

HAZAI VÁLLALATOK IPAR 4.0 FELKÉSZÜLTSGÉNEK ÉRTÉKELÉSE – MODELLJAVASLAT ÉS ANNAK ESETTANULMÁNYOKON KERESZTÜL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATA

ASSESSING THE READINESS OF HUNGARIAN COMPANIES FOR INDUSTRY 4.0 – MODEL PROPOSAL AND TESTING THROUGH CASE STUDIES

Az Ipar 4.0 (I 4.0) alkalmazások gyakran nem hozzák az elvárt eredményeket, melynek okai sokrétűek. Az egyik ok, hogy a rendelkezésre álló, számos érettségi/felkészültségi modell nem képes megfelelő mélységben megragadni az alkalmazás előfeltételeit, így a vállalatok úgy vágnak bele ezekbe, hogy arra valójában még nem felkészültek. A cikk erre a problémára reflektál, amikor a Design Science Research (DSR) módszertanát alkalmazva egy olyan felkészültségi modellt mutat be, mely az I 4.0 alkalmazásokhoz szükséges, alapvető képességek értékelésére fókuszál. Az eddigi tudományos eredményeket hét szakértői interjúval egészítették ki a szerzők, s ezek alapján tesznek javaslatot a modellre. A cikk részletesen bemutatja annak felépítését, ezt követően a javasolt értékelési rendszer nyolc vállalati esetre történő alkalmazásának eredményeit. Ezek tükrében konkrét javaslatokat tudnak tenni a szerzők arra, hol és milyen módon lehet a cégek felkészültségén javítani. A DSR megközelítésének megfelelően, a modellel és az azt támogató kérdőívvel kapcsolatos visszajelzések alapján tudták véglegesíteni értékelési rendszerüket és lezárni a kutatást.

Kulcsszavak: Ipar 4.0 felkészültség, modell, folyamatmenedzsment, IT, esettanulmányok, Design Science Research

Industry 4.0 (I 4.0) applications often fail to deliver the expected results for a variety of reasons. One of them is that many I 4.0 maturity/readiness models cannot capture the application prerequisites in sufficient depth, so companies apply such technologies without being ready for them. This article addresses this problem. It uses the Design Science Research methodology to develop an I 4.0 readiness model. The authors complement existing scientific results with seven expert interviews and propose an I 4.0 readiness assessment model. The paper presents the model in detail, then follows this with eight business cases providing assessment of their readiness but also suggestions for further improvements. Based on the feedback on the model and the supporting questionnaire, the authors were able to finalise the proposed evaluation system.

Keywords: Industry 4.0 readiness, modelling, process management, IT management, cybersecurity, case studies, Design Science Research

Finanszírozás/Funding:

A kutatást a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00213, IPAMS – Ipari folyamat elemző és -figyelő rendszer című projekt támogatta. The research was supported by the project 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00213, IPAMS – Industrial Process Analysis and Monitoring System.

Szerzők/Authors:

Dr. Gelei Andrea^a (andrea.gelei@uni-corvinus.hu) egyetemi tanár; Dr. Ternai Katalin^a (katalin.ternai@uni-corvinus.hu) egyetemi docens; Lengyel Elizabeth^a (elizabeth.lengyel@uni-corvinus.hu) PhD-hallgató

^aBudapesti Corvinus Egyetem (Corvinus University of Budapest) Magyarország (Hungary)

A cikk beérkezett: 2022. 09. 13-án, javítva: 2023. 03. 29-én, elfogadva: 2023. 05. 15-én.

The article was received: 13. 09. 2022, revised: 29. 03. 2023, accepted: 15. 05. 2023.

A '90-es évek elején még Európa állította elő a világ ipari termelésének 36 százalékát, ami 2011-re 25 százalékra csökkent. Hasonló volt a tendencia Japánban és Észak-Amerikában is, miközben a fejlődő országok (különösen Ázsia) megduplázták ipari termelésük kibocsátását (Berger, 2014). A németek próbáltak olyan megoldást keresni, amely segíti őket versenyképességük megtartásában, ami az ipar digitalizációját, az Ipar 4.0 (I 4.0) meghirdetését jelentette. Nem meglepő ezért, hogy az I 4.0 az elmúlt években mind az elméleti, mind a gyakorlati szakemberek egyik kulcsfontosságú témakörévé vált. A szaporodó nemzetközi (Angreani et al., 2020; Ardito et al., 2021) és hazai (Demeter et al., 2019; Nagy et al., 2020; Bánhidí & Dobos, 2020) publikációk sora arra utal, hogy relevanciája a következő években is egyértelműen megmarad.

Az I 4.0 fogalma a negyedik ipari forradalomra utal, amely a kiber-fizikai rendszereken, a valós és virtuális valóság integrációján alapulva a termékek teljes életciklusában az egész értéklánc magasabb szintre emelt szervezését és szabályozását valósítja meg. A ciklus az egyedi ügyfél-igényeket követi, és kiterjed a termék koncepcionális tervezésétől, a gyártásán keresztül a végfelhasználóhoz való kiszállításig, végül pedig az újrahasonosításig. Alapvető fontosságú az összes releváns információ valós idejű rendelkezésre állása, amely feltételezi az értéklánc objektumainak hálózatba kapcsoltóságát. Az emberek, objektumok és rendszerek összekötése révén olyan dinamikus, valós időben optimalizált, önszervező és a vállalatok között átívelő hálózatok jönnek létre, amelyek különböző kritériumok (pl. költség, rendelkezésre állás és erőforrás-felhasználás) szerint optimalizálhatók (Monostori et al., 2016).

Az I 4.0 alkalmazások jelentős része ugyanakkor nem hozza az elvárt eredményeket. Számos szerző ennek kapcsán „termelékenységi paradoxonról” ír (pl. Dold & Speck, 2021), melynek okai sokrétűek. Az egyes vállalatok eltérő fejlettségi szintről indulnak, amit tovább bonyolítanak az eltérő iparági sajátosságok (Fükő et al., 2020). Ráadásul Németh és társai (2020) arra hívják fel a figyelmet, hogy az I 4.0 jelenség még az eddigieknél is szélesebb szakadékokat eredményezhet a nagy- és kisvállalatok között. Az ipari alkalmazások gyakori kudarca és az egyes vállalatcsoportok között meglévő versenyképességi különbségek felerősödése egyaránt arra hívja fel a figyelmet, hogy fontos megérteni az új I 4.0 technológiák eredményes alkalmazásának alapvető feltételrendszerét. Ezzel a kérdéskörrel foglalkoznak az I 4.0 felkészültségi modellek. Az elmúlt időszakban nagy számban jelentek meg ilyen modellek, hazai szerzőket is felmutató kutatócsoportoktól is (Nick et al., 2021). Ezek egy részében inkább az ipari (pl. Lichtblau et al., 2015; Schuh et al., 2015), míg másokban az akadémiai megközelítés dominál (pl. Gökalp & Martinez, 2021). Legyen akár akadémiai, akár ipari megközelítésű egy ilyen modell, fontos, hogy valóban releváns értékelési szempontokat vegyen számba. Továbbá, képes legyen ezeket a szempontokat rendszerszerűen vizsgálni, ezáltal felmérni a cégek jelen állapotát, de egyben fejlődési útvonalat is fel tudjon mutatni a cégvezetők és szakemberek számára. Mint azt az irodalomfeldolgozás során részletesen is

tárgyaljuk, a jelenleg rendelkezésre álló modellek nem teljesítik ezeket az elvárásokat. Az utóbbi időben több kutató hívta fel a figyelmet az eddigieknél konzekvensebb és mélyebb elemzésre lehetőséget biztosító I 4.0 felkészültségi modellek fejlesztésének szükségességére (Mittal et al., 2018; Sony & Naik, 2019; Onyeme & Liyanage, 2022). Kutatásunk ehhez a felhíváshoz kapcsolódik. Tanulmányunk célja egy olyan I 4.0 felkészültségi modell kidolgozása és esettanulmányokon keresztül történő alkalmazása, mely azonosítja az I 4.0 megoldások sikeres bevezetéséhez szükséges alapvető fontosságú vállalati képességeket, és azok tipikus fejlődési szakaszait. Egy ilyen modell képes arra, hogy rámutasson azokra a pontokra, amelyeknél az egyes vizsgált képességek még nem fejlődtek ki maradéktalanul. Képes továbbá arra, hogy ezek alapján olyan fejlesztési javaslatokat fogalmazzon meg, melyek mentén a vállalat szisztematikusan tudja fejleszteni képességportfólióját és ezzel erősíteni I 4.0 felkészültségét.

Tanulmányunk következő fejezetében bemutatjuk az alkalmazott módszertant, a Design Science Research (DSR) folyamatát, mely alapján kidolgoztuk és teszteltük I 4.0 felkészültségi modellünket. Mint azt majd részletesen is bemutatjuk, sajátos kutatási módszertanról van szó, mely folyamatos visszacsatolásokkal igyekszik integrálni a már meglévő elméleti tudást a gyakorlat tapasztalataival, ismereteivel. Az alkalmazott módszertan jellegéből fakadóan a hagyományostól eltérő szerkesztési elvet alkalmazunk, hiszen munkánkban felváltva követik egymást irodalomkutatási és empirikus kutatási/elemezési szakaszok. A szakirodalom feldolgozása mellett hét szakértői interjú alapján teszünk javaslatot az értékelési rendszerre, melyet nyolc esettanulmányon keresztül tesztelünk. Ennek eredményei egyrészt megmutatják, milyen fejlettségi szinten vannak a kutatásban részt vevő cégek az I 4.0 eredményes alkalmazásához szükséges szervezeti képességek tekintetében, másrészt helyzetüket egymáshoz viszonyítva is tudjuk ez alapján elemezni. Az esettanulmányok készítése során lehetőség volt a javasolt modellel és az azt támogató kérdőívvel kapcsolatos visszajelzések megfogalmazására is. Ezek alapján véglegesítettük értékelési rendszerünket.

A Design Science Research visszacsatolásokon nyugvó összetett kutatási folyamata

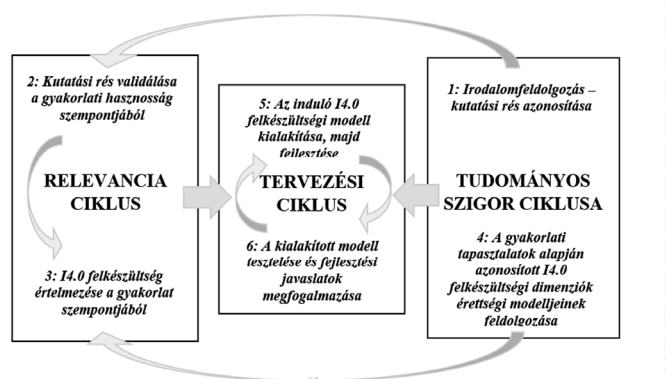
Kutatásunk során a DSR módszertanát alkalmaztuk, amely egy olyan, viszonylag új és Magyarországon még kevésbé elterjedt (Nemeslaki, 2011a; Nemeslaki 2011b; Nemeslaki, 2018; Balkányi, 2020) kvalitatív kutatómódszertan, melyet az I 4.0 felkészültségi és érettségi modellek kidolgozása során a nemzetközi szakirodalom is széles körben alkalmaz (pl. Schumacher et al., 2019; Colli et al., 2019; Gökalp & Martinez, 2021). Általánosan elmondható, hogy a Design Science (DS) paradigmája az emberi és szervezeti képességek határainak kiterjesztésére törekszik új és innovatív ún. műtárgyak létrehozásával. Jellemzően információs rendszerekkel kapcsolatos fejlesztések során alkalmazzák (Hevner et al., 2004). Lényege, hogy a probléma megértése és megoldása is a tervezett műtárgy

megalkotása és alkalmazása során valósul meg. A DSR egyszerre folyamat és kutatási output, maga a létrejött műtárgy, esetünkben az I 4.0 felkészültségi modell. Munkánk jelen fejezetében a DSR kutatásának átfogó folyamatát mutatjuk be, az egyes folyamatlelmek részleteit a kapcsolódó fejezetekben tárgyaljuk.

A DSR-kutatás egy többszörös visszacsatolásra épülő folyamat, amely lehetővé teszi egyrészt a vizsgált problémakörrel kapcsolatos, már meglévő elméleti és gyakorlati tudás feltárását, másrészt a műtárgy (esetünkben az I 4.0 felkészültségi modell) megalkotását követő fejlesztést (1. ábra).

1. ábra

A Design Science Research alapvető kutatási folyamata és lépései



Forrás: Hevner et al. (2004, p. 80) alapján

A folyamat három, egymással is összekapcsolódó fejlesztési ciklusból áll: tudományos szigor, relevancia és design (vagy tervezési) ciklusokból. A relevancia és tudományos szigor ciklusai megelőzik a műtárgyat eredményező tervezési ciklust. A kutatás kiindulópontja (1. lépés az 1. ábrán) a kutatási rész azonosítása a meglévő szakirodalomban, melyet 2. lépésben a gyakorlati relevancia szempontjából is vizsgálni szükséges. A relevanciacyklus feladata a probléma gyakorlati szempontból történő validálása mellett annak mélyebb megértése, az azonosított problémához kapcsolódó meglévő gyakorlati tudás megismerése (3. lépés az 1. ábrán). A DSR a gyakorlati tudás, tapasztalat feltárását a kutatási folyamat kötelező részévé teszi. A relevancia és a gyakorlati hasznosság biztosítása érdekében meg kell érteni azt a releváns környezetet, melybe ágyazottan a kutatási output, maga a létrejövő műtárgy működni fog, hiszen annak hasznossága is alapvetően ebben a kontextusban értékelődik. A relevanciacyklus említett lépéseit követően, illetve azzal folyamatos visszacsatolási viszonyban, fontos a tudományos szigor ciklusának újabb szakasza (4. lépés 1. ábrán), melynek célja, hogy a tervezési folyamatba bekapcsolja a relevanciacyklus során felmerülő szempontokhoz kapcsolódó, már meglévő tudományos eredményeket. Esetünkben ez egy újabb irodalomfeldolgozási szakaszt jelentett, melynek célja a szakértők által azonosított, alapvető I 4.0 felkészültségi dimenziók szakirodalmának feldolgozása.

A relevanciacyklus jellemzően kvalitatív, feltáró kutatásmódszertani eszközökkel él (pl. interjúk, esettanulmányok), a tudományos szigor ciklusa pedig a meglévő szakirodalom feldolgozását igényli. A relevancia és a tudományos szigor keretei között végzett kutatómunka eredményeire építve indulhat el maga a tervezési ciklus. Ennek feladata, hogy a kutatási outputot, esetünkben az I 4.0 felkészültségi modellt, megalkossa (1. ábra 5. lépés) és tesztelje (1. ábra 6. lépés), jellemzően esettanulmányokon keresztül. E teszt eredményei mentén történik meg a javasolt műtárgy finomítása és véglegesítése. A módszertan részletesebb tárgyalását lásd az alábbi munkában: Hevner (2007), Pfeffer et al. (2007), Holmström et al. (2009), Gergor & Hevner (2013), vom Brocke et al. (2020).

A következőkben, a DSR logikájának megfelelően, az 1. ábra lépéseinek sorrendjében tárgyaljuk a javasolt I 4.0 felkészültségi modell kidolgozásának folyamatát, magát a modellt és annak tesztelése során kapott eredményeket.

Ipar 4.0 felkészültség – a szakirodalom kritikai elemzése

Mint azt a Bevezetőben hangsúlyoztuk, az I 4.0 technológiák alkalmazása sokszor nem eredményes. Az e mögött meghúzódó „termelékenységi paradoxon” feloldásához pedig meg kell vizsgálni ezeknek az új technológiáknak az alkalmazásához szükséges alapfeltételeket. Mint említettük, ezzel foglalkoznak az ún. I 4.0 felkészültségi modellek. Ez a fejezet ennek a témakörnek a szakirodalmát tekinti át. Célja a meglévő modellek kritikai elemzése, gyenge pontjainak azonosítása.

A szakirodalom bővelkedik mind I 4.0 felkészültségi, mind érettségi modellekben. Az érettségi modelleket Lichtblau és szerzőtársai (2015) általában olyan modellekként értelmezik, melyek segítik a vizsgált rendszert (pl. egy vállalatot) abban, hogy a folyamatos fejlődés elvét követve, lépésről lépésre tudjon előre haladni és a vizsgált képességek tekintetében magasabb fejlettségi, azaz érettségi szintre lépni. Gökalp és Martinez (2021) szerint egy érettségi modell olyan modell, mely egy előre meghatározott képesség-halmaz mentén értelmezi a vizsgált képességek körét, és azok számára diszkrét fejlettségi szintek kapcsolódó sorozatát határozza meg. Ezáltal segíti a vállalatot a vizsgálat időpontjában fennálló fejlettségi szint azonosításában, és a további fejlődéshez szükséges szempontoknak, valamint a kívánatos fejlődési útvonalnak a feltárásában. Mindkét értelmezés kiemelt eleme a képességek vizsgálata. Minden érettségi modell esetében tehát előre meg kell határozni azt a képesség-halmazt, mely mentén az adott rendszer fejlettségi, azaz érettségi szintjei vizsgálandók.

Az érettségi modellekhez hasonlóan a felkészültségi modellek is értékelési eszközök, melyekkel az adott cél eléréséhez szükséges képességek megléte és e képességek fejlettségi, azaz érettségi szintje rendszerszerűen értékelhető (Mittal et al., 2018). Egy felkészültségi modell felállításához tehát szükség van egy konkrét cél azonosításához. Az elérendő cél – esetünkben az I 4.0 technológiák ered-

ményes alkalmazására való felkészülés – határozza meg azokat a szervezeti képességeket, melyeknek fejlettségét vizsgálni szükséges. Egy I 4.0 felkészültségi modellnek azokra az alapképességekre, induló feltételekre kell fókuszálnia, amelyek megelőzik magának az I 4.0 technológiáknak az alkalmazását, de elengedhetetlenek azok sikeres bevezetéséhez. Tehát egy I 4.0 érettségi modell esetében e technológiák alkalmazásának fejlettségét vizsgáljuk, míg egy I 4.0 felkészültségi modell ezek eredményes alkalmazásához szükséges képességek érettségét kell, hogy elemezzék.

A szakirodalom tükrében azonban megállapíthatjuk, hogy az I 4.0 felkészültségi modellek sokszor vegyítik ezeket a szempontokat. Jelentős részük közvetlenül kapcsolódik egyes I 4.0 technológiák alkalmazásának képességéhez, míg a modellekbe épített képességek másik csoportja olyan erőforrásokat, készségeket ölel fel, melyek megelőzik ezeknek a technológiáknak az alkalmazását, annak mintegy előfeltételeiként jelennek meg (pl. Leyh et al., 2016; Hizam-Hanafiah et al., 2020). Ugyanakkor az I 4.0 érettségi modellek szintén sokszor vegyítve alkalmazzák ezeket a képességeket (pl. Schuh et al., 2017; Schumacher et al., 2019). Az ilyen modellek az alacsonyabb érettségi szinteket jellemzően az előfeltételeket megragadó képességek mentén határozzák meg, míg a magasabb érettségi szinteket a tényleges I 4.0 alkalmazások fejlettségével ragadják meg. Egyik eset sem ideális. A két szempontrendszer vegyítése ugyanis egyetlen, jellemzően öt fejlettségi szakaszt azonosító modellben kisebb teret ad az egyes értékelési dimenziók kibontására és mélységi elemzésére, mindössze általánosabb fejlesztési javaslatokat eredményez. Ezek alapján célként fogalmazzuk meg egy olyan értékelési rendszer felállítását, mely kizárólag az eredményes I 4.0 alkalmazáshoz szükséges alapfeltételekre koncentrálna.

A javasolt I 4.0 felkészültségi modell alapstruktúrája

Az előző fejezetben azonosított kutatási rést a relevancia-ciklus során tovább vizsgáltuk. Mint azt az 1. táblázat mutatja, összesen hét szakértővel készítettünk interjút. Ezek során egyrészt, megkérdeztük a szakembereket arról, mennyire látják valósnak és fontosnak magát a kutatási rést. Másrészt részletesen kérdeztük őket azokról a szervezeti képességekről, melyek szerintük alapvetőek az I 4.0 technológiák eredményes bevezetéséhez, s melyeknek így, a javasolt I 4.0 felkészültségi modellbe be kellene kerülniük.

Mind a hét szakértő fontosnak, a gyakorlat számára relevánsnak tartotta a vállalatok I 4.0 felkészültségének problémáját. A felkészültséghez szükséges alapképességek tekintetében a hét interjúalany egyöntetűen három fontos, egymáshoz kapcsolódó képességet azonosított:

- a vállalatok fejlett folyamatmenedzsment-képességét,
- ezzel összhangban szükség van arra, hogy a vállalatok fejlett információtechnológiai (IT), benne
- érett kiberbiztonsági képességekkel rendelkezzenek.

1. táblázat

A relevancia-ciklus során megkérdezett szakértők jellemzői

Beosztás	Szakmai terület	Vállalati háttér	Tapasztalat	I 4.0 tapasztalat
Folyamatfejlesztő mérnök	Logisztikai, termelési és ellátásilánc-folyamatok fejlesztésének informatikai támogatása	Nagy, nemzetközi, 1. szintű autóiipari beszállítóknál	20 év	Van
Interim menedzser	Beszerezés, ellátásilánc-folyamatok fejlesztése	Gépipari, ezen belül kiemelten autóiipari vállalatoknál (nagyvállalat és KKV)	25 év	Van
Fejlesztési igazgató	IT-, ERP-szakértő	Nagyvállalat és KKV-tapasztalat egyaránt	30 év	Van
Ügyvezető	IT-, ERP-szakértő	Főként KKV-tapasztalatok	30 év	Van
Ügyvezető	IT-biztonsági, kiberbiztonsági szakértő	Számos informatikai projekt mind nagyvállalatoknál, mind KKV-kal	28 év	Van
Ügyvezető	Minőségbiztosítási projektek, auditálás	Számos tanácsadási projekt mind nagyvállalatoknál, mind KKV-kal	16 év	Van
Cégvezető	IT-biztonsági, kiberbiztonsági szakértő, tanácsadó	Számos informatikai projekt mind nagyvállalatoknál, mind KKV-kal	20 év	Van

Forrás: saját szerkesztés

Az I 4.0 felkészültséghez szükséges szervezeti képességek fejlettségének modellezése

A relevancia-ciklus szakértői interjúi tehát három kapcsolódó szervezeti képeséget emeltek ki, melyek magas szintű fejlettsége alapfeltétele az eredményes I 4.0 alkalmazásnak. Az ezekhez kapcsolódó mérési modell kidolgozásához ismét irodalomkutatást és -feldolgozást végeztünk (1. ábra 4. lépése). Azt vizsgáltuk, vajon az eddigi szakirodalomban találunk-e már tesztelt modelleket e képességek mérésére. Munkánk során találtunk olyan modelleket, melyek a vállalatok folyamatmenedzsment-képességének, illetve IT-képességének érettségét modellezték. A szakirodalom azt is megerősítette, hogy az I 4.0 feltételrendszereként fontos a megfelelő kiberbiztonsági képesség

kiépítése is (Ghobakhloo & Iranmanesh, 2021), de olyan modellt nem találtunk, mely ennek fejlődési szintjeit és érettségi szakaszait ténylegesen modellezte volna.

A folyamatmenedzsment-képesség fejlettségének modellezése

Mint azt az előzőekben említettük, mind a szakirodalom, mind az interjúalanyok az I 4.0 alkalmazások előfeltételei közé sorolták az érett folyamatképpességet, a vállalati folyamatok stratégiavezérelte, rendszerszintű, tudatos menedzsmentjét és azok összehangolt, teljesítményvezérelt, folyamatos fejlesztését. Ennek értelmezése során két kérdést kellett tisztázni. Egyrészt meg kellett határozni azoknak a vállalati működési területeknek, fő folyamatoknak a körét, melyek mentén ezt a képességet a felkészültség szempontjából vizsgálni szükséges. Másrészt modellezni kellett ezen folyamatrendszer kívánatosnak tartott fejlődési útvonalát és fejlettségi szintjeit.

Számos I 4.0 felkészültségi és érettségi modell vizsgálja a vállalati folyamatokat. Az egyes publikációk által vizsgált folyamatok köre igen széles skálán mozog. Van olyan modell, mely kizárólagosan a termelési folyamatra korlátozódik, részleteiben kibontva vizsgálja meg az egyállomásos cella, az összeszerelő rendszer, és a teljes gyártási rendszer szintjeit (Quin et al., 2016). Lee et al. (2017) a folyamatok tárgyalása során megkülönböztették az egyes fő vállalati folyamatok működését és tervezését. Kiemelten kezelték a termékfejlesztési, a létesítménymenedzsment, minőség-ellenőrzési és logisztikai folyamatokat, míg a tervezési folyamatok közül a termelés-tervezést emelték be modelljükbe. Jelen cikk által javasolt értékelési rendszerbe azon vállalati folyamatok kerültek be, melyeket a relevanciacyklus szakértői az interjúk során javasoltak. Rákérdeztünk arra is, érdemes-e külön kezelni egy-egy működési terület tervezési és megvalósítási folyamatait. A visszajelzések alapján az egyes fő folyamatok két aspektusának (kivitelezés és tervezés) elkülönítését a megkérdezett szakemberek nem tartották szükségesnek, ugyanakkor megítélésük szerint az eredményes I 4.0 alkalmazáshoz szükség van valamennyi fő vállalati folyamat fejlett folyamatmenedzsment-képességének kialakítására és megfelelő informatikai támogatására. Ezért a javasolt modellünkben a vizsgált folyamatok körét a következőképpen határoztuk meg:

- termelés/központi értékteremtési folyamat,
- minőségbiztosítás,
- karbantartás,
- logisztika,
- beszerzés,
- terméktervezés, fejlesztés,
- pénzügy és számvitel,
- humán erőforrás-menedzsment,
- információmenedzsment,
- stratégiai menedzsment.

A 2. ábrán összefoglalva mutatjuk be a javasolt I 4.0 felkészültséget mérő rendszer felépítését, elemeit és az azok kidolgozása során felhasznált forrásokat: szakértői interjú és/vagy szakirodalom feldolgozása.

2. ábra

Az általunk javasolt I 4.0 felkészültséget mérő értékelési rendszer elemei és az azok kidolgozása során felhasznált források: szakértői interjú és/vagy szakirodalom feldolgozása

A JAVASOLT IPAR 4.0 FELKÉSZÜLTSGI MODELL ELEMEI		
A FOLYAMATMENEDZSMENT ÉRETT-SÉGÉT MÉRŐ MODELL	A KIBERBIZTONSÁGOT IS MAGÁBAN FOGLALÓ IT ÉRETTSGÉT MÉRŐ MODELL	
CMMI – szakirodalomból	L&K modell – szakirodalomból	
A modellben vizsgált folyamatok meghatározása – szakértői interjúk alapján	Legjobb gyakorlatokra vonatkozó kérdések frissítése a modellben – irodalom és szakértői interjúk alapján	Kiberbiztonsági érettség mérésének beépítése – szakértői interjúk alapján

Forrás: saját szerkesztés

A folyamatmenedzsment-képesség modellezése nagy múltra tekint vissza a szakirodalomban. Számos cikk alkalmazza (Hajoary, 2020) azokat a nemzetközi szabványokban is rögzített modelleket, melyek specifikálják a vállalati folyamatmenedzsment-képesség ideálisnak tartott fejlődését. Az egyik ilyen modell az ún. SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination), (ISO 2015a, 2015b, 2015c), a másik pedig az ún. CMMI (Capability Maturity Model Integration) (CMMI Product Team, 2010; Chrissis et al., 2011). A két modell alapvetően hasonló módon értelmezi a folyamatképpesség dimenzióit és azok kapcsolatrendszerét. A CMMI alkalmazása mellett több érv is szól. Egyrészt korábbi I 4.0 kontextusban már más kutatók is alkalmazták (pl. Issa et al., 2018), másrészt annak részletes specifikációja számunkra is elérhető volt.

Az interjúk segítségével azonosított vállalati folyamatok folyamatmenedzsment-képességének fejlettségét a CMMI öt szinten értelmezi. Az egyes szinteket meghatározó három fő értékelési dimenzió, és a hozzájuk kapcsolódó, összes szempont a következő (lásd összefoglaló jelleggel a 2. táblázat első és második sorát):

- (i) **Folyamatszabályozási képesség:** A szervezeti folyamatok szabályozásának jellemzőit és azok fejlődését ragadja meg. Ez a szabályozás, az érettségi modellben előre haladva az ad hoc jellegtől indulva a vállalati szinten egységes alapelveken nyugvó és rendszeresen felülvizsgálatot is tartalmazó folyamatszabályozás irányába halad. Ezt fejlett dokumentációs gyakorlattal is támogatja a vállalat. A fejlődés további fontos jellemzője, hogy a magasabb szintű folyamatszabályozási képesség mennyire kiterjedt a vállalatnál. Erdemes a kezdetben korlátozott folyamathalmazra fókuszáltan fejleszteni a folyamatok szabályozását, majd azok tapasztalatai alapján, fokozatosan kiterjeszteni azt.
- (ii) **Folyamatfejlesztési képesség:** A vállalat folyamatfejlesztésének jellemzőit és fejlődését írja le.

Ez a folyamatok fejlesztésének teljes hiányától az egyes folyamatok teljesítményorientált, visszacsatolásokon nyugvó elemzésének irányába mutat. Itt is fontos szempont, hogy a fejlesztett folyamatok körének kitágítása fokozatos legyen.

- (iii) **Folyamatok integrációs képessége:** A vállalati folyamatok fejlesztésének néhány kiemelt minőségi jellemzőjét ragadja meg, mely mentén a fejlesztett folyamatok közötti integráció növelhető. A fejlődés kezdeti szakaszában a folyamatfejlesztési projektek megfogalmazásakor az egyes folyamatok teljesítményének mérésére és ez alapján folyamatfejlesztési projektek megvalósítására sor kerülhet ugyan, de az egyes folyamatok közötti teljesítménykapcsolatokat és azok hatásait az érettség alacsonyabb szintjein nem vizsgálják. A folyamatok integrációs képességének magasabb érettségi szintjén azonban már vizsgálhatók ezek a teljesítménykapcsolatok. Igaz továbbá, hogy a magasabb érettségi szinteken a rendszer szintű fejlesztések a vállalat stratégiai céljaihoz is kapcsolódóan, az összvállalati értékteremtési logikára épülve mennek végbe.

A CMMI-modell fenti dimenziói és értékelési szempontjai mentén értelmezett öt érettségi szintet és az azokhoz tartozó jellemzőket mutatja összefoglaló jelleggel a 2. táblázat.

rendelkező folyamatszabályozás, úgy fordulhat a menedzsment figyelme a folyamatfejlesztési képességek erősítése felé. Itt a folyamatok teljesítményének mérése, azok elemzése és az ezeken alapuló fejlesztések megfogalmazása válik kiemelten fontossá, a folyamatok minél szélesebb körében. Ez jelenti ugyanis a következő szempont, a folyamatintegráció alapját. Itt a fejlődés során már nemcsak egy-egy folyamat területet szükséges a vállalatnak fókuszáltan fejleszteni, de képesnek kell lennie az egyes működési területek összekapcsolt javítására, és ezáltal a folyamatok teljesítménye közötti átváltások kezelésére is, valamint arra, hogy a fejlesztéseket a működés értékteremtési logikájához és stratégiai céljaihoz is kösse.

A folyamatfejlesztési képességek ezen elemei a valóságban az előzőekben bemutatott, ideálisnak tekintett fejlődési ívtől eltérően is fejlődhetnek, és mint azt a későbbiekben látni fogjuk, fejlődnek is. Fontos tudni ugyanakkor, hogy a vállalat folyamatmenedzsmentben tett erőfeszítései csak akkor lesznek hosszú távon is eredményesek, ha a modellhez viszonyított fejlődési inkonzisztenciák felszámolására törekszik. A folyamatok integrációjának képessége például mindaddig nem lehet igazán eredményes, amíg az azt megelőző két képesség (szabályozás és fejlesztés) nem éri el a magas fejlettségi szintet. Még akkor sem, ha a vállalat törekszik egy ilyen integráció megteremtésére, és abba pénzt és erőforrást fektet!

2. táblázat

A javasolt I 4.0 felkészültségi modell folyamatmenedzsment-képesség dimenziójának értékelési szempontjai és fejlettségi szintjei

Folyamatszabályozás			Folyamatfejlesztés		Folyamat integráció		Érettségi szintek
Működés szabályozása adhoc módon történik vagy nem	Folyamat-szabályozás kiterjedtsége	Folyamat-szabályozási dokumentumok jellemzői	Folyamatok teljesítményének mérése	Folyamatfejlesztés kiterjedtsége	Folyamatok közötti teljesítmény-kapcsolat vizsgálata	Folyamatfejlesztést rendszerszinten összekapcsolják az üzleti stratégiai célokkal	
Nem	Kiterjedt	Fejlett	Kiterjedt	Kiterjedt	Kiterjedt	Igaz	Optimalizáló
	Részben kiterjedt					Részben igaz	Teljesítményvezérelt
		Fejlett	Részben kiterjedt	Részben kiterjedt	Definiált		
	Alacsony kiterjedtségű	Alacsony kiterjedtségű	Alacsony kiterjedtségű	Alacsony kiterjedtségű	Nem igaz	Kezdeti	

Forrás: saját szerkesztés

A modell megmutatja, hogy a vállalati folyamatmenedzsment-képesség fejlesztéséhez szükséges három részképesség között milyen kapcsolat áll fenn. Ezek közül elsőként a folyamatszabályozással kell foglalkoznia egy vállalatnak. Miután egyre több vállalati folyamat esetén megvalósult az egységes vállalati elveken nyugvó, fejlett dokumentációs gyakorlattal

Az IT – benne kiberbiztonsági – képesség fejlettségének modellezése

Az I 4.0 felkészültséget megragadni kívánó modellünk második fő eleme a vállalatok IT-érettsége. Korábbi kutatások számos módon igyekeztek előtérbe helyezni ezt a dimenziót, de jellemzően az elméleti szakirodalmi áttekintésnél és modellezésnél nem jutottak tovább, a

kidolgozott koncepciókat pedig statisztikai vizsgálatokkal nem validálták (pl. Leyh et al., 2016). Irodalomfeldolgozásunk során egyetlen olyan IT-érettségi modellt találtunk, mely nem egyszerűen az információtechnológiával kapcsolatos menedzsmentfolyamat fejlettségét modellezte (pl. Gökalp & Martinez, 2021). Ez a modell a vállalatok IT-érettségét több szempontból igyekezett megragadni, melyet statisztikai eszközökkel, nagy mintán is validáltak. Ez Leem és szerzőtársainak 2008-as munkája, melyet a kutatócsoport egy korábbi koncepcióalkotó munkájára építettek, az ún. L&K modelle (Leem & Kim, 2004). A validáláshoz szükséges adatokat kérdőív felméréssel és interjúkkal gyűjtötték. A kutatásban összesen 312 dél-koreai vállalkozás vett részt. A modellt a dél-koreai gazdaságpolitikai intézmények is sikeresen alkalmazták fejlesztési projektjeikben, amit jól illusztrál, hogy a cikk megjelenésének évében Dél-Korea az OECD-országok között első helyen állt az IT-érettség tekintetében (Sung, 2008).

A modell a vállalatok IT-fejlettségét komplex módon ragadja meg. Azokat a tényezőket térképezi fel és kapcsolja össze, melyek révén az IT a vállalati teljesítményt pozitívan képes befolyásolni: Milyen a vállalat (i) IT-víziója, (ii) IT-infrastruktúrája, (iii) IT-szervezete, annak szabályozása és az ahhoz való kapcsolódás, (iv) milyen támogatást nyújt az IT-szervezet más egységek számára, (v) milyen színvonalú a szervezetnél az IT-megoldások alkalmazása, (vi) milyen legjobb gyakorlatok jellemzik a vizsgált vállalatot. A mi modellünk alapvetően ezen nyugszik. A cikk megjelenése óta eltelt idő ugyanakkor szükségessé tette a modell felülvizsgálatát és néhány helyen annak módosítását. Ezt az empirikus kutatásunk relevanciacyklusának keretében elvégzett interjúk alapján tettük meg. Az eredeti modellt a következők mentén módosítottuk:

- Mivel a 2008-as évhez képest a vállalati legjobb gyakorlatok sokat változtak, ezért a kérdőívben a 2008-ban aktuális kérdéseket kihagytuk. E helyett az ötödik, az IT-megoldások alkalmazását értékelő dimenziót bővítettük egy olyan kérdéssel, ami a szervezet valamennyi funkciója esetén vizsgálja a különféle IT-alkalmazástípusokat a digitalizáció, automatizáció alkalmazásától kezdve az új tudás generálást támogató IT-megoldásokig.
- Mint korábban jeleztük az I 4.0 érettségi és felkészültségi modellek gyakran élnek azzal a megoldással, hogy egy adott terület érettségét az azért felelős fő szervezeti folyamat képességével ragadják meg. Ezért kérdőívünk folyamatképesség-szakaszában szisztematikusan felmértük a vállalat információmenedzsment-folyamatának fejlettségét, amit a vállalatok IT-érettségének megítéléséhez fel tudunk használni.
- Mind a szakirodalom, mind az interjúalanyok egyértelműen az I 4.0 alkalmazások előfeltételei közé sorolták a megfelelő kiberbiztonságot. Az általunk vizsgált modellek nem részletezték a kiberbiztonsággal kapcsolatban vizsgálandó tényezőket, az eredeti L & K modell sem tartalmazta azt. A kiber-

biztonság kérdését modellünkbe hatodik értékelési dimenzióként építettük be, annak fejlettségi szintjét pedig a szakértői interjúk alapján állapítottuk meg.

Ezek alapján az IT-fejlettséget megragadó modellünk hat olyan értékelési szempontrendszerrel ölel fel, melyek mindegyike képes a szervezetre számára értéket teremteni:

- IT-vízió: megragadja az IT-menedzsment fókuszát és folyamatképességét,
- IT-infrastruktúra: a vállalat informatikai infrastruktúrájába történő befektetések mérése mellett értékeli annak kiemelt jellemzőit (hálózati lefedettség és szélesség), az IT-infrastruktúra fő jellegzetességeit és integrációs fokát,
- IT-szervezet és szabályozás: megragadja az IT szervezeti megjelenésének típusát, működési szabályozásának fő jellegzetességeit,
- IT-támogatás: az IT-igényfelmérés és oktatás, valamint a problémaelhárítási idő mérésén keresztül értékeli az IT fejlettségét,
- IT-alkalmazás: a fejlett IT-megoldások alkalmazásának kiterjedtségét méri, a digitalizációtól és automatizációtól kezdve az adat- és tudásmegosztás, valamint tudásgenerálás-támogató eszközök mentén,
- Kiberbiztonsági felkészültség fejlettsége.

A Leem és szerzőtársai által kidolgozott (2008) alapmodell alapján a fenti értékelési dimenziók mentén öt fejlettségi szakaszt értelmezünk: beindítás, felismerés, erősödés, ellenőrzés és integráció:

1. **Beindítási szakasz:** A vállalat igen keveset fektet információtechnológiai megoldásokba. Egyszerű információs rendszereket szerez be (pl. PC, OA), melyeket jellemzően szigetesen alkalmaz. Fejlett IT-megoldások alkalmazása nem jellemző. Az IT-infrastrukturális adottságai kedvezőtlenek, szervezeti pozíciója és szabályozása gyenge. Ebből következik a szervezeti egységek alacsony IT-támogatása és azok alacsony elégedettségi szintje. A vállalat információmenedzsment-folyamatának kezelése a kezdeti szakaszban van.
2. **Felismerési szakasz:** A szervezet kezdi felismerni az IT értékteremtő jellegét, de az érettségnek még mindig alacsony szintjén áll. Az IT-megoldásokba történő befektetés növekszik, a kliens-szerver megoldások a jellemzők. A hálózati lefedettség alacsony, a sávzélesség nem tűnik a hatékonyság korlátjának. Az IT-fejlesztéseket erre dedikált pozícióban lévő szakember felügyeli, a működés szabályozottsági foka ugyanakkor még alacsony, az információmenedzsment-folyamatképesség még mindig viszonylag alacsony szintű. IT-oktatás nem jellemző, ha van, akkor is elsősorban a beosztottakra fókuszál. Az egyes működési területek támogatása nem professzionális, így az IT-val való elégedettség is jellemzően alacsony szintű. Elindul az üzleti folyamatok digitalizálása és alkalmazása, de az még nem kiterjedt.

3. **Erősödési szakasz:** Ez a fejlettségi szint sok tekintetben hasonló az előzőhöz. Ugyanakkor önálló IT-szervezeti egység jelenik meg ezen a szinten és az IT-támogatás is kiterjedtebbé válik. Ennek eredménye az üzleti alkalmazások iránti ellenérzések csökkenése, a funkciók iránti eddig negatív elégedettség megszűnik.
4. **Ellenőrzési szakasz:** Az érettségnek ezen a szintjén az információmenedzsment folyamatképesége már magas szintű, az IT-operáció és -szervezet szabályozása is professzionalizálódik. Az IT-val kapcsolatos oktatás rendszeressé és tervezetté válik, és már nemcsak a beosztottak, de a vezetők számára is szerveznek programokat. Az igényfelmérés is tervezettebb lesz. Összességében az üzleti területek elégedettsége is nő. Az IT fókuszja és az alkalmazások köre tovább bővül.
5. **Integrációs szakasz:** A vállalat IT-beruházásaira sokat költ, az IT-folyamatokat önálló szervezeti egység képviseli, melynek munkája jól szabályozott, így a cég információmenedzsment-folyamatképesége is magas, optimalizálni képes működését. Ennek eredményeképpen IT-infrastruktúrája jó, képes fejlett információtechnológiai rendszerekbe és IT-megoldásokba fektetni. Digitalizált és automatizált folyamatokkal rendelkezik, képes E2E üzleti folyamatait integrálni. Képes továbbá a vállalaton belüli tudásátadást és tudásgenerálást hatékonyan támogatni és ezzel új üzleti modellek kidolgozásához hatékonyan hozzájárulni. A szervezet funkcióinak megfelelő támogatása megjelöl az IT-val való magas elégedettségben is.

A vállalatok értékeléséhez egy további oszlopot építettünk be a fenti struktúrába, mivel a kiberbiztonságot az IT-menedzsment részeként kezeljük (3. táblázat). Alapvetően három érettségi szakaszt értelmezünk ebből a szempontból, melyek ebben az esetben is egymásra épülnek:

1. **Legelső szint (Beindítás, Felismerés):** A vállalat alapvető biztonságos működéséhez szükséges szabályozások: vírusirtók használata, tűzfal használata, többszintű jogosultsági rendszer alkalmazása, felhasználószintű egyedi azonosítás/jelszóvédelem használata, automatikus biztonsági másolat (backup) készüljön a digitálisan keletkező adatokról, fájlokról.
2. **Középső szint (Ellenőrzés, Erősödés):** Az információbiztonsági funkció része a szervezet belső irányítási és kontrollrendszerének.
3. **Legfelső szint (Integráció):** Az információbiztonság menedzselése valamely elfogadott módszertan (pl. COBIT) alapján történik.

A javasolt I 4.0 felkészültségi modell tesztelése hazai esettanulmányokon keresztül

A DSR kutatási folyamat tervezési (design) ciklusának első lépése a tudományos szigor és a gyakorlati relevanciakiklusain nyugvó felkészültségi modell kidolgozása. A következő lépés a modell tesztelése, melyet nyolc hazai vállalat vizsgálatával tettünk meg. Az előző fejezetben részletesen bemutatott modellek értékelési szempontrendszerét egy kérdőívben jelenítettük meg. Az esettanulmá-

3. táblázat

Az Ipar 4.0 felkészültségi modell IT – benne kiberbiztonsági – érettség dimenziójának értékelési szempontjai és fejlettségi szintjei

IT-vízió		IT-infrastruktúra				IT-szervezet és szabályok			IT-támogatás				IT-alkalmazás	Kiberbiztonság	Érettségi szintek	
Információ-menedzsment folyamat-képesség	IT-fókusz és lefedettség	IT-befektetés	IT-infrastruktúra (platform)	Hálózati lefedettség	Hálózati szélesség megfelelősége	IT-szervezet	IT-szabályozás	Üzleti területek elégedettsége	Átlagos hibaelhárítási idő mérése	IT-oktatás jellege	IT-oktatás fókuszja	Igényfelmérés				
Mérik	Kiterjedt	≥ 1%	Külső integráció	≥ 80%			Átfogóan szabályozott	Nagyon pozitív	Igen	Rendszeres és tervezett	Rendszeres, vezetők számára is	Rendszeres és tudatosan szervezett	Tudásgenerálást támogató eszközök is	Elfogadott módszertan (pl. COBIT) alapján történik	Integráció	
			Belső integráció		Igen	Dedikált szervezeti egység		Pozitív			Alkalmosított, vezetők számára is	Rendszeres	Tudástámogató eszközök is jelen vannak	Része a szervezet belső irányítási és kontroll rendszerének	Ellenőrzés	
Nem mérik	Technológiai architektúrára fókuszál, kiterjedés tovább nő	0,2 és 1 % között	Kliens/ server rendszer	20 és 80 % között			Részlegesen szabályozott	Semleges								
	Technológiai architektúrá-ra fókuszál, de kiterjedtebb						IT-pozíció	Nem szabályozott	Negatív	Nem	Nincs, vagy csak alkalmosított	Beosztott számára	Nincs	Fókuszban a digitalizáció és az automatizáció	Alapvető biztonságos működéséhez szükséges szabályozások megvannak	Felismerés
	Technológiai architektúrá-ra fókuszál	< 2%	Izolált rendszerek/ PC	< 20 %	Nem	Nincs szervezeti képviselő		Nagyon negatív					Nem alkalmaznak semmit, vagy csak szorványosan		Beindítás	

Forrás: Leem et al. (2008) modellje és a kutatás relevanciakiklus keretében végzett szakértői interjúk alapján saját szerkesztés

nyokban szereplő cégek I 4.0 felkészültségét e kérdőív segítségével térképeztük fel. A cégek alapvető jellemzőit és az értékelést végző vállalati szakemberek profilját a 4. táblázat foglalja össze. A kérdőív kitöltésekor mindig jelent volt valaki a kutatói oldalról, így lehetőség volt arra, hogy közvetlen visszajelzéseket kapjunk a kérdőívről, illetve a vizsgált képességek fejlődését megragadó modellekről is. A fejezet elsőként bemutatja, hogy a vizsgált vállalatok felkészültsége az I 4.0 sikeres alkalmazása szempontjából fontos képességek terén milyen szinten áll. Ezt követően tárgyaljuk azokat a fejlődési inkonzisztenciákat, melyek gátolhatják a vizsgált képességek fejlesztésének eredményességét. Ebben a fejezetben kitérünk a javasolt modell és az azt támogató kérdőív jóságának vizsgálatára.

pességeket (szabályozás és fejlesztés) nem hozza megfelelő szintre a vállalat, nagy valószínűséggel nem is lehet eredményes. Cég 1-nek nemcsak a folyamatfejlesztési képessége fejletlen, de az IT-menedzsment szabályozása sem megfelelő. Ennek ellenére víziója komoly célokról árulkodik: fókuszál az üzleti architektúra kialakítására, az üzleti folyamatok fejlesztésére az IT-alkalmazások tükrében, valamint a vállalatirányítási rendszer bevezetésére. A komolyságot alátámasztja, hogy a vállalat az árbevételének kb. egy vagy annál nagyobb %-át költi IT-eszközök és -megoldások fejlesztésére. Cég 1-nél ugyanakkor egyelőre szigetrendszerek működnek. Nincs sem dedikált pozíció, sem dedikált szervezeti egység, amely az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért felelne.

4. táblázat

Az esettanulmányban szereplő vállalatok alapadatai

Anonim cégnév	Ágazat	Méret (alkalmazottak létszáma szerint)	Tulajdonosi struktúra	A magyarországi vállalati központ földrajzi elhelyezkedése	Interjúpartner szervezeti pozíciója és szakmai tapasztalata
Cég 1	Feldolgozóipar	100 – 249 fő között	Többségében magyar magántulajdon	Nyugat-Dunántúl	Felső vezető, 20 év felett
Cég 2	Autóipar	100 – 249 fő között	Többségében magyar magántulajdon	Dél-Dunántúl	Operációs vezető, 20 év felett
Cég 3	Autóipar	100 – 249 fő között	Többségében külföldi magántulajdon	Dél-Dunántúl	Felső vezető, 10 év felett
Cég 4	Feldolgozóipar	100 – 249 fő között	Többségében magyar magántulajdon	Közép-Magyarország	Szakértő, 20 év felett
Cég 5	Feldolgozóipar	100 – 249 fő között	Többségében magyar magántulajdon	Budapest	Operációs területen vezető, 10 év felett
Cég 6	Gyógyszeripar	250 fő vagy felette	Többségében magyar magántulajdon	Budapest	Felső vezető, 20 év felett
Cég 7	Kereskedelem	250 fő vagy felette	Többségében külföldi magántulajdon	Közép-Magyarország	IT-területen szakember, 10 év felett
Cég 8	Infokommunikációs termékek gyártása	250 fő vagy felette	Többségében külföldi magántulajdon	Budapest	Felső vezető, 15 év felett

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált vállalatok I 4.0 felkészültsége

Cég 1

Mint ahogyan a 5. táblázatban látható, a vizsgált vállalatok egyik esetében sem igaz az, hogy a működési folyamatok szabályozása ad hoc jelleggel történne. Minden vállalat – így Cég 1 is – elindult egy tudatos folyamatfejlesztés irányába, és törekszik arra, hogy működését egységes irányelvek szerint alakítsa ki, működtesse és ellenőrizze. Ez a tudatos szabályozás ebben az esetben kiterjedt a vizsgált működési folyamatok csaknem mindegyikére. Ugyanakkor a kapcsolódó dokumentumok igen fejletlenek. Cég 1 folyamatfejlesztési képessége is fejletlen. Törekednek az egyes folyamatok teljesítményének mérésére, ezek alapján fejlesztési javaslatok megfogalmazására és azok megvalósítására, de ez a működési folyamatoknak még csak igen korlátozott körére igaz. Az egyes folyamatok közötti teljesítménykapcsolatok elemzésére így még nem képesek. Bár törekvés van a folyamatok integrációjára, de csak részlegesen, és ez egészen addig, míg a folyamatintegrációt megelőző folyamatké-

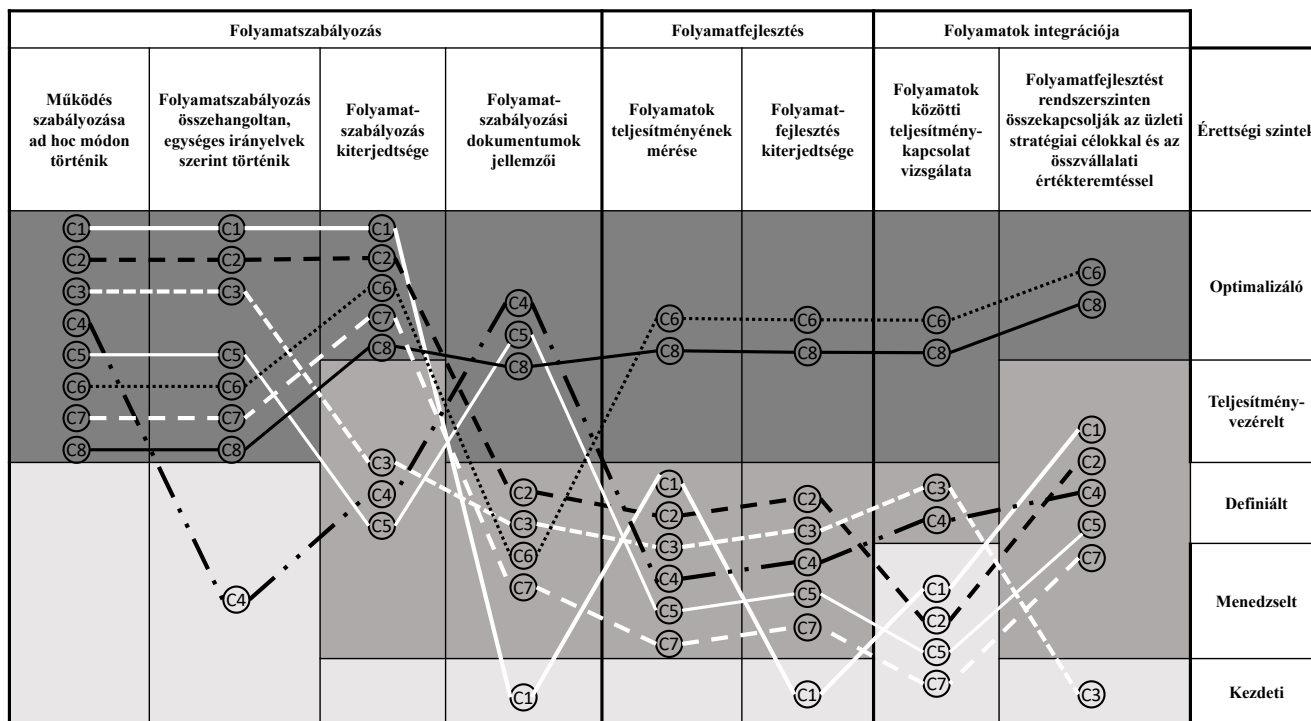
Az IT-területek szabályozása, dokumentálása is fejletlen. Ennek ellenére a vállalatnál elégedettek a legtöbb működési terület IT-támogatásával. IT-oktatás és igényfelmérés alkalomszerűen történik, az oktatás beosztottak, vezetők számára is elérhető. A vállalati folyamatok funkcióinak digitalizálása, automatizálása fókuszban van. Kiberbiztonság tekintetében a legalsó fejlettségi szinten van a cég, azonban rendelkezik az alapvető biztonságos működéséhez szükséges szabályozásokkal. A digitálisan keletkező adatokról, fájlokról automatikus biztonsági másolat készül az intelligens NAS (Network Attached Storage) tárolóra.

Cég 2

A közepes méretű, autóipari vállalat többségi magyar tulajdonban van. Esetében egy viszonylag fejlett folyamatszabályozási képességet tapasztaltunk. Az egységes irányelvek mentén történő folyamatszabályozás kiterjedt, és az előző céghez képest itt már a szabályozás mögötti dokumentációs gyakorlat is ertettebb. Ugyanakkor ezen a

5. táblázat

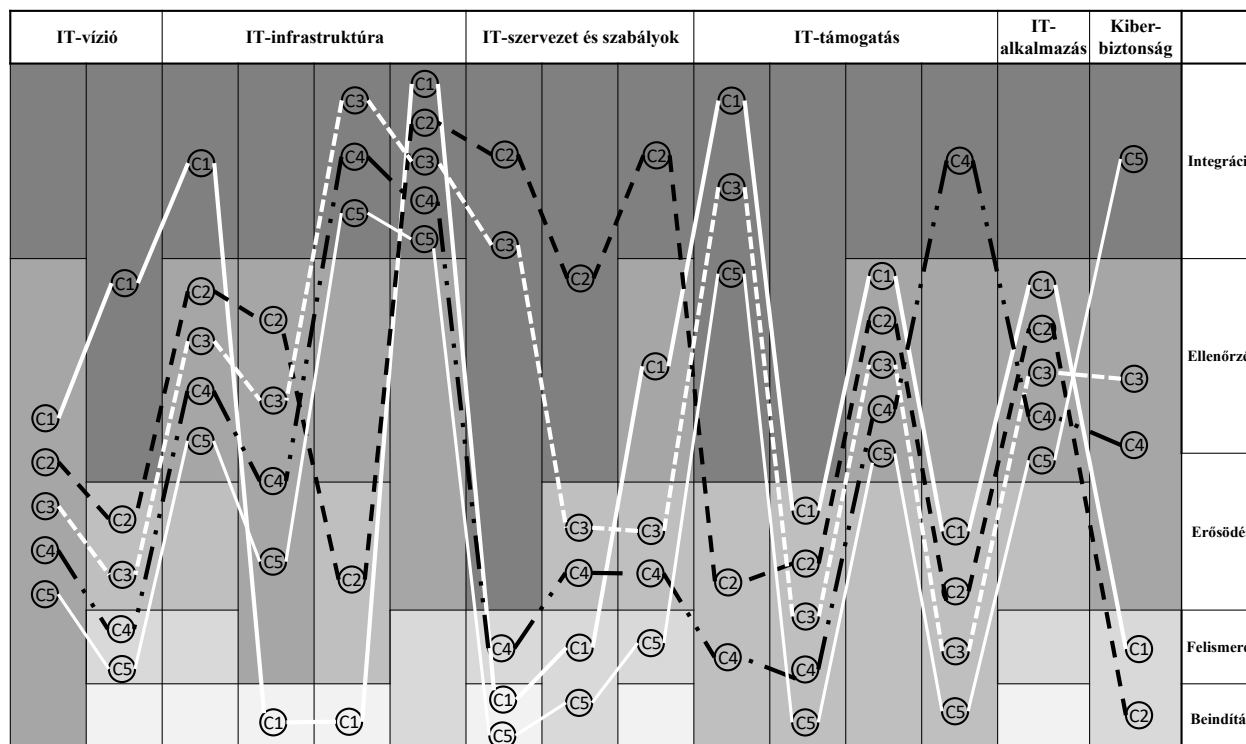
A nyolc vállalat folyamatmenedzsment-képességének fejlettsége



Forrás: saját szerkesztés

6. táblázat

Az öt KKV IT- (benne kiberbiztonsági) képességének fejlettsége



Forrás: saját szerkesztés

téren még van további fejlődési lehetőség. A folyamatok teljesítményének mérése, ezek alapján elemzése kiterjedtebb, mint az előző esetben volt, de most is igaz, hogy a fo-

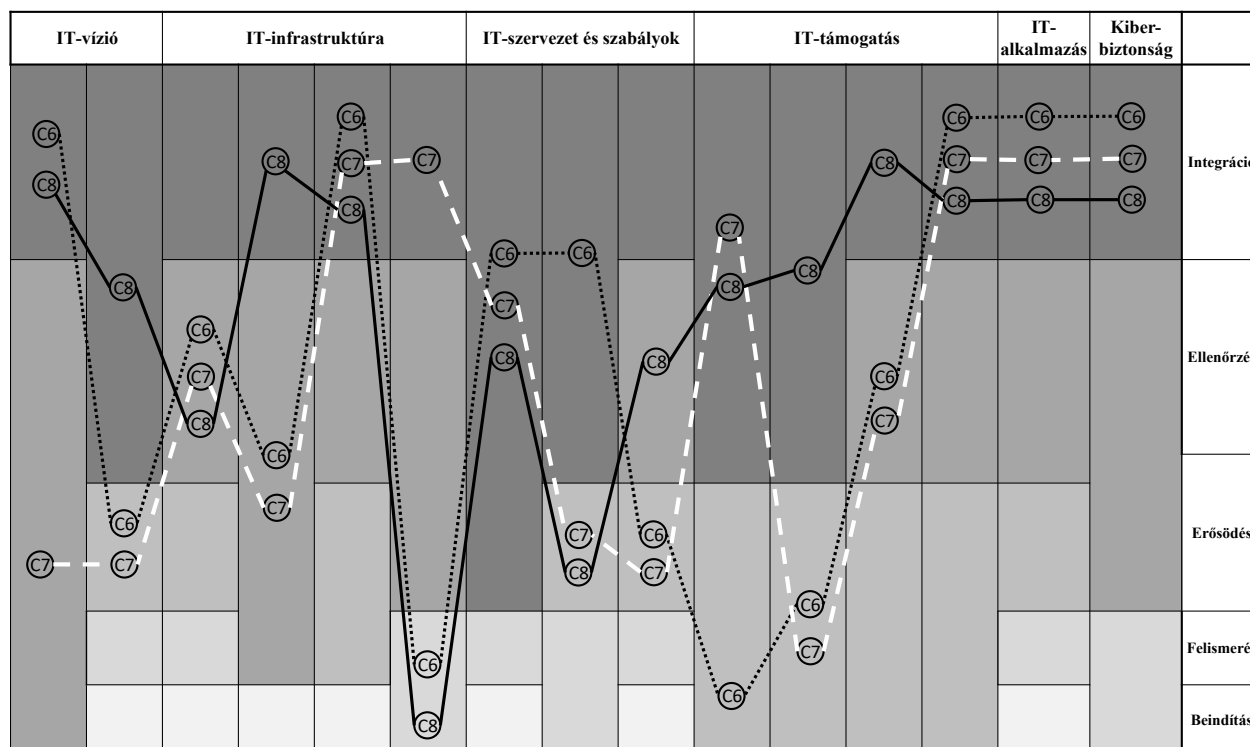
lyamatfejlesztés még nem rendszerszintű, és a vállalkozás még nem képes azt teljesen integrálni üzleti stratégiájához. Az információmenedzsment-folyamat nem szabályo-

zott. A cég fejlesztési fókuszában áll az üzleti architektúra kialakítása, az üzleti folyamatok digitalizálása, és jelenleg vállalati szintű integrált IT-megoldásokat alkalmaz. Önálló szervezeti egység felel az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért. Az IT-támogatás megítélése a vállalatnál igen pozitív, de az átlagos IT-hibaelhárítási időt nem mérik. Az IT-oktatás és igényfelmérés alkalmyszerűen történik, az oktatás a beosztottak, vezetők számára is elérhető. A karbantartási funkciók digitalizáltak, automatizáltak, a vállalati funkciókhoz alkalmazott IT-megoldások: csoportmunka támogató eszközök, adatmegosztás, döntéstámogatás IT-eszközökkel. Az ERP-adatbázishoz saját fejlesztésű riportoló rendszer kapcsolódik. Kiberbiztonság tekintetében a fejlettség legalsó szintjén van, rendelkezik a vállalat alapvető biztonságos működéséhez szükséges szabályozásokkal. Felhőtechnológiát alkalmaznak pl. a biztonsági másolathoz (6. táblázat).

paramétereivel, azonban sajnos a Cég 3 sem szabályozza az információmenedzsment-folyamatot megfelelően. Az üzleti architektúra kialakítása, az üzleti folyamatok digitalizálása itt is fókuszban van. Vállalaton belüli integrációs platformot alkalmaznak, amellyel az egymástól földrajzilag távol lévő telephelyek összekapcsolása 80 % feletti. Ehhez megfelelőnek tartja a hálózati szélességet és annak gyorsaságát. Önálló szervezeti egység felel az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért. Az IT különböző területei szabályozottak, az IT-szervezet működése dokumentált, megítélése a vállalat dolgozóinál területenként igen változó. Az IT-oktatás és igényfelmérés alkalmyszerűen történik, az oktatás a beosztottak és vezetők számára is elérhető. A vállalati folyamatok funkcióinak digitalizálása, automatizálása fókuszban van. Az információbiztonsági funkció része a szervezet belső irányítási és kontrollrendszerének. Felhőtechnológiát alkalmaznak pl. a biztonsági mentésekhez.

7. táblázat

A három nagyvállalat IT- (binnen kiberbiztonsági) képességének fejlettsége



Forrás: saját szerkesztés

Cég 3

E vállalkozás alapjellemezői szinte teljesen megegyeznek Cég 2 jellemzőivel, és folyamatszabályozási és fejlesztési képessége is alapvetően hasonló. Feltűnő ugyanakkor, hogy a folyamatintegrációs dimenzió tekintetében attól markánsan eltérő jellemzőkkel bír. Cég 3 egyrészt folyamatainak tágabb körében képes arra, hogy a folyamatok közötti összefüggéseket is feltárja, és ezek alapján fogalmazzon és valósítson meg fejlesztési projekteket. Ugyanakkor a folyamatintegrációs képessége még fejletlen, és még törekvés sincs (szemben Cég 2-vel) ennek megvalósítására. A vállalat IT-jellemzői legtöbb dimenzióánál megegyeznek Cég 2

Cég 4

A Cég 4 esetében is egy autóiipari, közepes méretű cégről van szó. Cég 3-hoz képest ebben az esetben egy még szisztematikusabb és megbízhatóbb, fejlett folyamatszabályozási képességet látunk, ahol már a dokumentációs gyakorlat is kiforrott. Folyamatfejlesztési képességei Cég 3-hoz hasonlóak, tehát már sor került az egyes működési területek közötti kapcsolatrendszer elemzésére, viszonylag kiterjedt módon. Megfogalmazódott a folyamatintegrációs képesség igénye, és van erre törekvés is. Ahhoz, hogy a folyamatok rendszerszerű fejlesztése valóban lehetővé tegye azok üzleti stratégiához történő kapcsolását,

szükség van a folyamatfejlesztési képesség erősítésére, a még hiányzó működési területek bevonására és a teljes vállalati értékteremtési rendszernek ez alapján történő teljesítményorientált elemzésére és fejlesztésére. Ez a vállalat sem szabályozza az információmenedzsment-folyamatot. Az üzleti architektúra kialakítása nem teljes körű, az üzleti folyamatok digitalizálása azonban fókuszban van. IT-platformja vállalati szinten integrált IT-megoldásokat működtet. Az egymástól földrajzilag távol lévő telephelyek összekapcsolása 80% feletti, amihez megfelelőnek tartják a hálózati szélességet és annak gyorsaságát. Dedikált pozíció felel az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért. Az IT különböző területei formalizáltak, világosan szabályozottak. Az IT-támogatás megítélése a vállalat dolgozóinál területenként igen változó. Az IT-oktatás alkalmasságukon történik a beosztottak és a vezetők számára is. Az IT-fejlesztésekkel kapcsolatos igényfelmérés rendszeresen, szervezeten történik. A vállalat támaszkodik a kulcsfelhasználók tapasztalataira, folyamatismeretére és arra a képességükre, hogy a változások élére álljanak. A vállalati folyamatok funkciói digitalizáltak és automatizáltak. A kiberbiztonság része a szervezet belső irányítási és kontrollrendszerének. Felhőtechnológiát alkalmaznak a biztonsági mentésekhez. Az IT-menedzsment szabályozásával, az IT területeinek szabványos, dokumentált menedzselésével juthat előbbre a vállalat az I 4.0 technológiák eredményes befogadására.

Cég 5

A folyamatszabályozási képesség tekintetében ez a vállalat sok tekintetben Cég 3 és Cég 4 fejlettségének szintjén áll, azaz törekvés van az egységes vállalati folyamatszabályozásra, de az még csak a működés viszonylag szűk körében valósult meg. Ugyanakkor azoknál magasabb tudatosságot mutat a szabályozás tekintetében, hiszen dokumentációs gyakorlata kiforrott, átláthatóságot és követhetőséget biztosítva a folyamatfejlesztések számára. Folyamatfejlesztési képessége közepes szintű, egyes működési területeken már elindultak a folyamatok teljesítményének mérésén alapuló folyamatfejlesztések, de még ez is csak a vizsgált működési területek szűk körére igaz. Így nincs is törekvés a folyamatok rendszerszintű vizsgálatára, a fejlesztések összvállalati értékteremtési logikán nyugvó fejlesztésére. Folyamatintegrációs képessége tekintetében azt látjuk, hogy ugyan van törekvés a fejlesztések stratégiához való kötésére. Most is kiemeljük ugyanakkor, hogy az nagy valószínűséggel mindaddig nem vezet eredményre, amíg a folyamatintegrációt megelőző másik két képesség tekintetében nem lép előre a cég. Az információmenedzsment-folyamatot nem szabályozzák a vállalatnál, de fejlesztése szerepel a vállalat víziójában. Az üzleti folyamatok digitalizálása is fókuszban van. Vállalaton belüli integrációs platformot alkalmaznak. Nincs sem dedikált pozíció, sem dedikált szervezeti egység, mely az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért felelne. Az IT-működés és az IT-biztonság szabványos, az IT-felügyeletnél a felelősségi körök világosan szabályozottak. Az IT-szervezet működését dokumentálnak jellemezte az értékelő, de ez ellentmondásban van azzal, hogy előzőleg még dedikált pozíciót

sem jelzett a vállalatnál. Az IT-támogatás megítélése a vállalat dolgozóinál területenként változó. Méri az átlagos IT-hibaelhárítási időt. Az IT-oktatás és igényfelmérés alkalmasságukon történik, az oktatás beosztottak, vezetők számára is elérhető. Fejlett IT-megoldásokat alkalmaznak: csoportmunkát támogató eszközök, adatmegosztást, döntéstámogatást, tudásmegosztást támogató alkalmazások (pl. ERP, CRM, SCM). A kiberbiztonság szintje magas a vállalatnál. Felhőtechnológiát alkalmaznak pl. a biztonsági mentésekhez. A vállalat lényegében felkészült az I 4.0 alkalmazására. Az IT-menedzsment szabályozásával juthat előbbre a vállalat az I 4.0 technológiák eredményes befogadására, amit láthatóan felismert a vállalat.

Cég 6

A többségi magyar magántulajdonban lévő gyógyszeripari vállalat folyamatmenedzsment-képessége fejlett. Szinte minden értékelési dimenzió mentén a legfejlettebb, optimalizáló szinthez kapcsolódó érettséget mutat. Kivételesen ez alól a folyamatszabályozást kísérő dokumentációs gyakorlat, ami egyelőre közepesen fejlett. Ez kockázatot hordoz magában, hiszen a nem teljesen egységes, átláthatatlan és követhetetlen folyamatszabályozási dokumentáció alááshatja a folyamatfejlesztési és integrációs képességeket, és ronthatja a teljesítményt, ezért a konzisztens és megbízható folyamatmenedzsment-képesség biztosítása érdekében ennek fejlesztése fontos. A vállalat fejlett folyamatképessége az információmenedzsmentre is kiterjed. Az üzleti architektúra kialakítása, az üzleti folyamatok fejlesztése az IT-alkalmazások tükrében a vízió része. Vállalati szintű alkalmazásintegrációt valósítanak meg. Az egymástól földrajzilag távol lévő telephelyek összekapcsolása 80% feletti, ehhez azonban nem megfelelő a hálózati szélesség és gyorsaság. Önálló szervezeti egység felel az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért. Formalizált és dokumentált IT-szabályzatok, világosan szabályozott felelősségi körök jellemzőek. A munkavállalók elégedettek a legtöbb működési terület IT-támogatásával. Az IT-oktatás alkalmasságukon történik a beosztottak és a vezetők számára is. Az IT-fejlesztésekkel kapcsolatos igényfelmérés rendszeresen, szervezeten történik. Digitalizált és automatizált folyamatokkal rendelkezik, képes a vállalaton belüli tudásátadást és tudásgenerálást hatékonyan támogatni. A vállalat kiberbiztonság szintje magas, viszont az IT-infrastruktúra fejlesztése a továbbiakban még szükséges (ld. hálózat).

Cég 7

Többségében külföldi tulajdonosi háttérrel rendelkező kereskedelmi nagyvállalatról van szó, melynek folyamatszabályozási képessége meglehetősen fejlett. A vállalati működési területek döntő többségében törekvés van a központi elvek alapján szabályozott működés kialakítására, de az e mögött álló dokumentációs gyakorlat még csak közepesen fejlett. Ez a közepes fejlettségi szint jellemzi a cég folyamatfejlesztési gyakorlatát is, mely során még egyáltalán nem valósul meg a folyamatok közötti teljesítménykapcsolatok elemzése. Van ugyan törekvés arra, hogy a cég működésének fejlesztését összekapcsolja a vál-

lati stratégiával, de mint azt már korábban is kiemeltük, az mindaddig nagy valószínűséggel nem hozza meg a várt eredményt, amíg a teljes vállalati értékteremtő folyamatrendszerre nem terjed ki a tudatos, teljesítményorientált fejlesztés, mely figyelembe veszi az egyes területek közötti kapcsolatokat, teljesítményhatásokat is. Fejlett folyamatszabályozási képessége ellenére nem szabályozza az információmenedzsment folyamatát, de fejlesztése szerepel a vállalat víziójában, mint az üzleti folyamatok digitalizálása is. IT-rendszerei kliens – szerver környezetben működnek. Önálló szervezeti egység felel az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért. A kapcsolódó IT-szabályzatok fejlettségét illetően a felelősségi körök világosan szabályozottak. Az IT-működési területek megítélése semleges. Az IT-oktatás alkalomszerűen történik a beosztottak és a vezetők számára is. Az IT-fejlesztésekkel kapcsolatos igényfelmérés rendszeresen, szervezeten történik. Az alkalmazási területen digitalizált és automatizált folyamatokkal rendelkezik, képes a vállalatban belüli tudásátadást és tudásgenerálást támogatni. A kiberbiztonság szintje magas. A vállalat saját fizikai szerveren és felhőalapú szerveren (Google Cloud) is tárolja az adatokat, fájlokat, azonban IT-platformját fejleszteni szükséges SOA irányába.

Cég 8

Ez a külföldi tulajdonosi háttérrel rendelkező infokommunikációs termékeket gyártó nagyvállalat fejlett folyamatmenedzsment-képességgel rendelkezik. Mind a szabályozás, mind a fejlesztés és az integráció tekintetében a legmagasabb, 5. fejlettségi szinten áll. Így az optimalizáló szinten lévő folyamatképessége alapján elmondhatjuk, hogy felkészülten vághat bele I 4.0 megoldások alkalmazásába. A vállalat IT-jellemzői is többnyire a legmagasabb szinten vannak. IT-platformján már a külső üzleti partnerek integrálása is megtörtént – vállalaton túlnyúló integráció (SOA). A hálózati szélesség és annak gyorsasága azonban nem megfelelő, a hálózati infrastruktúra is fejlesztésre szorul. Ezzel szemben a kiberbiztonság szintje magas van.

Inkonzisztenciák a vizsgált vállalati képességek fejlesztésében

Az előzőekben értékeltük a vizsgált vállalatok I 4.0 felkészültségét a folyamatmenedzsment és IT, benne kiberbiztonsági képesség fejlettsége szempontjából. Az 5., 6. és 7. táblázat a vizsgált cégek képességeinek értékelését a felhasznált modellek összefoglaló táblázatainak (2. és 3. táblázat) változóihoz (értékelési dimenziók és szempontok és fejlettségi szintek) kötik és áttekinthetővé teszik a vállalatok értékelését. Az előzőekben röviden be is mutattuk, hogy a vizsgált értékelési szempontok alapján az egyes cégek hol állnak az I 4.0 felkészültségben. Mint láttuk, a jelen állapot és a 2., 3. táblázatban összefoglalt modell ideális fejlődési útvonala közötti eltérések mentén megfogalmazhatók a javasolt fő fejlesztési irányok. Mint láttuk, Cég 2 például viszonylag fejlett folyamatmenedzsment-képességgel rendelkezik. Magasabb szabályozási és fejlesztési képességei lehetővé teszik számára, hogy folya-

matintegrációs képességét is kiteljesítse, felkészülve ezzel I 4.0 technológiák eredményes alkalmazására. A folyamatmenedzsment információmenedzsment oldalról pedig az IT-menedzsment és a kiberbiztonság szabályozásával erősödhet.

Az esettanulmányok eredményét összefoglaló 5., 6. és 7. táblázatok összevetése a vizsgált képességek fejlődési modelljeit leíró 2. és 3. táblázattal rávilágít arra is, hogy a képességek fejlődése gyakran nem az ideálisnak és kívánatosnak tartott fejlődési íven halad végig. A cégek gyakran előre ugranak fejlesztéseikben, és egy-egy értékelési dimenzió tekintetében elkezdik ugyan a fejlesztését, de azt nem viszik végig, miközben belekezdnek magasabb érettségi szinthez kapcsolódó képességek fejlesztésébe is. Ezek ugyanakkor nem lehetnek eredményesek az alacsonyabb fejlettségi szintű képességelemek fejlesztésének sikeres végig vitele nélkül. Ezeket fejlődési inkonzisztenciáknak hívtuk. Ezek az inkonzisztenciák is fontos gátjai lehetnek az eredményes I 4.0 alkalmazásoknak. Cég 1 esetében például javaslatként fogalmazhatjuk meg, hogy elsőként a vállalat folyamatszabályozását kell szilárd alapokra állítani és egységes irányelvek mentén, összehangoltan, megfelelő minőségű dokumentációs szabályozást kialakítani. Csak így válik lehetségessé, hogy az egyes működési területek ne csak önmagukban legyenek vizsgálhatók, de a szervezet egésze számára átlátható módon történjenek az elemzések, ezzel biztosítva a folyamatok közötti teljesítménykapcsolatok feltárását, a teljes folyamatrendszeren történő optimalizálást és a fejlesztések integrált megvalósítását.

A vállalatoknak nemcsak a folyamatfejlesztési képességének szükséges megfelelően fejlett szinten lennie a vállalati digitalizációhoz – legyen az ERP, vagy egyéb vállalati integrált alkalmazás bevezetése, illetve egy új technológia bekapcsolása a vállalati architektúrába – az IT-menedzsment szabályozása is megfelelő kell legyen. Cég 1 például árbevételének nagy %-át költi IT-eszközök és -megoldások fejlesztésére ugyanakkor egyelőre szigetrendszerek működnek náluk. A vállalati folyamatok funkcióinak digitalizálása, automatizálása fókuszban van. Javasolt egy megfelelő ERP-rendszer bevezetése. Mivel nincs sem dedikált pozíció, sem dedikált szervezeti egység, amely az IT-fejlesztésekért és -menedzsmentért felelne, valamint az IT-területek szabályozása, dokumentálása is fejletlen (ennek ellenére a vállalatnál elégedettek a legtöbb működési terület IT-támogatásával), itt a változtatásokra nagy szükség van. Az IT-oktatásra a beosztottak és vezetők számára egyaránt rendszeres igényfelmérés alapján kellene sort keríteni. Kiberbiztonság tekintetében a legelső fejlettségi szinten van a cég, ezért ezt a területet is fejleszteni kell. Cég 2 is a kiberbiztonság legelső szintjén van, holott az IT egyéb területein kiegyensúlyozottabban magasabb szinten áll. Javasolt, hogy az IT-val együtt a kiberbiztonságra is fókuszáljanak jobban. Cég 3, Cég 4, Cég 5 és Cég 7 paraméterei legtöbb dimenzióban meghaladják Cég 2 értékeit, de ők sem szabályozzák az információmenedzsment-folyamatot. Számukra javasolható ennek a területnek a fejlesztése, hiszen nagyon fontos, hogy a fejlesztések összehangoltan, szabályozottan és ne ad-hoc

módon történjenek. Cég 6-nál vállalati szintű alkalmazási integrációt valósítanak meg, ami az IT egyéb területeinek megfelelő támogatását igényli, és ez rendelkezésre is áll. Az egymástól földrajzilag távol lévő telephelyek összekapcsolásához azonban az infrastruktúrát még fejleszteniük kell. Cég 8 folyamat- és IT-jellemzői többnyire a legmagasabb szinten vannak. IT-platformján már a külső üzleti partnerek integrálása is megtörtént. Ehhez azonban a hálózati szélesség és annak gyorsasága nem megfelelő, a hálózati infrastruktúra szorult fejlesztésre.

Az I 4.0 felkészültségi modellek kapcsán Colli és szerzőtársai (2019) hangsúlyozzák azt a problémát, hogy a szakirodalomban található I 4.0 felkészültségi modellek nem képesek arra, hogy rámutassanak az egyes cégeknek az ideálistól eltérő fejlődési útvonalaira, és az ebből fakadó inkonzisztenciákra. A fenti esettanulmányok mutatják, hogy javasolt értékelési rendszerünk segítségével azonosítani tudtunk ilyen inkonzisztenciákat és ez lehetőséget ad arra is, hogy ne csak megmutassuk a vállalatoknak, milyen konkrét fejlettségi szinten állnak a releváns szervezeti képességek tekintetében, de fejlesztési prioritásokat, javaslatokat is fogalmazzunk meg számukra.

A javasolt modell jóságának értékelése

A bemutatott vállalati esetek eredményei tükröt tartanak a vizsgált vállalatok számára. A nyolc esettanulmányt ugyanakkor arra is felhasználtuk, hogy javasolt I 4.0 felkészültségi modellünket és az azt támogató kérdőívet teszteljük, majd a visszajelzések alapján finomítsuk. Így jön létre tehát a modellünk és a kérdőívünk végső formája. A kérdőívek kitöltése során az alábbi korrekciós javaslatok fogalmazódtak meg:

1. Egy-egy kérdés esetén a megfogalmazás egyszerűsítése. Például néhány IT-kérdésben szereplő túl mély technológiai szakértelmet igénylő fogalom "felhasználóbarát", közérthetőbbé tétele.
2. A vállalatok folyamatmenedzsment-képességét vizsgáló kérdőív végére több vállalati szakember is ellenőrző kérdések beillesztését javasolta azzal a céllal, hogy CMMI-modellje során kapott fejlettségi szintek megbízhatóságát az értékelést végző ellenőrizni tudja. Szakemberek szerint ennek oka az a sajnálatos tény, hogy a vállalatok csak formálisan és papíron felelnek meg egy érett folyamatmenedzsment-képesség elvárásainak. Ezekkel a kérdésekkel ellenőrizhető, hogy a CMMI-modell kitöltése során kapott eredmények valós képességeket tükröznek-e.

Konkréten a kérdőívbe a következő kérdések bekerülését javasolták a vállalati szakemberek:

- Az Ön vállalata rendelkezik valamilyen ISO minősítéssel?
 - Igen
 - Nem
- Amennyiben rendelkezik valamilyen ISO minősítéssel, kérjük, ötös skálán értékelje, mennyire építenek arra folyamataik tudatos menedzsmentjében! (1 =

egyáltalán nem, az ISO minősítés inkább formális és 5= nagyon nagy mértékben, az ISO szabványoknak való megfelelés szervesen támogatja eredményes folyamatmenedzsment képességünket):

– Kérjük jelezze, hogy milyen gyakran van önöknél vevői audit!

- Még soha nem volt
- Ritkán
- Gyakran

Záró gondolatok

Tanulmányunk célja az volt, hogy a szakirodalomban eddig megjelent modellekhez képest egy részletesebb I 4.0 felkészültségi modellt mutassunk be mind elméletileg, mind az alkalmazás tükrében. A korábbi modellekkel szemben legfőbb kritikaként fogalmazódott meg, hogy az érettségi és/vagy felkészültségi modellek keverve alkalmazzák az I 4.0 alkalmazásokat megelőző, alapvető képességek fejlettségét mérő, ún. felkészültségi kritériumokat, és azokat az értékelési feltételeket, melyek már az I 4.0 alkalmazások fejlettségét (pl. Big Data elemzés alkalmazásának érettsége) ragadják meg. Ebből fakadóan ezek a modellek nem képesek kellő részletezettséggel megragadni azt a feltételrendszert, melynek ismeretében a vállalatok I 4.0 alkalmazásai nagy valószínűség szerint eredményesebbek és hatékonyabbak lehetnének.

A cikkben bemutatott modell a DSR módszertanát alkalmazva integrálja az eddigi tudományos eredményeket azzal a hét szakértői interjúval, melyeket a kutatás relevanciakijelölésében végeztünk. Ezeket nyugszik az az I 4.0 felkészültséget vizsgáló összetett értékelési rendszer, mely mentén elsőként a vállalatok folyamatmenedzsment-képességét, majd az ezen nyugvó IT- (binnen kiberbiztonsági) képesség fejlettségét tudjuk mérhetővé tenni. Mint láttuk, a modell alkalmazásával kapott egyes vállalati felkészültségi szintek jelentős eltéréseket mutatnak. A felkészültségi modell alapján mind a nagyvállalatok, mind KKV-k esetén azonosítani tudtunk még hiányzó képességeket, de az ideálistól eltérő, inkonzisztens fejlődési útvonalakat is. Ezek mentén is lehetséges és szükséges a vizsgált cégek számára a fejlesztési irányok és prioritások kijelölése.

A vállalati eseteket összefoglaló táblázatok benchmarkra is lehetőséget adnak, ami szintén hasznos lehet a cégek számára, hiszen segítségével nem csak saját felkészültségüket tudják összevetni az ideálisnak tartott útvonallal, de azt is látják, hogy miként helyezkednek el a többi vállalathoz képest.

Az esettanulmányok készítése során szerzett visszajelzések alapján a javasolt értékelési modell érthető, a segítségével kapott I 4.0 felkészültségi értékelés pedig hasznos. Az értékelési modell és az azt támogató kérdőív kapcsán kapott visszajelzések beépítésével tudjuk lezárni a DSR-kutatási folyamatunkat. Reméljük, modellünk a jövőben képes lesz arra, hogy hatékonyan támogassa a KKV-k I 4.0 alkalmazását.

Felhasznált irodalom

- Angreani, L. S., Vijayac, A., & Wicaksono, H. (2020). Systematic Literature Review of Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing and Logistics Sectors. *Procedia Manufacturing*, 52, 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.11.056>
- Ardito, L., Cerchione, R., Mazzola, E., & Raguseo, E. (2021). Industry 4.0 transition: a systematic literature review combining the absorptive capacity theory and the data–information–knowledge hierarchy. *Journal of Knowledge Management*, 26(9), 2222–2254. <https://dx.doi.org/10.1108/JKM-04-2021-0325>
- Balkányi, P. (2020). *Az e-learning tananyagfejlesztés ökoszisztémájának design science módszertan szerinti vizsgálata* (Doktori értekezés). Budapesti Corvinus Egyetem, Gazdaságinformatika Doktori Iskola, Budapest. <https://doi.org/10.14267/phd.2020007>
- Bánhidi, Z., & Dobos, I. (2020). Az Európai Unió digitális gazdaság és társadalom indexének statisztikai elemzése. *Statisztikai Szemle*, 98(2), 149–168. <https://doi.org/10.20311/stat2020.2.hu0149>
- Chrissis, M. B., Konrad, M., & Shrum, S. (2011). *CMMI for development: guidelines for process integration and product improvement*. Pearson Education.
- CMMI Product Team. (2010). *CMMI® for Development, Version 1.3, Improving Processes for Developing Better Products and Services*. Software Engineering Institute.
- Colli, M., Berger, U., Bockholt, M., Madsen, O., Møller, C., & Wæhrens, B. V. (2019). A maturity assessment approach for conceiving context-specific roadmaps in the Industry 4.0 era. *Annual Reviews in Control*, 48, 165–177. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.06.001>
- Demeter, K., Losonci, D., Nagy, J., & Horváth, B. (2019). Tapasztalatok az I 4.0-val – egy esetalapú elemzés. *Vezetéstudomány*, 50(4), 11–23. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.04.02>
- Dold, L., & Speck, C. (2021). Resolving the productivity paradox of digitalised production. *International Journal of Production Management and Engineering*, 9(2), 65–80. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2021.15058>
- Dujin, A., Geissler, C., & Horskötter, D. (eds.) (2014). *Industry 4.0 – The new industrial revolution. How Europe will succeed*. Munich: Roland Berger. https://www.iberglobal.com/files/Roland_Berger_Industry.pdf
- Fükő, L., Illés, B., Tamás, P., & Skapinyecz R. (2020). Ipar 4.0 érettség meghatározásának módszerei. *Multidiszciplináris Tudományok*, 10(4), 361–365. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.4.39>
- Gentner, S. (2016). Industry 4.0: reality, future or just science fiction? How to convince today's management to invest in tomorrow's future! Successful strategies for industry 4.0 and manufacturing IT. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 70(9), 628–633. <https://doi.org/10.2533/chimia.2016.628>
- Ghobakhloo, M., & Iranmanesh, M. (2021). Digital transformation success under Industry 4.0: A strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(8), 1533–1556. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2020-0455>
- Gökalp, E., & Martinez, V. (2021). Digital transformation maturity assessment: development of the digital transformation capability maturity model. *International Journal of Production Research*, 60(20), 6282–6302. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1991020>
- Gregor, S. & Hevner, A.R. (2013). Positioning and presenting design science research for maximum impact. *MIS Quarterly*, 37(2), 337–355. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.2.01>
- Hajoary, P. K. (2020). Industry 4.0 maturity and readiness models: A systematic literature review and future framework. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 17(7), 2030005. <https://doi.org/10.1142/S02198770203000050>
- Hevner, A., March, T. S., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <https://doi.org/10.2307/25148625>
- Hevner, A. (2007). A three cycle view of design science research. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 19(2), 87–92. <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=sjis>
- Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. A., & Abdullah, N. L. (2020). Industry 4.0 readiness models: A systematic literature review of model dimensions. *Information*, 11(7), 364. <https://doi.org/10.3390/info11070364>
- Holmström, J., Ketokivi, M. & Hameri, A. P. (2009). Bridging practice and theory: A design science approach. *Decision Sciences*, 40(1), 65–87. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00221.x>
- ISO. (2015a). *ISO/IEC 33000: Information Technology – Process Assessment*, International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- ISO. (2015b). *ISO/IEC 33004: Information Technology – Process Assessment – Requirements for Process Reference, Process Assessment and Maturity Models*. Geneva, Switzerland.
- ISO. (2015c). *ISO/IEC 33020: Information Technology – Process Assessment – Process Measurement Framework for Assessment of Process Capability*. Geneva, Switzerland.
- Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment. *Procedia CIRP*, 72, 973–978. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.151>
- Lee, J., Jun, S., Chang, T. W., & Park, J. (2017). A smartness assessment framework for smart factories using analytic network process. *Sustainability*, 9(5), 794–808. <https://doi.org/10.3390/su9050794>
- Leem, C. S., & Kim, I. (2004). An integrated evaluation system based on the continuous improvement model of

- IS performance. *Industrial Management & Data Systems*, 104(2), 115-128.
<https://doi.org/10.1108/02635570410522080>
- Leem, C. S., Kim, B. W., Yu, E. J., & Paek, M. H. (2008). Information technology maturity stages and enterprise benchmarking: an empirical study. *Industrial Management & Data Systems*, 108(9), 1200-1218.
<https://doi.org/10.1108/02635570810914892>
- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T., & Forstehäusler, S. (2016). SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide IT and software landscape focusing on Industry 4.0. In *2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCIS)* (pp. 1297-1302). Gdansk, Poland. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7733413>
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E. & Schröter, M. (2018). *IMPULS Industrie 4.0-readiness*. Aachen: Impulse Stiftung. <https://impuls-stiftung.de/wp-content/uploads/2022/05/Industrie-4.0-Readiness-english.pdf>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (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., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, T., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihm, W., & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals, Manufacturing Technology*, 65(2), 621-641.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>
- Nagy, J., Jámber, Z., & Freund, A. (2020). Az I 4.0 és a digitalizáció legjobb gyakorlatai a hazai élelmiszeriparban: Négy esettanulmány. *Vezetéstudomány*, 51(6), 5-16.
<https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.06.02>
- Nemeslaki, A. (2011a). Tűz és víz határán a gazdaságinformatikában: A technológiai konstruálás és a társadalmi konstruktívizmus összekapcsolásának lehetősége. *Információs Társadalom*, 11(1-4), 11-30.
<https://dx.doi.org/10.22503/infars.X.2011.1-4.1>
- Nemeslaki, A. (2011b). *Existing challenges and deficiencies of information management in the ICT era* (Doktori disszertáció). Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- Nemeslaki, A. (2018): Application of science-technology society studies in information security research – Review of journals for theory and advanced research design. *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, 17(1), 87-140.
<https://doi.org/10.32565/aarms.2018.1.8>
- Németh, K., Tóth Kaszás, N., Rodek, N., Konka, B., & Bencsik, A. (2020). I 4.0: várakozások, felkészültség, motiváció – egy regionális felmérés tapasztalatai. In *Farkas Ferenc II. Nemzetközi Tudományos Konferencia* (pp. 70-84). Pécs: PTE. <https://digitalia.lib.pte.hu/hu/pub/balogh-laszlo-sipos-farkas-f-ii-nemzetkozitudo-konf-2020-ptektk-pecs-2020-425>
- Nick, G., Kovács, T., Kő, A., & Kádár, B. (2021). Industry 4.0 readiness in manufacturing: Company Compass 2.0, a renewed framework and solution for Industry 4.0 maturity assessment. *Procedia Manufacturing*, 54, 39-44.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.007>
- Onyeme, C., & Liyanage, K. (2022). A systematic review of Industry 4.0 maturity models: applicability in the O&G upstream industry. *World Journal of Engineering*, (ahead-of-print).
<https://doi.org/10.1108/WJE-12-2021-0689>
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M., et al. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45-77.
<https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Quin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173-178.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Ten Hompel, M., & Wahlster, W. (Eds.) (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index: Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten*. Herbert Utz Verlag.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, 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>
- Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihm, W. (2019). Road-mapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409-414.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>
- 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>
- Sung, T. K. (2009). Technology transfer in the IT industry: A Korean perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(5), 700-708.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.03.011>
- vom Brocke, J., Hevner, A., & Maedche, A. (2020). Introduction to Design Science Research. In vom Brocke, J., Hevner, A., Maedche, A. (Eds.), *Design Science Research. Cases. Progress in IS*. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1