

GELEI ANDREA–FODOR SZABINA–TERNAI KATALIN

Az ipar 4.0 felkészültség értékelési rendszere a témamodellezés segítségével – középpontban a kis- és középvállalatok

Számos kutatás az ipar 4.0 technológiákban a vállalatok termelékenységi problémáinak egyik megoldási eszközt látja. Ugyanakkor ezek alkalmazása sokszor nem hozza a várt eredményt. Különösen igaz ez a kis- és középvállalatokra, amelyek, úgy tűnik, sok esetben nem rendelkeznek az eredményes bevezetéshez szükséges alapvető szervezeti képességekkel. Jelenleg ugyanakkor nincs olyan, a kis- és középvállalati szektorra validált modell, amely ezeket az úgynevezett ipar 4.0 felkészültségi szempontokkal értékelni tudná. A tanulmány célja, hogy javaslatot tegyen egy ilyen értékelési szempontrendszerre. Vegyes módszertani eszköztárral dolgozik, amikor a témakörben készített félig strukturált szakértői interjúk révén keletkezett szöveget a témamodellezés (*topic modeling*) segítségével elemzi. A témamodellezés a mesterséges intelligencia felhasználásával az elemzést végző kutatótól függetlenül képes dokumentumokban szó- és kifejezésmintákat észlelni és csoportosítani oly módon, hogy az tartalmi szempontból a lehető legjobban jellemezze a vizsgált dokumentumot. A BERTopic-módszerrel végzett vizsgálat eredménye azt mutatja, hogy két, egymásra épülő szervezeti képességet kell azoknak a vállalatoknak magas szinten birtokolniuk, amelyek ilyen technológiákat terveznek bevezetni: a folyamatmenedzsment és az IT-menedzsment képességét. A tanulmány ezeknek az összetett képességeknek az építőelemeit tárgyalja, amelyek alapján felállítható a kis- és középvállalatokra vonatkozó ipar 4.0 felkészültségi modell szempontrendszere.*
Journal of Economic Literature (JEL) kód: C49, D29, M15, O14.

Az elmúlt évek kulcsfogalmai a digitalizáció és az ipar 4.0. A gazdasági szereplők olyan eszközt látnak ezekben, amelyek révén a vállalatok, köztük a kis- és középvállalatok a versenyképességüket növelhették (*Hornyák és szerzőtársai [2023], Losonci*

* A kutatást a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00213, IPAMS – Ipari folyamatelemző és -figyelő rendszer című projekt támogatta.

Gelei Andrea a BCE Operáció és Döntés Intézet egyetemi tanára (e-mail: andrea.gelei@uni-corvinus.hu).
Fodor Szabina a BCE Adatelemzés és Informatika Intézet habilitált egyetemi docense (e-mail: szabina.fodor@uni-corvinus.hu).

Ternai Katalin a BCE Adatelemzés és Informatika Intézet egyetemi docense (e-mail: katalin.ternai@uni-corvinus.hu).

A kézirat első változata 2023. június 27-én érkezett szerkesztőségünkbe.

DOI: <https://doi.org/10.18414/KSZ.2023.11.1230>

és szerzőtársai [2023]). A megjelent tanulmányok egy része igazolta ezeket a várakozásokat, de elemzések sora hívja fel a figyelmet arra, hogy az ipar 4.0 megoldások bevezetése nem feltétlenül hozza meg a várt eredményt (*Dold–Speck* [2021], *Schumacher és szerzőtársai* [2019]). Sőt még negatív következményekkel is járhat (*Németh és szerzőtársai* [2020]). Ezek a megoldások a mai – sok szempontból bizonytalan és átalakuló – gazdasági környezetben is a szakmai viták középpontjában állnak. Sokan úgy érvelnek, hogy a változó környezeti kihívások nemhogy visszavetnék, de várhatóan felgyorsítják a gazdasági élet szereplőinek digitalizációs folyamatát és az ipar 4.0 alkalmazásainak elterjedését (*Angreani és szerzőtársai* [2020], *Ardito és szerzőtársai* [2022], *Demeter és szerzőtársai* [2019], *Nagy és szerzőtársai* [2020]). Kulcsfontosságú ezért annak megértése, hogy mi okozhat az ipar 4.0 technológiáinak alkalmazásában elakadásokat, milyen működési jellemzők vetik vissza – vagy éppen támogatják – ezeknek a projekteknek az eredményes megvalósulását.

Ezzel a témakörrel foglalkoznak az ipar 4.0-ra való felkészültséget vizsgáló kutatások. Az elmúlt években számos modell próbálta megragadni a legfontosabb előfeltételeket (*Lichtblau és szerzőtársai* [2015], *Nick és szerzőtársai* [2021], *Santos–Martinho* [2020]), de valódi áttörés nem történt. A lehetséges okok között szerepel, hogy hiányzik egy olyan ipar 4.0 felkészültségi modell, amely valóban a kis- és középvállalatokra modellezné a problémát (*Denning–Liyanage* [2022], *Mittal és szerzőtársai* [2018]). Jelen munkánkban erre a kutatási részre összpontosítunk. Célunk, hogy megvizsgáljuk, melyek azok az alapvető feltételek, amelyek megléte elengedhetetlen egy kis- és középvállalat esetében ahhoz, hogy sikerrel nekivájon az ipar 4.0 alkalmazások bevezetésének.

A meglévő ipar 4.0 felkészültségi modellek jelentős része a vállalati működés jellemzőit és hátterét jól ismerő, gyakorló szakemberekkel készített, félig strukturált interjúk szövegeinek elemzésére épül (*Angreani és szerzőtársai* [2020], *Berghau–Back* [2016], *Elibal–Özceylan* [2021], *Häberer és szerzőtársai* [2017], *Hizam–Hanafiah és szerzőtársai* [2020], *Jung és szerzőtársai* [2016], *Peng és szerzőtársai* [2016], *Schumacher és szerzőtársai* [2019]). Az e kutatások során keletkezett interjúszövegek egy részénél nem történik szisztematikus szövegelemzés, míg más esetben a kutatók a tartalomelemzés módszertanát alkalmazzák (*Müller–Voigt* [2017], *Szabó és szerzőtársai* [2019]). Az elmúlt évek fejlődése ugyanakkor az elkészült szakértői interjúk új módszerekkel történő elemzésére is lehetőséget ad. Ezek közé tartozik a kutatásunkban használt témamodellezés (*topic modeling*), amely a természetes nyelvű szövegek gépi feldolgozásának egyik megoldása. Jelen munkánkban egy kis- és középvállalat-specifikus ipar 4.0 felkészültségi modell értékelési dimenzióinak azonosítása érdekében készített szakértői interjúk szövegeit ezzel a felületek nélküli tanulási módszerrel (*Kherwa–Bansal* [2019]) elemeztük.

A témamodellezés a hagyományos tartalomelemzéshez kapcsolódó elemzési technika, amely alkalmas lehet arra, hogy megoldást nyújtson annak egy gyenge pontjára, a vizsgált kvalitatív adatok (például interjúszövegek) szubjektív értelmezésére (*Creswell–Creswell* [2017]). A témamodellezés ugyanis a mesterséges intelligencia (MI) felhasználásával az elemzést végző kutatótól függetlenül képes dokumentumokban szó- és kifejezésmintákat észlelni és csoportosítani oly módon, hogy az tartalmi szempontból a lehető legjobban jellemezze a vizsgált dokumentumot. A módszer

azzal az előzetes feltevéssel működik, hogy minden egyes dokumentum témák elejét tartalmazza. A témamodellező algoritmusok feladata pedig, hogy felleljk, hogy milyen témák fordulnak elő a dokumentumok gyűjteményében, és milyen erős a jelenlétük. A módszertan ily módon képes arra, hogy a vizsgált témakör megértését segítő interjúk értelmezésében esetlegesen megjelenő szubjektív tényezőket minimalizálja, ezzel növelve a kutatási eredmények objektivitását és megbízhatóságát. A módszert számos gazdasági jelenség kapcsán már alkalmazták (*Aziz és szerzőtársai* [2022], *Kawai és szerzőtársai* [2022], *Liu és szerzőtársai* [2016], *Panichella és szerzőtársai* [2013]), így például a digitalizáció (*Lee és szerzőtársai* [2021]) vagy az információtechnológia és biztonság (*Saura és szerzőtársai* [2022]) témakörében, de legjobb tudomásunk szerint az ipar 4.0-ra való felkészültségre vonatkozóan még nem használták. Munkánk ezért ebből a szempontból hiánypótlónak tekinthető.

Tanulmányunkban először bemutatjuk a témamodellezés fogalmát, a leggyakrabban használt algoritmusait, utána rátérünk kutatásunk konkrét módszertanának ismertetésére, majd az empirikus elemzés során kapott eredményekre és azok értelmezésére. Munkánkat egy kis- és középvállalat-specifikus ipar 4.0 felkészültségi modellre vonatkozó javaslattal, majd a kutatás korlátainak, valamint a lehetséges további kutatási irányoknak a tárgyalásával zárjuk.

Témamodellezés, az interjúszövegek tartalomelemzésének eszköze

A tartalomelemzés célja, hogy a kutatók olyan elméleti modellt építsenek fel, amely alkalmas a vizsgált jelenség leírására. Használható írásbeli, szóbeli vagy vizuális kommunikációs üzenetek elemzésekor (*Cole* [1988]) induktív és deduktív módon. Induktív megközelítésben az induló adatokból (például interjúszövegek) vezetjük le a modell leírására alkalmas fogalmakat, míg a deduktív megközelítés esetén az adatok értelmezését a már meglévő elméleti ismeretek alapján végezzük el (*Elo-Kyngäs* [2008]). Az induktív tartalomelemzést olyan esetekben érdemes alkalmazni, amikor nincsenek a jelenséggel foglalkozó korábbi tanulmányok, vagy amikor ez a tudás töredékes. A Bevezetőben megfogalmazott kritikák alapján úgy ítéljük meg, hogy az ipar 4.0 eredményes alkalmazásainak feltételrendszerét tárgyaló szakirodalom – különösen a kis- és középvállalatok esetében – hiányos és töredékes. Kutatási célunk eléréséhez tehát az induktív megközelítés illeszkedik. Így a továbbiakban erre szorítkozunk, és elemzésünket is ennek megfelelően végezzük.

A tartalomelemzés mint kutatási módszer a jelenségek leírásának szisztematikus módszere (*Downe-Wamboldt* [1992], *Krippendorff* [2018], *Sandelowski* [1995]), amely a dokumentumok elemzésének módszereként is ismert. Olyan kutatási eljárás, amellyel megismételhetővé tehető a kvalitatív adatgyűjtésből származó adatok alapján levont elméleti következtetések. Célja, hogy tömör és átfogó leírását adja a vizsgált jelenségnek, és ezek alapján új ismereteket tárjon fel (*Krippendorff* [2018]). Az elemzés eredménye a jelenséget leíró fogalmak vagy kategóriák rendszere. Egy fogalmi rendszer, amely révén felépíthetővé válik maga a vizsgált elméleti jelenséget megragadó elméleti modell.

A módszer ugyan számos területen hamar elterjedtté vált (*Neuendorf* [2010]), de kritikussai is akadtak, akik leegyszerűsített technikának tartják (*Morgan* [1993]). Legerősebb kritika az elemzési folyamat és így az adatokból levont következtetések, valamint a létrehozott modellek szubjektívitasát éri (*Johnson* [1997]), mivel minden kutató a saját szubjektív nézőpontja szerint értelmezi az induló adatokat (*Sandelowski* [1995]). Az induktív megközelítés a konkrétból az általános felé halad. A kutatók a konkrét szöveget elemzik, abból desztillálják az általánosabb fogalmakat, amelyeket aztán egy nagyobb egésszé, egy elméleti keretté kombinálnak (*Chinn–Kramer* [1999]). A vizsgálat jellegéből adódóan az értelmezés egysége ugyanakkor kérdéses, az akár több mondatból is állhat, amelyek önmagukban is több jelentést tartalmazhatnak. Ez megnehezíti az elemzési folyamatot (*Catanzaro* [1988]), az eredmények pedig erősen függenek a kutató meglátásaitól (*Hoskins–Mariano* [2004]). A tartalom-elemzés egyik kihívása éppen az, hogy rendkívül rugalmas, és nincs egyetlen „helyes” módszer. Mindig a kutatóknak kell megítélniük, hogy mi a legmegfelelőbb értelmezése a rendelkezésre álló empiriának (*Weber* [1990]). Gyakran a szövegek feldolgozása kaotikusnak tűnhet (*Backman–Kyngäs* [1999]), mert a narratív anyag jellemzően nem lineáris, és az interjúk egyes szakaszai több elméleti fogalomhoz kapcsolódó elemeket is tartalmazhatnak (*Dey* [2003], *Polit–Beck* [2004]). Ráadásul az adatok (szövegek) pusztán mennyisége is kihívást támaszt, egy kutatás alapját képező szövegtest igen hosszú is lehet, egy hat interjú alapuló szöveg hossza például 50-100 oldalra is rúghat (*Miles–Huberman* [1994]). A hagyományos tartalomelemzés ezen tulajdonságai megkérdőjelezhetővé teszik a segítségével kapott kutatási eredmények hitelességét, megbízhatóságát és érvényességét (*Graneheim–Lundman* [2004]). Az e kihívások kezelésére javasolt megoldás az, ha az elemzési, elméletalkotási folyamatot párhuzamosan több kutató is elvégzi, és az esetlegesen kialakuló eltéréseket szisztematikusan megvitatják és dokumentálják (*Müller–Voigt* [2017]). A kutatók közötti egyetértés mutatószáma az úgynevezett egyetértési együttható (*Weber* [1990]).

A témamodellezés részben megoldást nyújthat a hagyományos tartalomelemzéssel szemben megfogalmazott fenti problémákra, amennyiben csökkenti a szövegteszt értelmezésében rejlő szubjektív elemet. A témamodellezési algoritmusok ugyanis a felügyelet nélküli gépi tanulási technikák egy osztályát jelentik, amelyek célja egy dokumentumgyűjteményhez kapcsolódó témák feltárása és megértése, ahol a téma egymással statisztikailag összefüggő szavak halmazát jelenti. A témamodell így egy olyan matematikai modellt, amely bemenetként D dokumentumok egy halmazát veszi, és olyan témák T halmazát adja vissza, amelyek pontosan és koherens módon reprezentálják D tartalmát. Az algoritmusok a téma minden egyes szavának súlyát is megadják. A vizsgált dokumentumok így ezekkel a témákkal, azaz szólistákkal címkézhetők. A módszer lehetővé teszi, hogy a felhasználók mélyebben megértsék a vizsgált problémakört és benne az egyes témák fontosságát.

A témamodellező algoritmusok legnagyobb kihívását az jelenti, hogy a témák, azaz a klaszterek száma előre nem ismert, azt a dokumentumgyűjtemény elemzésével kell megállapítani. Számos különböző témamodellező algoritmus létezik a rejtett szemantikus minták azonosítására, például a *Deerwester és szerzőtársai* [1990] által javasolt látens szemantikus elemzés (*Latent Semantic Analysis, LSA*) vagy a *Blei és szerzőtársai*

[2003] által publikált látens Dirichlet-foglalás (*Latent Dirichlet Allocation, LDA*). Az utóbbi időben pedig olyan újonnan kifejlesztett algoritmusok, mint az NMF (*Non-negative Matrix Factorisation*), a Top2Vec és a BERTopic (*Grootendorst [2022]*) is egyre nagyobb figyelmet kapnak a kutatók részéről (*Obadimu és szerzőtársai [2019]*, *Sánchez-Franco-Rey-Moreno [2022]*).

A klaszterező algoritmusok és ezen belül a témamodellező megoldások értékelésére számos metrika létezik, amelyek alapvetően két csoportba oszthatók. Az egyik lehetőség, amikor a klaszterezési eredmény belső tulajdonságait, az úgynevezett belső klaszterérvényességi értékeket hasonlítjuk össze, amelyek csak strukturális szempontokat vesznek figyelembe, mint például a klaszterek elkülönülési fokát, és nem támaszkodnak a bemeneti adatokra. Egy másik lehetőség a klaszterezés eredményeinek összehasonlítására, ha rendelkezésre áll egy külső tudásforrás, például a dokumentumtér egy ismert osztályozása. (Ez a korábban már említett, hagyományos tartalomelemzés révén is létrejöhet.) Ezt külső klaszterérvényességi értékeknek is nevezik. Mi jelen munkánkban a belső klaszterérvényességi értékekkel dolgoztunk.

A szakirodalomban a témamodellező algoritmusok összehasonlításakor általában a szerzők a belső klaszterezési értékek alapján értékelik az algoritmus teljesítményét (*Egger [2022]*, *Liu és szerzőtársai [2016]*). A leggyakrabban használt mérőszám a perplexitás, amely a témák által reprezentált elméleti szóeloszlásokat hasonlítja össze a szavak tényleges eloszlásával a dokumentumokban. Az értéke nem önmagában értelmezendő, hanem két modell összehasonlításában az alacsonyabb perplexitásértékkel rendelkező modellt tekintjük jobbnak. A másik lényeges metrikacsoport a szó-, illetve dokumentumalapú témakoherencia-mértékek (például PMI,¹ C_{UMASS} , KL-témaeltérés (Kullback–Leibler-divergencia) (*Rosner és szerzőtársai [2014]*), amelyek célja a szemantikailag értelmezhető témák és a statisztikai következtetés műtermékei közötti különbségtétel.

Számos tanulmány (*Egger [2022]*) eredménye igazolta, hogy az újonnan kifejlesztett algoritmusok felülmúlják az LDA-t, különösen nem hosszú korpuszok esetén. Az újabb témamodellező algoritmusok robusztussága ellenére a meglévő szakirodalomban továbbra is az LDA a domináns módszer (*Gallagher és szerzőtársai [2017]*), és standard megközelítésnek tekinthető. Az LDA-algoritmus hatékonyságát azonban több kutató is erősen kritizálta (*Egger [2022]*, *Sánchez-Franco-Rey-Moreno [2022]*), mivel egy dokumentumban általában több téma is előfordulhat, az LDA pedig hajlamos elhanyagolni az együttes előfordulási kapcsolatokat (*Jaradat–Matskin [2019]*), illetve a zajos és ritka adatkészletek esetén az LDA algoritmus nem alkalmas a statisztikai tanulásra a szükséges jellemzők hiánya miatt (*Chen és szerzőtársai [2019]*).

Jelen kutatásunkban a rendelkezésre álló dokumentumok viszonylagos rövidegsége (32 799 szó; 1880 mondat) miatt a BERT-re² (*Devlin és szerzőtársai [2019]*) épülő BERTopic témamodellezési megoldást használtuk, amelyet *Thompson–Mimno [2020]* javasolt. A BERT úgynevezett kétirányú modell, amelynek a szóbeágyazási

¹ Pontonkénti kölcsönös információ (*Pointwise Mutual Information*), két szó együttes előfordulási

valószínűségének számszerűsítése. Ha a két szó a és b , akkor $PMI(a, b) = \log \frac{P(a, b)}{P(a) \cdot P(b)}$.

² Bidirectional Encoder Representations from Transformers.

megoldása az adott szó bal és jobb oldali kontextusát is figyelembe veszi. Ez a megoldás eltér a korábbi – például a GloVe (Pennington és szerzőtársai [2014]) és a Word2Vec (Mikolov és szerzőtársai [2013]) – modellektől, amelyek kontextusmentes beágyazási terek, azaz minden szóhoz egyetlen beágyazási reprezentációt rendelnek. Ez a magyarázata annak, hogy BERT-alapú technológiák esetén nem javasoltak a természetes nyelvi szövegek esetében megszokott előfeldolgozó eljárások, mint például a szótövezés. Ez viszont azzal járhat, hogy egy-egy szó több formában, például egyes és többes számban is megjelenik a témákat címkéző szavak között.

Thompson–Mimno [2020] a *k*-közép-algoritmus segítségével klaszterezzi az adathalmazban megfigyelt tokeneket a BERT-ből vett kontextusvektorok alapján. A szerzők különböző paraméterválasztásokat javasolnak, amelyek a BERT-modell különböző változatain alapulnak. Thompson–Mimno [2020] három adathalmazt használ, köztük egy 1000 dokumentumos Wikipedia-adathalmazt, az Egyesült Államok Legfelsőbb Bíróságának véleményeit tartalmazó, 5300 dokumentumos adathalmazt és az Amazon-terméértékelésekből álló, 25 000 dokumentumos adathalmazt. A szerzők modellváltozataikat az LDA-algoritmussal szemben tesztelik a PMI-alapú témakoherencia, valamint a KL-alapú témaeltérés segítségével. Az eredményekből kitűnik, hogy bármely adott metrika esetében legalább egy BERT-alapú modellváltozat felülmúlja az LDA-algoritmust.

A kutatás módszertana

Kutatásunk során arra kerestük a választ, hogy a gépi tanuláson alapuló BERTopic-témamodellező eljárás milyen témákat azonosít azon a szövegtesten, amely a hazai kis- és középvállalatok ipar 4.0 felkészültségének értékelési szempontjait feltérképezni célzó, félig strukturált szakértői interjúk eredményeként állt elő. A hét interjúalanyunk legfontosabb jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze. (Az interjúvázlát megtalálható a Függelék F1. pontjában.)

Meg kell jegyeznünk, hogy a témamodellezés módszerét már alkalmazták magyar területen egészségügyi témában (Osváth és szerzőtársai [2023]). A tanulmányunk előző részében bemutatott BERTopicot használtuk a témareprezentációk – azaz az ipar 4.0 felkészültséget megragadó érkelési szempontok – létrehozására négy lépésben, amelyet az 1. ábra szemléltet. Először az interjúkat DeepL gépi fordítóval angolra fordítottuk,³ az így kapott nyers szöveget lektoráltuk, majd a lektorált angol nyelvű interjúk szövegét all-MiniLM-L12-v2 nevű, előre betanított mondattranszformáló (*sentence transformer*) nyelvi modell (Reimers–Gurevych [2019]) segítségével alakítottuk át, és így egy 384 dimenziós vektorteret kaptunk. Következő lépésként a klaszterezési folyamat optimalizálása érdekében ezt a 384 dimenziót csökkentettük. A főkomponens-elemzés (*Principal Component Analysis, PCA*) (Pearson [1901]) talán a legnépszerűbb módszer a dimenzió csökkentésére, mi a UMAP (*Uniform Manifold*

³ Előzetes eredményeink azt mutatták, hogy az angol nyelvű szövegtesten pontosabb eredményeket értünk el, mint ha a BERTopic-algoritmust a többnyelvű (*multilingual*) beállítással és a paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2 betanított modellel használtuk volna az eredeti magyar szöveg esetén.

1. táblázat

A kutatásban felvett interjúk alanyaival kapcsolatos leglényegesebb adatok

Beosztás	Szakmai terület	Vállalati háttér	Munkahelyi tapasztalat	Ipar 4.0 bevezetési tapasztalat kis- és közép-vállalatoknál
1. Folyamat-fejlesztő mérnök	Logisztikai, termelési és ellátásilánc-folyamatok fejlesztésének informatikai támogatása	Nagy nemzetközi, 1. szintű autóipari beszállítók	20 év	Van
2. Interim menedzser	Beszerezés, ellátásilánc-folyamatok fejlesztése	Gépipari, ezen belül kiemelten autóipari vállalatok	25 év	Van
3. Fejlesztési igazgató	IT-, ERP-szakértő*	Nagyvállalati és kis- és középvállalati tapasztalat	30 év	Van
4. Ügyvezető	IT-, ERP-szakértő*	Főként kis- és középvállalati tapasztalatok	30 év	Van
5. Ügyvezető	IT-biztonsági, kiberbiztonsági szakértő	Számos tanúsítási projekt nagyvállalatokkal és kis- és középvállalatokkal	28 év	Van
6. Ügyvezető	Minőségbiztosítási projektek, auditálás	Számos tanúsítási projekt nagyvállalatokkal és kis- és középvállalatokkal	16 év	Van
7. Cégvezető	IT-biztonsági, kiberbiztonsági szakértő, tanácsadó	Számos informatikai projekt nagyvállalatokkal és kis- és középvállalatokkal	20 év	Van

* Integrált vállalatirányítási rendszer (*Enterprise Resource Planning, ERP*).

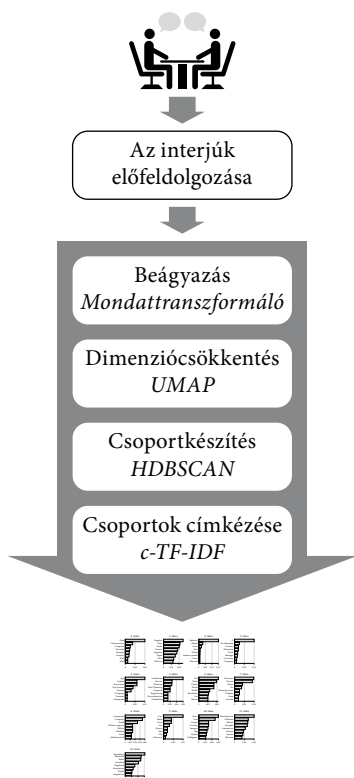
Forrás: saját szerkesztés.

Approximation and Projection) módszert használtuk, amely a publikált kutatások szerint jobban megőrzi az adathalmazok lokális és globális struktúráját (*Grootendorst [2022], Thompson–Mimno [2020]*). A kapcsolódó szakirodalom eredményei alapján kutatásunkban az UMAP az öt legközelebbi szomszédot használja, hogy a lokális struktúrákat előnyben részesítse.

A redukált dimenziójú beágyazásokat a HDBSCAN (*Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) algoritmus segítségével klasztereztük, amely különböző sűrűségű klasztereket határoz meg (*McInnes és szerzőtársai [2017]*). Ez az algoritmus lehetővé teszi, hogy a zajt kiugró értéként modellezzük, ami megakadályozza, hogy a nem kapcsolódó dokumentumrészeket bármelyik klaszterhez hozzárendeljük, ami javítja a témák meghatározását. A klaszterek minimális méretét 45-ben határoztuk meg, hogy kellően nagyszámú mondat segítségével tudjunk egy-egy témát azonosítani, és ezzel is növeljük módszerünk megbízhatóságát.

1. ábra

Az empirikus elemzés alapvető lépései



Forrás: saját szerkesztés.

Az így kapott 13 klaszter jellemzéséhez negyedik lépésként az adott klaszterbe tartozó mondatokat egyesítettük, és az osztályalapú TF-IDF⁴ megközelítéssel (c-TF-IDF⁵) a klasztereket jellemző témavektorokat készítettünk (Robertson [1990]).

Elemzés

Az interjúk célja az volt, hogy szakértők segítségével feltérképezzük azokat a legfontosabb feltételeket, amelyek megléte az ipar 4.0 technológiák eredményes alkalmazásához elengedhetetlen a kis- és középvállalatok esetében. A témamodellező algoritmus

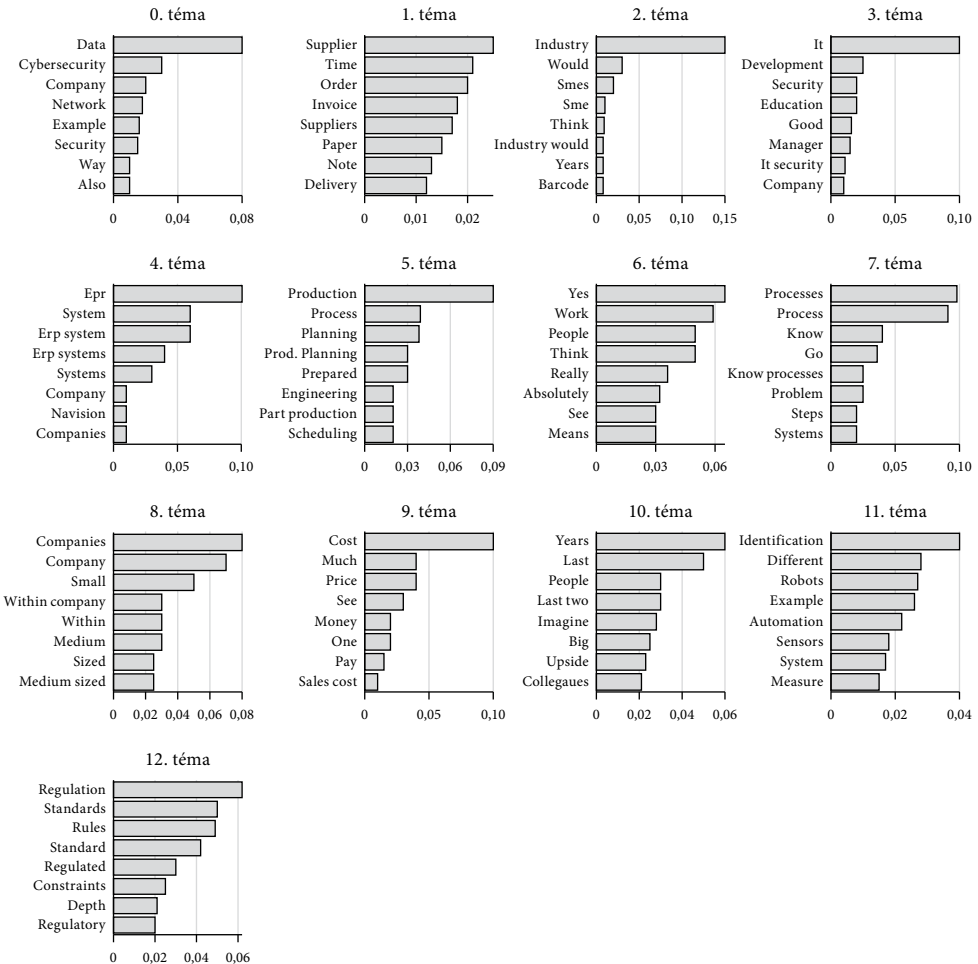
⁴ Az angol *term frequency-inverse document frequency* kifejezés rövidítése, magyar fordítása: gyakoriság – fordított dokumentumgyakoriság. A TF-IDF egy statisztikai mérőszám, amely lehetővé teszi egy dokumentumban szereplő kifejezés jelentőségének értékelését a korpuszhoz képest.

⁵ Egy x kifejezés c-TF-IDF-értéke egy adott c osztályban: $w_{x,c} = \|tf_{x,c}\| \cdot \log\left(1 + \frac{A}{f_x}\right)$, ahol $tf_{x,c}$ az x szó gyakorisága a c osztályban; f_x az x szó gyakorisága az összes osztályban; A a szavak átlagos száma az osztályokban.

13 témát azonosított, melyeket 0. téma, 1. téma, ..., 12. téma címkékkel jelöltünk. Az egyes témákhoz a nyolc legmagasabb c-TF-IDF-értékkel rendelkező, azaz a téma szempontjából legfontosabb kifejezéseket a 2. ábrán tüntettük fel. (A hierarchikus klaszterezési eljárás dendogramját a *Függelék F2. ábrája* mutatja.) Mint látjuk, vannak egy-egy kulcsszó által dominált témák, míg más témához több kiemelten fontos kulcsszó is kapcsolódik. A továbbiakban az egyes témákat ezzel, illetve ezekkel a nagy fontosságú kifejezésekkel fogjuk hivatkozni.

2. ábra

A nyolc legfontosabb szó témánként



Megjegyzés: a függőleges tengelyen felsoroltuk a 13 téma 8 legmagasabb c-TF-IDF-értékkel rendelkező szavát, a vízszintes tengelyen pedig a szavakhoz tartozó c-TF-IDF-értéket ábrázoltuk. Az elemzést az angol nyelvű szövegtesten végeztük el, Python programozási nyelvet használtunk, ezért az ábrán minden outputot angol nyelven szerepeltettünk, de az eredmények értelmezését a továbbiakban magyarul tesszük meg.

Forrás: saját szerkesztés.

Megvizsgáltuk, hogy az egyes témákhoz tartozó mondatok melyik interjúalanytól származnak, hogy biztosak lehessünk abban, hogy minden témában minden interjúalanyunk véleménye megjelenik. A kapott eredményeink azt mutatják, hogy összesen két téma (10. és 12. téma) esetén fordult elő, hogy valamelyik interjúalanytól nem került besorolásra egyetlen mondat sem (2. táblázat). Ebben a két esetben sem fordult elő azonban, hogy a szakterület (IT, ERP, folyamatfejlesztés) másik képviselőjének véleménye nem jelent volna meg. Bizonyos témák esetében (4. és 7.) a hét interjúalany mondatai közel azonos százalékban alkotják a csoportot, míg más témák esetében (3. és 9.) egy-egy interjúalany véleménye meghatározó. Magyarázat lehet, hogy a 4. téma esetében az ERP-rendszer, míg a 7. témánál a folyamatfejlesztés volt a központi fogalom minden interjú esetében. A 3. téma mondatai az IT, a 9. téma mondatai a költség kérdésköréhez kapcsolódtak.

2. táblázat

A témához tartozó mondatok százalékos megoszlása aszerint, hogy melyik interjúalany fogalmazta meg (százalék)

Téma	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	interjúalany*						
0.	22,9	21,1	19,7	8,5	6,3	6,7	14,8
1.	24,8	28,6	19,9	8,7	3,7	5,0	9,3
2.	8,7	23,6	3,9	22	10,2	19,7	11,8
3.	24,1	11,1	6,5	2,8	0,9	5,6	49,1
4.	12,2	24,4	13,3	18,9	16,7	5,6	8,9
5.	11,4	38,6	18,6	15,7	2,9	5,7	7,1
6.	18,5	27,7	18,5	6,2	9,2	13,8	6,2
7.	21,0	11,3	8,1	21,0	11,3	22,6	4,8
8.	8,8	21,1	21,1	10,5	10,5	14,0	14,0
9.	5,6	46,3	22,2	3,7	9,3	3,7	9,3
10.	17,0	7,5	37,7	24,5	0,0	11,3	1,9
11.	19,2	15,4	26,9	9,6	9,6	13,5	5,8
12.	20,0	14,0	30,0	6,0	0,0	14,0	16,0

* Az interjúalanyok beosztását lásd az 1. táblázatban. Forrás: saját szerkesztés.

A következőkben eredményeinket négy lépésben tárgyaljuk. Elsőként az algoritmus által azonosított 13 témát (3. táblázat) mutatjuk be részletesebben, majd tárgyaljuk a témák egymáshoz való kapcsolódását. Az empirikus eredmények tényeit az interjúszövegekből vett idézetekkel egészítjük ki annak érdekében, hogy mind az egyes témák jelentésébe, mind az azok közötti kapcsolatrendszerbe mélyebb betekintést nyerjünk. Külön fejezetben vizsgáljuk azoknak a mondatoknak a halmazát, amelyek egyetlen témába sem kerültek besorolásra. Végül, de nem utolsósorban az egyes témák és kapcsolatrendszerük alapján javaslatot teszünk egy a kis- és középvállalatok ipar 4.0 felkészültségét értékelő modell dimenzióira.

3. táblázat

A témamodellezés során kapott témák csoportosítása a témát meghatározó, azaz legnagyobb c-TF-IDF-értékű kulcsszavak száma szerint

Egyetlen szó által dominált témák és kulcsszavaik	Több, közel azonos fontosságú szót tartalmazó témák és a kiemelten fontos szavaik
0. téma (adat)	1. téma (beszállító, idő, rendelés, számla)
2. téma (ipar)	6. téma (igen, munka, emberek, gondol)
3. téma (információtechnológia)	8. téma (vállalatok, kicsi)
4. téma (ERP)	10. téma (évek, utóbbi, emberek)
5. téma (termelés)	11. téma (azonosítás, különböző, robot*)
7. téma (folyamat)	12. téma (szabályozás, standardok, szabályok, szabályozott)
9. téma (költség)	

* A 11. témában magas c-TF-IDF-értékkel rendelkezik a *robot* kifejezés, ugyanakkor ez egy konkrét ipar 4.0 technológia. Munkánk során az ilyen technológiáknak az eredményes alkalmazásához szükséges előfeltételeket vizsgáljuk. Maga a robotizálás nem előfeltétel, így az nem az ipar 4.0 felkészültségi, mint inkább egy ilyen technológiák alkalmazásának érettségi szintjét mérő modellnek lehet a része. Természetesnek tartjuk, hogy az interjúk során ipar 4.0 technológiák is tárgyalásra kerültek. Azt pedig jelzésértékűnek tartjuk, hogy a robotizálás ilyen markánsan megjelent az interjúkban.

Forrás: saját szerkesztés.

A 0. TÉMA (*adat*) kiemelkedően fontos témakört jelöl, hiszen a szövegtest mondatainak 19 százaléka ebbe a témakörbe tartozik (lásd a *Függelék F1. ábráját*). A témához rendelt mondatok azt tükrözik, hogy az interjúalanyok különösen fontosnak tartják az adatmenedzsment jelentőségét. Ennek kapcsán kiemelték az adatok integritásának, az adattartalom értelmezésének fontosságát:

„Egyértelmű elvárásom, hogy az adatokat mindenki egyformán értelmezze, integrált módon.” „Tehát nekem is meg kell értenem az adatokat, vagyis azt, amit korábban mértem.”

A téma második legfontosabb kifejezése a *kiberbiztonság*, de az interjúalanyok ezzel kapcsolatban is az adatbiztonság fontosságát hangsúlyozták:

„Aztán az adatvédelem, az adatbiztonság, a kiberbiztonság is felmerül.” „Az a fajta kiberbiztonság, amely pontosan védi az adatok gyűjtését és továbbítását vállalatról vállalatra.”

Kiemeljük továbbá, hogy a témához rendelt mondatok egy része az adatnak az ipar 4.0-ra való felkészültségben játszott szerepét egyes konkrét ipar 4.0 alkalmazásokkal (például mesterséges intelligencia, szenzorok) összefüggésben is tárgyalták:

„A mesterséges intelligencia nyilvánvalóan nem jöhet szóba ott, ahol az adatokat még mindig papíron tárolják.” „A különböző érzékelőkkel és szenzorokkal adatokat gyűjtünk, és ezekből következtetéseket tudunk levonni például a minőségre és a mennyiségre vonatkozóan, majd ezek alapján megfogalmazhatók a megfelelő ellenintézkedések.”

Az 1. TÉMÁHOZ (*beszállító, idő, rendelés, számla*) tartozó mondatok egyik jellegzetessége, hogy a vizsgálat középpontjában álló – jellemzően termelő – kis- és középvállalatoknak az értékteremtésben közvetlenül részt vevő együttműködő partnereivel (kiemelten a beszállítóval, a vevővel és a logisztikai szolgáltatóval) kapcsolatos állításokat tartalmaznak:

„Egyébként megszoktuk, hogy mindkét oldalon ott vannak olyan biztonságtudatos beszállítók, akikkel szinte keretszerződéseket kötöttünk.” „Egy logisztikai szolgáltató esetében például én csak a szolgáltatás végeredményét látom, a mögöttes tartalmat nem.”

A 2. TÉMÁHOZ (*ipar*) rendelt mondatok elemzése során kiderült, hogy az ipar kifejezés jellemzően az ipar 4.0 kifejezés megjelenését jelenti. Az ipar 4.0 kifejezés a teljes szövegtestben összesen 91-szer kerül említésre. Ezek közül összesen kilenc említés nem kapcsolódik a 2. témához. Ez utóbbi említések mindegyike olyan, amelyet vizsgálatunk során az algoritmus nem tudott egyetlen csoportba sem besorolni. Az ipar 4.0 kulcsszónál valamivel kisebb, de mégis jelentős fontosságú a témában a *kis- és középvállalat* kifejezés, ami megerősíti, hogy az interjúk során a megkérdezett szakembereknek az ipar 4.0 felkészültségről szóló mondanója valóban erre a vállalatcsoportra vonatkozott.

„Ha röviden kellene válaszolnom az első kérdésre, hogy a hazai vállalatok, különösen a kis- és középvállalatok mennyire felkészültek az ipar 4.0 megoldások hatékony alkalmazására, akkor azt mondanám, hogy 5 centivel a muszáj felett vannak.” „Először is nézzük meg, hogyan használják sikeresen az ipar 4.0-t a kis- és középvállalatok.”

Ugyan a téma nyolc legfontosabb kifejezése között nem jelent meg a digitalizáció kifejezés (15. legfontosabb kifejezés 0,0104 c-TF-IDF-értékkel), de a témához rendelt mondatok áttekintése során számos ennek fontosságát hangsúlyozó mondatot találtunk:

„Azt mondanám, hogy az ipar 4.0 felé vezető első lépés a digitalizáció.” „Ha megvan a digitalizáció, akkor az ipar 4.0-ra lehet gondolni.”

A 3. TÉMA (*információtechnológia*) mondatainak jelentős része a vállalatok szervezeti és folyamatszempontú menedzsmentjének kérdésköréhez illeszkedik, hiszen ezt a működést kell az alkalmazott információtechnológiai megoldásoknak támogatniuk:

„Először is meg kell vizsgálnunk, hogy milyen részlegek vannak a vállalaton belül, milyen munkaköröket és funkcionális szerepeket tudunk leírni ezeken belül, hogyan tudjuk ezt leképezni az informatikai szerepekre, és meg kell vizsgálnunk, hogy kinek milyen informatikai szerepeket kell betöltenie milyen munkakörökben.”

A szervezeti szemponthoz illeszkedő módon a téma mondataiban a vezetői döntés is fontos szerepet játszik:

„A döntéshozó vezetők többnyire információhiányban szenvednek a döntések meghozatalához, bár néhányuknak nagyon jó áttekintésük van.”

A 3. téma mondatai továbbá az információtechnológiával kapcsolatban hangsúlyozzák a tudás és képzés fontosságát is:

„Hangsúlyozom, hogy itt egy kis utalást tehetünk arra, hogy az informatikai oktatás nem túl jó.” „Úgy gondolom tehát, hogy nagyon fontos a vezető elképzelése, valamint az, hogy mit tart fontosnak, ezért az oktatás a kulcs.”

Végül kiemeljük, hogy a biztonság kérdése ebben a témában is tetten érhető:

„Az informatika és a kiberbiztonság területén 2-3 irányzat létezik.” „Szóval, tényleg szükség van 5 millió megtakarításra, ha az informatikai biztonságról van szó?”

A 4. TÉMÁHOZ (ERP) sorolt mondatok jellemzően az integrált vállalatirányítási rendszerek bevezetésének kérdéseivel foglalkoznak. Számos utalás történik a vállalati folyamat egyes elemeire/ERP-modulokra [például *termelés, termelésstervezés, készletnyilvántartás, raktármenedzsment, emberierőforrás-menedzsment, értékesítés, ügyfélkapcsolat (CRM), pénzügy és számvitel*]. Néhány mondat explicit módon az ERP-rendszerek meglétét az ipar 4.0 előfeltételeként azonosítja:

„Az ERP-rendszer ezen a szinten már alap.” „Tehát a kulcsszó az ERP, ha van, és jól van bevezetve, akkor ez nagy előnyt jelent a kis- és középvállalatok számára.”

Más mondatok azt hangsúlyozzák, hogy a folyamatok digitalizációja az alap, amire aztán az ERP-alkalmazások épülnek:

„Minden vállalatnak folyamatelemzésre van szüksége ahhoz, hogy minden szinten el tudja kezdeni a digitalizációt, különösen az ERP bevezetésekor.” „Minden ERP-rendszer digitális alapon működik.”

A téma mondatainak jelentős része az ERP bevezetésének a kihívásaira mutat rá. Ezek közül messze kiemelkedik a vállalati működés folyamat alapú értelmezése, ami nélkül az ERP-bevezetések nem hozhatják az elvárt eredményeket. Sajnos, mint azt interjúalanyaink kiemelték, sok esetben megfelelő folyamatértelmezés nélkül vezetnek be kis- és középvállalatok ERP-rendszereket:

„Tehát hiába van ERP-rendszer, ha nincs folyamatszemplélet.” „Sokszor a vállalatoknak fogalmuk sincs arról, hogyan működnek, és erre akarnak rátenni egy ERP-rendszert.” „Úgy gondolom, hogy az ERP-rendszer az, amely valóban rendbe tudja tenni egy vállalat folyamatait.”

Az 5. TÉMA (*termelés*) azokat a mondatokat öleli fel, amelyek a vállalat értékteremtési folyamatait, benne kiemelten a termelés köré szerveződnek. E folyamatrendszer közül legtöbbször a *termelési folyamatot* említik, de szó van a *termelés tervezéséről* és *rövid távú ütemezéséről*, a *karbantartásról*, *minőségmenedzsmentről*, valamint a *mérnöki munkáról* is. A témához tartozó mondatokban megjelenik a vállalatok folyamat- és ehhez kapcsolódóan stratégiai szemléletének hiánya mint a sikeres ipar 4.0 alkalmazások gátló tényezője:

„És itt jön be a folyamatok hiánya.” „A stratégiai megközelítés és a folyamatszemplélet hiánya valóban jellemző.”

Általánosan igaz, hogy e téma központi problémája a fejlődés nehézségei, a felkészültséggel kapcsolatos nehézségek. Ezek a kihívások a témában elsősorban a folyamatok hatékonyságának, kihasználtságának és a termelékenységnek a problémaköréhez kapcsolódnak:

„A hatékonyság a helyes szó, nem a teljesítmény.” „Akár a teljesítmény, akár a kihasználtság szempontjából.” „És akkor jön a kérdés, hogy ez hogyan produktív.” „Mennyit futott, mennyi ideig állt üresen, mennyi karbantartáson esett át, mennyi ideig futott.” „Egy olyan folyamat hatékonyságát próbálja javítani, amelyet fel kell tárnai.”

Végül, de nem utolsósorban ez a téma is foglalkozik a folyamatfejlesztéssel és annak néhány elemével (például folyamatelemzés, a folyamatok értékelése):

„Sietnünk kellett, nem volt folyamatelemzés, és ez lett a vége.” „Elmondtuk nekik, hogy szükségünk van egy folyamatértékelésre előtte.”

A 6. TÉMA (*igen, munka, emberek, gondol*) meghatározó kifejezései általánosabbak, és ez igaz a témához rendelt mondatokra is, mint például:

„Nem akarok negatív lenni, nem ez a célom.” „Le kell vonnod a következtetést, majd ez alapján változtatni kell, és meg kell nézned, hogy tényleg működik-e.”

Érdemes kiemelni, hogy e téma is felhívja a figyelmet az emberi tényező jelentőségére az ipar 4.0 esetén, hiszen a harmadik legfontosabb kifejezése az *ember*. Megjegyezzük, hogy ezt a szempontot a 10. téma mondatai részletesebben kifejtik.

Mint láttuk, a vállalati működés folyamat alapú megközelítése már korábbi témákban is megjelent. Ezekhez kapcsolódik a 7. TÉMA (*folyamat*), amely a folyamatok információtechnológiával való integrálásának jelentőségét hangsúlyozza:

„Úgy gondolom tehát, hogy a folyamatok rendbetétele fontos előfeltétel.” „Hogyan tudom ezeket a lépéseket, ezeket a műveleteket az IT nyelvére átültetni, itt kezdődik a probléma.”

Ugyanakkor ez a téma a folyamatmegértés és a folyamatmenedzsment egyes építőköveivel is foglalkozik. Hangsúlyozza, hogy lényeges a folyamatok felépítésének megértése. A következőkben a témához sorolt olyan mondatokat idézünk, amelyek ebben a sorrendben ismertetve egy fejlett vállalati folyamatmenedzsment-képesség jellemzőit veszik sorra, amihez elengedhetetlen a folyamatok megértése, azok feltérképezése, rendbetétele, standardizálása és dokumentálása, elemzése és fejlesztése:

„A másik a szekvenciális logikai struktúra, hogyan lehet egy adott folyamatot kvázi elemi utasításokra bontani.” „Én mindenképpen elkérném a folyamatértékeket, ott kezdődik minden.” „Tehát megvannak a folyamatok, csak nincsenek tudatában, mert nincsenek leírva.” „Ha egy folyamattulajdonossal beszélek, ő a rendszer-dokumentációból fogja előkeresni a folyamatot.” „Visszatérve az előfeltételekre, a folyamatnak szabványosnak kell lennie, ezt nem lehet megkerülni.” „A szokásos folyamatelemzés.” „Ezt a kapcsolatot folyamatfejlesztésnek nevezzük: ismerem az üzleti folyamatot és a mögöttes informatikai lépéseket.”

A kulcsszavak alapján kapcsolódó a 8. TÉMA, hiszen a két nagyon magas c-TF-IDF-értékkel rendelkező fogalma: a *vállalatok* és a *kicsi*. További kiemelt kifejezései a témának: a *méretű, kis és közepes, kisvállalatok*. Mint láttuk, a kis- és középvállalati megközelítés megjelent a 2. témában is. Az e témához kapcsolódó mondatok a vállalatok, elsősorban a kis- és közepes méretű cégek jellegzetességeit és kihívásait bontják ki. Megjelenik a hazai kis- és középvállalatok ellátási láncokban betöltött speciális pozíciójából fakadó nehézségek kérdése, de e cégek belső működési jellegzetességeinek tárgyalása is, beleértve azok vezetési, szervezeti/szervezési, illetve az egyes funkcionális területeken tapasztalt működési jellegzetességeket is, így például:

„Általában ezek a cégek egyszemélyes tulajdonosi irányítással rendelkeznek, a tulajdonos minden kapcsolatot központosítva tart.” „A kisvállalkozásoknál általában a tulajdonos fő segítője a pénzügyi és gazdasági vezető.”

A 9. TÉMA (*költség*) kifejezéseinek döntő többsége közvetlenül kapcsolódik a téma kulcsfogalmához (például *ár, pénz, fizetni*). Az algoritmus által e témához rendelt mondatok áttekintése alapján megállapítható, hogy ez a téma a vizsgált problémakör pénzügyi szempontjait öleli fel. A már említett kifejezések mellett gyakori szavai az idesorolt mondatoknak a *megéri, a hozzáadott érték, kiadások, a pénzügyi következmények, beruházás, a megtérülés, a drága, az előnyök és hátrányok, a profitabilitás*. A téma több, e pénzügyi szempontból releváns érintettet is említ, így a bankokat és a befektetőket, tulajdonosokat, akik szempontjából kulcskérdés e beruházások eredményes alkalmazása. Mindez azt tükrözi, hogy az ipar 4.0-val kapcsolatban kiemelték a pénzügyi szempontok. Nem is meglepő ez, hiszen az IT-fejlesztések kapcsán általában nehéz megmondani, hogy megtérül-e a befektetés, továbbá nehéz megállapítani a megtérülés idejét:

„Mindenképpen hosszú távú befektetésnek kell tekinteni, nem pedig azonnali, gyors megtérülést ígérő történetnek.” „De ha valamit bevezetünk egy működő üzemben vagy a gyártás során, az többletidőt, -pénzt és -energiát igényel, és ezt meg kell fizetni.”

A 10. TÉMA (*évek, utóbbi, emberek*) kulcsszavai még az *elképzel, felfordít/megfordít (upside), kollégák*. A témához sorolt mondatok tartalmilag az elmúlt évtizedekben egyre inkább felgyorsuló információtechnológiai fejlődés okozta kihívásokat tárgyalják, mindenekelőtt az emberek, az alkalmazottak szempontjából:

„Úgy gondolom, hogy az elkövetkező éveknek erről kell szólniuk, vagy erről fognak szólni, a munkahelyek eltűnéséről, olyan funkciók eltűnéséről, amelyeket ma még manuálisan végzünk.” „Amit körbejártunk, szerintem az egyik legfontosabb dolog az, hogy az emberek nem tudnak lépést tartani, képtelenek lépést tartani ezzel a hihetetlenül gyors változással.”

Idekerültek olyan mondatok is, amelyek a folyamatmenedzsment- és az arra épülő információmenedzsment-képességek összekapcsolásának emberi nehézségeire hívják fel a figyelmet:

„A fő probléma az, hogy az emberek nem eléggé képzettek a saját folyamataikban, a saját szakmájukban.”

A 11. TÉMA (*azonosítás, különböző, robot*) kulcsfogalmai vegyesek (lásd 2. ábra). Részben az ipar 4.0 alkalmazással kapcsolatos fogalmak is megjelennek benne, másrészt általános kifejezések, mint *példa, rendszer, mérni*. A csoport kiemelt fogalmai a *robot, szenzor*, amelyek a téma legnagyobb fontosságú nyolc fogalma között szerepelnek. De idesorolható maga az *azonosítás* és az *automatizáció* is, amelyek ugyan a kiemelt nyolc fogalom közé nem kerültek be, de az idesorolt mondatokban gyakran megjelennek:

„A legnagyobb akadálya annak, hogy ez ennyire kevésbé automatizálható, az, hogy például a tételek azonosítása teljesen eltérő a különböző vállalatok különböző rendszereiben.” „Ha valaki beszállítóként regisztrál az egyik ilyen platformon, akkor lényeges, hogy milyen információkat kell megadnia, például a bankszámlaszámát, a címét és a postai címét.”

A 12. TÉMA meghatározó kulcsszavai egy másik összefüggő témára utalnak: *szabályozás, standardok, szabályok és szabályozott*. A témához rendelt mondatok alapján az interjúalanyok a szabályozási kérdések két vetületét tárgyalták. Egyrészt, beszéltek külső feltételekről, jogi szabályozási kérdésekről:

„Főleg azért, mert a jogszabályok olyan dinamikusan változnak Magyarországon.” „Ezek tehát a külső korlátok, és ezek azok a korlátok, amelyek megváltoztatják a szabályozást.”

Másrészt, idekerültek a szakértőknek a vállalati működés (folyamatok) belső szabályozottságának fokával kapcsolatos állításai is:

„Milyen szintű a vállalat működésének szabályozása, van-e tanúsított vállalatirányítási rendszer?” „A szabályozás része az is, hogy tudjuk, mit csinálnak jelenleg.”

A felkészültségnek a belső, vállalati képességek oldaláról történő tárgyalása során külön kiemelésre került a folyamatok standardizálásának a fontossága:

„Valamiféle szabványosításra lenne szükség.” „Ezért lenne fontos, hogy ezt valamilyen sokkal, de sokkal egységesebb formában tegyük.”

Vizsgálatunk tehát a fenti 13 témát azonosította az ipar 4.0 alkalmazások sikerének alapfeltételeit feltáró szakértői interjúk alapján. 709 (37 százalék) olyan mondatot találtunk ugyanakkor az interjútestben, amely egyik témához sem került hozzáréndelesre. Ezeknek a mondatoknak az átnézése során azt tapasztaltuk, hogy azok jellemzően igen magas fokú specifikációs szinten beszéltek a problémákról. Úgy tűnik, az algoritmus azon mondatokat nem tudta egyik témához sem besorolni, amelyek egy-egy részletesen tárgyalt, konkrét példához kapcsolódtak. A teljes interjúszövegben a *például* kifejezés összesen 71-szer fordult elő, ebből 25 alkalommal olyan mondatban, amely nem került besorolásra. Hasonlóképpen a *saját tapasztalatom* kifejezés felerészben (6-ból 3) és a *például* kifejezés 68 százalékban (19-ből 13-szor) ezekben a be nem sorolt mondatokban jelenik meg.

A be nem sorolt mondatok sokféle példával illusztrálnak, így a szöveg egyszerre specifikus és sokrétű. (Megjelenik bennük például: digitalizáció, SQL, inerfész,

ERP, SAP, BusinessOne, Navision, cloud, gépek közötti kommunikáció, CNC gépek, lean, SharePoint, CRM, internet, BI, SOA környezet, robot, ISO, prediktív karbantartás, kétfaktoros identifikáció, GDPR, Windows XP, 9001 és 27001 sztenderdek, kanban kártya, AGV, EKR, MySQL, TopSolid, Katia, Solidworks, Solidedge és Enix szoftverek). A szöveg abból a szempontból is sokszínű, hogy földrajzilag eltérő területek (például Amerika, Kína, Japán, Németország, Franciaország, Szlovákia, Románia, Magyarország, Kelet-Magyarország, Budapest), iparágak (például autóipar, energetikai ipar, gyógyszeripar, műanyagipar, malomipar, tejipar, energiaipar) és vállalatok (például Festo, Continental, SAP, Oracle, Coca-Cola, Microsoft, VW, BMW) példái jelennek meg.⁶ Ráadásul e szövegrészekben a bekerült folyamatok is sokfélék (például termelés, logisztika, beszerzés, raktározás, karbantartás, minőségmenedzsment, pénzügyi és számviteli folyamatok, mérnöki folyamatok, HR, úgynevezett front-end és back-end folyamatok, támogató folyamatok). A példák jelentős része multifunkcionális, azaz több folyamat összekapcsolódásának kezeléséről szól – természetesen az ipar 4.0-val és az arra való felkészüléssel kapcsolatban.

Úgy tűnik, ez a komplexitás, a vizsgált területeknek a sokszínűsége és ezáltal a példákhoz kapcsolódó szak kifejezéseknek a diverzifikáltsága nehezíti a témamodellező algoritmus munkáját. A témába nem sorolt mondatok eltérő fogalmi, nyelvi apparátusát az általunk használt elemzési megoldás sem tudta jól kezelni.

A témákhoz nem sorolt mondatokat az ipar 4.0 felkészültség szempontjából áttekintve és értékelve a következő megállapításokat szeretnénk tenni. A téma szempontjából fontos digitalizáció nemcsak a 2. témában, de itt is megjelenik. Hasonlóképpen megjelent e mondatokban az információtechnológia (lásd korábban 3. téma). A korábbi témákban explicit módon meg nem jelent, de a témakör szempontjából fontos elem lehet a *digitisation* (azaz a kódolás, a gép nyelvére fordítás), ami a digitalizáció sikerének előfeltétele, és megjelenik a be nem sorolt mondatokban. Kiemeljük továbbá az auditálás fontosságát, ami ezekben a témákhoz be nem sorolt mondatokban több alkalommal is előfordult, a folyamatképeség és a kiberbiztonság kontextusában is. Az interjúalanyok hangsúlyozták, hogy a valós és igényes partner által végzett audit tükrözheti a vállalatoknak az ipar 4.0-ra való felkészültségét ezen a téren. Mint azt az alábbi példamondatokban olvashatjuk, sajnos a kis- és középvállalatok jelentős része nem szán erőforrást ezekre az auditálási folyamatokra:

„Sokszor előfordul, hogy az üzleti vezetőnek nagy tervei vannak, aztán kiderül, hogy sehol sincs digitalizáció, és nem tudnak továbblépni.” „Tehát nemcsak a folyamatok auditálása fontos az ipar 4.0 szempontjából, hanem a kiberbiztonság auditálása is.”

Megnéztük a beazonosított 13 téma egymáshoz való viszonyrendszerét. Minden téma közel helyezkedik el egymáshoz, megerősítve azt, hogy szorosan összekapcsolódó kérdésekről van szó. Az általános közelség mellett is van azonban néhány csomósodási pont. A következőkben ezeket a csomósodásokat, kiemelten közeli

⁶ Az interjúalanyok anonimitást kértek, ezért a konkrét felsorolásokból kivettük a saját cége és megoldásra utaló említéseket.

kapcsolódásokat illusztráljuk, de nem tárgyaljuk a kutatás kontextusát megragadó, általános témákat (1., 2., 6., 8. és 10.). Az egyes témák közötti kapcsolatot a korábbiaktól eltérően nem egy-egy mondattal, hanem több mondatból álló összefüggő idézetekkel támasztjuk alá, mert ezek a hosszabb szövegrészek alkalmasabbak az egyes témák közötti kapcsolatrendszerek bemutatására.

ERP – FOLYAMAT: „Szerintem az ERP-rendszer az, amely ténylegesen rendbe tudja tenni egy vállalat folyamatait. Az, hogy vannak gyártástámogató szoftverek, az nagyon jó, egy előfeltétele is lehet akár, ha rá lehet építeni egy ipar 4.0 rendszert, de igazán én azt érzem, amikor jól akarjuk megcsinálni, akkor az kell, hogy összeérjenek a dolgok, és tényleg egybe gondolkodjon a cég egy integrált rendszerben. (...) Sokszor én azt látom, hogy ha nincs bevezetve egy ERP jól, akkor az nem a beszállító hibája, hanem az ügyfélnél nincs meg az a struktúra, azok az emberek, kulcsfelhasználók, akik normálisan át tudnak verekedni a szervezeten.”

FOLYAMAT – KÖLTSÉG: „Látnom kell, hogy körülbelül ez mibe fog kerülni, mert ez a költségstruktúrának a része. Nem láttam még olyan céget egyébként, aki azt mondta volna, hogy digitalizálni akarok az ipar 4.0-hoz, és ezért holnaptól másfél százalékot bele rakok minden árba, mert ez az a fejlesztési tartalék, amit én majd IT-hez akarok kötni. Fejlesztési tartaléka senkinek nincsen.”

FOLYAMAT – SZABÁLYOZÁS: „Ez főleg azért van, mert ezek a tevékenységek minőségirányítási szempontból sokkal szigorúbbak. Most, ha van egy minőségirányítási rendszer, ami kifejti egy szabályrendszert, mondjuk, egy adott cégre, akkor sok esetben meghatározza azt, hogy mit és hogyan kell, mondjuk, jelenteni a hatóságok felé. Vagy hogyan kell nyilvántartani bizonyos dolgokat, mert ő sokkal inkább egy ipari terület. Ezért lenne fontos, hogy ezt valamilyen formában sokkal, de sokkal szabványosabban csinálják. Nem jutottak még el ezek a szabályzatok odáig, hogy ezt ilyen mélységben le tudják szabályozni. Ahogy a jogosultsági rendszert és a jogosultsági mátrixot meg tudják csinálni, sok esetben az, hogy mondjuk cikkmélységben vagy tevékenységmélységben egységesítsenek – erre egyszerűen nincsen pillanatnyilag lehetőség.”

FOLYAMAT – SZABÁLYOZÁS – ADAT-/KIBERBIZTONSÁG: „A kiberbiztonságon belül mi foglalkozunk a 27001-es szabvánnyal is, ami ugye a 9001-es minőségirányítási rendszereknek a testvérszabványa a területen, de akár a GDPR-felkészítést is mondhatnám. Hát, ha a szervezet nem tudja, hogy az adatai honnan jönnek, és merre vándorolnak, akkor piszok nehéz megmondani hatékonyságnövelő folyamatot. Eleve egy olyan folyamat hatékonyságát akarja növelni, amit még fel kéne deríteni. Alsóbb szinteken ez ösztönös. Tudják a folyamatokat, megvan minden, de csak a szaki fejében, nincs leírva sehova. Tehát megvannak a folyamataik, csak nincsenek tisztában vele, mert nincsenek leírva.”

FOLYAMAT – AZONOSÍTÁS – ADAT: „Valamilyen azonosítási technológiát tudjak használni. Amit a kongresszusra 2016- és 2017-ben vittünk, az a megoldás pont ezt szolgálta, hogy az árubevét után már minden digitálisan volt. Semmi olyan dolga nem volt a kollégának, hogy hogyan kell azt könyvelni, mert ment minden magától. Úgy fognám meg, hogy a támogató funkcióknak egyre nagyobb a jelentőségük. Azt várom el egy támogató folyamattól, hogy az összes létező igényemet lefedje *up-to-date*, gyors legyen, és ne kelljen nekem erőforrást allokálnom arra, hogy a benne lévő adatokat valamilyen manuális úton kelljen megadnom. Ez a négy dolog mindenképpen kell hozzá.”

Ipar 4.0 felkészültség mérése kis- és középvállalatok esetében – modelljavaslat

Az előzőkben részletesen tárgyaltuk a témamodellezés során kapott témákat. Az egyes témákhoz sorolt mondatok rávilágítottak a kiemelt fogalmak mögötti részletekre, tartalmi elemekre. Ebben a fejezetben ezeket az elemeket igyekszünk rendszerezni: azokat a szempontokat, amelyek alapján egy, a kis- és középvállalatok ipar 4.0 felkészültségét mérő modell értékelési szempontjai azonosíthatók. A fejezet második részében az így kirajzolódó értékelési szempontokat vetjük össze a meglévő szakirodalommal.

A kis- és középvállalatok ipar 4.0 felkészültségét mérő modell javasolt értékelési szempontjai

A témamodelllezési algoritmussal kapott témák kulcsszavainak és a hozzárendelt mondatoknak az elemzése alapján tehát első lépésként javaslatot teszünk egy, a kis- és középvállalatokra vonatkozó, ipar 4.0 felkészültséget mérő értékelési szempontrendszerre, amely alapja lehet egy ipar 4.0 felkészültségi modellnek. Témamodelllezési algoritmusunk eredményeképpen kapott két téma is megerősíti, hogy az elkészült szakértői interjúk valóban a kis- és középvállalati szektor szempontjából (8. téma) közelítettek az ipar 4.0 felkészültség témaköréhez (2. téma). Ez visszaigazolja a szakértői interjúk megfelelőségét. Érdekességként említjük meg, hogy a 11. téma kulcsfogalmi között két konkrét ipar 4.0 technológia is megjelent. Ennek tükrében azt mondhatjuk, hogy leginkább a szenzorok és a robotizáció állt az interjúalanyaink gondolkodásának középpontjában, méghozzá elsősorban a termelési és a kapcsolódó reálfolyamatok terén (5. téma). Megjegyezzük, hogy bár a felvett szakértői interjúk középpontjában a hazai kis- és középvállalatok álltak, az 1. téma rámutat arra is, hogy ma már ezek a kis- és középvállalatok is összetett kapcsolatrendszerben működnek, ami szintén fontos a vizsgált vállalatok ipar 4.0 felkészültsége szempontjából. E témák tehát a célként megfogalmazott kis- és középvállalat-specifikus ipar 4.0 felkészültségi modell kontextusát ragadják meg.

Elemzésünk – jellege miatt – nem alkalmas arra, hogy az egyes fontosnak talált szervezeti képességek értékelési skálájára is javaslatot tegyen, de arra alkalmas, hogy meghatározza a kiemelten fontos szervezeti képességek körét és azok egyes dimenzióit, illetve rámutasson az azok közötti kapcsolatrendszer lényeges elemeire. A következőkben ezeket mutatjuk be összefoglaló jelleggel (4. táblázat).

Az azonosított témák két nagy, egymással szorosan összekapcsolódó, önmagában is összetett szervezeti képesség fontosságát emelik ki, melyek birtoklása nélkül az ipar 4.0 alkalmazások várhatóan nem lesznek eredményesek a kis- és középvállalatok esetében:

1. a vállalat fejlett folyamatmenedzsment-képessége és az erre épülő, ezt támogató
2. érett vállalati IT-menedzsmentképesség.

4. táblázat

A kis- és középvállalatok számára javasolt ipar 4.0 felkészültségi modell keretrendszere: elemei és azok fő dimenziói

FOLYAMATMENEDZSMENT-KÉPESSÉG		INFORMÁCIÓTECHNOLÓGIAI KÉPESSÉG	
Folyamatok értelmezése		IT-alkalmazások, kiemelten ERP	
Folyamatok feltérképezése		IT szervezeti megoldásai	
Folyamatok dokumentálása		IT-képzés	
Folyamatok szabályozása		<i>Integráció a két szervezeti képesség között</i> ↔	IT-biztonság
Folyamatok standardizálása			Adatbiztonság
Hatékonyság és termelékenységszempontja	Folyamatok értékelése	Biztonság	Kiberbiztonság
Pénzügyi, befektetési, stratégiai szempontok			
Folyamatok fejlesztése összhangban a stratégiai célokkal			
Középpontban:			
– a termelési és kapcsolódó reálfolyamatok			
– az ipar 4.0 technológia: robotizálás és szenzorok			
– kis- és középvállalatok, de az együttműködő partnerek is fontosak			

Forrás: saját szerkesztés.

Itt emeljük ki, hogy a 3. téma kulcsszava az információtechnológia, amely a második szervezeti képességhez kötődik, de ez a téma kiemelten tárgyalja a fent azonosított két szervezeti képesség egymásra épülésének, a folyamat- és információtechnológia integrációjának fontosságát. E téma jelentős részben az ERP-rendszerek bevezetésének problémáit, főleg a vállalati folyamatmenedzsmenttel kapcsolatos kihívásokat tárgyalja, és a megfelelő folyamatmenedzsmentet a sikeres ERP-bevezetés alapfeltételeként értelmezi. Ezt megerősíti a 7. téma, amely explicit módon jelzi a folyamatok és a vállalati folyamatmenedzsment-képesség fontosságát, de azt is, hogy mennyire fontos a folyamatmenedzsment információtechnológiával való integrálása.

Az interjúk alapján azonosított témák segítségével mindkét összetett szervezeti képességet részletesebben is le tudjuk írni. A 7. téma mellett ebben segít az 5., a 9. és a 12. téma. A 7. témához rendelt mondatok tükrében azonosítani tudjuk a folyamatmenedzsment-képesség egyes építőelemeit: a folyamatok és felépítésük megértését, feltérképezését, dokumentálását és fejlesztését. A folyamatmenedzsment-képesség további elemeit találjuk meg a 12. témában, amely a folyamatok és a működés szabályozását, standardizálását hangsúlyozza. Az 5. téma a folyamatképesség további kulcsfogalmait tartalmazza: folyamatelemzés és a folyamatok értékelése, aminek hangsúlyos szempontja a hatékonyság és a termelékenység. A folyamatfejlesztés kérdésköréhez kapcsolódik a 9. téma is, amely a vizsgált problémakör pénzügyi és befektetési aspektusait tárgyalja.

A vállalati információmenedzsment-képesség kérdésköréhez is több értékelési szempont kapcsolódik. Mint említettük, a 3. téma az ERP-rendszerek meglétét mint az ipar 4.0 előfeltételét azonosítja. Ugyanakkor azt is kiemeli, hogy ezeknek a rendszereknek a sikeres bevezetéséhez alapvető a vállalati folyamatok feltérképezése, rendszerezése (azaz egy fejlett folyamatmenedzsment-képesség megléte), valamint az erre épülő digitalizáció. Ezeket együtt tehát az ipar 4.0 alkalmazások sikerének előfeltételeiként azonosítjuk.

A 3. téma fontos része továbbá az információtechnológiával kapcsolatos képzés. Ezt az ipar 4.0 felkészültségi dimenziót erősíti meg a 10. téma is, amely a gyorsuló információtechnológiai fejlődés okozta kihívásokat tárgyalja, különösen az emberek, alkalmazottak szempontjából. Szemléletváltást sürgettek az interjúalanyok e téren, amelynek egyik leghatékonyabb eszköze az oktatás. Végül a vállalatok információtechnológiai menedzsmentjének fejlettségéhez kapcsolódik a 0. téma, amelynek kulcsszava az adat, ehhez kapcsolódik a 11. téma legnagyobb fontosságú kifejezése, az azonosítás, de a biztonság kérdésköre is. A 0. téma hangsúlyosan tárgyalja az adatbiztonságot és a kiberbiztonságot, míg a 3. téma az átfogó információtechnológiai biztonság kifejezést használja.

A kis- és középvállalatok számára javasolt ipar 4.0 felkészültséget értékelő szervezeti képességek modellezése a szakirodalomban

Mint arra a bevezetőben utaltunk, a szakirodalom felhívja a figyelmet arra, hogy jelenleg nem áll rendelkezésre olyan ipar 4.0 felkészültség mérésére alkalmas modell, amelyet kimondottan a kis- és középvállalatokra fejlesztettek volna ki. Egy felkészültségi modell nem más, mint egy adott cél eléréséhez szükséges képességek fejlettségi, azaz érettségi szintjeinek rendszere (Mittal és szerzőtársai [2018]). Esetünkben a cél a kis- és középvállalatok eredményes ipar 4.0 alkalmazására való felkészültségének mérése. Egy olyan modell specifikálása, amely meghatározza azoknak a szervezeti képességeknek a körét és fejlődési szintjeit, amelyeket vizsgálni szükséges. A téma-modellezés során kapott eredmények tükrében két olyan összetett és egymással is kapcsolatban álló szervezeti képességet tudunk azonosítani, amelyek magas szintű megléte az eredményes ipar 4.0 alkalmazások feltétele a kis- és középvállalatok esetében: a vállalatok folyamat- és IT-menedzsmentképessége. A következő lépésben azt vizsgáljuk, vajon léteznek-e ezeknek a szervezeti képességeknek a modellezésére alkalmas, kis- és középvállalatokra validált modellek.

A folyamatmenedzsment-képesség esetében két széles körben alkalmazott modellt is találtunk (Hajoary [2020]). Ezek az úgynevezett SPICE⁷ műszaki szabványdokumentumok, az egyik az ISO.2015 (ISO [2015]), a másik pedig a CMMI-⁸ (CMMI Product Team [2010], Paulk és szerzőtársai [2002]) modell. A két modell hasonló módon értelmezi a folyamatképesség dimenzióit és azok kapcsolatrendszerét.

⁷ Software Process Improvement and Capability dEtermination.

⁸ Capability Maturity Model Integration.

A CMMI-modellt mutatjuk most be röviden, mert annak részletes specifikációja nyilvánosan elérhető. A szervezetek folyamatmenedzsment-képességét a CMMI öt szinten értelmezi. Az egyes szinteket három meghatározó értékelési dimenzióban értékeli.

1. *Folyamatszabályozási képesség*: a szervezeti folyamatok szabályozásának jellemzőit és azok fejlődését ragadja meg.

2. *Folyamatfejlesztési képesség*: a vállalat folyamatfejlesztésének jellemzőit és fejlődését írja le a folyamatok teljesítményének mérésétől indulva, az eredmények elemzéséig és az azokon nyugvó fejlesztési projektek megvalósításáig.

3. *A folyamatok integrációs képessége*: a vállalati folyamatok fejlesztésének néhány kiemelt minőségi jellemzőjét ragadja meg, amely alapján a fejlesztett folyamatok közötti integráció növelhető.

A szakértői interjúk témamodellezés segítségével történt elemzésének eredményeként kapott folyamatmenedzsment-képesség elemei megfeleltethetők a CMMI-modell értékelési szempontrendszerének (lásd 4. táblázat). Ennek alapján azt mondhatjuk, hogy a kis- és középvállalatok ipar 4.0 felkészültségi modell első elemére, a folyamatmenedzsment-képesség fejlettségének mérésére ez a modell használható.

A vállalatok IT-képességének fejlettségével foglalkozó szakirodalom igen gazdag, de a kutatások jellemzően az elméleti szakirodalmi áttekintésnél és modellezésnél nem jutnak tovább, a kidolgozott koncepciókat statisztikai vizsgálatokkal nem validálták (*Leyh és szerzőtársai [2016]*). Egyetlen olyan IT-menedzsment-értékelési modellt találtunk, amelyet nagy mintán teszteltek kis- és középvállalatokra vonatkozóan: *Leem és szerzőtársai [2008]*. E kutatócsoport egy korábbi koncepcióalkotó cikkre épített, az úgynevezett L–K-modellre (*Leem–Kim [2004]*). A modellt a kis- és középvállalatok IT-menedzsmentfejlettségét öt szempont alapján ragadja meg, és ezek különféle fejlettsége szerint öt érettségi szintet azonosít:

1. *IT-vízió*: megragadja az IT-menedzsment lényegét és folyamatképességét.

2. *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.

3. *IT-szervezet és -szabályozás*: megragadja az IT szervezeti megjelenésének típusát, működési szabályozásának fő jellegzetességeit.

4. *IT-támogatás*: az IT-igényfelmérés és -oktatás, valamint a problémaelhárítási idő mérésén keresztül értékeli az IT fejlettségét.

5. *IT-alkalmazás*: a fejlett IT-megoldások, kiemelten ERP-rendszerek alkalmazásának a kiterjedtségét méri, a digitalizációtól kezdve az adat- és tudásmegosztást, tudásgenerálást támogató eszközök mentén.

A modell elemeinek fontosságát jelen elemzés megerősítette. Az IT-vízió szempontja például a két általunk azonosított szervezeti képesség egymásra épülését, integrált kezelését ragadja meg. Az IT-szervezet kérdése is tárgyalásra került, elsősorban a kiszervezés szempontjából. A modellben az IT-támogatás szempontja az interjúalanyok által is hangsúlyozott oktatási gyakorlatot értékeli. Az IT-alkalmazások

szempont is megjelent a kiemelt témák között, gondoljunk az ERP-alkalmazások hangsúlyozására. Az L–K-modell IT-infrastruktúra elemét ugyanakkor interjúalanyaink a témamodelllezés eredménye alapján nem emelték ki. Ezzel párhuzamosan a témamodelllezés ugyanakkor azonosított egy olyan IT-menedzsmentképességet, amely az L–K-modellből hiányzik, és ez az IT-biztonság kezelésének képessége, amelybe beletartozik az adat- és kiberbiztonság fejlett kezelése.

Zárógondolatok

Munkánk alapvető célja az volt, hogy javaslatot tegyünk egy kis- és középvállalatokra szabott, ipar 4.0 felkészültséget megragadni képes értékelési szempontrendszerre. Módszerünk a szakértői interjúk témamodelllezés eszközével történő elemzése volt. Legjobb tudomásunk szerint ebben a témakörben ezt a módszertant még nem alkalmazták. Az egyes témákat azok legfontosabb fogalma/fogalmai szerint azonosítottuk, majd megnéztük a topikokhoz rendelt mondatokat, hogy részletebben értelmezni tudjuk azok tartalmát.

Eredményeink alapján azonosítani tudtunk két, egymásra épülő szervezeti képességet, amelyek magas szintű birtoklása az interjút adó szakemberek szerint az eredményes ipar 4.0 alkalmazások alapfeltétele. A folyamat- és IT-menedzsmentképesség egyes elemeit is sikerült azonosítanunk. Ezeket az eredményeket összevetettük a két szervezeti képességet vizsgáló szakirodalommal. Mindkét képesség esetében találtunk olyan, kis- és középvállalatokra alkalmazott modellt, amely kisebb változtatással képes ezek fejlettségének mérésére. Kutatási eredményeink megerősítették, hogy e korábbi modellek értékelési szempontrendszere alapvetően ma is használható. Az IT-menedzsmentképesség esetében ugyanakkor kutatásunk azonosított egy olyan értékelési szempontot (IT, benne adat- és kiberbiztonság), amely fontos, és a meglévő IT-menedzsmentképesség-modellből hiányzik.

Mindezek alapján javaslatunk az, hogy egy, a kis- és középvállalatok ipar 4.0 felkészültségét értékelő modell építhet a két hivatkozott meglévő modellre, a CMMI- és az L–K-modellre, de ez utóbbit az előzők szerint módosítani szükséges.

Az ipar 4.0 felkészültséget tárgyaló tanulmányok jelentős része épít szakértői interjúkra. Az elkészített interjúk elemzésére leginkább a tartomelemzést használják, amellyel kapcsolatban ugyanakkor többen felvetik a szubjektivitás problémáját. Az elmúlt évtizedekben számos módszertani újítás született, amelyek alkalmazásával növelhető ezeknek az elemzéseknek az objektivitása és megbízhatósága. Ugyanakkor érdemes bevonni a kvalitatív kutatás eredményeként ellőállott interjúszövegek elemzésébe a ma már rendelkezésre álló új technikákat, közöttük a témamodelllezés módszertanát. Mi erre tettünk egy kísérletet, amikor a gépi tanuláson alapuló BERTopic-eljárást alkalmaztuk. Eredményeink azt mutatják, hogy a témamodelllezés alkalmas ilyen jellegű vizsgálatokra, hiszen az ipar 4.0 felkészültség szempontrendszerét firtató szakértői interjúk alapján azonosítani tudtunk kritikus szervezeti képességeket és azok elemeit. Az e két szervezeti képességre vonatkozó korábbi kutatások nagyrészt megerősítik, hogy a kapott értékelési szempontok relevánsak. Ugyanakkor sikerült

azonosítani olyan, az elmúlt évtizedekben nemcsak a kis- és középvállalatok esetében, de általánosan is növekvő jelentőségű IT-menedzsmentképesség-elemet, amely az eddigi modellekből hiányzott (*Ghobakhloo–Iranmanesh* [2021]).

A témamodellezés módszertana az elemző személyétől függetlenül, objektíven képes azonosítani az interjúk révén előálló szövegtest legfontosabb témáit és azok kulcsszavait. Megjegyezzük ugyanakkor, hogy az egyes témák és a közöttük lévő kapcsolatok megértéséhez szükség van az interjúszövegek elemzésére is. Mivel elemzésünk alapegységei az interjúk mondatai voltak, ez az elemzés alapvetően az egyes témákhoz rendelt mondatok alapján történt meg, ami szintén objektivitást visz a témák értelmezésébe. Láttuk azt is, hogy az egyes témák tartalma sokszor összekapcsolódik. Jó példa erre a 7. téma, amelynek legfontosabb szava a folyamat, de a folyamatokkal kapcsolatos szervezeti képességek elemei megjelennek az 5., a 9. és a 12. témákban is.

Módszertani szempontból fontosnak tartjuk kiemelni azt a tapasztalatunkat, hogy a konkrétan vizsgált szövegtest mondatait viszonylag magas arányban nem tudta az algoritmusunk egyik témába sem besorolni, ezzel létrehozva egy 14. témát. Ezt megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy ide azok a mondatok kerültek, amelyek igen nagyfokú nyelvi specifikussággal rendelkeztek. Az ilyen specifikusság ugyan mélységi betekintést adhat a vizsgált problémába, de az algoritmus munkáját nem könnyíti meg. Fontos ugyanakkor, hogy a be nem sorolt mondatok áttekintése alapján azt láttuk, hogy az ipar 4.0 felkészültség szempontjából új értékelési szempont abban nem jelent meg, de számos, az azonosított 13 téma által megragadott szempontot megerősített.

A jövőbeli kutatási irányok közül kettőt hangsúlyozunk. Egyrészt érdemes a jelen tanulmányban használt témamodellezési módszert más témakörök esetén is használni, ezzel tesztelve a módszer használhatóságát. Másrészt fontos következő kutatási lépés a javasolt ipar 4.0 felkészültségi modell empirikus tesztelése és ezzel a témamodellezés eszközével kapott értékelési dimenziók relevanciájának és használhatóságának a tesztelése.

Hivatkozások

- ANGREANI, L. S.–VIJAYA, A.–WICAKSONO, H. [2020]: Systematic literature review of industry 4.0 maturity model for manufacturing and logistics sectors. *Procedia Manufacturing*, Vol. 52. 337–343. o. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.11.056>.
- ARDITO, L.–CERCHIONE, R.–MAZZOLA, E.–RAGUSEO, E. [2022]: Industry 4.0 transition: a systematic literature review combining the absorptive capacity theory and the data–information–knowledge hierarchy. *Journal of Knowledge Management*, Vol. 26. No. 9. 2222–2254. o. <https://doi.org/10.1108/JKM-04-2021-0325>.
- AZIZ, S.–DOWLING, M.–HAMMAMI, H.–PIEPENBRINK, A. [2022]: Machine learning in finance: A topic modeling approach. *European Financial Management*, Vol. 28. No. 3. 744–770. o. <https://doi.org/10.1111/eufm.12326>.
- BACKMAN, K.–KYNGÄS, H. A. [1999]: Challenges of the grounded theory approach to a novice researcher. *Nursing & Health Sciences*, Vol. 1. No. 3. 147–153. o. <https://doi.org/10.1046/j.1442-2018.1999.00019.x>.

- BERGHAUS, S.–BACK, A. [2016]: Stages in digital business transformation: Results of an empirical maturity study. MCIS Proceedings, No. 22. <https://aisel.aisnet.org/mcis2016/22>.
- BLEI, D. M.–NG, A. Y.–JORDAN, M. I. [2003]: Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, Vol. 3. No. 3. 993–1022. o. <https://www.jmlr.org/papers/volume3/blei03a/blei03a.pdf>.
- CATANZARO, M. [1988]: Using qualitative analytical techniques. *Nursing research: Theory and Practice*. C. V. Mosby Company, St. Louis, 1437–456. o.
- CHEN, Y.–ZHANG, H.–LIU, R.–YE, Z.–LIN, J. [2019]: Experimental explorations on short text topic mining between LDA and NMF based Schemes. *Knowledge-Based Systems*, Vol. 163. 1–13. o. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2018.08.011>.
- CHINN, P.–KRAMER, M. [1999]: Theory and Nursing: a systematic approach Nursing's knowledge development pathways. *Emergence of Nursing as a science*. Mosby, St. Louis, 29–45. o.
- CMMI PRODUCT TEAM [2010]: CMMI® for Development, Version 1.3. Preface, SEI, CMU. <https://doi.org/10.1184/R1/6572306.v1>.
- COLE, F. L. [1988]: Content analysis: process and application. *Clinical Nurse Specialist*, Vol. 2. No. 1. 53–57. o. <https://doi.org/10.1097/00002800-198800210-00025>.
- CRESWELL, J. W.–CRESWELL, J. D. [2017]: *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage, Newbury Park, 4. kiadás.
- DEERWESTER, S.–DUMAIS, S. T.–FURNAS, G. W.–LANDAUER, T. K.–HARSHMAN, R. [1990]: Indexing by latent semantic analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 41. No. 6. 391–407. o. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199009\)41:6<391::AID-ASI1>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199009)41:6<391::AID-ASI1>3.0.CO;2-9).
- DEMETER KRISZTINA–LOSONCI DÁVID–NAGY JUDIT–HORVÁTH BÁLINT [2019]: Tapasztalatok az Ipar 4.0-val – egy esetalapú elemzés. *Vezetéstudomány*, 50. évf. 4. sz. 11–23. o. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.04.02>.
- DENNING, J.–LIYANAGE, K. [2022]: Systematic Literature Review of Industry 4.0 Implementation Frameworks Focusing on Applicability in Manufacturing SMEs. Megjelent: *Shafik, M.–Case, K.* (szerk.): *Advances in Manufacturing Technology*, XXXV, 17–24. o. <https://doi.org/10.3233/atde220559>.
- DEVLIN, J.–CHANG, M. W.–LEE, K.–TOUTANOVA, K. [2019]: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, Vol. 1. (Long and Short Papers.) Association for Computational Linguistics, Minneapolis, Minnesota, 4171–4186. o.
- DEY, I. [2003]: *Qualitative data analysis: A user friendly guide for social scientists*. Routledge, London–New York.
- DOLD, L.–SPECK, C. [2021]: Resolving the productivity paradox of digitalised production. *International Journal of Production Management and Engineering*, Vol. 9. No. 2. 65–80. o. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2021.15058>.
- DOWNE-WAMBOLDT, B. [1992]: Content analysis: method, applications, and issues. *Health Care for Women International*, Vol. 13. No. 3. 313–321. o. <https://doi.org/10.1080/07399339209516006>.
- EGGER, R. [2022]: Topic Modelling: Modelling Hidden Semantic Structures in Textual Data. Megjelent: *Egger, R.* (szerk.): *Applied Data Science in Tourism: Interdisciplinary Approaches, Methodologies, and Applications*. Springer, 375–403. o. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88389-8_18.

- ELIBAL, K.–ÖZCEYLAN, E. [2021]: A systematic literature review for industry 4.0 maturity modeling: state-of-the-art and future challenges. *Kybernetes*, Vol. 50. No. 11. 2957–2994. o. <https://doi.org/10.1108/K-07-2020-0472>.
- ELO, S.–KYNGÄS, H. [2008]: The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing Research*, Vol. 62. No. 1. 107–115. o. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x>.
- GALLAGHER, R. J.–REING, K.–KALE, D.–VER STEEG, G. [2017]: Anchored correlation explanation: Topic modeling with minimal domain knowledge. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, Vol. 2017. No. 5. 529–542. o. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00078.
- GHOBAKHLOO, M.–IRANMANES, M. [2021]: Digital transformation success under Industry 4.0: A strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 32. No. 8. 1533–1556. o. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2020-0455>.
- GRANEHEIM, U. H.–LUNDMAN, B. [2004]: Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse Education Today*, Vol. 24. No. 2. 105–112. o. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2003.10.001>.
- GROOTENDORST, M. [2022]: BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure. arXiv preprint, No. 2203.05794. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.05794>.
- HÄBERER, S.–LAU, L.–BEHRENDT, F. [2017]: Development of an Industrie 4.0 maturity index for small and medium-sized enterprises. Vol. 7. IESM Conference, Saarbrücken.
- 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*, Vol. 17. No. 7. 2030005. <https://doi.org/10.1142/S0219877020300050>.
- HIZAM-HANAFIAH, M.–SOOMRR, M. A.–ABDULLAH, N. L. [2020]: Industry 4.0 readiness models: a systematic literature review of model dimensions. *Information*, Vol. 11. No. 7. 364. <https://doi.org/10.3390/info11070364>.
- HORNÁK MIKLÓS–KRUSZLICZ FERENC–LÁNYI BEATRIX [2023]: A kis- és középvállalatok digitális transzformációja – az online jelenlét és a versenyképesség összefüggései. *Közgazdasági Szemle*, 70. évf. 5. sz. 517–543. o. <https://doi.org/10.18414/KSZ.2023.5.517>.
- HOSKINS, C. N.–MARIANO, C. (szerk.) [2004]: *Research in nursing and health: Understanding and using quantitative and qualitative methods*. Springer Publishing Company.
- ISO [2015]: IEC 33000: Information Technology: Process Assessment. International Organization for Standardization, Genf.
- JARADAT, S.–MATSKIN, M. [2019]: On dynamic topic models for mining social media. Megjelent: *Agarwal, N.–Dokoochaki, N.–Tokdemir, S.* (szerk.): *Emerging Research Challenges and Opportunities in Computational Social Network Analysis and Mining*. 209–230. o. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94105-9_8.
- JOHNSON, R. B. [1997]: Examining the validity structure of qualitative research. *Education*, Vol. 118. No. 2. 282–292. o.
- JUNG, K.–KULVATUNYOU, B.–CHOI, S.–BRUNDAGE, M. P. [2016]: An overview of a smart manufacturing system readiness assessment. *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World: IFIP WG 5.7 International Conference, IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Vol. 488. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_83.
- KAWAI, M.–SATO, H.–SHIOHAMA, T. [2022]: Topic model-based recommender systems and their applications to cold-start problems. *Expert Systems with Applications*, Vol. 202. 117129. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117129>.

- KHERWA, P.-BANSAL, P. [2019]: Topic modeling: a comprehensive review. *EAI Endorsed Transactions On Scalable Information Systems*, Vol. 7. No. 24. <http://dx.doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.159623>.
- KRIPPENDORFF, K. [2018]: *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage Publications.
- LEE, C.-H.-LIU, C.-L.-TRAPPEY, A. J.-MO, J. P.-DESOUZA, K. C. [2021]: Understanding digital transformation in advanced manufacturing and engineering: A bibliometric analysis, topic modeling and research trend discovery. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 50. 101428. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101428>.
- LEEM, C. S.-KIM, I. [2004]: An integrated evaluation system based on the continuous improvement model of IS performance. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 104. No. 2. 115–128. o. <https://doi.org/10.1108/02635570410522080>.
- LEEM, C. S.-KIM, B. W.-YY, E. J.-PAECK, M. H. [2008]: Information technology maturity stages and enterprise benchmarking: an empirical study. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 108. No. 9. 1200–1218. o. <https://doi.org/10.1108/02635570810914892>.
- LEYH, C.-BLEY, K.-SCHÄFFER, T.-FORSTENHÄUSLER, S. [2016]: SIMMI 4.0 – A Maturity Model for Classifying the Enterprise-Wide It and Software Landscape Focusing on Industry 4.0. *Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FEDCSIS), Annals of Computer Science and Information Systems*, Vol. 8. 1297–1302. o. <https://doi.org/10.15439/2016F478>.
- LICHTBLAU, K.-STICH, V.-BERTENRATH, R.-BLUM, M.-BLEIDER, M.-MILLACK, A.-SCHMITT, K.-SCHMITZ, E.-SCHRÖTER, M. [2015]: *IMPULS, Industry 4.0 readiness*. Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln.
- LIU, L.-TANG, L.-DONG, W.-YAO, S.-ZHOU, W. [2016]: An overview of topic modeling and its current applications in bioinformatics. *SpringerPlus*, Vol. 5. No. 1. 1–22. o. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3252-8>.
- LOSONCI DÁVID-LŐRINCZ LÁSZLÓ-GRÁNÁT MARCELL-DEMETER KRISZTINA [2023]: Digitalizáció és üzleti teljesítmény – hazai feldolgozóipari tapasztalatok. *Közgazdasági Szemle*, 70. évf. 1. sz. 82–102. o. <https://doi.org/10.18414/KSZ.2023.1.82>.
- MCINNES, L.-HEALY, J.-ASELS, S. [2017]: HDBSCAN: Hierarchical density based clustering. *Journal of Open Source Software*, Vol. 2. No. 11. 205. <https://doi.org/10.21105/joss.00205>.
- MIKOLOV, T.-SUTSKEVER, I.-CHEN, K.-CORRADO, G. S.-DEAN, J. [2013]: Distributed representations of words and phrases and their compositionality. *Advances in Neural Information Processing Systems*. arXiv, No. 1310.4546. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1310.4546>.
- MILES, M. B.-HUBERMAN, A. M. [1994]: *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage, <https://vivauniversity.files.wordpress.com/2013/11/milesandhuberman1994.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*, Vol. 49. 194–214. o. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>.
- MORGAN, D. L. [1993]: *Qualitative content analysis: a guide to paths not taken*. *Qualitative Health Research*, Vol. 3. No. 1. 112–121. o. <https://doi.org/10.1177/104973239300300107>.
- MÜLLER, J.-VOIGT, K. [2017]: Industry 4.0 – integration strategies for small and medium-sized enterprises. *Proceedings of the 26th International Association for Management of Technology (IAMOT) Conference*, Bécs.

- NAGY JUDIT–JÁMBOR ZSÓFIA–FREUND ANNA [2020]: Az ipar 4.0 és a digitalizáció legjobb gyakorlatai a hazai élelmiszer-gazdaságban: Négy esettanulmány. *Vezetéstudomány*, 51. évf. 6. sz. 5–16. o. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.06.02>.
- NÉMETH KORNÉL–TÓTH-KASZÁS NIKOLETTA–RODEK NÓRA–KONKA BOGLÁRKA–BENCSIK ANDREA [2020]: Ipar 4.0: Várakozások, felkészültség, motiváció – Egy regionális felmérés tapasztalatai. Farkas Ferenc II. Nemzetközi Tudományos Konferencia, 70–84. o.
- NEUENDORF, K. A. [2010]: Reliability for content analysis. Megjelent: *Jordan, A.–Dale Kunkel, D.–Manganello, J.–Fishbein, M.* (szerk.): *Media Messages and Public Health*. Routledge, 85–105. o.
- NICK GÁBOR–KOVÁCS TIBOR–KŐ ANDREA–KÁDÁR BOTOND [2021]: Industry 4.0 readiness in manufacturing: Company Compass 2.0, a renewed framework and solution for Industry 4.0 maturity assessment. *Procedia Manufacturing*, Vol. 54. 39–44. o. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.007>.
- OBADIMU, A.–MEAD, E.–AGARWAL, N. [2019]: Identifying latent toxic features on YouTube using non-negative matrix factorization. The Ninth International Conference on Social Media Technologies, Communication, and Informatics, IEEE, Valencia.
- OSVÁTH MÁTYÁS–YANG ZIJIAN GYŐZŐ–KÓSA KAROLINA [2023]: Analyzing Narratives of Patient Experiences: A BERT Topic Modeling Approach. *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 20. No. 7. 153–171. o. <https://doi.org/10.12700/aph.20.7.2023.7.9>.
- PANICHELLA, A.–DIT, B.–OLIVETO, R.–DI PENTA, M.–POSHYNANYK, D.–DE LUCIA, A. [2013]: How to effectively use topic models for software engineering tasks? An approach based on genetic algorithms. 35th International conference on software engineering (ICSE). <https://doi.org/10.1109/ICSE.2013.6606598>.
- PAULK, M.–CURTIS, B.–CHRISISS, M.–WEBER, C. [2002]: Capability Maturity Model Integration (CMMISM), version 1.1. CMMISM for Systems Engineering/Software Engineering/Integrated Product and Process Development/Supplier Sourcing, version 1.1. Staged Representation (CMMI-SE/SW/IPPD/SS, V1.1, Staged). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Technical Report CMU/SEI-2002-TR-012. https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/2002_005_001_14042.pdf.
- PEARSON, K. [1901]: On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, Vol. 2. No. 11. 559–572. o. <https://doi.org/10.1080/14786440109462720>.
- PENG, L.–FENG, W.–CHEN, K.–LI, C. [2016]: Smart manufacturing capability maturity model: connotation, feature and trend. ICEB 2016 Proceedings, Hsziamen, <https://aisel.aisnet.org/iceb2016/60>.
- PENNINGTON, J.–SOCHE, R.–MANNING, C. D. [2014]: GloVe: Global Vectors for Word Representation. Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), Doha, Qatar, október 25–29. 1532–1543. o.
- POLIT, D. F.–BECK, C. T. [2004]: *Nursing research: Principles and methods*. Lippincott Williams & Wilkins.
- REIMERS, N.–GUREVYCH, I. [2019]: Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. Megjelent: Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP). Association for Computational Linguistics, 3982–3992. o.
- ROSNER, F.–HINNEBURG, A.–RÖDER, M.–NETTLING, M.–BOTH, A. [2014]: Evaluating topic coherence measures. arXiv preprint arXiv, No. 1403.6397. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1403.6397>.

- ROBERTSON, S. E. [1990]: On term selection for query expansion. *Journal of Documentation*, Vol. 46. No. 4. 359–364. o. <https://doi.org/10.1108/eb026866>.
- SÁNCHEZ-FRANCO, M. J.–REY-MORENO, M. [2022]: Do travelers' reviews depend on the destination? An analysis in coastal and urban peer-to-peer lodgings. *Psychology & Marketing*, Vol. 39. No. 2. 441–459. o. <https://doi.org/10.1002/mar.21608>.
- SANDELOWSKI, M. [1995]: Qualitative analysis: What it is and how to begin. *Research in Nursing & Health*, Vol. 18. No. 4. 371–375. o. <https://doi.org/10.1002/nur.4770180411>.
- SANTOS, R. C.–MARTINHO, J. L. [2020]: An Industry 4.0 maturity model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 31. No. 5. 1023–1043. o. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0284>.
- SAURA, J. R.–RIBEIRO-SORIANO, D.–PALACIOS-MARQUÉS, D. [2022]: Evaluating security and privacy issues of social networks based information systems in Industry 4.0. *Enterprise Information Systems*, Vol. 16. No. 10–11. 1694–1710. o. <https://doi.org/10.1080/17517575.2021.1913765>.
- SCHUMACHER, A.–NEMETH, T.–SIHN, W. [2019]: Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, Vol. 79. 409–414. o. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>.
- SZABÓ ZS. ROLAND–HORVÁTH DÓRA–HORTOVÁNYI LILLA [2019]: Hálózati tanulás az ipar 4.0 korában. *Közgazdasági Szemle*, 66. évf. 1. sz. 72–94. o. <https://doi.org/10.18414/ksz.2019.1.72>.
- THOMPSON, L.–MIMNO, D. [2020]: Topic modeling with contextualized word representation clusters. *arXiv preprint arXiv*, No. 2010.12626. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.12626>.
- WEBER, R. P. [1990]: *Basic content analysis. Quantitative Applications in the Social Sciences*, Vol. 49. Sage, London.

Függelék

F1. A félig strukturált interjú kérdései

I. Felvezető kérdések

- Mennyire tartja felkészültnek a hazai vállalatokat (kiemelten a kis- és középvállalati szektor szereplőit) az ipar 4.0 megoldások eredményes alkalmazására? Indokolja válaszát!
- Amennyiben problémát lát e téren, melyeket tartja a legfontosabb problématerületeknek? Kérjük, fejtsse ki ezeket részletesebben!

II. Folyamatrendszer

- Az ipar 4.0 modelleket és az ezzel kapcsolatos felkészültségi szempontokat többnyire a termelési folyamattal kapcsolatban tárgyalja a szakirodalom. Mi a véleménye erről? Milyen kapcsolódó folyamatok (akár értékteremtő, akár támogató folyamatok) vannak jelentős hatással az ipar 4.0 alkalmazások sikerére? Miért?
 - Milyen logikai függőséget lát e folyamatok között?
 - Mi a jelentősége a folyamatoknak az ipar 4.0 alkalmazás sikere szempontjából?

III. Digitális/informatikai felkészültség

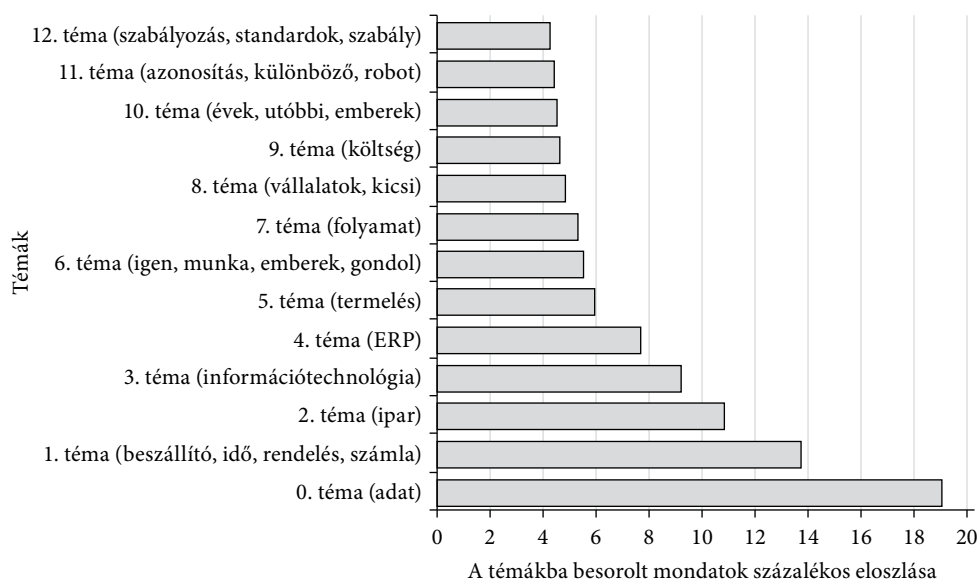
– Mit jelent a digitális felkészültség az ipar 4.0 szempontjából? Milyen elemei vannak?

– Milyen belső (akár külső) összefüggések vannak a digitális felkészültség egyes elemei között? Miért? Milyen elemet szükséges elsőként, majd arra építve második-ként stb. bevezetni a vállalatoknak annak érdekében, hogy az ipar 4.0 megoldásaik eredményesek legyenek? Miért?

F2. Az interjúszöveg témákba sorolt mondatainak téma szerinti eloszlása

F1. ábra

A témákba sorolt mondatok százalékos eloszlása

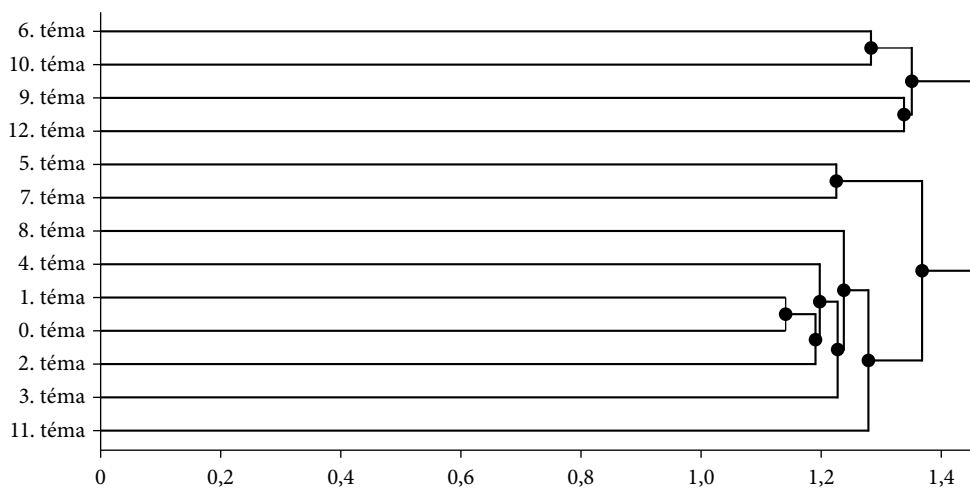


Forrás: saját szerkesztés.

F3. A témamodellezés hierarchikus klaszterelemzésének dendogramja

F2. ábra

Hierachikus klaszterezés



Forrás: saját szerkesztés.