

# A COMPANY COMPASS 2.0 – IPAR 4.0 ÉRETTSÉGI MODELL ÉS ALKALMAZÁSÁNAK TAPASZTALATAI

## COMPANY COMPASS 2.0 – INDUSTRY 4.0 MATURITY MODEL AND ITS APPLICATION

Számos Ipar 4.0-hoz kapcsolódó kutatás zajlik napjainkban. A terület szakirodalmá jelentős, több Ipar 4.0 érettségi modell ismert a vállalatok ipari digitalizációs felkészültségének azonosítására. E modellek elméleti háttere, fókusza és dimenzió szerkezete azonban eltérő, kritikájuk többek között a túlságosan technológiai szempontú megközelítés és a testreszabhatóság hiánya. Ez a cikk egy olyan Ipar 4.0 érettségi modellt (Company Compass 2.0 (CCMS 2.0)) tárgyal, amely a fenti kihívásokra válaszol. A definiált nyolc dimenzióhoz tartozó érettségi szintek feltérképezése előre megadott súlyozott kérdések segítségével történik. A dimenziókhöz beavatkozási pontokat azonosítottak a szerzők. A beavatkozási pontokhoz tartozó kérdésekre adott válaszokból képezik az egyes dimenziók Ipar 4.0 érettségi értékét. A CCMS 2.0 érettségi modell újszerűségét a fenti keretrendszer adja; azon túl, hogy holisztikusan vizsgálják a vállalatok Ipar 4.0 érettségét, a további fejlődéshez szükséges beavatkozási pontok azonosítása is megtörténik. A cikkben bemutatják a modell alkalmazása során gyűjtött tapasztalataikat és a javasolt bevezetési folyamatot is egy nagy vállalat és egy KKV példáján.

**Kulcsszavak:** digitalizáció, Ipar 4.0, érettségi modell, Ipar 4.0 érettségi modell

The literature on Industry 4.0 maturity models is extensive. While the theoretical background, focus, and dimensional structure of the models vary, they are either overly technology-focused or lacking in customisation. The present study presents an Industry 4.0 maturity model (Company Compass 2.0 [CCMS 2.0]) that addresses the above deficiencies. The maturity of the eight dimensions of CCMS 2.0 is measured using a questionnaire with predefined weights. Intervention points were set for each dimension. The CCMS 2.0 maturity model is innovative because it offers a holistic assessment of Industry 4.0 maturity and intervention points that can be used for future development and growth. The authors describe their experience of applying CCMS 2.0 and recommend a process of implementation for all organisations (including SMEs).

**Keywords:** digitalization, Industry 4.0, Industry 4.0 maturity, organisation, strategy, technology

### Finanszírozás/Funding:

A cikk a TKP2020-NKA-02 projekt támogatásával készült. A TKP2020-NKA-02 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program finanszírozásában valósult meg. A TKP2020-NKA-02 projektben Kő Andrea és Kovács Tibor vettek részt.

The article was supported by the TKP2020-NKA-02 project. Project No. TKP2020-NKA-02 was implemented by supporting from the National Research Development and Innovation Fund, financed by the Thematic Excellence Program. Andrea Kő and Tibor Kovács participated in the TKP2020-NKA-02 project.

### Szerzők/Authors:

Dr. Nick Gábor<sup>1</sup> (gabor.nick@epicinnolabs.hu) ügyvezető igazgató-helyettes; Dr. Kovács Tibor<sup>2</sup> (tibor.kovacs@uni-corvinus.hu) egyetemi docens; Dr. Kő Andrea<sup>2</sup> (andrea.ko@uni-corvinus.hu) egyetemi tanár

<sup>1</sup>EPIC InnoLabs, Magyarország (Hungary)

<sup>2</sup>Budapesti Corvinus Egyetem (Corvinus University of Budapest) Magyarország (Hungary)

A cikk beérkezett: 2022. 01. 25-én, javítva: 2022. 07. 25-én, elfogadva: 2022. 08.05-én.

The article was received: 25. 01. 2022, revised: 25. 07. 2022, accepted: 05. 08. 2022.

Számos Ipar 4.0-hoz kapcsolódó kutatás zajlik napjainkban, a terület szakirodalmá jelentős (Chikán et al., 2019; Demeter, Losonci, Nagy, & Horváth, 2019; Nagy, Tasner, & Kovács, 2021; Nagy, 2019; Oztemel & Gursey, 2020), ugyanakkor az Ipar 4.0 érettségi modellek fejlesztése és gyakorlati alkalmazása kihívásokkal küzd (Machado

et al., 2019; Mittal, Khan, Romero, & Wuest, 2018). Az Ipar 4.0 fogalmának megjelenése a német kormány ipari fejlesztési programjához köthető<sup>1</sup>, az ipari digitalizációra vonatkozó alapok a 2011-es Hannoveri Vásáron jelentek meg először. Ekkortól használják a tudomány és az ipar szereplői aktívan és széleskörben az Industrie 4.0 (Kager-

mann, Lukas, & Wahlster, 2011; Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013), magyarul Ipar 4.0 kifejezést is. Az Ipar 4.0 fogalmára nincs egységesen elfogadott definíció. Az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform (NTP) 2017-es meghatározása szerint (The Industry 4.0 National Technology Platform, 2017):

„Az Ipar 4.0 fogalom a negyedik ipari forradalomra utal, amely a kiber-fizikai rendszereken, azaz a valós és virtuális valóság korábban nem létező integrációján alapulva a termékek teljes életciklusában az egész értéklánc új szintre emelt szervezését és szabályozását valósítja meg. Ez a ciklus az egyre inkább individualizálódó ügyfél-igényeket követi és kiterjed a termék koncepcionális tervezésétől, a megrendelésen, a termék fejlesztésén, gyártásán keresztül a végfelhasználóhoz való kiszállítáig, végül pedig az újrahasonosításig a folyamat minden állomására, beleértve a termékhez kapcsolódó szolgáltatásokat is. Mindennek az alapja az összes releváns információ valós idejű rendelkezésre állása, amely feltételezi az értéklánc objektumainak hálózatba kapcsoltóságát, valamint azt a képességet, hogy ezekből az adatokból minden időpontban az optimális értékfolyam meghatározható legyen. Az emberek, objektumok és rendszerek összekötése révén olyan dinamikus, valós időben optimalizált, önszervező és a vállalati kereteken túllépő, többletérték-termelő hálózatok jönnek létre, amelyek különböző kritériumok (költség, rendelkezésre állás és erőforrás-felhasználás) szerint optimalizálhatók.”

Az Ipar 4.0 a digitális információtechnológia elsősorban a gyártás és a logisztika területén történő kiterjedt alkalmazása abból a célból, hogy berendezései, folyamatai és a műveletek virtuális leképezése által lehetővé tegye azok szimulációját, fejlesztését, optimalizálását, automatizálását, valamint vertikális és horizontális integrációját a tágabb ökoszisztémába a rendelkezésre álló adatok bázisán. A szakirodalomban és a gyakorlatban több Ipar 4.0 érettségi modell jelent meg az elmúlt években (Akdil, Ustundag, & Cevikcan, 2018; Geissbauer, Vedso, & Schrauf, 2016; Gökalp, Şener, & Eren, 2017; Nick, Szaller, & Várgedő, 2020; Rafael, Jaione, Cristina, & Ibon, 2020; Santos & Martinho, 2019), ezek különböző elméleti háttérrel, dimenziókkal és érettségi szintekkel rendelkeznek. Az érettségi modellekben vannak tipikusan megjelenő dimenziók, mint a stratégia, a szervezet, a technológia, az IT, az okos gyár, az okos termék, az adat és a humán nézőpont. Több szerző felhívja ugyanakkor a figyelmet az Ipar 4.0 érettségi modellek hiányosságaira. Mittal et al. (2018) szerint az érettségi modellek általános megközelítést követnek, nem veszik figyelembe a KKV-szektor jellemzőit és az iparági sajátosságokat. Nick, Kovács, Kő, & Kádár (2021) felhívják a figyelmet arra, hogy az érettségi modellek túlzottan technológiai fókuszúak, nem veszik figyelembe a menedzsmentelvárásokat, továbbá egyes modellek túlzottan komplexek és nem követnek holisztikus megközelítést. Nick et al. (2020) a holisztikus megközelítést helyezik a középpontba a Company Compass (CCMS) 1.0 érettségi modellben.

Ez a cikk a Company Compass 2.0 (CCMS 2.0) Ipar 4.0 érettségi modellt és annak gyakorlati alkalmazását

mutatja be. A CCMS 2.0 érettségi modell egy már korábbi kutatás keretében kifejlesztett Ipar 4.0 érettségi modell (Company Compass (CCMS)) megújítása (Nick et al., 2020), az előző érettségi modell használata során gyűjtött tapasztalatok alapján. A CCMS-modell továbbfejlesztésére többek között a modell alapját képező kérdésbank komplexitása, a túlzott technológiai fókusz és a dimenziók meghatározásának további pontosítása miatt volt szükség. Az új CCMS 2.0 érettségi modell holisztikus szemléletű, integrálva az alábbi ipari digitalizációhoz köthető dimenziókat: valós és virtuális világ, stratégia, termékek és szolgáltatások, értéklánc, lokális erőforrások, humán tényező. A dimenziókhöz tartozó érettségi szintek feltérképezése előre definiált kérdések segítségével történik. A dimenziók alatt beavatkozási pontokat azonosítottunk. Az egyes kérdésekre adott válasz(ok) összessége határozza meg az adott beavatkozási pont tekintetében a kitöltő szervezet digitális felkészültségét. A CCMS 2.0 érettségi modell újszerűsége a fenti keretrendszerben rejlik, azon túl, hogy holisztikusan vizsgáljuk az Ipar 4.0 érettséget, a további fejlődéshez szükséges beavatkozási pontok azonosítása is megtörténik. A cikkben bemutatjuk a modell versenyszférában történt alkalmazása során gyűjtött tapasztalatainkat is.

## Az Ipar 4.0 érettségi modellek

A „felkészültség” (readiness) és az „érettség” (maturity) kifejezéseket az Ipar 4.0 szakirodalomban gyakran szinonimaként használják. Weiner (2009) a felkészültséget szervezeti szempontból egy olyan állapotként definiálja, amelyben a szervezeti szereplők szándéka, hozzáállása (willingness) és a képessége (able) is adott és megfelelő a cselekvés végrehajtására. A felkészültség értékelése általában a kockázatok, a lehetőségek, a kihívások és a siker korlátjainak azonosítását célozza meg (Pirola, Cimini, & Pinto, 2019). Becker, Knackstedt, & Pöppelbuß (2009) szerint az érettségi modellekbe és a felkészültség értékelésébe beletartozik a vállalat helyzetének objektív vizsgálata is. Az Ipar 4.0 érettségi modellek irányelveket és a megvalósítás keretrendszerét is megadják, kiegészítve az eredmények eléréséhez vezető lehetséges lépésekkel. Az Ipar 4.0 érettségi szintek így feltárják a vállalat pozícióját ezen a fejlődési úton, a következő szintekre való továbblépésre tett javaslatokkal is. Így az érettségi modell elősegíti a folyamatos fejlődést és megadja a vállalat összehasonlításának lehetőségét a versenytársakkal.

A szakirodalomban számos, az Ipar 4.0 felkészültség és érettség értékelésére szolgáló modell található (Castelo-Branco, Cruz-Jesus, & Oliveira, 2019; Mittal et al., 2018; Nick, Szaller, Bergmann, & Várgedő, 2019). Mittal et al. (2018) 15 különböző érettségi modellt vizsgáltak abból a szempontból, hogy azok milyen módszert alkalmaztak és milyen hiányosságokkal rendelkeznek. Ezek a modellek az Ipar 4.0 érettséget különböző szempontokból vizsgálják, kérdéseket és állításokat tartalmaznak az érettségre vonatkozóan. A szervezet vagy a vállalat e

kérdések és állítások alapján értékeli az érettséget, kiválasztva a megfelelő szintet a listából, ami általában 4-10 érettségi szintet tartalmaz. Az Ipar 4.0 érettség vizsgálati szempontjai a legtöbbször a következők: stratégia és szervezet, technológia, IT, okos gyártás, okos termékek, az adatok hasznosítása és az alkalmazottak. Néhány Ipar 4.0 modell további nézőpontokat is tartalmaz, így például a biztonsági eljárások (Rockwell Automation, 2014), a teljesítmény (Jung, Kulvatunyou, Choi, & Brundage, 2016), vagy a vevők (Schumacher, Erol, & Sih, 2016). A kérdések és állítások száma nagymértékben különbözik az egyes modellek esetében: míg a VDMA online önértékelési kérdőíve (Lichtblau et al., 2015) mindössze 18 elemet tartalmaz, van olyan érettségi modell, amely 65 kérdésre épül (Schumacher et al., 2016). A VDMA online önértékelési kérdőíve (Lichtblau et al., 2015) esetében a 18 kérdés hat szempont szerint lett csoportosítva, ahol végeredményként az előre definiált hat érettségi szint (outsider - kívülálló, beginner - kezdő, intermediate - középhaladó, experienced - haladó, expert - szakértő, top performer - csúcsteljesítmény) egyikébe kerül a szervezet besorolásra. A VDMA-modell hat szempontja: stratégia és szervezet, munkatársak, okos gyár, okos működtetés, okos termékek, valamint az adatokon alapuló szolgáltatások. A kérdőív célja az, hogy a vállalat önértékelés keretében ellenőrizhesse pozícióját az Ipar 4.0 területén, és megtehesse az első lépéseket az ipari digitalizáció irányába.

Az Ipar 4.0 érettségi modellekkel szemben számos kritikát fogalmaztak meg, ezek többek között a túlságosan technológiai irányultság, a menedzsmentszempontok elhanyagolása és a testreszabhatóság hiánya (Mittal et al., 2018). Schumacher et al. (2016) a Fraunhofer Austria munkatársainak megoldása, ezen hiányosságokat kívánta pótolni. Az általuk alkotott modell 62 kérdést (érettségi állítást) tartalmaz kilenc szervezeti szempontra, és az Ipar 4.0 érettséget öt szinten méri gyártóvállalatok esetében. A javasolt Ipar 4.0 érettségi modellt egy tízlépéses megvalósítási keretrendszerrel és stratégiai iránymutatással is kiegészítették. Ezt a modellt sikeresen alkalmazták több osztrák vállalatra is (Nick, Gallina, Szaller, Várgedő, & Schumacher, 2019; Schumacher, Nemeth, & Sih, 2019).

A hazai Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform (NTP) 2017 tavaszán indította el kérdőív projektjét (Nick, Szaller et al., 2019), amely hazánkban eddig még soha nem alkalmazott mélységben tárta fel az egyes vállalatok technológiai és üzleti érettségét a digitalizáció szempontjából, illetve adott képet a vonatkozó makrógazdasági fejlődés jelenlegi irányairól.

A projekt elsődleges szakmai célja a következő tényezők felmérése volt:

- a (gyártó)ipar és a stratégiai gazdaságirányítás igényei és elvárásai,
- az Ipar 4.0 ismertségének, elfogadottságának és bevezetésének jelenlegi helyzete mind az egyedi vállalatok, mind a nemzetgazdaság szintjén,
- Ipar 4.0 specifikus K+F és innovációs potenciál,
- a növekedési potenciál és ennek feltételei.

A kérdőív három főrésze tagozódik a fent definiált szakmai célból levezethető módon:

- a kitöltő vállalatot, szakmai szervezetet jellemző-gazdálkodási és statisztikai adatok bevezető csoportja,
- vállalati (mikro)szinten a kitöltő vállalatok egyedi Ipar 4.0 képességeinek felmérésére alkalmas kérdések csoportja,
- makroszinten a magyarországi helyzet átfogó megismerését és segítését célzó kérdések csoportja.

Basl & Doucek (2019), Hizam-Hanafiah, Soomro, & Abdullah (2020), valamint Pacchini, Lucato, Facchini, & Mummolo (2019) több mint húsz érettségi modell összehasonlító elemzését végezték el szisztematikusan irodalomlemezés módszerével. Mittal et al. (2018), valamint a VDMA (2016) is felhívja a figyelmet a kis- és középvállalatok (KKV) fontosságára az Ipar 4.0 szempontjából. Míg a KKV-k biztosítják az ipar hajtóerejét, egyben kiszolgáltatottak is az Ipar 4.0 által okozott változásoknak. Így állításuk szerint azok az Ipar 4.0 érettségi modellek az igazán értékesek, melyek figyelembe veszik a KKV-k speciális igényeit és alkalmazkodnak azokhoz. Így az érettségi modellekkel kapcsolatos elvárások:

- az érettségi modelleknek figyelembe kell venniük a KKV-k és a nagyvállalatok közötti különbségeket,
- az egyszerű önértékelési eszközöknek nagyfokú hiányosságai figyelhetők meg a komplex érettségi modellekkel összevetve,
- a KKV-k sajátos támogatást igényelnek az érettség kezdeti értékelését követően.

A termék, amelyet a vállalat előállít, meghatározza, hogy melyek azok a releváns területek, amelyeket az érettségi modellben figyelembe kell venni. A vállalatok nem csak termékeket, de hozzájuk kapcsolódó szolgáltatásokat is nyújtanak. Az okos termékek a bennük rejlő digitális tulajdonságok segítségével komplex feladatokat látnak el, egyedi szolgáltatásokat nyújthatnak. Az Ipar 4.0 érettség annak hagyományos definícióját követve nem mindig értelmezhető és mérhető az ökoszisztéma minden szereplője esetében, ettől függetlenül azok fontos szerepet kapnak. Így míg például a kutatóintézetek és egyetemek aktív szerepet tölthetnek be a kutatás, fejlesztés és az innováció területén, számos érettségi terület (mint pl. a termelés ütemezése) esetükben nem értelmezhető. Szakértői szövetségek, társulási szövetségek vagy a munkavállalók érdekképviseletének a figyelembevétele hasonló problémát jelenthet, mert nincsenek az érettségi modellek fókuszpontjában, és lehet, hogy nem rendelkeznek iparág-specifikus digitalizációs stratégiával sem. A különböző területen működő vállalatok sajátos tulajdonságokkal rendelkezhetnek (mint pl. méretük, iparáguk, kultúrájuk), így előnyös, ha az érettségi modelleket ezekre a speciális igényekre szabják (1. táblázat).

A szakirodalomban található érettségi modellek áttekintése

Szakirodalmi forrás	Az érettségi modell dimenziói és szintjei	Hiányosság
<b>Akdil, Ustundag, &amp; Cevikcan (2018)</b>	Három dimenziós modellt javasolnak az Ipar 4.0 felkészültségi indexben: (1) okos termék és szolgáltatás, (2) okos folyamatok (3) stratégia és szervezet. Négy érettségi szintet (0-3) különböztetnek meg.	A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg.
<b>Schuh, Anderl, Gausemeier, ten Hompel, &amp; Wahlster (2017) Acatech modell</b>	Hat érettségi szintet leíró, a digitalizációs képességeket előtérbe helyező Ipar 4.0 érettségi index, az egymással nem kommunikáló digitalizációs megoldásoktól kezdő szintről indulva a változásokra reagáló alkalmazkodóképes vállalat legfelső szintig. Négy kulcsterületet emelnek ki a szerzők az Ipar 4.0 képességek szempontjából: (1) erőforrás, (2) információrendszer, (3) szervezeti struktúra (4) szervezeti kultúra.	A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg.
<b>Rafael et al. (2020)</b>	A Lichtblau et al. – IMPULS, 2016 megközelítést adaptálták a szerzők a gépipari vállalatok Ipar 4.0 felkészültségének vizsgálatára.	A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg. Az Ipar 4.0 állapot elérési lépéseit nem részletezik.
<b>Santos &amp; Martinho (2019)</b>	Ötdimenziós 41 változóra építő érettségi modell: (1) szervezeti stratégia, struktúra és kultúra, (2) alkalmazottak, (3) okos gyár, (4) okos folyamatok, (5) okos termékek és szolgáltatások.	A validáció kis létszámú ipari szakértői csapat részvételével történt. A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg.
<b>Gökalp, Şener, &amp; Eren (2017)</b>	Ötdimenziós érettségi modell: (1) eszközök (asset management), (2) adat (data governance), (3) alkalmazások (application management), (4) folyamatok (process transformation), (5) szervezet (organizational alignment). Hat érettségi szintet különböztetnek meg a 0 – (hiányos) szinttől az 5 (optimális) szintig.	Az Ipar 4.0 felkészültség értékelési lépéseivel nem foglalkoznak. A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg.
<b>Rockwell Automation (2014)</b>	Négy technológiai dimenziót tartalmazó modell: (1) informatikai infrastruktúra beleértve a hardvert és a szoftvert is, (2) adatgyűjtő, továbbító és kontrolleszközök (pl. szenzorok), (3) hálózati és kommunikációs megoldások, (4) biztonsági eljárások. Ötszintű érettségi modell: (1) értékelés, (2) biztonságos és hálózat és kontrollok, (3) szervezett struktúrálát adatvagyon, (4) elemzés/analitika, (5) együttműködés.	Az Ipar 4.0 felkészültség értékelése hiányzik. Kizárólag technológiai fókuszú. A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg.
<b>Schumacher et al. (2016)</b>	Kilencdimenziós érettségi indexet adnak meg, az alábbi dimenziókkal: (1) stratégia, (2) vezetés (leadership), (3) ügyfél, (4) termék, (5) üzemeltetés, (6) kultúra, (7) alkalmazottak, (8) irányítás (governance), (9) technológia.	A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg.
<b>Lichtblau et al. (2015)</b>	Hat dimenzióban vizsgálják az Ipar 4.0 felkészültséget (1) stratégia és szervezet, (2) okos gyár, (3) okos üzemeltetés, (4) okos termék, (5) adatvezérelt szolgáltatás, (6) alkalmazottak. Öt felkészültségi szintet különböztetnek meg a kívülállótól a top teljesítőig.	A KKV-nézőpontot nem vizsgálják. Beavatkozási pontokat, fejlesztési javaslatot nem adnak meg. Az Ipar 4.0 állapot elérési lépéseit nem részletezik.
<b>Geissbauer, Vedso, &amp; Schrauf (2016)</b>	Online felmérés, amelyben hét Ipar 4.0 dimenziót vizsgáltak: (1) digitális üzleti modellek, ügyfél elérés, (2) termék- és szolgáltatásdigitalizáció, (3) értéklánc-digitalizáció, (4) az adatelemzés, mint alapképesség, (5) agilis IT-architektúra, (6) a biztonsági, törvényi szabályozásnak való megfelelés, (7) alkalmazottak, digitális kultúra.	A dimenziókhoz tartozó komponensek bemutatása hiányzik, az Ipar 4.0 fejlesztési lépések nincsenek megadva.

Forrás: saját szerkesztés

Összegezve a vizsgált Ipar 4.0 érettségi modellekkel kapcsolatban a következő hiányosságok állapíthatók meg:

- azok leginkább technológiára összpontosítanak, a menedzsment és a szervezeti szempontokat figyelmen kívül hagyják,
- a vállalat méretét, különösen a kis- és középvállalatok tekintetében nem veszik figyelembe,
- nem foglalkoznak a termelés eltérő típusából eredő különbségekkel, különös tekintettel a vegyiparra és az élelmiszeriparra,

- nem vizsgálják a vállalat típusából adódó különbségekkel, így pl. azzal, hogy azok szolgáltató vagy termelő vállalatok,
- figyelmen kívül hagyják a termék típusából és összetettségéből eredő különbségeket,
- a kérdéseket és így válaszalternatíváikat, noha több területre is vonatkozhatnak, kizárólag egy kiválasztott dimenzióban veszik számba,
- nem tartalmaznak beavatkozási, továbbfejlesztési lépéseket.

A fenti hiányosságok kiküszöbölésére hozták létre a Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet (SZTAKI) és a német Fraunhofer Intézet non-profit közös vállalatánál, az EPIC InnoLabs Kft.-nél, azt a CCMS (Company CoMpaSs) 1.0 modellt (Nick et al., 2020), amely már tartalmaz válaszokat a felsorolt szempontok esetében is. A modell három pilléren nyugszik, ezek: *Ökoszisztéma*, *Értékkeremtés*, *Érték*. Definíciójuk szerint az ipari digitalizáció lényege alapvetően a *Valós* és a *Virtuális világ* szoros összefonódása, melynek középpontjában az *Embert* találjuk. E három között elválaszthatatlan kapcsolatot teremt a közöttük áramló *Adat*, melyből *Információ*, majd a végül *Tudás* áll elő. E három dimenzió jellemzi az *Értékkeremtést*, itt történik az inputok átalakítása a kívánatos output érdekében.

Az *Ökoszisztéma* biztosította bemeneti erőforrások között a szervezet *Stratégiáját* és valamennyi *Lokális erőforrást* (pl. infrastruktúra-elemek, jogi környezet stb.) vesszük számba. A kimeneti oldalon jelenik meg az általunk előállított *Érték*, okos *Termék* és/vagy *Szolgáltatás* formájában, valamint itt találjuk a horizontális integrációt megvalósító *Értéklánc* dimenziót, mely alapvetően a beszállítókkal és üzleti partnerekkel, de ugyanúgy a vevőkkel is foglalkozik (2. táblázat).

2. táblázat

A CCMS 1.0 modell felépítése

A kérdőív pillérei	Az adott rész célja	Kapcsolódó dimenziók
I. Ökoszisztéma	A felmérés tárgyát képező vállalatot jellemző gazdasági és statisztikai adatok, stratégiáját jellemző kérdések csoportja, melyben megtaláljuk még a lokális környezet átfogó megismerését célzó kérdések csoportját is.	Lokális erőforrások Stratégia
II. Értékkeremtés	Mikroszinten a kitöltő vállalatok egyedi Ipar 4.0 képességeinek felmérésére alkalmas kérdések csoportja. Számba vesszük az értékkeremtéshez szükséges fizikai erőforrásokat, a virtuális világhoz tartozó folyamatokat, valamint a mindezeket összekapcsoló, az adatokat értelmezni és a rendszert irányítani képes ember ismérveit.	Valós Világ Virtuális Világ Ember
III. Érték	Az okos termékek és szolgáltatások, valamint a velük szoros kapcsolatban levő vevők, beszállítók és üzleti partnerek aktuális ismérveit vesszük itt számba.	Termékek és szolgáltatások Értéklánc

Forrás: saját szerkesztés

Minden dimenzió nyolc beavatkozási pontból áll, melyek az adott dimenzió karakterisztikájának leírására szolgálnak. Jelen kutatásunk során a fenti hiányosságok figyelembevételével fejlesztettük ki a bemutatásra kerülő CCMS 2.0 (Company CoMpaSs 2.0) Ipar 4.0 érettségi modellt, mely alapvetően az alábbi pontok tekintetében tekinthető új tudományos eredménynek:

- teljes mértékben pontosítottuk a dimenziók definícióját és részben elnevezéseiket,
- csökkentettük a beavatkozási pontok számát és tartalmukat újra értelmeztük,
- újra fogalmaztuk a kérdőív kérdéseit és számosságukat csökkentettük,
- keretrendszerbe foglaltuk a kérdőívet, tudásmeandzsment és stratégiai megalapozás tevékenységekkel kiegészítve azt.

## A kutatás módszertana

A kutatásunkban bemutatott CCMS 2.0 fejlesztés módszertani szempontból épít Teichert (2019) Digital Service Transformation Maturity (DSTM) fejlesztési megközelítésére, a design science módszertan informatikai kontextusú fejlesztési ciklusára (Wieringa, 2014) és az esettanulmány-alapú módszertanra (Yin, 2017) is. Teichert (2019) hat részfolyamatból álló fejlesztési megközelítést javasol egy digitális transzformáció érettségi modell kialakítására a szolgáltató szervezetekben: 1) a szakterület, típus (scope) meghatározása, 2) tervezés, 3) a tartalom meghatározása (populate), 4) teszt, 5) telepítés és 6) karbantartás.

Kutatásunk során a fenti megközelítéseket alapul véve testreszabott fejlesztési ciklust követtünk, amelynek fontosabb részfolyamatai:

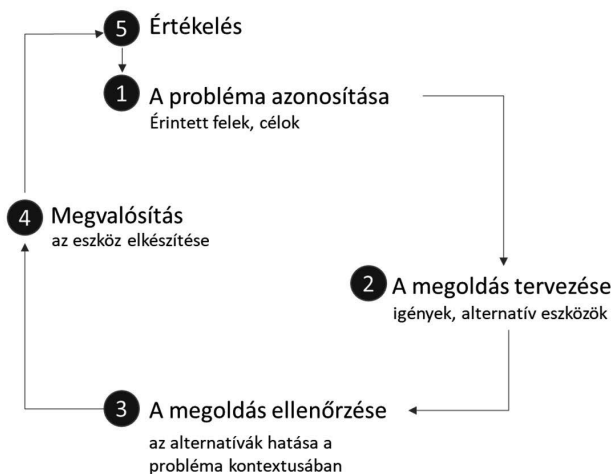
- Típus meghatározása és a probléma vizsgálata. Milyen hiányosságokat, problémákat és kihívásokat állapíthatunk meg a szakirodalom alapján és a korábbi Ipar 4.0 érettségi modellekben? (A fontosabb hiányosságokat az előző szakaszban foglaltuk össze.)
- A problémakezelő eljárás, keretrendszer tervezése – a CCMS 2.0 fogalmi keretrendszer megtervezése.
- A problémakezelő eljárás tesztelése és validálása. Ez a keretrendszer megoldást ad a problémára? Ebben a részfolyamatban a CCMS 2.0 szakértői értékelése történt meg, a megoldást szakterületi kutatói csapat használta és értékelte, továbbá a fejlesztésre is javaslatot tett.
- A problémakezelő eljárás implementálása – a CCMS 2.0 rendszer fejlesztése.
- A megvalósított eljárás értékelése. Milyen sikeres a probléma kezelése? Ez a lépés a CCMS 2.0 megoldás értékelését jelenti egy valós vállalatnál.
- Ez a ciklus iteratív, az értékelés során kapott visszajelzéseket beépítjük a CCMS 2.0 újabb verzióiba (1. ábra).

A kutatás során egy teljes ciklust végrehajtottunk, az értékelés során kapott eredményeket esettanulmányok segítségével dolgozzuk fel. Az esettanulmány-alapú megközelítés gyakran alkalmazott megoldás, ha újszerű jelenséget

szeretnénk valós környezetében megismerni (Horváth & Mitev, 2015). Az esettanulmány elkészítéséhez számos adatforrást felhasználtunk (CCMS2.0 kitöltött kérdőív, interjú, vállalatlátogatás). A szerzők személyes workshop-sorozat keretében találkoztak a vizsgált vállalatok felső vezetőivel és lehetőségük volt közösen elemezni a felmérések eredményeit.

1. ábra

**A CCMS 2.0 modell fejlesztési ciklusa**



Forrás: saját szerkesztés

**A CCMS 2.0 (Company CoMpaSs 2.0) Ipar 4.0 érettségi modell**

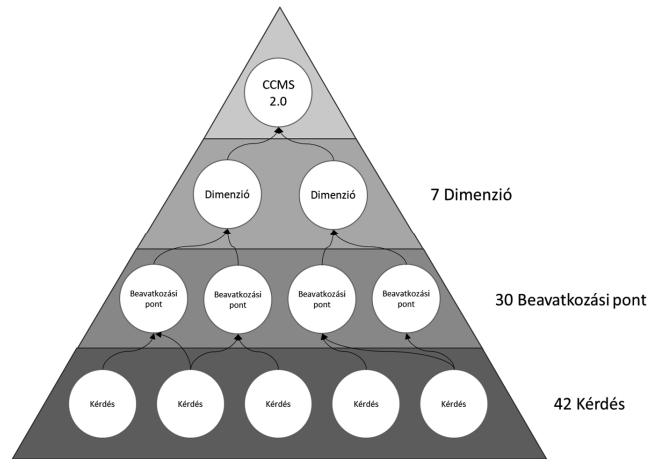
A CCMS 2.0 nemcsak egy érettségi modell, hanem egyben egy az érettségi modell bevezetését támogató keretrendszer is. A modell holisztikus szemléletű, alapját (2. ábra) a dimenziók adják, amelyek az ipari digitalizáció különböző aspektusait reprezentálják. A dimenziókhöz beavatkozási pontokat azonosítottunk, így a vállalat kézzel fogható segítséget kap a folyamatos fejlődéshez. A beavatkozási pontok érettségi szintjének feltérképezése előre definiált kérdések segítségével történik. A kérdések súlyozottak, iparágtól függően testreszabhatók. Végeredményben az egyes kérdésekre adott válasz(ok) egysége határozza meg az adott beavatkozási pont tekintetében a kitöltő szervezet digitális felkészültségét.

A modellt 7 dimenzió, 30 beavatkozási pont és 42 kérdés alkotja. Minden dimenzióhoz öt beavatkozási pont tartozik, amelyek az általunk feltárt, az Ipar 4.0 érettséget befolyásoló kritikus területeket határoznak meg, mintegy rámutatnak az adott dimenzió kulcsterületeire. A vállalat döntéshozói egyedi lépéseket tehetnek e beavatkozási pontok esetében, azért, hogy befolyásolják Ipar 4.0 érettségüket. Szándékosan használjuk a „befolyásolás” kifejezést, mivel lehetséges, hogy az Ipar 4.0 érettség bizonyos területeken magasabb az indokoltnál, ami így az egyensúly felborulásához, a szervezet számára rendelkezésre álló erőforrások elvesztegetéséhez vezet, és végeredményben nem felel meg a fenntarthatóság elvárásának. A beavatkozási pontok összehangolt és tudatos, holisztikus szemléletű fejlesztése hozzájárul a vállalat Ipar 4.0 érettségének

fokozásához, vállalati ipari digitalizációs stratégiaterkép megalapozásához, végeredményben a termelékenység és a versenyképesség növeléséhez.

2. ábra

**A CCMS 2.0 modell struktúrája**

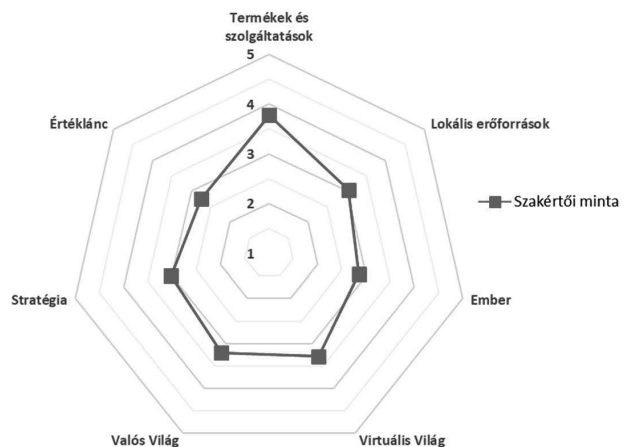


Forrás: saját szerkesztés

Az egyes dimenziók érettségi szintjét egy 42 kérdést tartalmazó, kérdőíven alapuló mérőeszköz segítségével állapítottuk meg (2. ábra). A kérdőívben alkalmazott kérdések között forma tekintetében zárt, mérési szintek tekintetében pedig nominális, ordinális és arányskála típusú kérdések egyaránt (Babbie, 2017) megtalálhatók. Az anonim online önkitöltős empirikus kutatás előnye, hogy mentes a kérdezőbiztos szubjektív hatásaitól és azonnali adatelemzésre alkalmas, hátránya viszont, hogy célcsoporton kívüli hamis kitöltések történhetnek. Minden kérdést hozzárendeltünk egy elsődleges beavatkozási ponthoz, illetve egy vagy több másodlagos beavatkozási ponthoz is, lehetővé téve, hogy viszonylag kisszámú kérdéssel széles terület vizsgálatát.

3. ábra

**Érettségi szintek dimenziók szerint, szakértői minta**

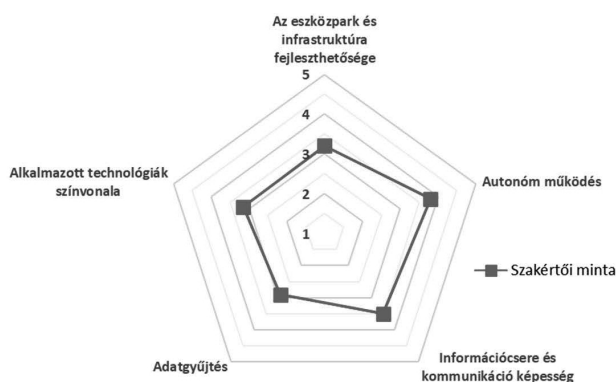


Forrás: saját szerkesztés

Az egyes beavatkozási pontokhoz tartozó kérdéseket súlyozzuk, biztosítva, hogy az egyes területek viszonylagos fontossága megfeleljen az irodalmi áttekintésből szerzett tapasztalatoknak. Az egyes dimenziókon belül megjelenő beavatkozási pontokat szintén súlyozzuk, azok ipari digitalizációs innovatív hatásuk alapján. A teljes rendszeren belül az egyes dimenziókat azonban nem súlyoztuk, mivel azok egyformán fontosak a vizsgált szervezet Ipar 4.0 érettsége szempontjából.

4. ábra

**Eredmények beavatkozási pontok szerint, szakértői mintaadatok**



Forrás: saját szerkesztés

A modell eredményei mind a dimenziók, mind pedig a beavatkozási pontok szintjén riportolhatók, megjeleníthetők (3. ábra, 4. ábra). A 3. és a 4. ábra mutatja a szakértői csapat (öt ipari és hét tudományos munkatárs – 40% műszaki mérnöki; 35% közgazdasági, 25% mindkettő végzettségű; 70% PhD 30% MSc-fokozatú) által végzett értékelés eredményét, melynek során azt vizsgálták, hogy mi lenne az érettség ideális szintje. Az eredményeket megjelenítve nemcsak az egyes dimenziók értékeiben megfigyelhető különbségek lesznek szembeűnők, hanem az egyes dimenziókon belül, a beavatkozási pontok eltérő értékei is. A szakértő csoport által végzett értékelés így mint egy alapelvárásnak, ipari célértéknek is tekinthető, melyet szakértői (baseline) szintként hivatkozhatunk. Az ábrákon az egyes dimenziókhöz tartozó érettségi szinteket 1-5 skálán értékeltük és ábrázoltuk, ahol az 1-es szint a legalacsonyabb (kívülálló, kezdő) míg az 5-ös szint a legmagasabb (csúcsteljesítők).

**A modell dimenziói és beavatkozási pontjai**

A CCMS 2.0 érettségi modell, holisztikus szemléletet követ, az alábbi ipari digitalizációhoz köthető dimenziókat tartalmazza: valós és virtuális világ, stratégia, termékek és szolgáltatások, értéklánc, lokális erőforrások, humán tényező. Az alábbiakban röviden megadjuk az egyes dimenziók – ipari tapasztalatok alapján – pontosított értelmezéseit, valamint a hozzájuk újonnan definiált beavatkozási pontok meghatározását.

*Valós világ:* az ellátási lánc (gyártás) berendezései rendelkeznek azokkal a kiber-fizikai rendszerekkel, melyek lehetővé teszik a folyamatok virtuális világba történő le-

képezését, azok abban történő elemzését, szimulációját, működtetését, valamint vertikális és horizontális integrálását a tágabb ökoszisztémába. A valós világ dimenzió beavatkozási pontjai és meghatározásuk:

- autonóm működés: a gyártóberendezések és robotok képesek autonóm működésre (az igényelt feladatot elvégzik és/vagy visszajeleznek rendelkezésre állásukról),
- az eszközpark és infrastruktúra fejleszthetősége: az eszközpark a jövőbeli, változó igényeknek megfelelően új funkciókkal fejleszthető, bővíthető,
- adatgyűjtés: a berendezések rendelkeznek szenzorokkal, melyekkel környezetük és önmaguk állapotát figyelemmel kísérik és adatokat gyűjtenek és továbbítanak a berendezések állapotáról, a folyamatok működéséről,
- információcsere és kommunikációképesség: az IT-infrastruktúra, a hálózati és a szoftverkörnyezet támogatja a berendezések adatgyűjtését; a berendezések rendelkeznek szabványos, megfelelő biztonsági szinttel rendelkező, digitális kommunikációs eszközökkel, melyekkel be tudnak épülni az ökoszisztémába,
- alkalmazott technológiák színvonala: a vállalat alkalmazza a legújabb hardver és gyártástechnológiákat a gyártás, a logisztika és az üzemvitel támogatására.

*Virtuális világ:* Létezik az ellátási lánc (gyártás) folyamatainak, tevékenységeinek virtuális leképezése azok optimalizálásának, automatizálásának, szimulációjának és távműködtetésének céljából. A valós és a virtuális világ között az adat hozza létre a kapcsolatot, kelti életre a virtuális világot. A virtuális világ dimenzió beavatkozási pontjai és meghatározásuk:

- adatgyűjtés és adattárolás: a berendezések működéséről, a vállalaton belüli folyamatokról, valamint az ökoszisztéma szereplőtől származó adatokat olyan módon gyűjtik és tárolják, mely lehetővé teszi az automatikus adatfeldolgozást,
- a gyűjtött adatok felhasználása: a vállalat a termék előállításánál gyűjtött adatait felhasználja a folyamatok fejlesztésére, optimalizálására és döntéstámogatásra,
- digitális leképezés: a vállalat gyártási és logisztikai folyamatait olyan digitális modellekbe rendezi, mely lehetővé teszi azok autonóm felhasználását és összekapcsolhatóságát a vállalat szereplői és berendezései számára,
- automatizált és intelligens folyamatok: a vállalat folyamatait olyan módon automatizálja, melyben a munkatársak elsődleges szerepe a folyamatok validálása, fejlesztése és javítása szűkíti; a vállalat kihasználja, a mesterséges intelligencia adta lehetőségeket gyártási és logisztikai folyamatai, valamint belső működése fejlesztésére és vezérlésére, az intelligens folyamatok képesek adaptív módon alkalmazkodni a környezet változásaihoz,
- a vállalat biztonságtudatossága: a vállalat informatikai rendszerei kielégítik az üzleti követelményeknek

megfelelő alapvető biztonsági célokat (bizalmasság, integritás megőrzése, folyamatos rendelkezésre állás, a törvényeknek, szabályozási környezetnek, szabványoknak való megfelelés).

Az ember rendelkezik azokkal a képességekkel, hogy a versenyképesség fenntartása és javítása céljából kihasználja a valós és a virtuális világ által adott lehetőségeket, lehetővé tegye az integrálódást az ökoszisztémába. Ezek többek között az analitikai, modellezési és szimulációs képességek. Az ember dimenzió beavatkozási pontjai és meghatározásuk:

- az ember helyzete a termelésben: az, hogy koordinálja, elemesse és fejlessze a folyamatokat, nem pedig, hogy kiszolgálja azokat,
- nyitottság az új technológiák iránt: az alkalmazottak készség szinten alkalmazzák a digitális technológiákat és nyitottak az új technológiák elsajátítására, alkalmazására,
- belső képzés: a vállalat képzési stratégiája erőforrásokat biztosít és aktívan menedzseli a munkavállalók felkészítését a digitális világ kihívásaira,
- munkavégzés a digitális térben: a vállalati stratégia része a távmunka és a mobilitás, melynek a vállalat biztosítja (műszaki) feltételeit,
- munkahelyi biztonság: a vállalat számára elsődleges a munkavállalók biztonsága és ehhez biztosít minden feltételt.

A termékek és szolgáltatások rendelkeznek olyan digitális tartalommal, ami elősegíti integrálódásukat az ökoszisztémába. Így tervezésük, keletkezésük és életük során digitális adatok képződnek a virtuális világban, valamint olyan digitális tartalommal rendelkezhetnek, többletértéket képvisel az ökoszisztéma szereplői számára. A termékek és szolgáltatások dimenzió beavatkozási pontjai és meghatározásuk:

- a termék digitalizáltságának foka: a termékek és szolgáltatások rendelkeznek olyan digitális képességekkel, mely megkönnyíti azok beépülését az ökoszisztémába és/vagy többletértéket hordoz az ökoszisztéma szereplői, a felhasználók számára,
- adatgyűjtés a termékről: a termékek életciklusa, illetve a szolgáltatások nyújtása során a vállalat digitálisan gyűjt adatokat a termék, illetve szolgáltatás működéséről, esetleges hibáiról a felhasználási körülmények kontextusában,
- a termékről gyűjtött adatok hasznosítása: a termék használata során keletkező adatokat a vállalat felhasználja a termék vagy a szolgáltatás előállítási folyamatának fejlesztéséhez; a termékekhez tartozó szolgáltatások, a hibaelhárítás automatizált módon, a termékről, illetve a szolgáltatás során gyűjtött adatokat felhasználva történik,
- ügyféligények megismerése: a termékek fejlesztése a legújabb digitális technológiákat, az ügyféligényeket és a termékről a felhasználás, illetve a szolgáltatás nyújtása során gyűjtött adatokat felhasználva történik, lehetővé téve a termék távolról történő, digitális fejlesztését,

- környezettudatos termék: a termék fejlesztése és előállítása során a termék környezetet terhelő hatása, fenntarthatósága elsődleges figyelmet kap.

A vállalat tevékenységei az adatmegosztás és a közösen működtetett rendszerek által integrálódnak az értékláncba, létrehozva egy, a vállalat határain túlmutató virtuális világot, mely elősegíti a kooperációt, a fenntarthatóság, a hatékonyság és a versenyképesség növelését. Az értéklánc dimenzió beavatkozási pontjai és meghatározásuk:

- partnerkapcsolatok digitalizáltsága: a partnerek digitális felkészültsége lehetővé teszi a vállalat gyártási és logisztikai folyamatainak olyan digitális modellekbe rendezését, hogy azok autonóm módon összekapcsolódjanak; a vállalat automatizált, autonóm folyamatai túlnyúlnak annak határain, azok az ökoszisztéma tevékenységeinek összehangolását, autonóm működtetését célozzák meg,
- partnerkapcsolatok erőssége: a vállalat partnerkapcsolatait a szoros integráció, a bizalom és az egymásra utaltság jellemzi; az ellátási lánc résztvevői egymást kiegészítő szolgáltatásokra specializálódnak,
- kutatás és innovációs hálózat: a vállalat aktívan együttműködik a kutatás-fejlesztési és innovációs területen az ellátási lánc szereplőivel és nyitott a tudásmegosztásra,
- pozíció az értékláncban: a vállalat hozzáadott értéket termel azáltal, hogy kitüntetett szerepet játszik az értékláncban, mestere annak, amit csinál, kiveszi a részét a terület fejlesztéséből,
- az ellátási lánc fenntarthatósága: az ellátási lánc környezetterhelésének csökkentése kitüntetett szerepet kap a stratégia megtervezésében és megvalósításában.

A szervezet felismeri, hogy az által használt *lokális erőforrások* egy ökoszisztéma részét képezik, így azok együttesen járulnak hozzá a versenyképességhez és fenntarthatósághoz. Ezen erőforrásokba beleértendő többek között a helyi szabályozási környezet, az oktatási és kutató intézmények, vagy a beszállítók megléte és műszaki színvonala. A helyi erőforrások dimenzió beavatkozási pontjai és meghatározásuk:

- infrastruktúra: a vállalat környezete rendelkezik azon infrastruktúrával (mint pl. 5G, autópálya, vasúti hálózat), mely szükséges működésének versenyképes fenntartásához,
- a szabályozási környezet: a jogszabályok, a szabványok, a rendeletek rendszere biztosítja a kiszámítható és versenyképes működést,
- pénzügyi erőforrások: a vállalat pénzügyi környezet stabil, és elérhető az az a pénzügyi erőforrások (mint pl. a pályázatok, a venture capital), amelyek a fejlesztések megvalósításához szükségesek,
- munkaerő: a vállalat környezetében rendelkezésre áll megfelelő számú és képzettségű munkaerő a folyamatos működés és a fejlődés biztosításához,
- együttműködési lehetőségek, attitűd: a vállalat környezetében vannak olyan partnerek, melyek hajlandóak és képesek együttműködni egy versenyképes értéklánc létrehozásában.



A vállalati *stratégia, szemlélet és kultúra* része annak felismerése, hogy a versenyképesség fenntartásához és fejlesztéséhez a virtuális világ lehetőségeinek kihasználására és így az ökoszisztémába történő integrációra van szükség. A vállalat szervezetének, képességeinek és folyamatainak fejlesztése így ennek előmozdítása érdekében történik. A stratégia dimenzió beavatkozási pontjai és meghatározásuk:

- HR-stratégia: a vállalat felismeri a digitalizáció okozta új HR-kihívásokat és azokat stratégiai szinten kezeli céljai elérése érdekében,
- Ipar 4.0 stratégia és fejlesztési célterületei: a vállalat rendelkezik Ipar 4.0 stratégiával és forrásokat biztosít az ebből a szempontból kiemelt területek trendjeinek figyelésére és digitális fejlesztésére,
- stratégia megvalósítása és kontrollingja: a vállalat erőforrásokat biztosít az Ipar 4.0 stratégia megvalósítására, megvalósulásának figyelemmel kísérésére belső és/vagy külső forrásokból,
- K+F+I törekvések: a vállalat kiemelten fontosnak tartja a kutatás-fejlesztést saját működése és termékei – szolgáltatásai fejlesztése érdekében,
- szemlélet, kultúra: a vállalat kultúrája agilis, nyitott az innovációra, támogatja a kísérletezést és az együttműködést versenytársaival és az ökoszisztéma szereplőivel.

A CCMS 2.0 modell segítségével történő értékelés eredménye, hogy a dimenziók mentén elért eredményekből származtatunk egy összesített értéket, amelynek alapján a VDMA (Lichtblau et al., 2015) által definiált kategóriákba soroljuk a vállalatokat. A minősítés szinteket határoz meg, melyeket mi rendre hozzárendeltünk az érettségi modellben elért értékekhez az alábbiak szerint:

- 0.-1. Outsider: a Kívülről, Kezdők,
- 1.-2. Haladók,
- 2.-3. Tapasztaltak,
- 3.-4. Szakértők,
- 4.-5 Cúcsteljesítők kategóriája.

Ipar 4.0 érettség tekintetében a négy (4) és öt (5) pont közötti minősítést szerző vállalat számtalan innovációt valósít meg a falain belül és kapuin kívül. Egy csúcsteljesítő vállalat ismérveit az alábbiak szerint foglalhatjuk össze. A gyártásban részt vevő személyek, gépek, tárgyak és rendszerek beágyazott intelligenciával és hálózati kapcsolattal rendelkeznek. A szenzorok folyamatosan szolgáltatják a valós idejű információkat a gyártási folyamatról, a big data megoldások segítségével pedig késlekedés nélkül meghozható a döntés, amely alapján megtörténhet a gyártási folyamat finomhangolása, rendszeres megújítása anélkül, hogy le kellene állítani a gyártósort. Növekszik a gyártási folyamatok rugalmassága, termelékenység, sebessége és minősége, beleértve az erőforrások optimális elosztását is. Lehetővé válik a nagyszorozatú termelésbe ágyazott kissozozatú vagy egyedi termékek gazdaságos legyártása. Az autonóm járműveket és robotokat alkalmazó automatizált logisztika alkalmazkodik a gyártás igényeihez. A gyártósoron dolgozó robotok önállóan képesek kiszolgálni egy-

mást a szükséges alkatrészekkel, esetleges hiba előfordulásakor akár az egész folyamatot, gyártósort meg tudják állítani. Az okos termékek ismerik saját gyártási folyamatukat, adatokat gyűjtenek és szolgáltatnak az értéklánc valamennyi tagjának, melyek optimalizációra, innovációra adnak lehetőséget. A piacon bárki számára elérhető technológiai megoldások (pl. 3D-nyomatók, okos szemüvegek, szenzorok, szoftverek, vállalatirányítási rendszerek), beszerzésével még nem tekinthető egy projekt megvalósult Ipar 4.0 fejlesztésnek. A meglévő rendszerbe, különböző területekre, egyedi megoldásokkal történő integrálásuk viszont már annak értelmezhető. Ehhez azonban elengedhetetlen, hogy az adott vállalat rendelkezék mindazokkal a megfelelő alapokkal, feltételekkel, mint a vertikális struktúra, a gépek hálózatba kötése, az adatgyűjtés, adattárolás.

### A CCMS 2.0 bevezetési keretrendszer és folyamat

Az adatfelvétel önmagában szükséges, de nem elégséges egy adott vállalat Ipar 4.0 érettségének objektív megismeréséhez. Az érettségi modellt kiegészítettük egy, a bevezetését támogató keretrendszerrel, bevezetési gyakorlattal is. Az online kérdőív kitöltése előtt workshopon vesznek részt azok a munkatársak, akik véleménye érték- és mértékadó a szervezet Ipar 4.0 érettsége szempontjából, ahol is a kérdések áttekintésére, a vonatkozó Ipar 4.0 terminológia tisztázására, a közös fogalmi alap megteremtésére kerül sor. A felmérés teljeskörűsége szempontjából lényeges, hogy a szervezet minden (alap- és támogató funkciókat betöltő) egysége képviselve legyen, úgy felső és középvezető, mint szakértő, kulcsszereplő szinten az adatfelvételben. A majdani kitöltőknek egységes és homogén tudással kell rendelkezniük az ipari digitalizáció trendjeiről, kulcsfolyamatairól, alapvető fogalmairól különben a feltett kérdéseket nem, vagy csak részben lesznek képesek értelmezni, mely téves válaszokat és így nem valós eredményt tükröz majd vissza a vállalatról. Ennek az elméleti alapotnak a bázisán kerül sor a folyamat következő lépésére, a kérdések egyenkénti értelmezésére.

Valamennyi kérdést és az adott kérdésre vonatkozó valamennyi válaszlehetőséget – a fejlesztési folyamat metodológiájának megfelelően – egy workshop keretében. Itt lehetőséget adunk a fókuszcsoport részvevői közül – kérdésenként – egy főnek az adott kérdés kapcsán véleménye rövid kifejtésére és teret engedünk egy, maximum két ellenvélemény felvillantására, ütköztetésére is. A konfrontatív diskusszió eredményeképpen a felszólalók álláspontjai erősödhetnek, vagy akár meg is változhatnak, a passzív hallgatókban új szempontok merülhetnek fel. A moderátor szerepe kiemelt, vezeti és szabályozott keretek között tartja a vitát. Lényeges, hogy nem kell, sőt nem is szabad egy konklúziót megfogalmazni, tekintve mindenki szuverén joga lesz majd a kitöltés során az általa „igaznak” tartott válaszalternatíva jelölése.

A fenti tudástranszfer-eseményeket szerencsés szervezettel és a hierarchia szerint is vegyes, maximum 15-20 fős csoportokkal végrehajtani. Az ipari digitalizá-

ció nemcsak a termelő és logisztikai részlegeket, hanem a vállalkozás egészét érinti, így szükséges, hogy a teljes menedzsment aktívan részt vegyen benne, legyen elkötelezett mellette.

Az online kérdőív kitöltése, az anonimitás szigorú garntálása mellett egyénileg történik. Erre mindenképpen kellő mennyiségű időt, nagyságrendileg egy hetet javasolt adni. A kitöltési időszakban, igény esetén nemcsak a moderátor, hanem a vizsgálat tárgyát képező vállalkozás szakértői is a kitöltők rendelkezésére állnak. Utóbbiak feladata a szakterületi kérdések megválaszolásának támogatása a rendelkezésükre álló belső információk birtokában pl. pénzügyi felelős számvitelt, gyártó mérnök termelést érintő területen tud felvilágosítást adni, az őt megkereső kollegájának. Ez ugyan extra terhelést jelenthet a megkeresetteknek nézve, ugyanakkor tudáshomogenizálási, együttműködést erősítő hozzáadéka – eddigi gyakorlatunk és a projektszponzorok visszajelzései alapján – megkérdőjelezhetetlen. A kérdőív ismérve továbbá, hogy valamennyi választ rövid szöveges formában indokolni, hivatkozni kell, így kerülve el a gyors, át nem gondolt válaszokadásának lehetőségét.

Az adatfelvételt, majd az azt követő szakértő elemzés befejeztével az eredményeket, egy fókuszcsoportnak bemutatva lehetőség nyílik a beavatkozási pontok prioritizálására úgy a hatásukat, mint a megvalósításukhoz szükséges erőforrásokat értékelve. Ebben a lépésben először önmagunkban, majd összefüggéseikben döntünk arról, hogy melyek azok a beavatkozási pontok, amelyek leginkább befolyásolják az adott vállalat érettségét. Ezt követően sorrendbe állítjuk őket, melyek azok, amelyek egyszerre több területen is pozitív elmozdulást eredményeznének, így megvalósításuk multiplikatív hatást fejtené ki. Előfordulhat, hogy egy kiválasztott beavatkozási pontra már elindult egy fejlesztés, így annak megvalósítás önállóan kezelendő. A feladat elvégzéséhez ennek megfelelően komplex szemlélet szükséges, tekintve elengedhetetlen a vállalat jelenleg futó fejlesztési projektjeinek, közép- és hosszú távú szervezeti és üzleti stratégiájának értelmezése a megszületett objektív érettségi eredmények függvényében.

E munka eredményeképpen születhet meg a vállalati ipari digitalizációs stratégiatérkép alapja, melyet a gyakorlat szerint, az érettségi értékekkel egyetemben egy záró prezentáció keretein belül jelzünk vissza a projekt szponzorainak és a projekt résztvevőinek. A kérdőív ugyan anonim, de a szervezeti egységek, a hierarchiaszintet, illetve üzleti vagy műszaki háttérrel meg kell adni minden kitöltőnek. E metaadatok a kiértékelésben segíthetik a mind pontosabb kiértékelést, összefüggések feltárását.

A teljes folyamat alapeleme a résztvevők közötti folyamatos nyílt kommunikáció, tudástranszfer. Ez nagymértékben hozzájárul, a jövőbeli fejlesztések elfogadásához és teljes körű támogatásához, hiszen közös munka eredményeképpen, a vállalat valamennyi szervezeti egységének bevonásával jött létre. Az érettség mind pontosabb meghatározása érdekében a folyamat valamennyi lépését szükséges végrehajtani, vállalati mérettől és iparágtól függetlenül.

Összefoglalva a javasolt fejlesztési folyamat öt jól elkülöníthető lépése (5. ábra):

- a fejlesztési igény megjelenése,
- a közös fogalmi alap megteremtése,
- a jelenlegi állapot felmérése,
- a beavatkozási pontok azonosítása,
- a vonatkozó stratégia kialakítása.

5. ábra

**A CCMS 2.0 bevezetési keretrendszer és folyamat**



Forrás: saját szerkesztés

Az érettségi modellhez készült egy olyan online környezet, amely megkönnyíti a kérdőív kitöltését, számos riport elkészítését támogatja és lehetővé teszi a fejlődés nyomon követését az időszakosan megismételt felmérések adatainak összehasonlíthatóságán keresztül.

**A CCMS 2.0 alkalmazása a vizsgált vállalatnál – eredmények és tapasztalatok**

Az általalunk mélységében tanulmányozott vállalatok az Ipar 4.0 paradigmájának ismerői, a hazai ipari digitális ökoszisztéma sikeres és aktív szereplői. Mindketten törekednek a legfrissebb K+F eredmények folyamatos és progresszív adaptációjára.

A vizsgált vállalatok célfüggvényében egyértelműen azonosítható a termelékenység igénye, amely vagy saját belső, vagy pedig külső partnereiknek kínált megoldásaik mozgatórugója. Ehhez olyan Ipar 4.0 releváns technológiai megoldásokat használnak, mint az ember-robot kollaboráció, a mesterséges intelligencia, a big data vagy a digitális iker modell. Szervezeti szinten megjelentek a horizontális és vertikális integrációt támogató megoldások.

A CCMS 2.0 érettségi modellt és a javasolt bevezetési folyamatot érdemben először egy hazai meghatározó feldolgozóipari nagyvállalatnál teszteltük. A cég termékei másfél évszázada vannak jelen a hazai és a külföldi piacokon, Magyarország és Közép-Európa egyik legnagyobb élelmiszeripari vállalata, melynek árbevétele 2019-ben közel nettó 200 millió EUR volt, és amely jelenleg megközelítőleg 2000 dolgozónak ad munkahelyet a dél-alföldi régióban. Márkatermékei vezető piaci részesedést értek el a hazai piacon. A vizsgálat jellegzetessége, hogy ritka a feldolgozóipari példa az Ipar 4.0 érettségi vizsgálatokban, a szakirodalomban és a gyakorlatban is.

Az előző pontban ismertetett CCMS 2.0 bevezetési keretrendszer és folyamat első négy lépését hajtottuk végre a vállalatnál 2021-ben. A vállalatnál korábban nem volt Ipar 4.0 érettségi modell használatban, ugyanakkor az előzetes

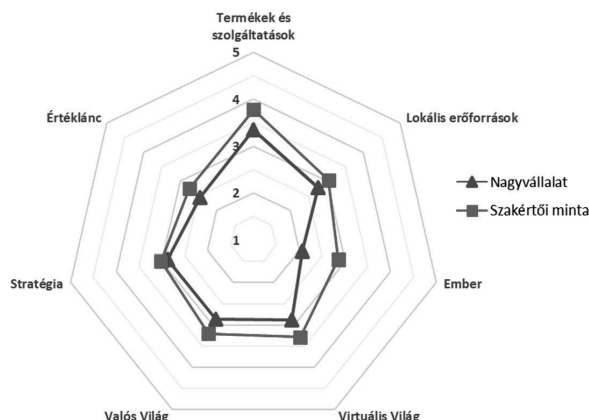
megbeszélések alapján felmerült az igény egy ilyen jellegű vizsgálatra (5. ábra 1. alfolyamat), amelyet a vállalat egyik felső vezetőjével egyeztetünk és pontosítottunk. A minőségbiztosítási szempontok kiemelt szerepe, illetve a versenytársakkal való összehasonlíthatóság fontos szerepet játszott a fejlesztési igény megjelenésében és pontosításában. Az Ipar 4.0 érettségi modell fejlesztési projekt egyik legfontosabb célja, hogy egységes, közös kép alakul ki az Ipar 4.0 víziójával kapcsolatban a vállalat menedzsmentjében. Részletesebben, a következő célok érhetők el:

- a vállalat jelenlegi érettségi szintjének részletes elemzése az egyes dimenziók és azon belül az egyes elemek tekintetében, a vállalat egészét és az egyes osztályokat tekintve is,
- a vállalat menedzsmentje/tulajdonosi köre valós és objektív képet kap az egyes részlegek (termelési egységek, osztályok, gyártósorok stb.) Ipar 4.0 szemléletéről, felkészültségéről,
- a cél érettségi szint részletesen meghatározásra kerül,
- a folyamatban részt vevő valamennyi szereplő (tehát a teljes menedzsment) kooperációjának eredményeként születne meg az ipari digitalizációs stratégia megvalósulásának irányába mutató cselekvési programterv,
- elkészül egy olyan vállalatspecifikus roadmap, amely a kívánt ipari digitalizációs érettségi szint eléréséhez szükséges cselekvési programokat tartalmazza minden osztály számára,
- ha az Ipar 4.0-val kapcsolatos projekteket már meghatározták vagy folyamatban vannak, a vállalat képes lesz a projektek közötti prioritások meghatározására, a cél érettségi szint elérése érdekében,
- tudástranszfer Ipar 4.0 témában, „best practice”-ek és felhasználási területek bemutatása.

Második lépésként (az 5. ábra 2. alfolyamata) a vállalat egyik felső vezetőjével egyeztetünk a CCMS 2.0 modell alapjait, fogalmi háttérét, az Ipar 4.0 közös terminológiát. A jelenlegi állapot felmérése (az 5. ábra 3. alfolyamata) első körben a vállalat három felső vezetőjének aktív részvételével valósult meg, ők is kitöltötték a felmérést támogató kérdőívet. A résztvevők a menedzsment és a szakértői területet, valamint a termelési és a logisztikai területet is képviselték, így is hangsúlyozni szeretnénk volna a különböző nézőpontok megjelenésének támogatását. A különböző szerepkörű kitöltők esetében az egyes kérdésekre adott egyedi válaszok „szóródása” nagy; a felmérés egy tanulsága a tudástranszfer szükségessége, az egységes tudásbázis, terminológia megteremtése és elterjesztése a vállalatban. A dimenziók szerinti összesített értékelés a szakértői (baseline) elvárásokhoz képest magasabb értékeket mutatott, ugyanakkor az egyes dimenziókhoz tartozó beavatkozási pontok értékei már eltérőek (6. ábra). Ez utóbbi lehetőséget nyújt azoknak a beavatkozási pontoknak az azonosítására (az 5. ábra 4. alfolyamata), amelyekkel a stratégiai térkép alkotása során a jövőben érdemes foglalkozni. Az ábrákon a 3-4. ábrákhoz hasonlóan az egyes dimenziókhoz tartozó érettségi szinteket 1-5 skálán értékeltük és ábrázoltuk, ahol az 1-es szint a legalacsonyabb (kivülálló, kezdő), míg az 5-ös szint a legmagasabb (csúcsteljesítők).

nyabb (kivülálló, kezdő), míg az 5-ös szint a legmagasabb (csúcsteljesítők).

6. ábra  
Érettségi szintek dimenziók szerint, feldolgozóipari nagyvállalat

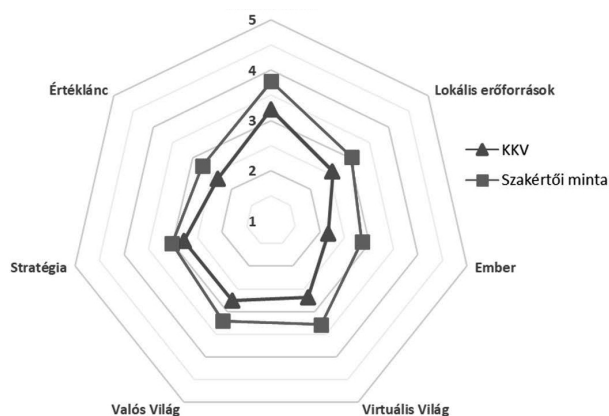


Forrás: saját szerkesztés

Mivel a hazai ipar duális szerkezetű, a fejlesztési folyamatot a nagyvállalati példa mellett kis- és középvállalati (KKV) körben is teszteltük. A választott közép-magyarországi autóalkatrészeket gyártó középvállalatot a 2000-es években alapították és 220 dolgozónak biztosít munkahelyet. Az magyar tulajdonú nagyvállalat nettó árbevétele 2019-ben nettó 2,1 millió EUR volt. Alapvetően termelő-gyártó szerepet tölt be az értékláncban, de összeszerelési feladatokat is ellát.

Az Ipar 4.0 érettségi modell fejlesztési projektben a vállalat teljes menedzsmentje aktív szerepet vállalt. A vezetőség minden tagja részt vett az 5. ábrán ismertetett CCMS 2.0 bevezetési folyamat valamennyi lépésében és a szervezett workshopokon, így az eredmények teljeskörűen reprezentálják véleményeiket, céljait. A folyamat megvalósulása mindenben a nagyvállalati példánál már ismertetett módon történt, ezért itt annak részletei nem ismételtük meg (7. ábra).

7. ábra  
Érettségi szintek dimenziók szerint, autóalkatrész-gyártó KKV



Forrás: saját szerkesztés

A saját termelésük optimalizálása érdekében azonosított kihívásként felmerülő problémák, feladatok a következők. Egyrészt, a termék gyártása során alkalmazott speciális anyagok és a gyártás sajátosságai miatt kénytelenek nagyobb arányú humán munkaerővel végezni a termelést – ez az elérhető emberi erőforrás hiánya miatt nehézségeket okoz. Másrészt, a termékekkel szemben támasztott funkcionalitással, minőséggel, környezettel és költséggel kapcsolatos követelmények folyamatosan nőnek.

A belső Ipar 4.0 fejlesztés lényege, hogy a termelés során keletkező információkat optimálisan tárolják és dolgozzák fel, különböző mérő- és vezérlőberendezések használatával. Az emberi erőforrást helyettesítő robotok fejlesztése csak azután kezdődhet meg, amint az ahhoz elegendő input adatok már rendelkezésre állnak. Cél a keletkező hulladék és nem megfelelő minőségű termék mennyiségének minimalizálása kooperatív robotok üzembehelyezése által, végeredményben a termelés hatékonyságának növelése. A megoldás bevezetése az idei év kihívása lesz.

Az Ipar 4.0 megoldások közül az ember-robot kollaborációt, a mobilitással integrált navigációt és az ipari-informatikai rendszerek összekapcsolását tekintik elsődleges célterületeknek.

## Összegzés

A CCMS 2.0 használatának legfontosabb előnye, hogy egységes, közös kép alakul ki az Ipar 4.0 víziójával kapcsolatban a vállalat menedzsmentjében. A cikkben ismertetett CCMS 2.0 modell nemcsak a vállalat jelenlegi érettségi szintjének részletes elemzését teszi lehetővé az egyes dimenziók és azon belül az egyes elemek tekintetében, hanem olyan értéket is teremt a bevezetési folyamat által, amelynek segítségével a vállalat menedzsmentje/tulajdonosi köre valós és objektív képet kap az egyes részlegek (termelési egységek, osztályok, gyártósorok stb.) Ipar 4.0 szemléletéről, felkészültségéről.

A CCMS 2.0 érettségi modell egy további pozitívuma, hogy a folyamatban részt vevő valamennyi szereplő (tehát a teljes menedzsment) együttműködését igényli, a közös projekt eredménye az a cselekvési programterv, amely eredményesen támogatja az ipari digitalizációs stratégia megvalósulását. Olyan vállalatspecifikus roadmap készül el, amely a kívánt ipari digitalizációs érettségi szint kialakításához szükséges cselekvési programokat tartalmazza minden osztály számára, valamint a vállalat képes lesz a jelenleg is folyó és tervezett Ipar 4.0 projektek közötti prioritások meghatározására, a cél érettségi szint elérése érdekében.

Ugyanakkor a modell alkalmazásának egy korlátja, hogy nem lehetséges általános érvényű érettség modell készíteni, tekintve még feldolgozóiparon belül is számtalan szakágspecifikus ismérv létezik, melyek alapjaiban tesznek értelmetlenülé egyes kérdéseket.

Ennek feloldására a jelenlegi állapot felmérését alfolyamatokra bontanánk, az első általános felmérés után „testreszabott” kérdőívvel lehet dolgozni a kutatás folytatásaként minden szervezet esetében, hiszen a kérdések

csak közvetve befolyásolják az érettséget, a standard beavatkozási pontokon keresztül. Ez utóbbiak egyben megoldást és garanciát jelentenek az egyes esetek összehasonlíthatóságára is.

Azoknak a szervezeteknek pedig akik a fentiekén túl további, még részletesebb képet szeretnének kapni vállalatuk Ipar 4.0 érettségéről, javasoljuk a Fraunhofer – Acatech modell alkalmazását is (Schuh, Scheuer, Nick, Szaller, & Várgedő, 2021). A CCMS 2.0 jelentősége és egyedisége, hogy egyszerre ad objektív képet a vállalat Ipar 4.0 érettségéről, lehetőséget teremt az ipari digitalizációs jövőkép kijelölésére és emeli a vonatkozó szervezeten belüli koherens tudásbázist, tárgyi interdiszciplináris szemléletet kialakításával. A kutatás folytatáshoz, az eredmények mind szélesebb körben történő teszteléséhez várjuk a magukat megmérettetni szándékozó szervezetek jelentkezését.

## Jegyzet

<sup>1</sup> Die neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland Hightech-Strategie [https://www.bmbf.de/pub\\_hts/HTS\\_Broschure\\_Web.pdf](https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf)

## Köszönetnyilvánítás

A cikk a TKP2020-NKA-02 projekt támogatásával készült. Az TKP2020-NKA-02 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program finanszírozásában valósult meg. A TKP2020-NKA-02 projektben Kő Andrea és Kovács Tibor vettek részt.

## Felhasznált irodalom

- Akdil, K.Y., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy. In *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. Springer Series in Advanced Manufacturing* (pp. 61-94). Cham: Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_4)
- Babbie, E. (2017). *A társadalomtudományi kutatás gyakorlata*. Budapest: Balassi Kiadó.
- Basl, J., & Doucek, P. (2019). A Metamodel for Evaluating Enterprise Readiness in the Context of Industry 4.0. *Information, 10*(3), 89.  
<https://doi.org/10.3390/info10030089>
- Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing Maturity Models for IT Management. *Business & Information Systems Engineering, 1*(3), 213–222.  
<https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F., & Oliveira, T. (2019). Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Computers in Industry, 107*, 22–32.  
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.007>
- Chikán, A., Csutora, M., Czákó, E., Demeter, K., Harangozó, G., Hoffmann, K., ... Wimmer, Á. (2019). *A 4. ipari forradalom küszöbén. Gyorsjelentés a 2019. évi kérdőíves felmérés eredményeiről*. Versenyképesség Kutató Központ – VTO Alapítvány,

- Budapest. [http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/4328/1/Gyorsjelentés\\_2019\\_Versenyképesség.pdf](http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/4328/1/Gyorsjelentés_2019_Versenyképesség.pdf)
- 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>
- Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0 – Building the digital enterprise*. London: PWC. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Gökalp, E., Şener, U., & Eren, P.E. (2017). Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. In Mas, A., Mesquida, A., O'Connor, R., Rout, T., & Dorling, A. (Eds.), *Software Process Improvement and Capability Determination. SPICE 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 770* (pp. 128-142). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10)
- 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>
- Horváth, D., & Mitev, A. (2015). *Alternatív kvalitatív kutatási kézikönyv*. Budapest: Alinea Kiadó.
- Jung, K., Kulvatunyou, B., Choi, S., & Brundage, M.P. (2016). An Overview of a Smart Manufacturing System Readiness Assessment. In Jung, K., Kulvatunyou, B., Choi, S., & Brundage, M.P. (Eds.), *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World. APMS 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 488* (pp. 705-712). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7\\_83](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_83)
- Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011, April 1). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI Nachrichten*, Nr. 13-2011, 2. [https://www-live.dfki.de/fileadmin/user\\_upload/DFKI/Medien/News\\_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf](https://www-live.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf)
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 April 2013 Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Berlin: Acatech—National Academy of Science and Engineering. <https://docplayer.net/254711-Securing-the-future-of-german-manufacturing-industry-recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0.html>
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., ... Schröter, M. (2015). *Industrie 4.0 Readiness*. Aachen, Cologne. Retrieved from <https://www.industrie40-readiness.de/>
- Machado, C. G., Winroth, M., Carlsson, D., Almström, P., Centerholt, V., & Hallin, M. (2019). Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia CIRP*, 81, 1113–1118. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.262>
- 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>
- Nagy, A. M., Tasner, D., & Kovács, Z. (2021). Ipar 4.0 a gazdaságtudományokban. A nemzetközi és hazai szakirodalom bibliometriai elemzése. *Vezetéstudomány*, 52(4), 63–79. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2021.04.06>
- 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>
- Nick, G., Gallina, V., Szaller, Á., Várgedő, T., & Schumacher, A. (2019). Industry 4.0 in Germany, Austria and Hungary: Interpretation, strategies and readiness models. In *16th IMEKO TC10 Conference on Testing, Diagnostics & Inspection* (pp. 71–76). Berlin. [https://eprints.sztaki.hu/9746/1/Nick\\_71\\_3080697\\_ny.pdf](https://eprints.sztaki.hu/9746/1/Nick_71_3080697_ny.pdf)
- Nick, G., Kovács, T., Kö, 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>
- Nick, G., Szaller, Á., Bergmann, J., & Várgedő, T. (2019). Industry 4.0 readiness in Hungary: model, and the first results in connection to data application. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.185>
- Nick, G., Szaller, Á., & Várgedő, T. (2020). CCMS Model: A Novel Approach to Digitalization Level Assessment for Manufacturing Companies. *Proceedings of the 16th European Conference on Management Leadership and Governance*. ACPI. <https://doi.org/10.34190/ELG.20.060>
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*, 113, 103125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>
- Pirola, F., Cimini, C., & Pinto, R. (2019). Digital readiness assessment of Italian SMEs: a case-study research. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1045-1083. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0305>
- Rafael, L. D., Jaione, G. E., Cristina, L., & Ibon, S. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model for machine tool companies. *Technological Forecasting and Social*

- Change*, 159, 120203.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120203>
- Rockwell Automation. (2014). The Connected Enterprise Maturity Model. *Industria Conectada 4.0*, 1–12. Retrieved from <http://www.rockwellautomation.com/rockwellautomation/innovation/connected-enterprise/maturity-model.page?>
- Santos, R. C., & Martinho, J. L. (2019). An Industry 4.0 maturity model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1023–1043.  
<https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0284>
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index: Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten*. München: Herbert Utz Verlag.
- Schuh, G., Scheuer, T., Nick, G., Szaller, Á., & Várgedő, T. (2021). A two-step digitalization level assessment approach for manufacturing companies. *Procedia Manufacturing*, 54, 25–30.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.005>
- 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). Roadmapping 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>
- Teichert, R. (2019). Digital Transformation Maturity: A Systematic Review of Literature. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(6), 1673–1687.  
<https://doi.org/10.11118/actaun201967061673>
- The Industry 4.0 National Technology Platform. (2017). *Az Ipar 4.0 fogalma*. Retrieved from [https://www.i40platform.hu/sites/Industrie\\_4.0\\_Definition.pdf](https://www.i40platform.hu/sites/Industrie_4.0_Definition.pdf)
- VDMA. (2016). *Guideline Industrie 4.0 Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses*. Frankfurt am Main: VDMA Verlag.
- Weiner, B. J. (2009). A theory of organizational readiness for change. *Implementation Science*, 4(1).  
<https://doi.org/10.1186/1748-5908-4-67>
- Wieringa, R. J. (2014). What Is Design Science? In *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering* (pp. 3–11). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-43839-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43839-8_1)
- Yin, R. K. (2017). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.