panetta (2018)

Hogy egy konkrét technológia érettségéről dönteni tudjunk, megnéztük, megjelent-e a görbén (igen/nem), mikor jelent meg és mikorra várható, hogy a termelékenységi fennsíkra érkeznek. A technológiákat a következő négy csoportba soroltuk:

1. Hosszú előtörténet és jól ismert technológiák: a szimuláció és modellezés, valamint a szenzorok (úgy általában) egyáltalán nem kerültek fel a görbére.

Véleményünk szerint az újabb technológiák (pl. IoT, Big data) tovább erősíthetik ezeket: az IoT például lehetővé teszi nagy mennyiségű adat gyűjtését és inputként való használatát szimulációkban.

2. Érett I4.0 technológiák: egy évtizede már jelen vannak és az előrejelzések szerint már elérték a fennsík fázist. A felhő, a 3D nyomtatás, valamint a szenzorok közé sorolható RFID tartoznak ide.
3. Feltörekvő technológiák: számos jól ismert technológia (IoT, VAR, okos robotok) tartozik ebbe a csoportba, amelyeknek még hosszú idő kell, hogy a fennsíkra érjenek.
4. A Big data elemzés az utolsó két csoport között található. Rövid előtörténete ellenére már a következő évtized elejére termelékeny megoldássá válhat.

1. táblázat

Az I4.0 kulcstechnológiáinak érettsége a Gartner elemzése alapján

Érettség	I4.0 technológia	Domináns jellemző
Jól ismert	szimuláció és modellezés	digitális
	szenzor	kapcsolat a digitális és fizikai között
Érett	felhő	digitális
	3D	fizikai
Kísérleti	Big data elemzés	digitális
Feltörekvő	Internet of Things	digitális
	virtuális valóság	digitális
	okos robotok	fizikai

Forrás: saját szerkesztés Gartner, I. (2013) alapján

Az 1. táblázat utolsó oszlopában szerepel, hogy mennyiben tekinthető az adott technológia digitálisnak vagy fizikainak. Ezt a beosztást Schwab (2016) csoportosítására építve készítettük.

Két tényezőt fontos kiemelni az *érettség besorolással kapcsolatban*. Egy-egy technológia ismertsége vagy érettsége még nem garancia arra, hogy széles körben használják a rájuk építő megoldásokat. A másik, hogy a szakértők azt sejtetik, hogy az I4.0 technológiák szigetszerű, szórványos használata nem fog szervezeti megújuláshoz vezetni, ezért rendszerint azt javasolják, hogy alakítson ki a vállalat egy stratégiát, ami több I4.0 kulcstechnológia kölcsönhatására épít (Ghobakhloo, 2018). Az I4.0 kulcstechnológiák eltérő érettségét látva ez nem is annyira könnyű feladat.

Szervezeti változások

A kontingencialista megközelítés szerint a technológia és a környezet változásaihoz a szervezetnek is illeszkednie kell (Gilchrist, 2016; Tornatzky & Fleischer, 1990). Az I4.0 technológiákkal kapcsolatban a szervezeti kérdések leggyakrabban a szükséges kompetenciákkal és e kompetenciák strukturában elfoglalt helyével foglalkoznak. E kérdéskörnek specifikus – de nem figyelmen kívül hagyható – leképeződése a *digitalizáció és a lean kapcsolatok*

elemzése, tekintve, hogy az elmúlt évtizedekben a lean menedzsment vált a gyártó vállalatok új működési paradigmájává, ami a szervezetre is jelentős hatást gyakorol (De Toni & Tonchia, 1996; Báthory, 2020). A szervezeti kérdések mellett az egyénekre gyakorolt hatások (kompetenciák, létszám) is előtérben vannak, amelyeket a következő alfejezetben tárgyalunk.

A digitalizációhoz szükséges kompetenciák vállalaton belüli helyével foglalkozó irodalom két témát emel ki: az egyik az *IT-osztályok* bővülő kompetenciáival foglalkozik, a *digitális kormányzás (digital governance)* pedig a technológiai ismereteknek a meglévő/új szervezeti egységekbe (de nem IT-be) való becsatornázására tesz javaslatot. Andersson és Tuddenham (2014) a digitalizációval kapcsolatban az IT jelentőségét emeli ki. Azt hangsúlyozzák, hogy a digitalizáció egy új alapokra épített (*re-invented*) IT-funkció részeként jelenhet meg. Meglátásuk szerint ugyanis a digitalizáció három eltérő módon hat az IT-re: (1) a digitalizáció egyre kifinomultabb technológiát követel, (2) magasabb IT-teljesítmény szükséges hozzá, (3) a digitalizáció azzal jár, hogy az IT-re a felső vezetés jobban figyel, mivel sokkal nagyobbá válik a tét, mint bármikor korábban.

Az IT-osztályon túlmutató változásokat feltételez, hogy a technológiai ismereteket a szervezetben széles körben hasznosítani kell. Sőt, a termelési hálózatokban való terjedése a vállalatkormányzási strukturában is változással járhat. Gauger, Gehres, Quinn, Schmiege, & Xu (2017) négy lépcsőt írnak le: az *opportunistista megoldás* a funkcionális dominanciára épít, amikor a funkciókon belüli használatot nem egészíti ki koordináció, a *transzformerek* kifinomultabb technológiákat használnak és náluk előtérbe kerül a keresztfunkcionális koordináció is, amelyet a szervezet egészében a digitális transzformációs osztály (*digital transformation office*) és feje, a digitális igazgató (*digital chief officer*) irányít. A *pacemakerek* a digitalizáció komplexitását és a szervezeti koordináció szintjét is növelik, amely modellben a „kiválósági központ” (*Centre of Excellence, CoE*), vagy digitális „gépház” (*powerhouse*) a főszereplő, amely digitális termékinnovációban is gondolkodik. A *digitalisták* pedig már a techvállalatokhoz hasonlóan működnek.

Az IT változása inkább egy alap, amely önmagában egy vállalat digitális transzformációjához kevés lehet. A transzformáció további dimenziói a változás gyorsaságával és a menedzsment hozzáállásával kapcsolatosak. Ahogyan Andersson és Tuddenham (2014) is kiemeli, a fő kihívás, hogy a szervezeti struktúrák kötöttek, így azok változása nem lehet olyan gyors, mint amit a digitalizáció szükségessé tenne. A szervezet alakítása nem csak struktúraalakítási kérdés, hiszen az a kulcsszereplők magatartásában is változást feltételez. Legner és szerzőtársai (2017) a sikeres digitális transzformációk mögött a felső vezetők direkt támogatását emelik ki, míg Horlacher és Hess (2016) a dedikált digitális igazgatókat említi. A sikeres digitális transzformáció szükséges, de nem elégséges feltétele, hogy a vezetők elsődleges prioritásként és ne „IT-erőfeszítésként” közelítsék meg azt (Andersson & Tuddenham, 2014).

A szervezeti struktúra jellege sem közömbös. Egy organikus, decentralizált szervezeti struktúra jól tudja támogatni a hatékony digitális transzformációt (Andersson & Tuddenham, 2014). Az ilyen struktúrával rendelkező gyártóüzemek bizonyos fokig rugalmasak a munkavállalók felelősségét tekintve, és a vertikális kommunikáció mellett elősegítik az oldalirányú kommunikációt is (Baker, 2012). Más kutatások szerint nem feltétlenül mindig az organikus, decentralizált struktúra az üdvözítő. Bár az valóban jobban teljesít az innovációs folyamat adoptálási (döntési) fázisában, a mechanisztikus struktúra – a formális jelentési kapcsolatok, a centralizált döntéshozatal és a dolgozók egyértelműen definiált szerepei révén – a bevezetési fázisban kedvezőbb (Zaltman, Duncan, & Holbek, 1973).

A gyártóegységek szintjén a folyamatinnováció a lean programokban, illetve nemzetközi termelési hálózatokban a lean alapokra épített koordinációs eszközben, az ún. *többgyáras fejlesztési programokban (multi-plant improvement program)* ölt testet (Netland, 2013). A nagy termelő cégeknél kivétel nélkül találkozhatunk leanre épített fejlesztéssel, sok cégnél gyári szinten is dedikált lean osztályok működnek. Ahogyan a stratégiáról szóló részben bemutattuk, az Ipar 4.0 leggyakrabban a folyamatfejlesztéshez kapcsolódik a gyártók gyakorlatában. A két koncepció célrendszerének azonossága helyezi előtérbe kapcsolatuk elemzését. A lean irodalomban leginkább a digitális megoldások leant támogató hatásaival foglalkoznak (Buer, Strandhagen, & Chan, 2018).

Az eddig bemutatott, a szervezeti változásokat átfogóan közelítő irodalom tapasztalatait használhatjuk a gyártóegység szintjén mutatkozó változások elemzésekor. Célzottan ugyanis ennek az elemzési szintnek a szervezeti adaptációról szóló szakirodalmá még szegényes.

Az I4.0 hatása

A munkaerőre gyakorolt hatás alapján Acemoglu (2016; 2017) megkülönböztet helyettesítő (*replacing*) és képessé tevő (*enabling*) technológiákat. A képessé tevő technológiákat úgy körvonalazta, hogy azok *“kibővítik a munkások képességeit, és lehetővé teszik számukra új funkciók végrehajtását, növelve a termelékenységet”* (Acemoglu, 2017, p. 4). Például, a Big data analitika egy folyamatfigyelő rendszer, ami javítja a vezetői döntéseket a kapacitáskihasználással kapcsolatban. A helyettesítő technológiák *„kifejezetten helyettesítik az embert néhány feladatban”* (Acemoglu, 2017, p. 5). A robotok rendszerint ismétlődő feladatokat látnak el manuális (ipari robot), és kognitív (automatikus rendelkezéskelés) környezetben egyaránt. Hosszú távon a mesterséges intelligencia ígérete, hogy helyettesíti az embert a kreatív kognitív feladatokban. Míg tehát a képessé tevő technológia növeli az össztermelékenységet, a helyettesítő technológia nem vezet az össztermelékenység növekedéséhez, csupán az ember-tőke arányt változtatja meg az előbbi rovására.

A kutatás módszertana

Kutatásunk fókuszában a digitális transzformáció komplex értékelése áll a vizsgált gyártóegységekben. Alapfeltevésünk, hogy a technológia áthatja a működési környezetet, így a kontingenciaelméletet követve megvizsgáljuk a szervezetben a stratégiai tervezés folyamatát, a szervezeti változásokat és az alkalmazott technológiákat. Várakozásaink szerint ezek a változások a munkaerőre és a teljesítményre is hatást gyakorolnak a szervezetben.

Kutatási célunkhoz az esettanulmány módszer illeszkedik a legjobban, ugyanis a stratégiai tervezés folyamata,

2. táblázat

A vizsgált egységek legfontosabb adatai és az adatgyűjtés jellemzői*

	Első egység	Második egység	Harmadik egység
Üzleti adatok			
Vállalat/üzem foglalkoztatotti létszám (fő)	100 000 / 1500	2000 / 1000	200 000 / 1000
Ellátási lánc pozíció*	TIER 2	TIER 2/3	TIER 1/2
Gyártóegységben a folyamatinnováció koordinációja	központi lean program, helyi lean csapat	helyi lean szakértő	központi lean program, helyi lean csapat
Digitális osztály	igen (lean osztály részeként)	nincsen önálló egység	igen (lean osztály ezen osztály része)
Adatgyűjtés jellemzői			
Interjúalanyok száma	6	3**	3
Dokumentumok	igen		
Szakdolgozat témavezetés i4.0 témában / korábbi kutatás	igen / igen	nem / igen	nem / nem
Gyárlátogatás	igen	igen	nem

*Az összeszerelő autógyártótól vett távolság; a tier 1 a közvetlen beszállító

** 5 további interjú a vállalat más gyártóegységeiben

Forrás: saját szerkesztés

illetve a szervezeti változások csak részletes interjúk és helyszíni látogatások által ismerhetők meg. Az általánosíthatóság korlátozottsága ellenére ezen területek megismeréséhez a jelenség történetének megismerése, illetve részletes és egymástól különböző információforrások szükségesek, hogy leírhatóvá váljon egy új jelenség (Leonard-Barton, 1990).

Három Magyarországon működő gyártóegységről gyűjtöttünk adatokat. A gyártóegységek autóiipari beszállítók, mindegyik elektronikus alkatrészeket állít elő. Az ágazat idehaza a digitális átmenet szempontjából a legérettebb feldolgozóipari ágazatok között van (Losonci, Takács, & Demeter, 2019). A gyártóegységek megkeresésénél fontos szempont volt, hogy átlag feletti elköteleződést mutassanak az I4.0 irányába. A három egység közül kettő nemzetközi nagyvállalat hazai gyártóegysége, amelyek élenjáróak a digitális transzformációban idehaza vagy akár divíziójuk belső hálózatában is. Mindkettő saját digitális osztállyal működik. Fontosnak gondoltuk, hogy magyar tulajdonú cég is helyet kapjon az elemzési egységek között, mert ezen cégeknek – akár még a hazai átlag feletti technológiai színvonal mellett is – mások a lehetőségeik.

Az adatgyűjtés egységesítéséhez kialakítottunk egy adatgyűjtési protokollt, továbbá félig strukturált interjúkérdéseket írtunk. A 2018. június és 2019. május között lezajlott vállalati interjúk során elsődlegesen a vállalati és adott egység szintű változásokra, illetve konkrét projektek részletes bemutatására fókuszáltunk. Az interjúalanyok menedzserek (ha volt, akkor a digitális osztály vezetője), felső vezetők (pl. ügyvezető) és szakértők voltak. Egy interjú átlagosan egy óras volt. Valamennyi interjút legépeltük. Az interjúkat két vizsgált egységnél is üzemlátogatás követte, ahol az interjúban ismertetett projekteket mutatták be. Az így szerzett ismeretek és a nyilvánosan elérhető információk alapján minden egységről esetleírás készült. Az első egységnél az elérhető információk körét bővítette, hogy az egységgel több évre visszanyúló szoros kapcsolat alakult ki (pl. másik kutatási projektben való részvétel, szakdolgozati írók). Az elemzések alapját az esetleírások adják.

A következőkben a kutatási modellben megjelenő pontok szerint mutatjuk be az egyes egységeket.

Az autóiipari kontextus és az esetek bemutatása

A globális autóiipar jelentős változásokon megy keresztül. Ezeket a változásokat leginkább négy – egymással szorosan összefüggő – trend köré szokták csoportosítani: önvezető autók fejlesztése, elektromos autók térhódítása, járművek hálózatba kapcsolása és a megosztás alapú technológiák terjedése (Miel, 2018). E négy trend alapjaiban forgatja fel az autóiipari erőviszonyokat. Új szereplők jelennek meg más iparágakból (Google, Tesla), új beszállítók váltják fel a régieket (robbanómotorok helyett akkumulátorok), és ezek a változások tökéletesen beleillenek a negyedik ipari forradalom által generált gazdasági-társadalmi átalakulási tendenciákba. Sőt, az autóiipar tulajdonképpen a főszereplő az Ipar 4.0 területén.

E nagyívű változások természetesen nemcsak a vezető autógyárakat, de beszállítókat is érintik. Mindazonáltal, mivel Magyarországon elsősorban kis hozzáadott értékű, de nagy volumenű alkatrészgyártás és összeszerelés jellemző (Losonci et al., 2019), ezért a változások főként a termelési folyamatok optimalizálásában, kevésbé új termékek és/vagy üzleti modellek formájában jelennek meg (Demeter et al., 2019).

Gyártóegységeink közös jellemzője, hogy autóiipari felhasználásra szerelnék össze elektronikai alkatrészeket. Bár az ellátási láncban elfoglalt pozíciójuk eltér, az elmúlt években az egész járműiparban tapasztalt hatások mindegyikben érvényesültek: (1) jelentősen emelkedtek a gyártási volumenek, (2) erőteljes offshoring és outsourcing zajlott a közép-kelet-európai országok irányába, (3) a kényelmi megoldásoknak és a biztonsági elvárások emelkedésének köszönhetően a gépjárművekben az elektronikai alkatrészek száma folyamatosan növekedett.

Első gyártóegység

Az első gyártóegység egy amerikai gyökerű multinacionális vállalat járműipari divíziójának magyarországi leányvállalata. A TIER 2 pozícióban lévő magyarországi gyárban 1500 fő dolgozik. A gyártóegység termékkörére egyszerre jellemző a nagy termékválaszték (2800 aktív termék), a jelentős méretbeli (nanotechnológiától akár a 10 méteresig) és gyártási volumenbeli különbség (néhány darabtól milliós darabszámig). Az elmúlt években az összes gyártási darabszám erőteljes növekedése mellett szélesedett a termékválaszték, illetve a keresleti mintázatokban erős ingadozást tapasztaltak. A gyártás és az összeszerelés magas szinten automatizált. A gyártócég tevékenységét a rövid termékutak (sokszor egy gép) jellemzik. A gépeket manuálisan szolgálja ki az anyagmozgatás.

A gyártóegység digitalizációs transzformációja 2012-2013 körül kezdődött. A kezdetekben informális, alulról építkező stratégia jellemezte az átmenetet. Az első kezdeményezéseket a gyártóegységben a lean osztály vezette. Az első projektek a termelésben a digitális andonhoz és a digitális dashboardhoz kapcsolódtak. Ezt megalapozandó több ezer szenzort telepítettek a gépekbe. EMEA régión (Europe, Middle-East and Africa) belüli koordinált erőfeszítésekre 2014-ben került sor. Ekkor a régiós lean vezetők egy workshopon 6-8 kulcstéma köré építve kijelölték a fejlesztési irányokat. A megvalósítást két mintagyárban kezdték el, amelyek közül az egyik a magyar gyártóegység volt. A magyar egység az IoT szellemiséget ültette bele az operátorok képzési rendszerébe (Operator's Learning Management System, OLMS). Az OLMS folyamatosan ellenőrzi a munkavállalók képzettségét és a gyártási tevékenységhez szükséges ismereteket. Azok hiányában a dolgozó nem használhatja a gépet addig, amíg a munkavégzés helyéhez közeli terminálon az on-line tréninget el nem végzi. Elektronikus alapokra helyezték a problémajelentési és -megoldási rendszerüket (electronic Quality Control Process Chart, e-QCPC). A megvalósításhoz a lean osztály IT-szakértőket vett igénybe, illetve saját munkavállalóit is képezte (pl. az e-QCPC programozását az egyik lean csapattag végezte el). Ebben az időszakban

indult el a Big data elemzés használatát célzó prediktív karbantartás pilot projektje. A 3D nyomtatás is megjelent a gyárban, bár nem folyamatfejlesztési céllal, hanem a kereskedelmi, értékesítés utáni tevékenységek támogatására. Az adatok tárolására saját szervereket használnak. Összefoglalva megállapítható, hogy az alulról építkezés időszakában a gyártóegységek azon digitális megoldásokat helyezték előtérbe, amelyekkel még többet tudtak kihozni lean rendszerükből. A fejlesztések dominánsan képessé tevő technológiákra építettek, nem az emberek kiváltására törekedtek.

Az alulról szerveződő koordináció időszaka 2017-ig tartott. 2017-től a divízió szintjére került és formális (top-down) tervezés tárgya lett a digitális átmenet. Egy globális tanácsadó cég által támogatott hathetes stratégiai egyeztetést követően megszületett a központból koordinált útvonalterv (*roadmap*) és kialakították a globális kormányzási struktúrát is. Az elköteleződés jeleként értelmezhető, hogy az addig 13 – döntően lean alapú – elemre épülő többgyáras fejlesztési programba (*multi-plant improvement program*) 14. elemként bekerült a digitális termelés.

A digitális átmenetet a divízióban globálisan a digitális vezető irányítja, munkáját regionális bajnokok (*champions*) támogatják. Ezek a bajnokok az I4.0 technológiákban jártas regionális akceleratorokkal dolgoznak. 3 fő dolgozik digitális akceleratorként az EMEA régióban. A gyártóegységekben egy-egy digitális projektben négy kolléga vesz részt: (1) a gyártási technológiát mélységében ismerő helyi szakértő (*subject matter expert*), (2) a helyi digitális akcelerator, aki a digitális technológiákban ismeri ki magát, (3) a projektmenedzser, aki jellemzően a lean osztályról kerül ki és (4) az üzleti és megtérülési szempontokat érvényesítő helyi digitális vezető. A helyi digitális vezető, aki egyben a lean osztály vezetője, fontosnak gondolja a képességek fejlesztését, és hogy legyen meg a cégen belül az I4.0 technológiák használatához a kompetencia. A programozási, adatelemzési tréningek mellett projektmenedzsment-képzést is szerveztek az alkalmazottaknak. A szakértők képzése mellett kiemelt figyelmet szentelnek a fejlesztések által érintett dolgozók véleményének becsatornázására.

2018-ban finomították a divízió stratégiáját, aminek fő oka az volt, hogy egyértelműbbé akarták tenni a projektek értékteremtéshez való hozzájárulását. Ez az irányváltás a magyarországi gyártóegységben tartott értékteremtési workshophoz kapcsolódik. Arra jutottak, hogy túl sokféle témában futnak a projektek és kevésbé biztosak a pénzügyi megtérülésben. A meglévő tapasztalatokra építve elhatározták a business case-ek dokumentálását (megosztását) és standardot alakítottak ki a pilot projektek tervezésére. Döntöttek a projektmenedzsment-ismeretek bővítéséről is a lean/digitális osztályok munkatársai körében. Az üzletági szintű célokat regionális szintre bontották vissza.

A divíziószintű formális tervezés több erőforrást, magasabb szakértelmet és mélyebb koordinációt biztosított. Adottak a feltételek a tudásmegosztáshoz is. Felkarolták az alulról építkezés időszakának irányvonalát és azt intézményesítették. Erre utal a lean program kibővítése és a lean osztályokhoz rendelt felelősség. A digitalizáció gyár-

tási fókusza megmaradt, de az utóbbi hónapokban már az ellátási láncban, az értékesítés- és termelésstervezésben is digitális erőfeszítéseket tesz a cég. Egyelőre a funkciók közötti koordinációról még nincsen szó. A magyarországi egységben az üzemi logisztika automatizálása is fókuszba került.

Második gyártóegység

A második gyártóegység egy magyar tulajdonú feldolgozóipari vállalat egyik leányvállalata. A vállalat saját márkával nem rendelkezik, szerződéses gyártóvállalat. A vállalat árbevételében legnagyobb és az elmúlt években egyre növekvő arányban van jelen a járműipar. A gyártóegység a vállalat legnagyobb leányvállalata (árbevételben, létszámában), amelyben kizárólag járműipari elektronikus alkatrészeket gyártanak, szerelnek össze. A gyártóegység az elmúlt években megduplázta árbevételét. A gyártóegység TIER 2/3-as pozíciót foglal el az ellátási láncban. Termékportfóliójának meghatározó részére jellemző, hogy nagy választék – alacsony volumen kategóriába esik és jelentős a manuálismunka-igénye. Nagy automatizáltságú gyártósorokkal is rendelkeznek, de az ezeken futó, nagyobb volumenű termékek aránya kisebb a portfólióban.

A vállalat központjában önálló egységként tekintenek az egyes leányvállalatokra. Emellett azonban erős tulajdonosi kontroll is jellemző, pl. beruházási döntések, üzletszerzések esetén. A vállalat egészét a „konzervatív” befektetési politika jellemzi, amelyet a gyors megtérülés és a vevői igények kielégítése is áthat. A függetlenség azt is jelenti, hogy bár a folyamathatékonyság kulcskérdés egy szerződéses gyártónál, ezen a területen nincsen elmélyült koordináció az egységek között. Így formális stratégia sem a lean alapú fejlesztésekre, sem az Ipar 4.0 szellemiségű fejlesztésekre nincsen.

Az I4.0 koncepció előtérbe kerülése okán 2018-ban sor került egy felsővezetői egyeztetésre. A vizsgált gyártóegységben a helyi szinten, a vevői igények kielégítésére és a konkrét problémák megoldására hozott döntésekből áll össze a stratégiai irányultság. Az elmúlt években képessé tevő és helyettesítő technológiákkal is volt tapasztalatuk.

A gyártóegység kiemelten kezeli a nyomkövetési rendszer alapjaira épített MES (*Manufacturing Execution System*) rendszert. A nyomkövetési rendszert eredetileg egy konkrét vevő elvárására fejlesztették ki. A fejlesztést az egység szakemberei végezték el, sok évvel ezelőtt. A rendszer adott termék összeszerelési lépéseiről és a beépülő alkatrészekről gyűjt információkat. E rendszert fokozatosan egyre több termékre és előállítási folyamatra (munkaállomásra) terjesztették ki. Minőségi váltást az okozott, amikor az egyik beszállítótól vett automata gépsorokba programozott folyamatmutatókkal (pl. gépek kihasználtsága, ciklusidők, egyének ciklusideje, gépen a problémák számbavétele, OEE – *Overall Equipment Effectiveness* – mutató stb.) is kibővítették az addig csak nyomkövetésre szolgáló rendszerüket. Ezt a fejlesztést is a mérnökség szakemberei végezték el. Innentől a nyomkövetési rendszer valójában a munkavégzés tervezését és monitorozását támogató eszközzé vált, amelyben további fejlődést az jelentett, amikor

a központ közreműködésével egy új, adatvizualizációban is megfelelő minőséget biztosító platformra tértek át (ez a platform több gyártóegységben is használatos). A rendszer a munkaállomásokra telepített szenzorok, az automata gépekben lévő szenzorok és a munkaállomásokon található beviteli egységek által gyűjtött információkat továbbítja a vezetők felé. A rendszert a területi vezetők igényei alapján folyamatosan finomították, fejlesztették az egység mérnökségen dolgozó szakemberei. A végeredmény egy olyan MES-rendszer lett, amely döntően a gyártási terület vezetői (középvezetők, menedzserek) és a központ felé szolgáltat adatokat.

A helyettesítő technológiák közül (hagyományos ipari) robotot alkalmaztak az egyik nagy volumenben összeszerelt termékénél. A robot installálásánál egy integrátorral dolgoztak közösen. A robot munkába helyezéséért is a mérnökség volt felelős. A projekt gyors megtérülést ígért, viszont a sok technikai nehézség miatt az eredeti tervekhez képest sokkal lassabban tudták lezárni. A telepített összeszerelő robot az elkészült terméket ellenőrzi is, és M2M (*machine-to-machine*) kommunikációval értesít egy robotkart, ami a hibás terméket leveszi a futószalagról. Bár több integrátorcéggel is dolgoztak további robotok installálásával kapcsolatban, a gyártóegységben további robotokat nem tudtak volna gazdaságosan használni. Ennek egyik oka a kis sorozatnagyság, de szerepet játszik benne az alkatrészek nem megfelelősége (pl. tág toleranciaszintek, nem robotra tervezett alkatrészek).

Harmadik gyártóegység

A harmadik gyártóegység egy nagy, nyugat-európai központtal működő autóiipari vállalat magyarországi leányvállalata. A magyar gyár az üzletág egyik legnagyobb egysége. A gyár által előállított elektronikus alkatrészek egy része TIER 1, másik része TIER 2 pozícióban kerül a vevőkhöz. Az elmúlt években folyamatosan bővülő egységben több mint 1000 fő dolgozik.

A divízióban néhány évvel ezelőtt kidolgozták a digitális termelési stratégiát (a digitális gyár koncepciót). A stratégia formális (erősen top-down szemléletű) és nagyon konkrét technológiákkal kapcsolatban fogalmaz meg adoptálási ütemtervet. E koncepció központi eleme, hogy high-tech IT-környezet kiépítését célozza meg és világossá teszi azt is, hogy digitális kompetenciával bíró szakértőkre van szükség. A stratégia megvalósításának előrehaladását és az I4.0 megoldások bevezetését KPI-rendszer méri. A koncepció fókuszában elsősorban a folyamatok hatékonyságának javítása áll. Az egység egyik határozott célja, hogy a közeljövőben azonos létszám mellett duplázák meg az árbevételt. Úgy vélik, hogy ez a cél a digitális termelésre építve érhető el.

A digitális gyár koncepció eltérően gondolkodik az egyes I4.0 technológiák és megoldások bevezetésének üteméről. A koncepció megvalósításán a helyi digitális osztály és a kiválósági központok együtt dolgoznak. A kiválósági központok egy-egy technológiában mélyednek el és az egyes gyárakban működnek (de azoktól szervezetenként függetlenül). A kiválósági központok kísérleteznek adott technológiával (pl. újdonságokat tárnak fel, beszél-

lítőkat és megoldásokat választanak ki) és rendelkeznek megfelelő tudással a hálózati bevezetés támogatásához. A helyi digitális osztály a gyártóegység szintjén dolgozik a koncepció megvalósításán, elsősorban a folyamatfejlesztésre fókuszálva. A digitális osztály folyamatfejlesztési orientáltságát jelzi, hogy a vizsgált egységben a lean csoportot is ebbe az osztályba olvasztották. Maga a lean csoport is nyitott a digitális megoldások hasznosítására, pl. folyamatszimulációt használnak a folyamatok tervezésére. Szervezetileg a digitális osztály elkülönül az IT-osztálytól. Az IT-osztálynak a transzformációhoz szükséges alapinfrastruktúra (MES-rendszer, hardverek) megteremtésében van kiemelt szerepe. Bizonyos technológiákat, kiemelten a 3D nyomtatást a gyártóegység egyes üzemei önállóan használnak.

Az elmúlt években üzemi szinten a mindennapos működés részévé váltak a robotok (pl. vezető nélküli járművek (*automated guided vehicle* – AGV), a 3D nyomtatás és a riportálási rendszer. A gyárban több tucatnyi robotot használnak. E technológia minél kiterjedtebb használata tekinthető a legfontosabb irányvonalnak. Az első robotokat még integrátor vállalatokkal közösen helyezték üzembe. Mára az egységben rendelkezésre áll a tudás a robotok installálására. A 3D nyomtatás elsősorban a gyártóegységen belüli üzemekben használt a nem termelési anyagok előállítására. A riportálási rendszer a MES-ben gyűjtött adatokat dolgozza fel, és főként a transzparenciát és döntéselőkészítést segíti. A gyártóegység MES-rendszere a belső hálózatban az egyik legfejlettebbnek tekinthető. A technológiák használatát kiterjedt oktatás támogatja minden szinten.

A robotizálást fókuszba helyező folyamatfejlesztés egyértelműen a helyettesítésről szól, illetve a költségcsökkentésről. A várakozások szerint a fejlesztések hatására a gyártásban a direkt létszámában már nem várható változás. Az újabban elnyert gyártási projektek robotizált sorokon valósulnak meg, amelyeknek minimális lesz a létszámigénye. A létszámra gyakorolt hatást középtávon két dolog határozza meg: (1) milyen gyorsan futnak ki a mostani termékek, amelyek gyártósora nem robotizált és mennyiben várható, hogy helyüket robottal gyártható termékek veszik át, (2) ma a főfűtő termékek robotizálása tűnik gazdaságosnak, kérdéses, hogy a robottechnológia fejlődése (és a bérek emelkedése) mennyire ösztönzi más termékek gyártásának robotizálását. A gyártósorokat tervező digitális osztály munkatársai körében az alap (sok esetben a haladó) programozói ismeretek nélkülözhetetlenek. A gyártósor üzemeltetéséhez szükséges kompetenciákban is várható változás, amely a folyamatmérnökök kiválasztását, képzését érintheti. A gyártóegységnek még kevés tapasztalata van a teljesen robotizált sorok üzemeltetéséről.

Gyártóegységek összehasonlító elemzése

Vizsgált egységeink az I4.0 megvalósítása során eltérő utat jártak be, mégis sok hasonlóságot mutatnak. A fontosabb megállapításokat a 3. táblázat szedi össze, a bejárt utakat a 3. ábra szemlélteti.

Stratégia. A gyártóegységek vizsgálata alapján azt látuk, hogy az Ipar 4.0 vagy digitális gyártás nagyrészt a folyamathatékonyság fejlesztéséhez kapcsolódik. Ha elő is kerülnek a gyártási (pl. 3D nyomtatás) vagy minőségmenedzsment terén technológiai innovációk (pl. 3D kamera), az alkalmazott megoldások és az I4.0-hoz kapcsolódóan azonosítható interjúalanyok szervezeti helye is a folyamatinnovációs megközelítést erősíti (López-Gómez et al., 2018). Tekintettel arra, hogy valamennyi vizsgált gyártóegység lényegében szerződéses gyártóként működik, a folyamatinnovációra fókuszáló felhasználás nem meglepő.

Az általunk vizsgált egységek legjobb esetben is csupán korai adoptálóknak tekinthetők úgy, hogy a gyártási ágazatok közül a járműipar és elektronika élenjár a digitális átmenetben, ráadásul a két nemzetközi háttérű gyártóegység a belső hálózatokban is az élmezőnyben van. Ez sokat elárul az I4.0 jelenlegi szintjéről, alátámasztva Losonci és szerzőtársai (2019) eredményeit.

Mégsem mondható, hogy az új technológiák a versenyelőny szerzéséről szólnának. A fejlesztéseknek mindegyik egységben némileg más a motivációja. Az első egységben a teljesítmény szinten tartása is kihívást okoz a növekvő választék és a fluktuáló kereslet miatt, a digitális gyár ebben segíthet nekik. A második egységben a pozíciók megtartása folyamatos költségcsökkentést követel meg, így az ezt szolgáló bármilyen fejlesztés zöld utat kap. A harmadik egységben pedig a stratégiai célokat támogatja: a munkatermelékenység kétszeresére növelésének egyik eszköze. Mindez jól alátámasztja a kontingenciaelméleti megközelítés relevanciáját és a stratégiaalkotás elsődleges szerepét (Lewis & Boyer, 2002).

Középtávon a gépkocsieladások számának hullámválása mellett is inkább növekedéssel számolnak a cégek, mivel a kényelmi és biztonsági megoldások egyre fajsúlyosabb elektronikai támogatást igényelnek. A gyártócégek kiszolgáltatottsága emellett is jelentős, ami a technológiai lehetőségekre építő új járműipari üzleti modellek esetleges térhódításának tudható be (Cséfalvay, 2017). Bár ezekre a kockázatokra expliciten nem térünk ki az interjúban, az interjúalanyok sem hozták fel.

Szervezet. Azonos ágazatban működő, de méretük és ellátási lánc pozíciójuk miatt is eltérően szervezett gyártóegységeknél vizsgálódva azt tapasztaljuk, hogy bár eltérően kezelik az Ipar 4.0-t, az végül minden egységnél „beleolvad” a már működő szervezeti rutinokba. A második gyártóegységet mindig is az informális tervezés jellemezte és ebben az Ipar 4.0 nem hozott változást: a mérnökség feladatai közé kerülnek be a technológiai kérdések, programozási feladatok. Az első és a harmadik egységnél néhány éve formális és top-down digitális stratégiát alakítottak ki, miközben egyértelmű, hogy ezekre a cégekre amúgy is jellemző volt a fejlesztési erőfeszítések ilyen természetű koordinációja. E két vállalat ennek szellemében járt el a vállalatkezelési rendszer alakításánál is: kijelölték divízió, régiós és helyi szinten a szakértőket, vezetőket, osztályokat. Mindazonáltal árnyalatnyi különbség felfedezhető a két egység között. Az első több teret enged a helyi kezdeményezéseknek, több a kísérlete-

zés, a pilot, amit rugalmas szervezeti struktúra támogat. A harmadik egység kötöttebb szervezeti struktúrában és határozottabb stratégia mentén működik. Ez a különbség összhangban van Zaltman és szerzőtársai (1973) megfigyelésével, miszerint az innováció adoptálási fázisában (1d. első egység) az organikus, decentralizált, míg végrehajtási fázisban (harmadik egység) a mechanisztikus struktúra a célravezetőbb.

A vizsgált szervezetek digitális érettségét tekintve a második egység még az opportunisták szinten található (Gauger et al., 2017), csak a gyorsan megterülő lehetőségeket használja ki. Az első és harmadik gyártóegység már teljesítette a transzformer szintet, hiszen mindkét gyárban van digitális igazgató, és a pacemaker bizonyos elemeit is megvalósította, hiszen vannak kiválósági központok, de egyik sem indult el a digitális termék irányába. Gyártóegységek lévén kérdéses, önmagukban elérhetnek-e egyáltalán erre a fokra, vagy ez csak a globális vállalat szintjén értelmezhető.

Technológia. A vizsgált egységekben számos technológiát használnak vagy kipróbáltak legalább pilot szinten. Az I4.0 ígérete a valódi összeköttetés, a gépek közötti kommunikáció, amelyet az IoT testesít meg. Az IoT azonban nagyon korlátozottan van jelen. IoT-ra példaként az első gyártóegység OLMS-e emelhető ki, bár ez is egy elszigetelt alrendszer. Az egységek addig jutottak el, hogy a gépparkot (és kézi műveleteket) szenzorokkal szerelték fel és megoldották az adatgyűjtést és tárolást. A kapcsolat tehát kiépült, de ez még nem összekapcsoltság. Az adathalmaz egy szelektált részének döntésekhez való felhasználására már van lehetőség minden egységben. Az üzemi területen működő digitális dashboard megoldással az első egység itt is kiemelhető. Big data elemzésekre legjobb esetben is csak pilot projekt van, kész megoldás és eredmény azonban még nincsen. Érdekes módon ezek a Big data elemzések nem a gépparkon gyűjtött adatokra futnak, hanem egy-egy gép adott alkatrészére célzottan installált szenzorok által gyűjtött adatokon. A virtuális valósággal kapcsolatosan még pilot projektekről sem tudtak beszámolni a magyarországi egységek. Megállapítható, hogy bár az Ipar 4.0-val kapcsolatban gyakran hangoztatott technológiákról van szó, a gyártóegységek tapasztalata összhangban van azzal, amire az irodalomfeldolgozásban rámutattunk: ezek még kísérleti és feltörekvő érettségi szakaszban járó technológiák (Panetta, 2018). A digitálisan domináns technológiák mellett a robotokat és a 3D nyomtatást emeltük ki. A gyakorlatban alkalmazott robotok az automatizálást valósítják meg, valójában inkább a harmadik ipari forradalom, mint az I4.0 szintjét képviselik (Valenduc & Vendramin, 2016), illetve M2M kommunikációval támogatva ténylegesen összekapcsolhatók egymással (pl. selejtet szűrnék a követő munkaállomáson). A 3D nyomtatás, bár ismert és érett technológia, a gyártóegységek tapasztalata szerint nem a folyamatinnovációban használatos.

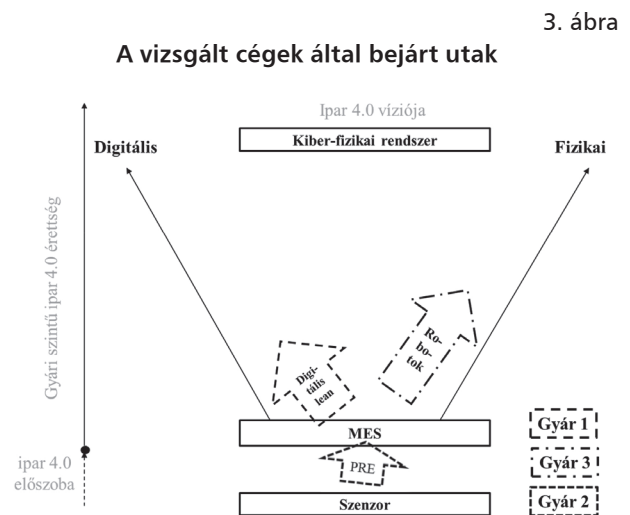
Az alkalmazott technológia orientációja szerint markánsan eltérnek a gyártóegységek. Az első egység a képpé tevő megoldásokat használja. Ez transzparensabb folyamatokat, adatalapú és gyorsabb döntéseket jelent.

A folyamatinnováció motorja eddig a lean rendszer volt, és a digitális megoldásoknak köszönhetően digitális lean rendszeren dolgoznak, amiben nem egy-egy lean el/ész-köz működik digitális alapon, hanem az egész rendszer. A harmadik gyártóegységénél az erőfeszítések fókuszában a helyettesítő technológiaként számoltartott robotok állnak. Itt a cél, hogy teljesen automatizált gyártósorok váltsák fel az eddigi manuális közreműködést is igénylő gyártósorokat. Ugyanakkor azt is meg kell említeni, hogy a MES-rendszer is nagyon kiterjedt a cégnél. A második gyártóegységénél is inkább a képessé tevő MES-alapú folyamatirányítás meghatározó, a robotokkal korlátozott a tapasztalatuk. A technológiai orientáció alapján tehát eltérő fejlesztési utakat látunk, de közös jegyek is vannak. Ilyen a MES-rendszer, ami mindhárom cég törekvésében jelen van és az a tény, hogy robotokat egyelőre csak a nagy volumenben gyártott termékekhez tudnak gazdaságosan alkalmazni.

Hatások. A kétféle technológiai orientáció (helyettesítő/képessé tevő) a munkaerőre is eltérően hat. A helyettesítő technológiánál egyértelműen az alacsonyan képzett munkavállalók kiváltása a cél, ezzel pedig a termelékenység növelése (legalábbis a munkatermelékenységé, mert a teljes termelékenység ettől nem nő). Itt két motiváció érhető tetten: a rendelkezésre álló munkaerő korlátozott száma, illetve az emelkedő bérekkel párhuzamosan csökkenő robotköltségek.

A képessé tevő technológiáknak is lehet hatása a munkaerő állományára, de itt elsősorban az áttekinthetőség és a termékek, tevékenységek, emberek nyomon követ-

hetősége a meghatározó motívum. A cégek elkötelezettek ezen rendszerek fejlesztésében, mert látják a vezetők az értelmét. Ilyen orientációjú fejlesztésekkel kapcsolatban viszont a megtérülés nem egyértelmű.



Forrás: saját szerkesztés

A kétfajta technológia bevezetése mutat hasonló jegyeket is. A programozási képességek kerülnek előtérbe a bevezetésnél. Ez a programozási képesség egyéni szinten is nagyon fontos. Mindegyik általunk vizsgált vállalat kiemelte, hogy a rendszerek fejleszthetősége miatt is szükségesnek tartják a belső kompetencia kialakítását. Bár az

3. táblázat

Az átmenet legfontosabb jellemzői

Szemponatok	1. gyártóegység	2. gyártóegység	3. gyártóegység
Innováció típusa	Folyamatfejlesztés a gyártásban	Folyamatfejlesztés a gyártásban	Folyamatfejlesztés a gyártásban és a belső anyagmozgatásban
Stratégia	Kezdet: informális, lentről-felfelé Most: formalizált, kevert	Nincs formális stratégia	Most: formalizált, fentről-lefelé
Technológiák	<i>Főként képessé tevő</i> Szenzorok, részleges IoT, saját felhő, Big data megoldások (dashboard, OLMS, e-QCPC) és pilotok (prediktív karbantartás), 3D nyomtatás	<i>Képessé tevő és helyettesítő</i> MES, robot	<i>Főként helyettesítő</i> Robot, szimuláció, drón (pilot)
Szervezet	Kezdet: egységek laza hálózata (kísérletezés) Köztes állomás: üzemek koordinált erőfeszítése (pilot gyárak, kész megoldások átadása) Most: globális és lokális digitális kormányzás (digitális stratégia és lebontása)	Műszaki osztály és újtermék bevezetés	Most: Digitális osztály az egységénél Kiválósági központ csoport (közpon-ti digitális stratégia KPI-okkal)
Hatás a munkaerőre (a ható feladat)	<i>Kognitív/manuális, repetitív</i> (e-QCPC, dashboard) <i>Kognitív, kreatív</i> (Big data) Nincs csökkenés a létszámban Képességfejlesztés (OLMS, projektmenedzsmen-t, adatelemzés)	<i>Kognitív, repetitív</i> (MES) <i>Manuális, repetitív</i> (robot) Nagyon korlátozott hatás	<i>Manuális, repetitív</i> (robot) <i>Kognitív/manuális, kreatív/repetitív</i> (szimuláció) Képességfejlesztés (kibővített képességmátrix, robotprogramozás)
Út jellege	<i>Lean dominálta</i>	<i>Változás küszöbén</i>	<i>Robot dominálta</i>

Forrás: saját szerkesztés

interjúalanyok rendre hangsúlyozták, hogy a belső fejlesztések meglátásuk szerint olcsóbbak, mint a külsők, ezt az egyszerű – számokkal alá nem támasztott – összevetést érdemes árnyalni. Valószínűleg nemcsak a költségek indokolják a belső kompetencia kiépítésének igényét, hanem az is, hogy egy-egy konkrét fejlesztés gördülékeny technikai kivitelezéshez ismerni kell a szervezet működését, belső kapcsolatrendszerét, amit egy külsős szakértő lassan és nehezen tud megszerezni. Ráadásul így nem fordulhat elő, hogy a külső szakértő kapacitás hiányában nem áll rendelkezésre. Ezek az előnyök is közrejátszhatnak abban, hogy a cégek a belső fejlesztések irányába mozdulnak el.

Összegzés

Tanulmányunkban három gyártóegység digitális transzformációját elemeztük. Célunk az volt, hogy a digitális transzformációról egy keretrendszer segítségével átfogó képet alkossunk, és e kép alapján vonjunk le következtetéseket. Tettük mindezt azért, mert jelenleg még nem igazán található a szakirodalomban a kontextuális tényezőket is figyelembe vevő empirikus munka, márpedig ez az I4.0-val kapcsolatos ismeretek fejlődése és gyakorlati alkalmazhatósága szempontjából is elengedhetetlen. Kutatásunk fő hozzájárulásának ezért a három esettanulmány részletgazdag leírását tartjuk. Mindazonáltal az esetleírásokon túl is megfogalmazhatunk *elméleti következtetéseket*.

1) *Folyamatinnovációs és belső fókusz*. A hazai gyártóegységek döntően – ide értve a leányvállalatokat is – bérnyártásból élnek, így számukra az I4.0-ban rejlő lehetőségek olyan folyamatinnovációként jelennek meg, ami segítheti a teljesítményszintek megtartását, a költségek csökkentését. A lean és az I4.0 szervezeten belüli szoros kapcsolata is ezt a megközelítést erősíti. A fejlesztések fókuszában a belső folyamatok állnak, azok közül is kiemelten a gyártás. Az értéklánc további tevékenységeire való kiterjedésnek vannak jelei, de ezek koordinációja ugyanúgy nem jellemző, mint az ellátási lánc tagok közötti kapcsolatépítés. A manapság népszerű útvonaltervek megalkotásakor (Ghobakhloo, 2018) célszerű figyelembe venni, hogy a vállalatok a fejlesztéseket jellemzően azon a területen kezdik el, ami saját értékajánlatuk szempontjából a legfontosabb.

2) *Technológiák terjedése*. Az I4.0 technológiák többsége még nem része a gyakorlatnak. Közös mintázat a vizsgált cégek fejlődési pályájában, hogy az adatgyűjtés és a MES rendszert alapvetőnek gondolják. Ez tehát tekinthető egyfajta nulladik lépésnek a magasabb szintekre vezető úton. A jövőben az I4.0 technológiák gyors térnyerésére számíthatunk. Ennek egyik oka, hogy a gyártásban a nagy nemzetközi cégek kialakították azokat a kiválósági központokat, amelyek egy-egy technológiához kapcsolódóan a sztenderd megoldásokon dolgoznak és ezeket éveken belül elterjeszthetik a hálózatokban. Szintén előmozdítja a technológiák terjedését a technológiai szabványok kialakulása, pl. a gépek kommunikációjában. Bár nem általánosítható, de az elemzett esetek arra is rávilágítanak, hogy a technológiák egy részére építve indultak el

a gyártóegységek, a komplex és integrált megvalósításra azonban még várni kell.

3) *Szervezeti alkalmazkodás*. Bár negyedik ipari forradalomról beszélünk, a technológiahasználat jelenlegi szintjén a szervezetek meglévő rutinjaik mentén boldogulnak. Új osztályok és szakértői szerepek megjelenése jelzi, hogy az alkalmazkodási folyamat megindult, viszont az nem radikális, hanem sokkal inkább egy kiigazításnak tűnik. A gyártóegységek szintjén az igazán radikális változás meglátásunk szerint akkor állhat elő, ha az I4.0-ban rejlő lehetőségeket új üzleti modellekben vagy termékekben gondolkodva használják ki. Ezt azonban nem a bérnyártó egységekben fogják a multinacionális cégek elkezdni, kivéve, ha az adott egység kifejezetten proaktív ezen a területen.

Mit tehetnek tehát az I4.0 terén hazai vállalatok?

1) Mindenképpen célszerű foglalkozni az ellátási láncban a magyarországi egység felfelé pozicionálásával. A multinacionális cégekben a kiválósági központok praktikus egy-egy technológiával kísérletező labort jelentenek. Egy ilyen labor a multicégen belül monopolizálja a szállítókkal való együttműködést. Helyi szinten csak a kisebb volumenű kezdeményezéseknek marad tér! Ilyen jellegű kiválósági központok kialakítását érdemes ösztönözni, amihez viszont adott technológiában az ökoszisztéma adottságai akár meghatározóak is lehetnek. A hazai I4.0 ökoszisztéma fejlesztését tárgyalja Szabó, Horváth és Hortoványi (2019) cikke, amelyben a szerzők a vállalatok, a kormányzat és az egyetemek hálózati tanulásának lehetőségét látják hazánkban az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform Szövetség működésében.

2) A proaktív stratégia az okos termékek és újfajta üzleti modellek terén ugyancsak segítheti a leányvállalatokat a bérnyártó pozícióból való kitörésben. Ehhez innovatív ötletekre és felkészült, azokat a multicégen belül jól „eladó” vezetőkre van szükség.

3) Az Ipar 4.0 előszobájában való túljutás mindegyik termelővállalat valós érdeke, ehhez pedig nagyobb hangsúlyt kell az I4.0-t támogató fejlesztésekre helyezni. Az IoT és a Big data nagyobb mértékű fejlesztése, illetve az azokból nyert adatok feldolgozása hozzájárulhatnak egy új és hatékonyabb üzleti modell kialakításához, ami a maga során pedig elhozza a nagyobb hatékonyságot, a jobb versenyképességet.

Mint minden kutatásnak, ennek is megvannak a maga korlátai. Ilyen korlát, hogy mindössze három autóipari beszállító vállalat esetét tudtuk elemezni. Ráadásul mindegyik egyfajta bérnyártó pozícióban van. Ezért következtéseink nagy része is leginkább erre a vállalati körre alkalmazható, és a kis elemszám miatt ott is fenntartásokkal kezelendő. Bár úgy gondoljuk, hogy tanulságokat a kisebb és más pozícióban lévő vállalatoknál is le lehet vonni elemzéseinkből. Mindazonáltal a jövőben szeretnénk vizsgálódásainkat más jellegű vállalatokra, például az FMCG-szektorra, kereskedő cégekre, szolgáltató központokra, logisztikai szolgáltatókra is kiterjeszteni.

Ugyancsak jelentős korlátot képez, hogy jelenleg csak magyarországi vállalatokhoz van hozzáférésünk. A jövőben ezen is szeretnénk változtatni.

Felhasznált irodalom

- Acemoglu, D. (2016). *The Impact of IT on the Labor Market*. US: Massachusetts Institute of Technology. Retrieved from <https://economics.mit.edu/files/12118>
- Acemoglu, D. (2017. May). *Automation and the future of jobs*. Toulouse Network for Information Technology (TNIT News). Toulouse: Toulouse School of Economics. Retrieved from https://idei.fr/sites/default/files/IDEI/documents/tnit/newsletter/issue_17.pdf
- Andersson, H., & Tuddenham, P. (2014). *Reinventing IT to support digitization*. New York: McKinsey.
- Baker, J. (2012). The technology–organization–environment framework. In *Information Systems Theory* (pp. 231-245). New York, NY: Springer.
- Báthory, Z. (2020). Az értékáram alapú szervezet empirikus vizsgálata öt magyarországi termelő üzem példáján keresztül. *Vezetéstudomány*, 51(3), 2-16. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.03.01>
- 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 Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 8(1), 37-44.
- Buer, S.-V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924-2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Carpenter, H. (2009). *Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2009: What's Peaking, What's Troughing?* Retrieved from <https://bhc3.com/2009/07/27/gartner-hype-cycle-2009-whats-peaking-whats-troughing/>
- Chen, Y. S., Chang, C. H., & Wu, F. S. (2012). Origins of green innovations: the differences between proactive and reactive green innovations. *Management Decision*, 50(3), 368-398. <https://doi.org/10.1108/00251741211216197>
- Cséfalvai, Z. (2017). *A nagy korszakváltás*. Budapest: Kairosz Kiadó.
- Davies, R. (2015). *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. European Union: European Parliamentary Research Service, European Parliament. Retrieved from [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)
- De Toni, A., & Tonchia, S. (1996). Lean organization, management by process and performance measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 221-236. <https://doi.org/10.1108/01443579610109947>
- 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>
- Donaldson, L. (2001). *The Contingency Theory of Organizations*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Fettermann, D. C., Sá Cavalcante, C. G., de Almeida, T. D., & Tortorella, G. L. (2018). How does Industry 4.0 contribute to operations management?, *Journal of Industrial and Production Engineering*, 35(4), 255-268. <https://doi.org/10.1080/21681015.2018.1462863>
- Galbraith, J. R. (2010). The multi-dimensional and reconfigurable organization. *CEO Publication T10-06* (574). Retrieved from https://ceo.usc.edu/files/2016/10/2010_06-t10_06-Multi_Dimensional_Reconfigurable_Org.pdf
- Gartner (dátum nélkül). *Gartner Hype Cycle*. Retrieved from <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>
- Gartner, I. (2013). *Gartner's 2013 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps Out Evolving Relationship Between Humans and Machines*. Retrieved from <https://www.gartner.com/technology/pressRoom.do?id=2575515>
- Gauger, C., Gehres, B., Quinn, M., Schmiege, F., & Xu, G. (2017). *Building the digital car company of the future*. USA: The Boston Consulting Group.
- Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. Retrieved from <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910-936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: the industrial internet of things*. New York, NY: Apress.
- Goran, J., LaBerge, L., & Srinivasan, R. (2017). *Culture for a digital age*. McKinsey&Company. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/culture-for-a-digital-age>
- Horlacher, A., & Hess, T. (2016). What Does a Chief Digital Officer Do? Managerial Tasks and Roles of a New C-level Position in the Context of Digital Transformation. *IEEE Computer Society, 49th Hawaii International Conference on System Sciences*, 5126-5135. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.63>
- Horváth, D., & Szabó, Z. R. (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>
- Horváth, D., Móricz, P., & Szabó, Z. R. (2018). Üzletimodell-innováció. *Vezetéstudomány*, 49(6), 2-12. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2018.06.01>
- King, W. R., & Teo, T. S. (2000). Assessing the impact of proactive versus reactive modes of strategic information systems planning. *Omega*, 28(6), 667-679. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(99\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(99)00079-1)
- Kotha, S., & Swamidass, P. M. (2000). Strategy, advanced manufacturing technology and performance: empirical evidence from US manufacturing firms. *Journal of Operations Management*, 18(3), 257-277. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(99\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(99)00025-X)

- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industrie 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242. <https://doi.org/10.1007/s11576-014-0424-4>
- Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhm, T., Drews, P., & Ahlemann, F. (2017). Digitalization: opportunity and challenge for the business and information systems engineering community. *Business & Information Systems Engineering*, 59(4), 301-308. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0484-2>
- Leonard-Barton, D. (1990). A dual methodology for case studies: Synergistic use of a longitudinal single site with replicated multiple sites. *Organization Science*, 1(3), 248-266. <https://doi.org/10.1287/orsc.1.3.248>
- Lewis, M. W., & Boyer, K. K. (2002). Factors impacting AMT implementation: an integrative and controlled study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 19(2), 111-130. [https://doi.org/10.1016/S0923-4748\(02\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0923-4748(02)00005-X)
- López-Gómez, C., McFarlane, D., O'Sullivan, E., & Velu, C. (2018. szeptember). The practical impact of digital manufacturing: results from recent international experience. *Interim Report*. Cambridge, United Kingdom: Policy Links, Institute for Manufacturing (IfM), University of Cambridge. Retrieved from https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Content/Images/IfM_IUK_Interim_revised.PDF
- Losonci, D., Takács, O., & Demeter, K. (2019). Az Ipar 4.0 hatásainak nyomában – a magyarországi járműipar példáján. *Közgazdasági Szemle*, 66(2), 185-218. <https://doi.org/10.18414/KSZ.2019.2.185>
- Lucianetti, L., Jabbour, C. J., Gunasekaran, A., & Latan, H. (2018). Contingency factors and complementary effects of adopting advanced manufacturing tools and managerial practices: Effects on organizational measurement systems and firms' performance. *International Journal of Production Economics*, 200, 318-328. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.04.005>
- McKinsey&Company. (2016). *Industry 4.0 at McKinsey's model factories – Get ready for the disruptive wave*. McKinsey & Company, Inc. Retrieved from https://capability-center.mckinsey.com/files/mccn/2017-03/digital_4.0_model_factories_brochure_2.pdf
- Miel, R. (2018). CASE, ACES or SAEV: What will we call electric, shared self-driving cars? *Automotive News*. Retrieved from <https://www.autonews.com/article/20180731/MOBILITY/180739890/case-aces-or-saev-what-will-we-call-electric-shared-self-driving-cars>
- Mintzberg, H., & Waters, J. A. (1985). Of strategies, deliberate and emergent. *Strategic Management Journal* 6(3), 257-272. <https://doi.org/10.1002/smj.4250060306>
- Nagy, J. (2019). Az ipar 4.0 fogalma és kritikus kérdései – vállalati interjúk alapján. *Vezetéstudomány*, 50, 1, 14-26. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.01.02>
- Netland, T. (2013). Exploring the phenomenon of company-specific production systems. *International Journal of Production Research*, 51(4), 1084–1097. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.676686>
- O'Regan, N., & Ghobadian, A. (2002). Formal strategic planning: the key to effective business process management? *Business Process Management Journal*, 8(5), 416-429. <https://doi.org/10.1108/14637150210449102>
- Panetta, K. (2018). *5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018*. Retrieved from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>
- Pires, G. D., & Aisbett, J. (2003). The relationship between technology adoption and strategy in business-to-business markets: the case of e-commerce. *Industrial Marketing Management*, 32(4), 291-300. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(02\)00237-7](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(02)00237-7)
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64-88.
- Roland Berger (2016). *Digital factories – The renaissance of the U.S. automotive industry*. Munich, Germany: Roland Berger. Retrieved from https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_digital_factories_20160217.pdf
- Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2015). Making existing production systems Industry 4.0-ready. *Production Engineering*, 9(1), 143-148. <https://doi.org/10.1007/s11740-014-0586-3>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. London: Portfolio Penguin.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations management*. Harlow: Prentice Hall, Financial Times.
- Sousa, R., & Voss, C. A. (2008). Contingency research in operations management practices. *Journal of Operations Management*, 26(6), 697-713. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.06.001>
- Stock, G. N., & McDermott, C. M. (2001). Organizational and strategic predictors of manufacturing technology implementation success: an exploratory study. *Technovation*, 21(10), 625-636. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(01\)00051-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(01)00051-7)
- Szabó, Z. R., Horváth, D., & Hortoványi, L. (2019). Hálózati tanulás az ipar 4.0 korában. *Közgazdasági Szemle*, 66(1), 72-94. <https://doi.org/10.18414/KSZ.2019.1.72>
- Tornatzky, L., & Fleischer, M. (1990). *The process of technology innovation*. Lexington, MA: Lexington Book.
- Valenduc, G., & Vendramin, P. (2016). *Work in the digital economy: sorting the old from the new*. ETUI, Brussels. Retrieved from <https://www.etui.org/Publications2/Working-Papers/Work-in-the-digital-economy-sorting-the-old-from-the-new>
- Viharos, Z., Soós, S., Nick, G., Várgedő, T., & Beregi, R. (2017). *Non-comparative, Industry 4.0 Readiness*. Budapest: 15th IMEKO TC10 Workshop on Technical Diagnostics. Retrieved from http://eprints.sztaki.hu/9238/1/Viharos_181_3257460_ny.pdf
- Zaltman, G., Duncan, R., & Holbek, J. (1973). *Innovations and organizations*. New Jersey: John Wiley & Sons.