

OTDK-dolgozat

2023

Budapesti Corvinus Egyetem
Vállalatgazdaságtan Intézet



Készültség vagy érettség – Digitalizáció az európai járműiparban

Readiness or Maturity – Digitalisation in the European Vehicle Industry

Lászlófi Ádám

Konzulens: Demeter Krisztina, Losonci Dávid

Kézirat lezárásának dátuma: 2022.04.19

Tartalomjegyzék

Bevezetés	1
1. A digitalizáció és a negyedik ipari forradalom koncepciója	3
2. Az európai járműipar általános bemutatása	7
3. A járműipar meghatározó trendjei	13
4. A digitalizáció elemzési keretei	16
4.1 A DESI-index-makroszint	16
4.2 A Roland Berger- és a WEF-index- a feldolgozóiparban	18
4.3 A feldolgozóipar digitális fókuszú mérése	21
5. Vállalati érettségi modellek	23
6. A kutatási változók és az előzetesen várt dimenziók meghatározása	26
7. Változóválasztás és adatgyűjtés	29
8. Főkomponens elemzés	34
8.1 Módszertan	34
8.2 Futtatási lépések és a faktorok értelmezése	36
9. Klaszterelemzés	40
9.1 Módszertan	40
9.2 Futtatási lépések és a klaszterek értelmezése	41
10. MDS	46
10.1 Módszertan	46
10.2 Többdimenziós skálázás a technológiai változókra	47
10.3 Többdimenziós skálázás az országokra	49
11. Összehasonlítás és következtetések	51
Befejezés	59
Felhasznált irodalom és források jegyzéke	61
Mellékletek	70

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Foglalkoztatás a járműgyártásban Európában (forrás: ACEA, Eurostat)	8
2. táblázat: DII index változóinak nagyvállalati, illetve kis- és középvállalati szintű használata (forrás: DESI, 2021)	17
3. táblázat: A feldolgozóipart vizsgáló mérési paraméterek (forrás: Castelo-Branco et al., 2019)	21
4 táblázat: Szűrési paraméterek (forrás: Saját szerkesztés)	30
5. táblázat: Az előzetesen kigyűjtött paraméterek, számosságuk és a kiválasztott változók az adatbázis alapján (forrás: saját szerkesztés)	30
6. táblázat: A negyedik lépésben kapott rotált komponens mátrix (forrás: SPSS).....	37
7. táblázat: Főkomponens-elemzési lépések (forrás: saját szerkesztés).....	37
8. táblázat: Az országok faktorértékei (forrás: SPSS)	39
9. táblázat: S-stress mutató határértékei (forrás: Lőrincz, 2011).....	46
10. táblázat: A vizsgált országokra levonható következtetések az irodalom és a saját kutatásom alapján (forrás: saját szerkesztés)	58

Ábrajegyzék

1. ábra: Az ipar 4.0-át alkotó technológiák strukturált ábrája (forrás: Frank et al., 2019)	6
2. ábra: Termelt érték az európai járműipar szegmenseiben (forrás: Eurostat)	7
3. ábra: Regionális részesedés az autógyártásból (forrás: ACEA)	9
4. ábra: Az autógyártásban foglalkoztatottak aránya a teljes ipari termeléshez viszonyítva (forrás: ACEA)	11
5. ábra: Hozzáadott érték az autóiipari értéklánc mentén hagyományos és digitális esetben (forrás: Guga et al., 2019)	12
6. ábra: Járműipari digitális tendenciák időbeli megvalósíthatósága (forrás: WEF, 2016)	14
7. ábra: A DII mutató országos megoszlása (forrás: DESI, 2021)	17
8. ábra: Európai országok feldolgozóipari fejlettsége a Roland-Berger index alapján (forrás: Losonci et al., 2019)	18
9. ábra: A WEF mutatóját felépítő paraméterek (forrás: WEF, 2018)	19
10. ábra: Európai országok digitális érettsége a WEF mutatója alapján (forrás: WEF, 2018)	20
11. ábra: Európai országok feldolgozóipari digitális érettsége (forrás: Castelo-Branco et al., 2019)	22
12. ábra: Digitális érettséget vizsgáló kigyűjtött technológiák csoportosítása (forrás: saját szerkesztés)	27
13. ábra: A klaszterelemzés eredményeként kapott Dendogram (forrás: SPSS)	41
14. ábra: A faktor és klaszterelemzések eredményei (forrás: SPSS, Excel)	42
15. ábra: A klaszterelemzés eredménye kétdimenziós ábrákra bontva (forrás: SPSS)	42
16. ábra: A változókra kapott MDS elemzés eredménye (forrás: SPSS)	47
17. ábra: A technológiai MDS elemzés eredménye kétdimenziós ábrákra bontva (forrás: SPSS)	48
18. ábra: Az országokra kapott MDS elemzés eredménye (forrás: SPSS)	49
19. ábra: Az országos MDS elemzés eredménye kétdimenziós ábrákra bontva (forrás: SPSS)	50
20. ábra: Az MDS elemzés (J) és a klaszterezés (B) eredményei országokra vonatkozóan (forrás: Excel)	53

Bevezetés

A negyedik ipari forradalom korunk jelenleg is zajló ipari forradalma. Legfőbb jellemzője a digitalizáció, és annak mindent felforgató hatása. Az ipar 4.0 technológiai újításai gyors és lényeges változást hoznak strukturális szinten az iparágakon belül, ami nemcsak a technológiai-, hanem a szervezeti-, munkavállalói- és gazdasági oldalra is hatással van. Az egyre kiforrottabb és elterjedtebb technológiai alkalmazások arra készítetik az ipari szereplőket és országokat, hogy részt vegyenek a folyamatban, különben lemaradnak piaci versenytársaikhoz képest. Az átalakulás egy folyamat, amelynek meghonosítása akár hosszabb időszakot is igényelhet. (Molnár, 2018)

Az új technológiák implementálásában élenjáró iparág a járműgyártás. Mobilitási szokásaink megváltozása és napjaink kihívásai (pl. környezetvédelem, városi utak túlszűfolttsága) várhatóan alapjában változtatják meg azt, amit ma a közlekedésről gondolunk. Ennek szerves részét képezik azok az új digitális, technológiai megoldások, melyek mind a gyártási, mind a termékoldalt megváltoztatják.

Ahhoz, hogy a szereplők ismerjék milyen érettségi szinten állnak, méréseket kell végezniük. A mérések segítségével lehetőség van a benchmarkolásra (összehasonlításra) más szereplőkkel is. A készültségi- és érettségi modellek ennek biztosítanak egységes keretrendszert.

Losonci et al. 2019-es tanulmánya 3 mérési szintet különböztet meg. Makroszintként az országokat összehasonlító tanulmányokat definiálja. Ezekben az üzleti gazdasági szempontok mellett társadalmi szempontok is megjelennek. Mikroszintként definiálja az egyéni, vállalati szintű összehasonlító modelleket, amelyek egy-egy szereplő azonos, de többszemponútú mérésére alkalmasak. A kettő közti szint az iparágakat külön vizsgáló mezoszint. Empirikus megfigyelésük szerint a mezoszint hiányos, viszonylag kevés olyan mérési koncepció vagy lista áll rendelkezésre, amely ezzel foglalkozik (erre a következtetésre jutott Basl et al. is 2019-ben). (Losonci et al., 2019, illetve Basl et al., 2019) Az előbb leírt megállapítás adta az ötletet ahhoz, hogy szükséges lenne felmérni, hogy európai szinten a különböző országok járműiparai hogyan is állnak a digitális fejlettségben egymáshoz viszonyítva.

Jelen dolgozat célja az európai járműipari digitalizáció mélyebb összefüggéseinek feltárása, az országok viszonyrendszerének vizsgálata. Dolgozatomban először irodalomkutatás alapján bemutatom a digitalizáció és ipar 4.0 átfogó koncepcióját. Ezzel összefüggésben kitérek a járműipar meghatározó digitális tendenciáira.

Mivel kész mérési koncepció mezoszinten nem áll rendelkezésre, ezért új modellt készítek, melyhez alapot biztosít a csekély mennyiségű országos és feldolgozóipari modell, illetve a mikroszinten bőségesen elérhető vállalati digitalizációt értékelő modellek. A végső változókból képezett adatbázisra főkomponens elemzést futtatok, majd a kapott értékek alapján klaszterelemzést végzek el. Emellett az eredeti adatbázison multidimenziós skálázást végzek. Az utolsó fejezetben a kapott elemzési eredményeket összehasonlítom és saját következtetéseket vonok le a járműiparra vonatkozóan.

Végezetül, szeretnék néhány sorban személyes motivációmról is beszélni. Alapdiplomámat tekintve közlekedésmérnökként végeztem a BME-n, valamint jelenleg az egyik legnagyobb német autóipari beszállítónál, a Boschnál dolgozok gyakornokként, vagyis nem áll távol tőlem a terület. Emellett előző szakdolgozatomat az iparágat nagymértékben befolyásoló trendnek, az elektromobilitásnak szenteltem. Úgy gondolom, a digitalizáció szintén egy erősen befolyásoló trend, melyet érdemes vizsgálni, mérni nemzetközi viszonylatban.

1. A digitalizáció és a negyedik ipari forradalom koncepciója

Az ipari forradalmak többszáz éves történetének egyik közös pontja, hogy adott korszak technológiai fejlettségét felhasználva bizonyos folyamatokat gépesítettek. A gőzgépek, az elektromos áram, majd a mikroprocesszoros rendszerek megjelenése is ezt a célt szolgálta. A ma meghatározó negyedik ipari forradalom célja a folyamatok automatizálása, a felesleges és repetitív munkák kiküszöbölése a költségek csökkentése érdekében. (Glauner, 2020)

Az ipar 4.0-s technológiák és folyamatok vállalati környezetben való megjelenése nem előzménynélküli. Megértése előtt szükséges tisztáznunk néhány kapcsolódó fogalmat, melyeket megelőző állomásokként is tekinthetünk. Digitizáció alatt az üzleti folyamatok analógról digitálisra történő átalakítását értjük. Ennek gyökerei egészen a hatvanas évekig nyúlnak vissza, vagyis egyidősek az első számítógépek megjelenésével. Digitalizáció alatt a digitális adatok elemzését és a belőlük származó előnyök megszerzését értjük. Ez már nemcsak egyszerű adatbevitelről, hanem célzott információfelhasználásról szól, mellyel vállalati előnyök realizálhatók. Mindezen lépésekre épül a digitális transzformáció. Digitális transzformáció alatt a teljes értéklánc megváltoztatását értjük digitalizáció és digitális technológiák segítségével, melynek eredményeként teljesen új üzleti modellek is létrejöhetnek. A digitális transzformáció folyamatok és technológiák strukturált rendszere, mozgatórugója pedig az ember. Ezt az utolsó lépést definiálhatjuk ipar 4.0-ként. (Glauner,2020)

A negyedik ipari forradalom egy folyamatosan változó, bővülő világ. Az új technológiák folyamatosan jelennek meg, így elképzelhető, hogy néhány év alatt teljesen átalakul róla gondolkodásmódunk. Frank et al. 2019-es munkája leírja a jelenleg meghatározó tendenciákat, valamint struktúrát társít hozzá, melyeket részletesen érdemes tanulmányozni.

A tanulmány problémafelvetése, hogy nem ismert az új technológiák vállalati környezetben történő implementációja. Munkájukban ezt 2 nagy részre bontották, melyek egymással összekapcsolva működnek. „Base” technológiaként definiálják az IoT-t (Internet of Things), a cloud szolgáltatásokat, a big data-t és annak elemzését. Ezek olyan technológiák, amelyek a háttér folyamatokat biztosítják a front-end számára, az új ipari forradalom technológiai alapját képezik. A front-end technológiákat 4 kisebb dimenzióra („Smart Manufacturing”, „Smart Products”, „Smart Supply Chain” és „Smart Working”) bontják fel. A dimenziók válaszok a piaci szükségletekre és a működési folyamatok által generált

igényekre. A „Smart manufacturing” központi elem, mellyel az összes többi elem kapcsolatban áll. A dimenzió hat részre bontható:

- Vertikális integráció: fejlett infokommunikációs rendszerek, melyek minden vállalati szintet magukba integrálnak. Ennek alapfeltétele a legalacsonyabb szintek szenzorokkal, aktuátorokkal és PLC-kel való ellátása, amelyek gyűjtött adatait SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) rendszerek tárolják és adják tovább elemzésre. Ettől aztán a MES (Manufacturing Execution System) rendszer veszi át az adatokat, biztosítva feldolgozásukat az ERP rendszernek, ezzel pedig a hierarchiában magasabb szinteknek. Teljes integráció esetén a folyamat visszafelé is lezajlik, néhány lépésben akár gépek közötti kommunikációval (M2M)
- Virtualizáció: Összefüggésben az előző rendszerekkel, a virtualizáció része a virtuális üzembe helyezés (programok tesztje valós implementálásuk előtt), valamint a folyamatszimuláció. Ezek főként a hosszú optimalizálási időt csökkentik le, ami valós környezetben a gépek kiesését, nem megfelelő működésből adódó hibákat okozhat. Ebbe a körbe tartozik az AI (Artificial intelligence-mesterséges intelligencia) is, amelynek alkalmazásával a gépi rendszerek „önoptimalizálása” is elérhetővé válik (hibakeresés, rendszerek korrigálása) az emberi munka alkalmazása nélkül.
- Automatizáció: Az automatizált termelési rendszerek nem fáradékonyak és pontosabbak, mint az emberi munkaerő (megj.: az automatizáció szükségességét a munkaerőhiány is generálja). Ide kapcsolódik az M2M (Machine-to-Machine) kommunikáció. Az automatizált rendszerek új szintjét jelentik a kollaboratív robotok, melyek az okos munkavégzéshez is kapcsolódnak.
- Nyomonkövethetőség: Ahogy a vállalati hierarchia átláthatóságát, úgy a termelés egészét is átláthatóvá és integrálttá szükséges tenni. Ebben a rendszerben a nyersanyagokat és a késztermékeket szenzorokkal látják el. Amellett, hogy a rendszer képes információt adni az egyes elemek pozíciójáról, lehetőség van arra is, hogy a szenzorok utasítást adjanak a berendezéseknek az elvégzendő műveletekkel kapcsolatban, vagy épp szabályozzák a rendszert. Erre példák a különböző RFID (Radio Frequency Identification) rendszerek.
- Rugalmasság: A tömegtermelést meghaladva ma már a legtöbb rendszernek képesnek kell lennie a tömeges testreszabás koncepciójához alkalmazkodni. Ebből adódóan a rendszereknek úgy kell nagy mennyiségű terméket előállítaniuk, hogy közben viszonylag egyedi termékeket nyújtanak a fogyasztóknak. (Demeter et al., 2008) A

rendszerek rugalmassága ezt nagy mértékben befolyásolja. A 3D nyomtatás és a kiegészítő termelési rendszerek könnyen és jól implementálhatók a gyártási rendszerekbe, a termékkészítés rugalmasan alakítható.

- Energia menedzsment: Az energetikai rendszereknél az integráció, monitorozás (akár valós idejű) és az ez alapján történő fejlesztés érvényesül. (Frank et al., 2019)

A „Smart Products” dimenzió a termékekbe épített kiegészítő funkciókat foglalja magába, melyeket szenzorokkal, szoftverekkel oldanak meg. A szenzorok lehetővé teszik a termékek ellenőrizhetőségét (gyáron belül és azon kívül akár a fogyasztónál), rajta keresztül képes összekapcsolódni egyéb eszközökkel. Szoftveres megoldásokkal az eszközök (köztes rendszereken pl. felhőalapú szolgáltatásokon keresztül) irányíthatók, optimalizálhatók. Magasabb fejlettségi szinten pedig a termékbe integrált mesterséges intelligencia elvégzi a termékekkel kapcsolatos korábbi feladatok egy részét (vagy egészét).

A „Smart Supply Chain” dimenzió horizontális integrációt segítő paramétereket foglal magába. A funkció lényege többek között olyan digitális platform létrehozása a külső beszállítókkal és partnerekkel, mellyel javul az ellátáslánc nyomon követhetősége a nyersanyagoktól a késztermékekig. Az így létrejövő nagyobb, valós idejű adathalmaz láthatóvá teszi a veszteségeket (költségek, idők) és elősegíti felismerésüket. Erre ad lehetőséget pl. a felhőalapú rendszerek bevezetése.

A „Smart Working” olyan technológiai újítások összességét foglalja magába, melyek megkönnyítik az emberi munkavégzést, növelik a hatékonyságot, valamint biztonságosabbá teszik azt (csökkentik az emberi hiba lehetőségét pl. a nem megfelelő mérésből adódóan). A munkavégzést nagymértékben változtatja meg a távoli munkavégzés lehetősége. A koncepció fontos eleme az ember-gép közötti valós idejű kommunikáció a távolból. Ennek kulcseszközei azok a mobil gépek melyek az adatok vizualizációját és az utasításadás lehetőségét is magukba foglalják. Emellett nagy szerepet kap a virtuális valóság is, mint a problémavizualizáció, döntéstámogatás és fejlesztés eszköze. Ez a két funkció támogatóként szolgál a termékek és a termelés számára. (Frank et al., 2019)

A korábban említett összes dimenzió alapját képezik a Base technológiai elemek, az új infokommunikációs eszközök:

- Internet of Things (IoT): Az IoT egy olyan, internetkapcsolatalapú rendszer, mely lehetővé teszi egymástól távoli eszközök kommunikációját. Az IoT rendszer szenzoros

technológiákra épül, melyhez a kommunikációs csatornát az internet biztosítja. Az adatgyűjtés mellett a rendszer parancsok végrehajtására is alkalmas.

- Cloud Computing: A felhőalapú technológia lehetővé teszi, hogy egy közös adattárhoz férjenek hozzá egymástól távol lévő eszközök, internetkapcsolat segítségével. Megosztott adatforrások közzétételére alkalmas rendszer. Nemcsak szervezeten belüli, de szervezetek közti adatmegosztásra is megfelelő technológia.
- Big Data és elemzése: A szenzorokból, illetve egyéb információforrásokból beérkező nagymennyiségű adat strukturált tárolására szolgáló technológia. Célja, hogy összefogja, tárolja és a később adatelemzéshez a rendelkezésreállást biztosítsa. Funkcióját tekintve kulcseleme a negyedik ipari forradalomnak. Az adatokból releváns következtetések vonhatók le (valós idejű folyamathoz kapcsolódó, utólagos folyamat elemzés), melyek döntések előkészítésére, támogatására szolgálnak. (Frank et al., 2019)

Az ismertetett adatokról összefoglalást ad az 1. ábra:

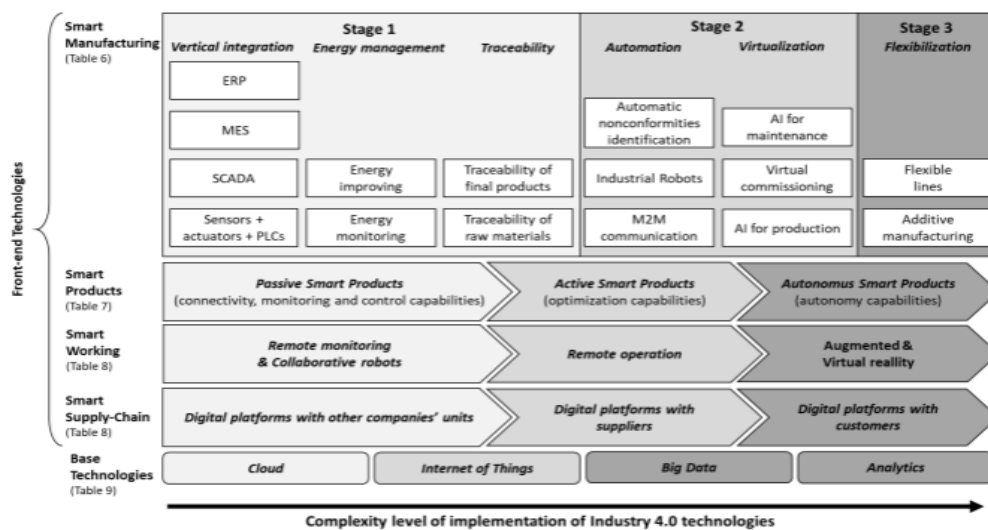


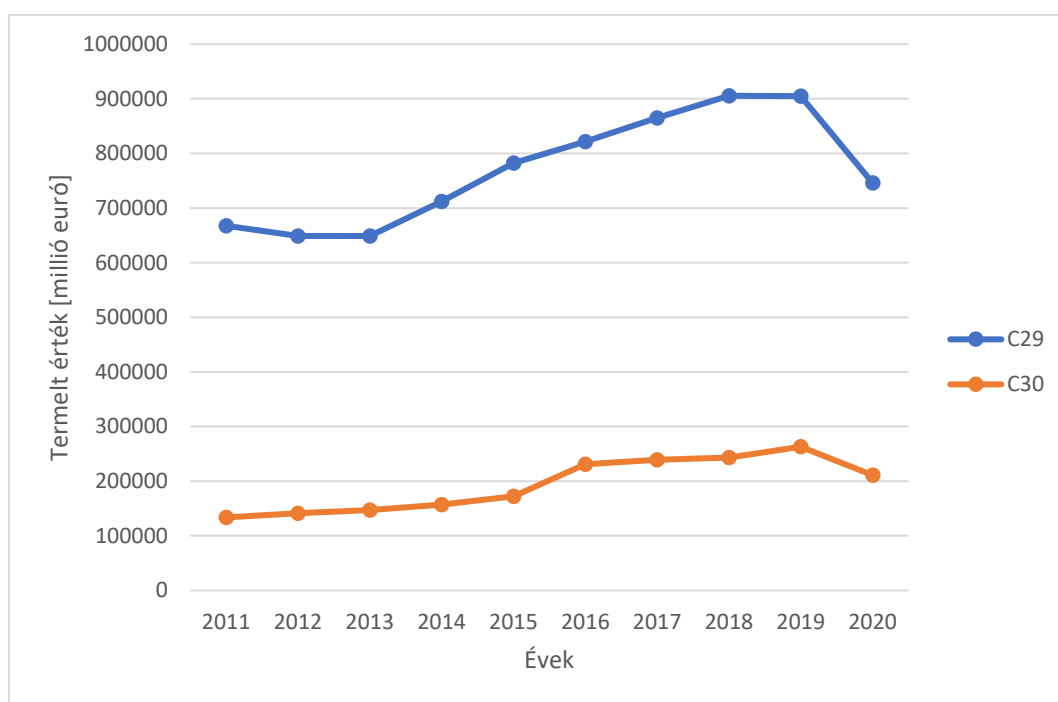
Figure 3 – Framework summarizing the findings of the adoption patterns of Industry 4.0

1. ábra: Az ipar 4.0-át alkotó technológiák strukturált ábrája
(forrás: Frank et al., 2019)

Az előbbieken ugyan részletes áttekintést kaptunk a legfontosabb ipar 4.0-s technológiákról. Ugyanakkor kérdés, hogy milyen trendek érvényesülnek jelenleg a járműiparban és ezek hogyan hatnak a vállalatok digitalizációjára.

2. Az európai járműipar általános bemutatása

Az Európai járműipari gyártást a vonatkozó statisztikai gyűjtések általánosságban két nagy részre választják szét NACE kódok alapján: motoros járművek, trélerek- és pótkocsik gyártása (C29 jelzéssel), illetve egyéb járművek gyártása (C30 jelzéssel). Előbbi a közúti személy- és áruszállításra alkalmas motoros hajtású eszközök összeszerelését, és a hozzájuk kapcsolódó alkatrészek gyártását (karosszéria, pótkocsik, félpótkocsik, motor- és elektronikai alkatrészek) foglalja magába, vagyis a klasszikus értelemben vett autóiipart. (ec.europa.com) A C30-as kategória ezt egészíti ki a vízi-, vasúti-, légi-, és katonai célú eszközökkel.



2. ábra: Termelt érték az európai járműipar szegmenseiben
(forrás: Eurostat)

A fenti ábra a két vizsgált kategória által megtermelt érték közti mennyiségi különbséget mutatja be. Jól látható, hogy a C29-es (vagyis autóiipari) szegmens termelése kb. háromszor-négyszer akkora, mint az egyéb közlekedési eszközöket magába foglaló kategóriáé a vizsgált időszakban. Ennek elsődleges magyarázata a volumenekben tapasztalható különbségre vezethető vissza. Az autóiipari termékek többségében tömegek számára készülnek, megrendelői között ugyanúgy szerepelnek államok (pl. buszok beszerzése), cégek (kamionok, személyautók) és hétköznapi emberek egyaránt. Mindeközben a vízi-, vasúti-, légi vagy éppen katonai járművek iránti kereslet inkább az állami és céges szegmensre korlátozódik. Ezek egységnyi értéke ugyan többszöröse a járműipari termékek értékének, a megrendelési volumen azonban lényegesen kisebb.

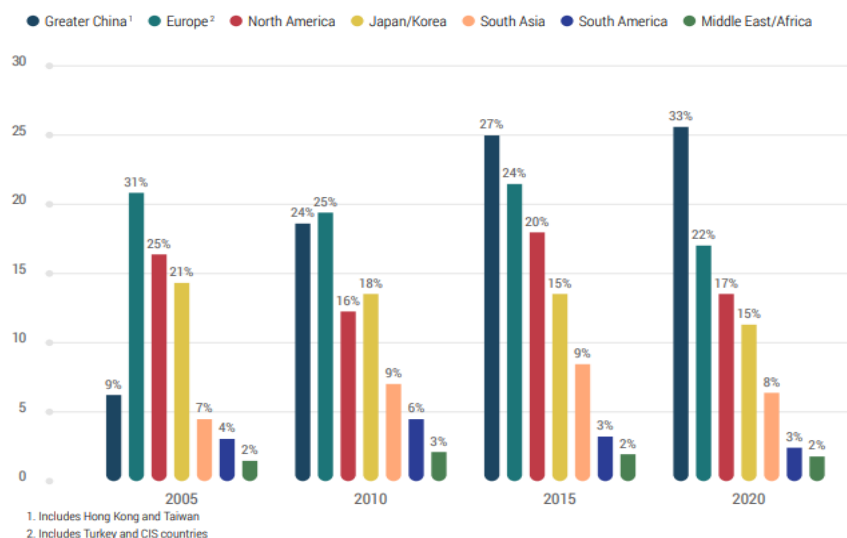
	Foglalkoztatottság	%-os arány a feldolgozóiparhoz képest	%-os arány a teljes EU-s foglalkoztatáshoz képest
Autóipari gyártás (2017)	3 300 000	10,96%	1,74%
Mozdony- és kocsigyártás (2017)	106 357	0,35%	0,06%
Hajógyártás (2017)	269 530	0,90%	0,14%
Feldolgozóipari foglalkoztatás (2017)	30 100 000	100%	-
Teljes foglalkoztatás (2017)	190 000 000	-	100%

1. táblázat: Foglalkoztatás a járműgyártásban Európában
(forrás: ACEA, Eurostat)

Nemcsak termelési értékben, de foglalkoztatásban is jelentős a különbség. Az 1. táblázat az autóipar és az egyéb járműiparhoz kapcsolódó gyártási tevékenységek foglalkoztatását mutatja be a 2017-2018-as viszonyok alapján. A táblázat alapján elmondható, hogy az autóipar jóval több embert foglalkoztat, mint a hajó- és vasúti járműgyártás összességében (megj.: az egyéb ágazatokra nem volt elérhető adat). Összehasonlításképp leolvashatjuk azt is, hogy az autógyártás 11%-át teszi ki a gyártással kapcsolatos foglalkoztatásnak, miközben a hajó- és vasúti gyártási tevékenységek együttesen is alig több, mint 1%-ot.

Végül röviden beszélnünk kell a járműipari kutatás-fejlesztési részlegről. Ez ugyanis részben kapcsolódik az általunk vizsgált digitalizációhoz is, mivel a korábbiakban ismertetett megoldások mind igénylik az optimalizációt és a továbbfejlesztést. Ahogy az előbbi esetekben, úgy ebben az esetben is domináns szerepet játszik az autóipar. Az ACEA (Európai Autógyártók Szövetsége) adatai alapján 2019-ben a kutatási-fejlesztési tevékenységek 28%-át az autóipar fedte le, mellyel első helyen állt az EU-n belül. (acea.auto) Miközben az autóipar trendteremtőnek tekinthető, az egyéb járműipari tevékenységek trendkövetők, általában lassabban adaptálják a kipróbált vívmányokat. Ennek oka leginkább az ilyen irányú tőkebefektetések hiányára vezethető vissza. (Ecorys, 2019)

Mindezek alapján azt mondhatjuk, hogy az autógyártás a járműipar legmeghatározóbb szegmense, többszöröse a többi iparágnak együttesen és a lezajló innovációk motorja. Szükséges tehát beszélnünk aktuális helyzetéről Európában.



3. ábra: Regionális részesedés az autógyártásból
(forrás: ACEA)

Az európai autóipar a világ élmezőnyébe tartozik. Világpiacon részesedése 2010-ig a legmagasabb, 2010 után pedig Kína előretörésével a második helyre került (3. ábra). Jelenleg továbbra is kb. a teljes autógyártás $\frac{1}{4}$ részét teszi ki. Az európai autóipar hagyományosan német- központú. Itt találhatóak meg a kontinens legnagyobb OEM-jeinek (Original Equipment Manufacturer) központjai. A három legnagyobb (Volkswagen, Mercedes, BMW) piaci részesedése 2020-ban 13,6%-ot tett ki. Kiemelkedik közülük a Volkswagen, mely 7,8%-os részesedésével a Toyota mögött a piac második legnagyobb szereplője. (statista.com) A német OEM-ek mellett meg kell említenünk a svéd Volvot, a francia-japán Renault-Nissan-Mitsubishi konszernt, továbbá a 2021-ben a francia PSA (Peugeot) és az olasz FCA (Fiat) vállalatok egyesüléséből létrejött Stellantis is. (portfolio.hu) Ezekben az országokban találhatóak továbbá a Tier1-es autóipari beszállítók központjai is (Bosch, Valeo).

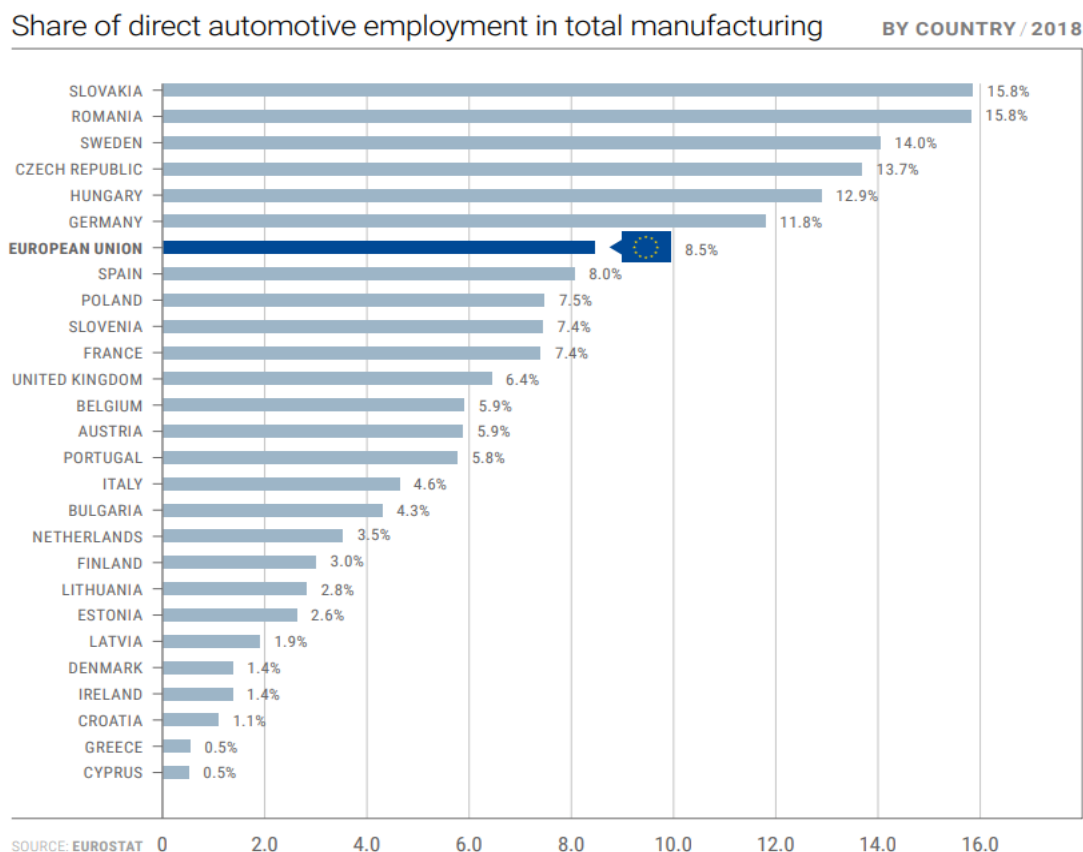
Az iparág Európában hierarchikus, nagyjából két részre bontható: „vállalati központokra” és „gyártókra”. A „vállalati központok” fő jellemzője, hogy a technológiai fejlesztésekre és üzleti folyamatokra koncentrálnak. Gyártási tevékenységük a felső kategóriás, magas hozzáadott értékű, összetett, kutatási-fejlesztési tevékenységgel jól integrálható elemekre korlátozódik. (Drahokoupil, 2020) Ilyen országnak tekinthető az előző felsorolásból Németország, Franciaország.

A „gyártók” fő fókuszja az ipari termelés. Az összeszerelő- és alkatrészgyártási tevékenységek mellett azonban náluk is találhatóak kutatási-fejlesztési központok. Ez az adott országban gyártott termékhez kapcsolódik, elősegítve ezzel a fejlesztők és gyártók közti gyorsabb információáramlást. Hagyományosan ilyen országnak tekinthető Spanyolország,

mely a második legnagyobb autógyártó volt Európában 2019-ben. (investinspain.org) Ide tartozik továbbá Olaszország is, mivel az FCA eladásaiban bekövetkező kétszámjegyű esést követően a fő profil egyre inkább a német piacra történő alkatrészgyártás lett. (europe.autonews.com) (Drahokoupil, 2020) Ebben a kategóriában találhatóak a közép-kelet-európai államok is.

A 2000-es évek elején a közép-kelet-európai országok EU-s csatlakozása megváltoztatta az autóipart. A csatlakozással együtt olcsó és viszonylag jól képzett munkaerő vált könnyen elérhetővé a nyugati országok közvetlen szomszédságában. Az államok a nagyobb tőkebefektetések vonzása érdekében adókedvezményeket biztosítottak. A laza szabályozások és a gyorsan kiépülő infrastruktúra pedig további vonzó tényezőt jelentett a befektetők számára. (McKinsey, 2020) Ennek következtében az ezt követő években elkezdődött a gyártási tevékenységek kiszervezése Nyugat-Európából a közép-kelet-európai államokba. A nyugatról-keletre szervezéssel párhuzamosan pedig átalakult a déli országok szerepe. Spanyolországba pl. egyetlen új, zöldmezős autóipari beruházás nem került az elmúlt két évtizedben. (Drahokoupil, 2020)

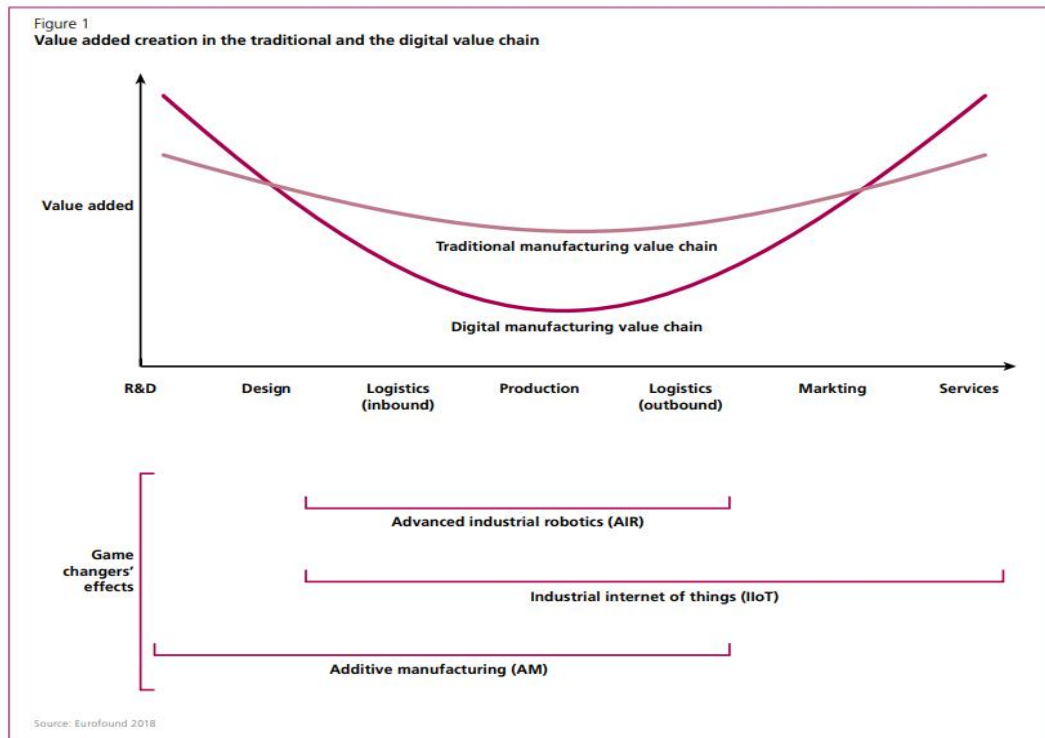
A kialakuló perifériás gyártó országokban az autóipar megjelenésével új struktúra épült fel. A nagyvállalatok az olcsó, szakképzetlen munkaerőre építve kiszervezték gyártási folyamataikat, melynek ellátása igényt generált egy helyi beszállítói struktúra kialakítására. A termelés ellátásáért felelős beszállítóbázis főként alacsony hozzáadott értékű és komplexitású alkatrészeket állít elő, melyeket rövid határidőn belül, olcsón tud szállítani a külföldi vállalat adott országbeli leányvállalatának. A kialakult beszállítói hálózat, az olcsó munkaerő és a nyugati piacok közelsége vonzó alternatívát jelentett más kontinensek OEM-jeinek és Tier1-es beszállítóinak is, akik további gyártóüzemeket hoztak a térségbe. A közép-kelet-európai régióban a McKinsey 2016-os felmérése alapján a világ top20 OEM-jéből átlagosan 4,6 van jelen országonként. Ebből átlagosan 0,8 az, amely valamilyen kutatási-fejlesztési tevékenységet is telepít ezekbe a régiókba. Tier1-es beszállítóknál az arány 9,6, melyből 3,6 telepít K+F tevékenységeket az országokba. (McKinsey, 2020)



4. ábra: Az autógyártásban foglalkoztatottak aránya a teljes ipari termeléshez viszonyítva
(forrás: ACEA)

Az új struktúrában az autógyártás egyre nagyobb részesedésének eredményeként egyre nagyobb foglalkoztatóvá vált Közép-Kelet-Európában. Az 4. ábrán látható, hogy 2018-as adatok szerint Szlovákiában, Romániában és Csehországban is a gyártó munkások több, mint 10%-át az autógyártás foglalkoztatja. Ezzel párhuzamosan csökken Németországban, Franciaországban és a korábban meghatározó országokban a foglalkoztatás aránya.

Nemcsak a munkaerő kiszervezése áll ugyanakkor a nyugati országok foglalkoztatásának csökkenése mögött. A digitalizáció megjelenésével együtt megjelent a robotizáció is. Ennek következtében a drága, betanított munkaerőt képesek voltak lecserélni programozható robotokra, így tovább csökkentve ezzel a megmaradt ipari termelés munkaerő-szükségletét.



5. ábra: Hozzáadott érték az autóiipari értéklánc mentén hagyományos és digitális esetben
(forrás: Guga et al., 2019)

Az európai járműipar jelenlegi kettőssége és jövője Guga et al. ábrája alapján összefoglalható. Az ábra felső részén látható „mosolygörbék” a hozzáadott értéket írják le az értéklánc különböző fázisai mentén hagyományos-, és digitális esetben. Hagyományos esetben látható, hogy az elméleti görbe meredeksége viszonylag kicsi. Legalacsonyabb pontja (vagyis a legkevesebb hozzáadott érték) a gyártásnál található, a legmagasabb hozzáadott értéket pedig a kutatás-fejlesztés, illetve a marketing- és egyéb szolgáltatások jelentik. Digitalizált esetben az elmélet görbe alakja hasonló, azonban minél több digitális technológia alkalmazható egy lépésben, annál kisebb hozzáadott értéket jelent az adott láncszem. Ennek következtében a görbe inflexiós pontja (mely itt is a gyártásnál található) jóval lentebb van, míg az elméleti végpontok a hagyományos eset felett találhatók. Ez tehát azt jelenti, hogy hosszútávon valószínűleg a félperifériás, gyártó országok munkaerő szükséglete is csökken, hozzáadott értékük alacsonyabb lesz és többféle digitális technológiát fognak használni, mint a vállalati központ országok.

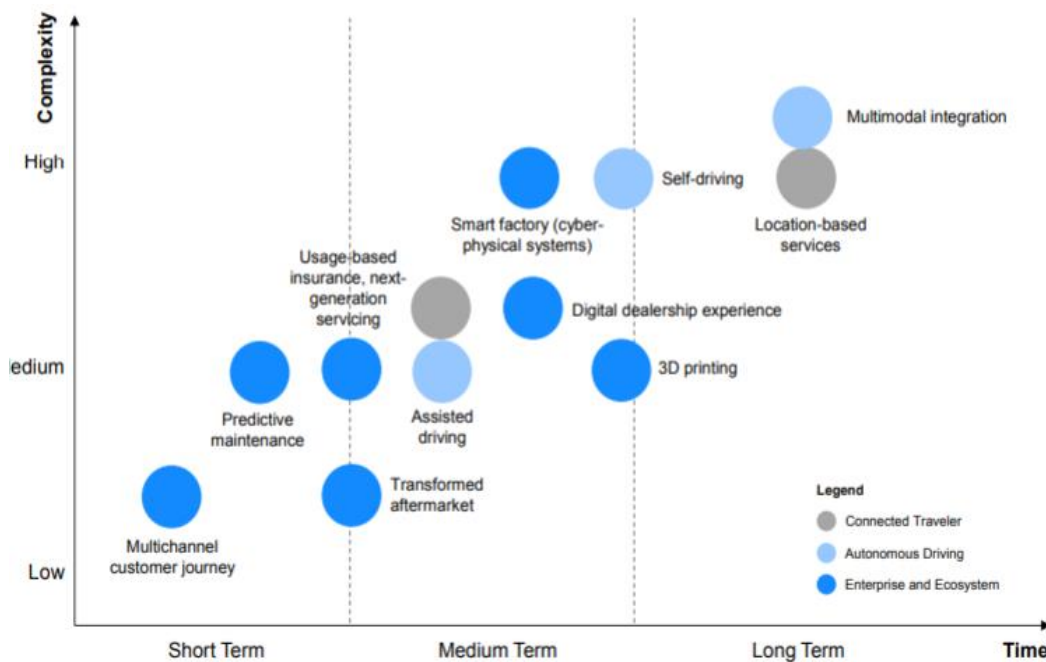
3. A járműipar meghatározó trendjei

Losonci et al. (a PwC és az RB&L kutatásaira hivatkozva) 4 megatrendet vetít elő, mely az autóiipart gyökeresen megváltoztatja. Ezek:

- Elektromos járművek
- Önvezető járművek
- Autómegosztás (Car-sharing)
- Digitalizáció

A trendek várható hatása már 2030-ra érzékelhető lesz. Az előrejelzés szerint a közúti járműállomány kb. 30%-kal csökken (280 milliőről 200 millióra), melyet részben az autómegosztás elterjedése indukál. Emellett az új autók 95%-a PHEV (plug-in hybrid electric vehicle-részben elektromos jármű) lesz. Ennek pedig 55%-a BEV (battery electric vehicle-teljesen elektromos jármű) lesz. Erre számítanak az OEM-ek is, melyek kiemelten kezelik az elektromos hajtáslánc fejlesztését és gyártását, mint a közeljövő piaci igényét, mely kihat az autóiipari beszállítókra is. Kutatásuk eredményei alapján az önvezetés azonban csak hosszútávon jelenik meg. (Losonci et al, 2019)

Részletesen beszélnünk kell a digitalizációs trendekről. A World Economic Forum (WEF) 2016-ban vizsgálta az autóiiparban érvényesülő, és várhatóan végbemenő digitális trendeket, melyeket 3 csoportra osztott. Mindhárom dimenzió több elemből épül fel, melyeket a 6. ábra mutat be:



6. ábra: Járműipari digitális tendenciák időbeli megvalósíthatósága
(forrás: WEF, 2016)

Elsőként a „Connected traveler” és az „Autonomous Driving” kategóriát érdemes megvizsgálnunk. A fenti ábra alapján elmondhatjuk, hogy míg Losonci et al. kutatási eredményei alapján az autonóm járművek nem képeznek fontos részt a megatrendeknél, addig a WEF kutatásában egy többlépcsős folyamat mentén való haladás jelenik meg a teljes önvezetés felé. A szürkével jelzett „összekapcsolt utazók” kategória szintén közép-hosszútávon válik fontossá és leginkább a vevői szolgáltatásoptimalizálás áll a középpontjában.

Dolgozatom szempontjából a harmadik, „Enterprise and Ecosystem” dimenzió a legfontosabb. Ez az, ahol egyre bonyolultabb technológiák jelennek meg rövid-, közép- és részben hosszútávon is. A felvett pontokat vizsgálva látható, hogy rövidtávú elemek között itt a vevői kapcsolatkezelés és a vevői élmény javítása áll. Középtávon azonban két elem is kapcsolódik a gyártás digitalizációjához. Megjelenik a 3D nyomtatás és egy „Smart Manufacturing (cyber-physical systems)” adatpont is. Utóbbi az üzemekben megvalósított vezeték nélküli, szenzoros technológiákat, valamint az ipari robotokat foglalja össze. A trend tehát megegyezik a korábban az 5. ábrán látottakkal. (WEF, 2016)

A jelenleg zajló folyamatok nemcsak az üzemeket és a vállalatokat formálják át. Riasanow et al. 2017-es kutatása az autóiipari értéklánc szerepkörök átalakulását tanulmányozta a digitalizáció következtében. A kutatás három lépésből állt össze. Definiálta a szerepköröket a Crunchbase meglévő céges adatbázisának vizsgálatával és meghatározta az értékáramokat.

Majd vizualizálták az értékáram-hálózatot, végül szakértőkkel validálták az eredményeket. A kutatás alapján elmondható, hogy összesen 15 szerepkör definiálható az autóiipari értékláncokban, valamint a korábbiakban vázolt megatrendek hatására új szerepkörök jönnek létre, melyek korábban nem léteztek. Az új elemek főként szolgáltatás fókuszú vállalatok. Ezek egy része nem is kapcsolódik szervesen a járműiparhoz, sokkal inkább az IT világához. Különösen a szoftveres rendszerekhez kötődnek, ezzel megjelennek az úgynevezett SaaS (Software as a Service) szereplők. Ilyen a Cloud Infrastructure Provider (pl. Amazon Elastic), a Value Added Service Provider (Spotify, BMW Connected Drive), a Disruptive Technology Provider (Intel), valamint az E-Payment Provider (MercedesPay). A kutatás alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az új technológiák előtérbe kerülése hatással van a cégek iparági szerepkörére, az OEM-beszállítói kapcsolatokra is. Hatással van továbbá a járműipar munkaerő igényére. Az IT szerepének növekedése ugyanis indukálja a szakértő munkaerő iránti egyre nagyobb igényt. Ezt támasztja alá a McKinsey kutatása is, mely szerint 2025-re 6%-kal fog megnőni a kifejezetten járműipari fókuszú informatikai fejlesztők száma a 2020-as szinthez képest (177 ezerről 234 ezerre). (McKinsey, 2020) (Riasanow et al., 2017)

Végül, meg kell említenünk az új technológiák üzleti folyamatokra gyakorolt hatását is. Simon et al. 2016-os tanulmánya megjegyzi, hogy különösen a személyautó-gyártók üzleti modellje változik meg az új lehetőségek hatására. A korábbi, többcsatornás, B2B fókuszú üzleti modellek helyett (melyek jellemzője, hogy a kereskedők közbeiktatásával érték el a fogyasztókat), B2C üzleti modellekre tért át a digitális technológiák nyújtotta lehetőségekkel élve (webshop). Ebből arra következtethetünk, hogy a vevői kapcsolatkezelés (Customer Relationship Management) szerepe tovább erősödik. (Simon et al., 2016)

Az előző fejezetek ismertették a vonatkozó technológiákat, az európai járműipar szerkezetét és trendjeit. Nem ismertek ugyanakkor a gyakorlati digitalizációs mérési koncepciók. A továbbiakban ennek részletes ismertetését végzem el.

4. A digitalizáció elemzési keretei

Ahogy azt a bevezető részben írtam, alapvetően 3 részre oszthatjuk a digitalizációs modelleket. A legbővebb kategória a makroszintű modellek halmaza, melyek országok, régiók átfogó vizsgálatára alkalmasak. Az ettől eggyel alacsonyabb szintnek a mezoszintű modellek halmaza tekinthető, melyek tipikusan egy kiemelt részletet (pl. iparágat) helyeznek fókuszba. Ez a szint az, amely a dolgozat során a vizsgálat tárgyát képezi. Végül legalsó szinten a mikro modellek szerepelnek. Ezek lényegében vállalati szintű vizsgálatokra alkalmasak.

Jelen fejezet célja a fellelhető makro- és mezoszintű modellek bemutatása és a mérési eredmények alapján a korábban felsorolt fontosabb országok helyzetének áttekintése. Kezdetben két, nem digitális fókuszú, de digitalizációt is mérő modellt mutatok be. Ezt követően pedig az európai digitalizációt makro- és mezo szinten mérő modellek és eredményeik kerülnek bemutatásra.

4.1 A DESI-index-makroszint

Az Európai Bizottság által 2014 óta évente elkészített Digitális Gazdaság és Társadalom Fejlettségét mérő mutató (DESI-index) célja a tagállami digitális érettség bemutatása, egymáshoz való viszonyítása és olyan információk nyújtása, amelyek segítik a tagállamok (állami vagy piaci) döntéshozóit a kiemelt intézkedési területek azonosításában. Relevanciáját adja, hogy nemcsak lakossági, de piactudományi adatokkal is számol. Felépítésében tartalmaz mind országismertetőket, mind tematikus fejezeteket. Ez 2020-ig egy öt dimenzióból felépülő mutatószám volt, melynek építőelemei a következők: internet hozzáférés, humán tőke, internetes szolgáltatások használata, a digitális technológiák integráltsága, digitális közszolgáltatások. Fontos megjegyezni, hogy a modell dimenziói nem, változói azonban időről időre cserélődnek, újabb elemek kerülnek be, más elemeket pedig elhagynak. Ennek oka a technológiai életciklusok rövidebbisége. (DESI, 2019) (DESI, 2017)

2021-ben a modell alapján változott meg. Az eddigi öt helyett már csak négy releváns dimenziót definiált (internetes hozzáférés kikerült), melyek összefüggésben állnak az EU két fő stratégiai céljával: a Helyreállítási és Rezilienciaépítési eszközzel, valamint a Digitális Évtized Iránytűvel. (DESI, 2021) A dimenziók közül a továbbiakban röviden a digitális technológiák integráltságát vizsgálom.

A vállalatok digitális technológiai vizsgálatára a „Digital Intensity Index” ad lehetőséget. A DII indexet összesen 12 különböző változó alapján számolják az alapján, hogy az adott

technológiát az összes európai ország adatait figyelembevéve hány vállalat implementálta a saját rendszerébe. Ezt mutatja a 2. táblázat is:

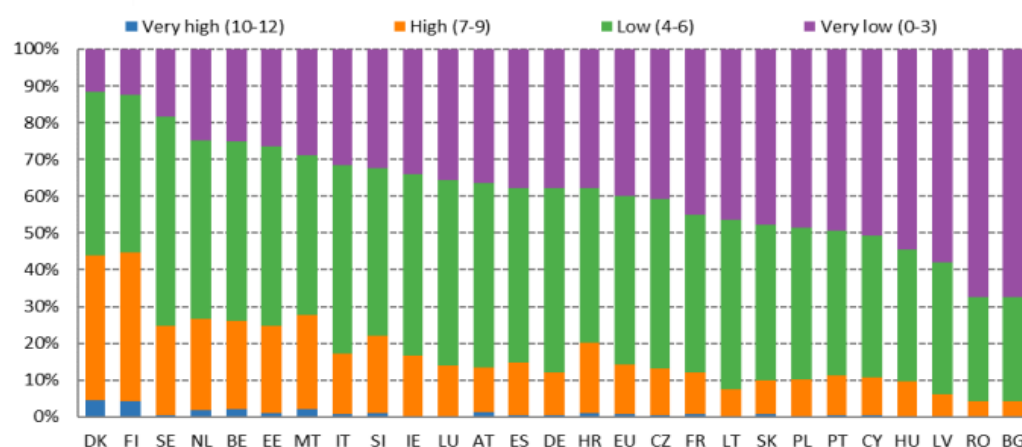
	Large	SMEs
Have a website	94%	76%
The maximum contracted download speed of the fastest fixed line internet connection is at least 30 Mb/s	92%	76%
Website has at least one of : description of goods or services, price lists; possibility for visitors to customise or design online goods or services; tracking or status of orders placed; personalised content in the website for regular/ recurrent visitors	78%	62%
Enterprises where more than 50% of the persons employed used computers with access to the internet for business purposes	56%	46%
Provide more than 20% of the employed persons with a portable device that allows internet connection via mobile telephone networks, for business purposes	47%	39%
eInvoices sent, suitable for automated processing	53%	32%
Buy medium-high CC services	48%	25%
Employ ICT specialists	76%	18%
Enterprises with e-commerce sales of at least 1% turnover	39%	17%
Analyse big data internally from any data source or externally	34%	14%
Use industrial or service robots	28%	6%
Use 3D printing	17%	5%

Source: Eurostat, European Union survey on ICT usage and e-commerce in enterprises.

2. táblázat: DII index változóinak nagyvállalati, illetve kis- és középvállalati szintű használata
(forrás: DESI, 2021)

A változók alapján jól látható, hogy az átlagos értékek minden változó esetén jóval magasabbak nagyvállalatok esetén, mint kis- és középvállalkozásoknál. Látható azonban az is, hogy a tendencia mindkét esetben ugyanaz. A lista alapján leginkább az internetes technológiák elterjedtek (weblap, 30 Mb/s-os internet), legkevésbé pedig a 3D nyomtatás és az ipari robotok használata. A köztük lévő szakaszon találhatóak a cloud alapú szolgáltatások, az ICT szakemberek alkalmazása, a big data és az e-invoice, vagyis az e-számlák küldése. Ezekre azt mondhatjuk, hogy jelentős számú vállalat dolgozik ezzel, viszont még jelentős a benne rejlő fejlődési potenciál. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a digitalizáció nem csak a vállalatméret függvénye. A cégek digitalizáltsága országonként is eltérő. Ezt mutatja be a 7. ábra:

Figure 48 Digital Intensity Index by level (% of enterprises), 2020



Source: Eurostat, European Union survey on ICT usage and e-commerce in enterprises.

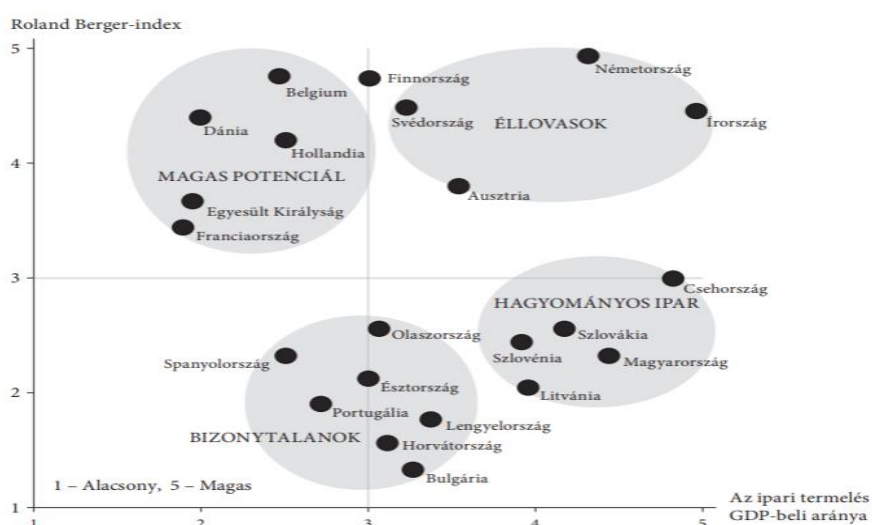
7. ábra: A DII mutató országos megoszlása
(forrás: DESI, 2021)

Ez alapján jól látható, hogy a lista első felében a skandináv-, balti-, illetve nyugat-európai országok helyezkednek el. Ha a korábbi, járműipari szerkezetet leíró listánkkal összehasonlítjuk, akkor az látható, hogy a központi szerepet játszó Németország és Franciaország az EU-s átlag körül helyezkednek el (Franciaország alatta), a főként összeszerelő üzemeket működtető Spanyolország pedig Németország mellett található. Látható továbbá az is, hogy a járműgyártás motorját adó közép-kelet-európai régió lemaradásban van, Portugáliával együtt. Itt található hazánk is a 24. pozícióban.

4.2 A Roland Berger- és a WEF-index- a feldolgozóiparban

Releváns tanulmányként kezelhető a német Roland Berger tanácsadó cég 2016-ban bemutatott feldolgozóipari érettséget vizsgáló modellje is. A tanulmány kivonata Losonci et al. 2018-as és 2019-es tanulmányában is vizsgálatra kerül.

A Roland Berger (RB) index két nagy dimenzióból épül fel: az ipari kiválóságból és az értékteremtő hálózatokból. Előbbi a termelési folyamatok összetettségével, az automatizáció fokával, a munkaerő készségével és az innovációs folyamatintenzitással jellemezhető. Utóbbi a magas hozzáadott érték, gazdasági nyitottság, innovációs hálózat és az internet gyorsaságából áll össze. Minden egyes kategóriát egy 5 pontos Likert-skálán értékelnek, ahol az 5 a magas (készen áll), az 1 az alacsony szintet jelöli (nem áll készen). A két dimenzió értékei ezután együtt adják ki átlagolással az adott ország RB-indexét. A tanulmány ábrázoláshoz második tengelyként az ipari termelés GDP-beli arányát vette fel. A két tengely mentén összesen 4 kategóriában helyezi el az európai országokat, ami a 8. ábrán is látható. (Losonci et al., 2019)



8. ábra: Európai országok feldolgozóipari fejlettsége a Roland-Berger index alapján
(forrás: Losonci et al., 2019)

Az elemzés jól összekapcsolható a járműipar jelenlegi kettősségével. A nagyvállalati központoknak helyet adó országok a „Magas potenciál” és az „Éllovasok” kategóriájába kerültek. Az ipari termelést adó országokat a két alsó kategóriában találjuk meg. A „Hagyományos ipar” országai azok a már többször említett országok, ahova az elmúlt időszakban a gyártást kiszervezték. A „Bizonytalanok” között pedig a többi országot találjuk.

Feldolgozóipari szempontból releváns modellként kezelhetjük a World Economic Forum által 2018-ban kiadott „Readiness for the future production” riportot is (megj.: jelenleg ez a legfrissebb kiadott modellje a WEF-nek). A létrehozott modell célja egy olyan benchmark létrehozása, mely segít az országoknak megismerni a jelenlegi felkészültségüket a termelés jövőjére, a kapcsolódó kihívásokra és lehetőségekre vonatkozóan. A kutatás vizsgálata világszintű (eltérően az előző európai fókuszról). A vázolt 2 dimenzió összesen 59 változót használ, melyeket további alcsoportokra bont (9. ábra). Az első vizsgált dimenzió a termelés struktúráját vizsgálja, méri többek között annak komplexitását. A második dimenzió pedig azokat a változókat tömöríti, amelyek a termelés motorjaként azonosíthatók.



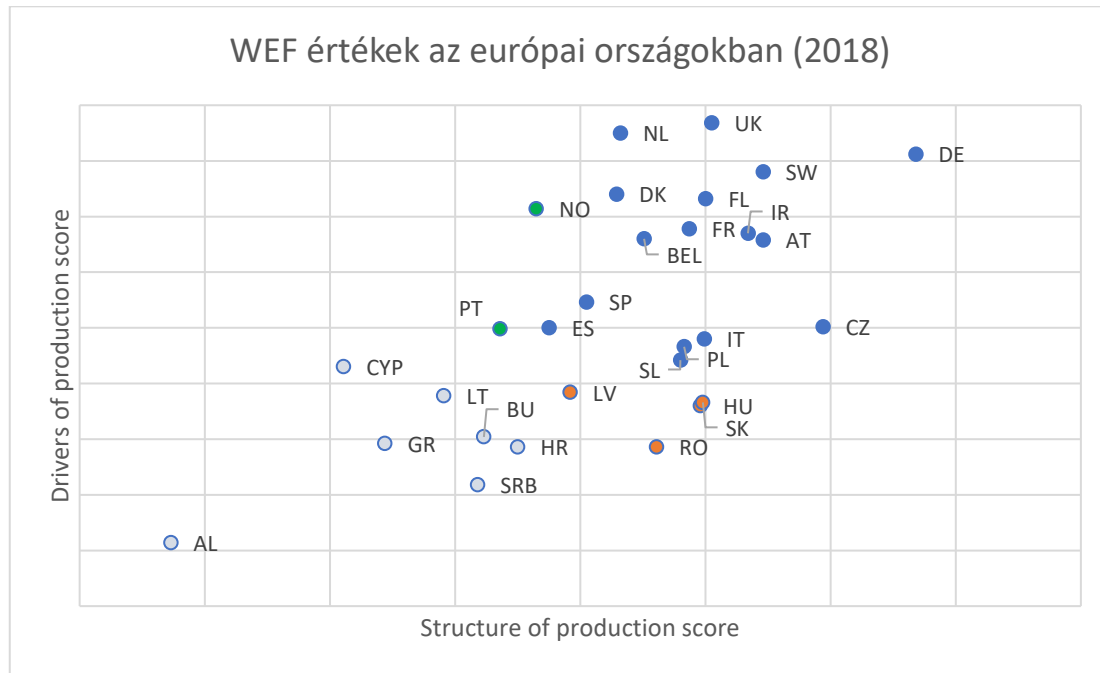
9. ábra: A WEF mutatóját felépítő paraméterek
(forrás: WEF, 2018)

Az országok ábrázolása két tengely mentén, négy kategóriába történik, melyek a következők:

- „Újszülöttek”: limitált alapokkal rendelkeznek, ezek az országok állnak a legkevésbé készen az ipari fejlődésre. Ez rájuk nézve nagy kockázatot jelent (pl. Albánia).
- „Nagy potenciállal rendelkezők”: Limitált alapokkal rendelkeznek, viszont jó pozícióból várják a digitalizációs forradalmat, jelentős bővülési potenciállal bírnak (pl. Norvégia).
- „Vezetők”: Erős ipari alapok mellett megfelelő gazdasági helyzetből várják a jövőt. Ezek az országok vannak a legelőnyösebb helyzetben (pl. Ausztria).
- „Örökség”: Ugyan erős alappal rendelkeznek (vannak ipari hagyományai az országnak), de kockázatos a pozíciójuk a jövőre nézve, gyengébb teljesítményt produkálnak a termelési tényezők vonatkozásában. Saját stratégiát kell kidolgozni

ahhoz, hogy képesek legyenek lépést tartani a vezető országokkal (pl. Magyarország). (WEF, 2018)

A vizsgált két tengely mentén az európai országok grafikus megjelenítését a 10. ábra tartalmazza:



10. ábra: Európai országok digitális érettsége a WEF mutatója alapján
(forrás: WEF, 2018)

Az ábrán sötétkék szín jelöli a „vezetőket”, zöld a „nagy potenciállal rendelkezőket”, narancssárga az „örökség” országokat és végül szürke az „újszülötteket”. Ahogy az az ábrán jól látszik a vezetők leginkább Észak- és Nyugat-Európában található államok. Az ábrán is látható különbséggel, ugyanakkor még továbbra is a vezetők között található Spanyolország és Olaszország, illetve a közép-keleti régióból Lengyelország és Csehország. A különbséget a függőleges tengely, vagyis az ipari termelés által hozzáadott érték jelenti. A dimenzió változóit vizsgálva mindenhol kisebb értékeket látunk a lemaradók esetében, viszont a „Technológia és Innováció” változó értékei esetén ez a differencia jóval nagyobb. Ez visszavezethető akár a járműiparra is: a tudásközpontok általában az északi- és nyugati országokban, míg a gyártás a déli- és keleti országokban található. A közép-kelet-európai országok többsége ugyanakkor az örökség országok közé tartozik. Ezekben az országokban erős az ipar strukturáltsága, ugyanakkor amíg a vezető országok magas értéke a komplexitásra, az örökség országok értéke a méretgazdaságosságra vezethető vissza. Emellett nincs olyan változó, mely kiemelkedően hajtana a termelésüket. Ez összhangban áll a járműiparban betöltött pozíciójukkal is. Számukra a vezetőkhez való felzárkózási stratégia

azért is fontos, mert az újszülött országok méretgazdaságossági szempontból versenytársnak tekinthetők. (WEF, 2018) Végül meg kell említenünk Norvégiát és Portugáliát, akiket a kutatás a nagy potenciállal rendelkező közé sorolt. A két országban a termelés keretei kevésbé adottak, mint a vezető vagy örökség országokban, ugyanakkor rendelkeznek olyan képességekkel, melyek segítségével hamar képesek implementálni a folyamatokat.

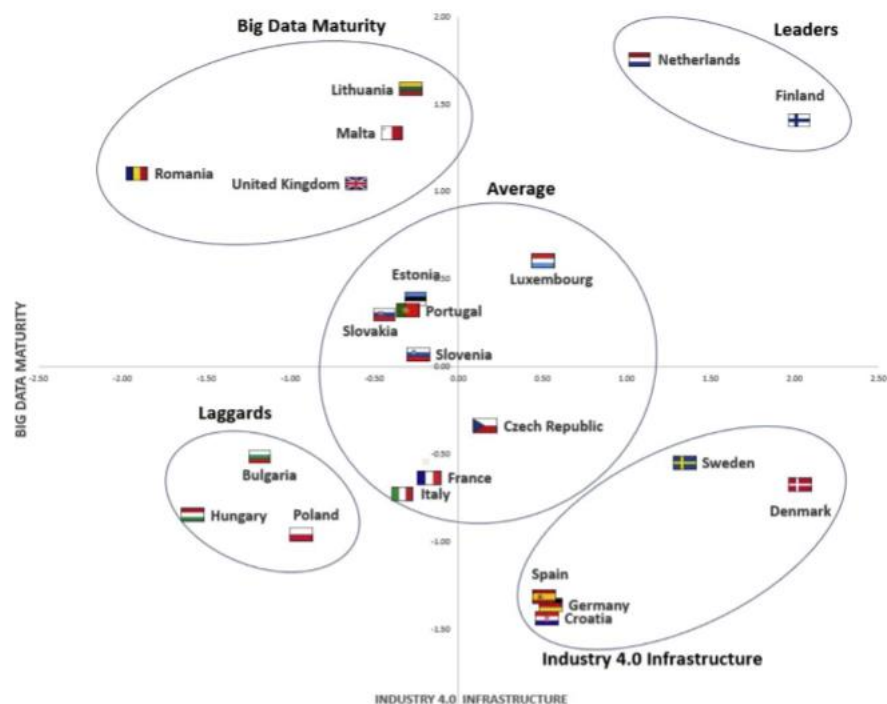
4.3 A feldolgozóipar digitális fókuszú mérése

Castelo-Branco et al. a feldolgozóipar fejlettségét szintén országos szinten vizsgálta az EU országaira vetítve 2019-ben. A kutatás elsősorban arra volt kíváncsi, hogy az egyes európai országok feldolgozóipari digitalizációja hol tart és egymáshoz képest hol helyezkednek el. Ehhez első körben a 3. táblázatban látható változókat definiálta. A korábbiaktól eltérően a tanulmány nem Likert-skálán értékelt, hanem az Eurostat ICT (Infocommunication Technologies) felmérését használja, mely az európai vállalati digitalizációt vizsgálja.

theme	Variable	% of manufacturing companies:
interconnectivity	mobInt	mobile connection to the internet for business use to use dedicated business software applications
interconnectivity	speed	The maximum contracted download speed of the fastest fixed internet connection is at least 100 Mb/s
interoperability	erp	enterprises who have ERP software package to share information between different functional areas
interoperability	intBP	enterprises whose business processes are automatically linked to those of their suppliers and/or customers
interoperability	tlInvS	enterprises sending only paper invoices B2BG
Virtualization	advcloud	buy high CC services (accounting software applications, CRM software, computing power)
information	bd_anysrc	enterprises analyzing big data from any data source
transparency		
Information	bd_sensors	analyze own big data from enterprise's smart devices or sensors
transparency		
information	bd_geo	analyze big data from geolocation of portable devices
transparency		

3. táblázat: A feldolgozóipart vizsgáló mérési paraméterek
(forrás: Castelo-Branco et al., 2019)

Az így kapott változóértékekkel a tanulmány először faktorelemzést végzett, majd a kapott faktorértéket klaszterezési eljárással vizsgálta tovább. Végül öt klaszterbe sorolta az országokat (3. táblázat) a faktorizáció alapján kapott két dimenzió („Big Data Maturity” és „Industry 4.0 Infrastructure”) mentén.



11. ábra: Európai országok feldolgozóipari digitális érettsége
(forrás: Castelo-Branco et al., 2019)

A mindkét dimenziót figyelembevéve fejlettnak nevezhető „Leaders” klaszter elemei között összesen két országot, Hollandiát és Finnországot láthatjuk. A feldolgozóipar szintjén vizsgált „Big Data Maturity” tengely mentén Románia, az Egyesült Királyság, Málta és Litvánia tekinthető a legfejlettebbnek. „Industry 4.0 infrastructure”-ben Svédország és Dánia mellett, Németország, Horvátország, Spanyolország található. Utóbbi klaszterben ugyanakkor jól látható, hogy a két északi és a többi ország között érezhető különbség van. A tengelyek metszéspontjában álló klaszter a legnépesebb, összesen nyolc ország alkotja. Fejlettségük mindkét tekintetben az átlaghoz közelít, így a klasztert az „Átlagos” névvel látták el. Utolsóként a legrosszabbul teljesítő három országot, Lengyelországot, Magyarországot és Bulgáriát láthatjuk. Ők a „Laggards” („Lemaradók”) klaszterbe kerültek.

Az itt látható elemzés az eddigi vizsgálatok közül talán a leginkább szórja az európai országokat. Ugyanakkor véleményem szerint erős feltételezés lenne ez alapján a járműipar digitalizáltságára vonatkozó következtetéseket levonni. Mindazonáltal megjegyzendő, hogy a tanulmány alapján kevésbé választhatóak szét Európa egyes részei.

Castelo et al. tanulmányának azonban nemcsak az eredménye, hanem elemzési lépései is fontosak. Módszertana és változói alapot jelentenek kutatásomhoz, adatforrása kiindulási pontot biztosítanak saját adataim felvételéhez is. (Castelo-Branco et al., 2019)

5. Vállalati érettségi modellek

A korábbi irodalomkutatás ugyan alapot adott a szükséges változók definiálására, viszont az ismertett modellek alapján nem jelenthetjük ki, hogy pontosan milyen tényezőket vizsgálnak a digitalizációval kapcsolatos kutatások. Megfigyelésem alapján míg országos és feldolgozóipari szinten 4 modell, vállalati szinten több tíz elérhető modell létezik. Bevonásukkal már elegendő nagy halmazt kapok ahhoz, hogy egy jól megalapozott mérési koncepciót alakíthassak ki. A továbbiakban ezért a mikroszintű modellek kerülnek részletes kifejtésre.

A vállalati modell forrásgyűjtés módszertanaként a szociológiai és társadalmi kutatásokban népszerű hógolyó-módszert vettem mintaként. A hógolyó-módszer lényege, hogy a véletlenszerű mintavételi alanyok száma úgy bővül, hogy a vizsgált alanyok szólnak ismerőseiknek, barátaiknak. (statisticshowto.com) Ennek mintájára próbáltam én is minél több releváns tanulmányt keresni. Kiindulásként Hizam et al. tanulmányát választottam.

Hizam et al kutatása a 26 modellből összesen 158 különböző változót emelt ki (1.melléklet). Ezeket áttekintve látható, hogy van köztük átfedés, így tehát nem teljesen különböző elemekről van szó (pl. a „*People*” és „*Human*” vagy „*Horizontal and Vertical integration*” és „*Horizontal integration*”, „*Vertical integration*” kategóriák együttesen). A csoportosítás során a lehető legkevesebb dimenzióval próbálták lefedni az összes talált változót, végül 6-ot definiáltak:

- Technológia: Összesen 70 változó sorolható ebbe a dimenzióba (az összes változó 44%-a itt van). A nagy számosság azért is lehetséges, mert ebbe a kategóriába került az IT, az „okosgyártás” elemei, a mobil eszközök, az adatszolgáltató szenzorok, a kommunikációs megoldások, az értéklánc digitális összehangoltsága, az adatelemzés formája és a kibervédelmi megoldások. Mivel ez a dimenzió rendelkezik magasan a legtöbb elemmel, ezért látható, hogy a technológiai fókusz az ipar 4.0-s kutatások legfőbb eleme.
- Emberek (27 paraméter): A munkavállalói kompetenciákat (core kompetenciákat), a munkaerő összetételét, nyitottságát, szervezethez, menedzsmenthez, egymáshoz való viszonyulását tartalmazza.
- Stratégia (18 paraméter): A vállalati stratégia ipar 4.0-ra való érettségét, az egyes részstratégiák érettségét (üzleti stratégia, HR fejlesztési stratégia, innovációs stratégia) tartalmazza.

- Vezetés (17 paraméter): A management vezetési stílusát, a topmenedzsment képességét és elkötelezettségét, a management gyakorlatát és változásra való érettségét tartalmazza.
- Folyamatok (17 paraméter): Az „okos folyamatok”, a folyamatok kontrollja, a folyamatok horizontális és vertikális integrációja tartozik ide.
- Innováció (9 paraméter): Az innováció kultúrája, az implementált innovatív ötletek hatékonysága, a vállalati kreativitás és a szervezet érettsége a digitális innovációra tartozik ide. (Hizam et al. 2020)

Fontos megjegyezni, hogy ugyan a modellek technológiai fókuszúak, feltűnik ugyanakkor több kiegészítő paraméter. Mikroszinten ezek elengedhetetlenek a sikerességhez. A negyedik ipari forradalomhoz ugyanis nem elég a technológia megváltoztatása, azt az alkalmazónak el kell sajátítania és implementálnia kell a szervezeti kultúrájába, melyhez a munkakultúra és a szervezet átalakítása is elengedhetetlen. Ezért szükséges vizsgálni pl. a stratégiába való illeszkedést. Ez ugyanakkor vállalatonként változik, méréséhez pedig szükség lenne belső vállalati titkok ismeretére is. Ágazati modellépítéshez ezért csak a technológiai és humán szempontokat veszem figyelembe a vállalati modellekből.

Hizam et al. tanulmánya rávilágított a releváns két kategóriára. A benne található modelleket ezután a forrásjegyzékéből próbáltam visszakeresni (megj.: sajnos nem mindegyik tanulmány volt elérhető). Az innen kiválasztott tanulmányok forrásjegyzékét aztán tovább vizsgáltam, majd azon tanulmányokat is visszakövettem. Az átvizsgált, elérhető tanulmányokat ebben a lépésben sárgával jelöltem, a nem elérhetőket pedig pirossal. Azért, hogy a tanulmányok közti kapcsolat is látható legyen, ábrát készítettem és nyíllal egymáshoz kötöttem őket. A lépés végére így egy nagy számosságú forráshalmazt hoztam létre. Módszerem eredményeként pedig kirajzolódott annak képe, hogy melyek azok a tanulmányok, amelyek az digitalizációs érettséget vizsgáló modellek alapját képezik.

A kutatás következő lépése a tanulmányok áttekintése volt. Az áttekintés során pirossal jelöltem azokat a tanulmányokat is (a nem elérhetőkhöz hasonlóan), amelyek jelen kutatás szempontjából nem relevánsak, csak kiegészítő információkkal szolgálnak. Kékkel jelöltem a részben releváns (pl. vállalati tanulmány), zölddel a releváns (pl. országos vagy ágazati szintet vizsgáló) dokumentumokat. Annak érdekében, hogy a kapcsolati rendszer áttekinthető legyen, számokkal jelöltem az egyes tanulmányokat az ábrákon, a forrásokat pedig táblázatban csatoltam. (2.melléklet) Az előzetes irodalomfeldolgozás alapján több megállapítás tehető:

- A digitális érettségi modelleket 3 szempont szerint lehetséges kategorizálni. Fejlesztésük helye szerint készülhetnek gazdasági szereplőknél vagy akadémiai környezetben. A mérés kiterjesztéseként vizsgálhatnak vállalati, ágazati, országos szintet. A mérés fókusza pedig lehet technológiai, gazdasági vagy társadalmi.
- A hozzáférhető mérési struktúrák nagyrészt akadémiai típusúak (nem céges fejlesztés). Vállalati modellekből a tanácsadócégek (PwC, McKenzie) változatai érhetőek el. Az elérhető modellek hátránya, hogy több esetben hiányzik a gyakorlati alkalmazás és validáció, így előfordulhat, hogy olyan paramétereket mérnek, amelyek nem relevánsak (megj.: ezeket a tanulmányokat kihagytam az elemzésből).

Az irodalomkutatási lépés nem titkolt célja volt, hogy nemcsak vállalati, hanem további magasabb ágazati és országos modelleket elérjek. A lépés egyik legnagyobb tanulsága (és ezzel igazolható az előzetes hipotézisem is), hogy az ágazati szintű digitalizációs érettség vizsgálata nagyon hiányos, csak néhány tanulmány sorolható ide. Az autóipart vizsgáló digitális érettségi modell jelenleg nem található. Ezzel alátámasztható a bevezetésben már leírt két tanulmány (Losonci et al., 2019, illetve Basl et al., 2019) sejtése.

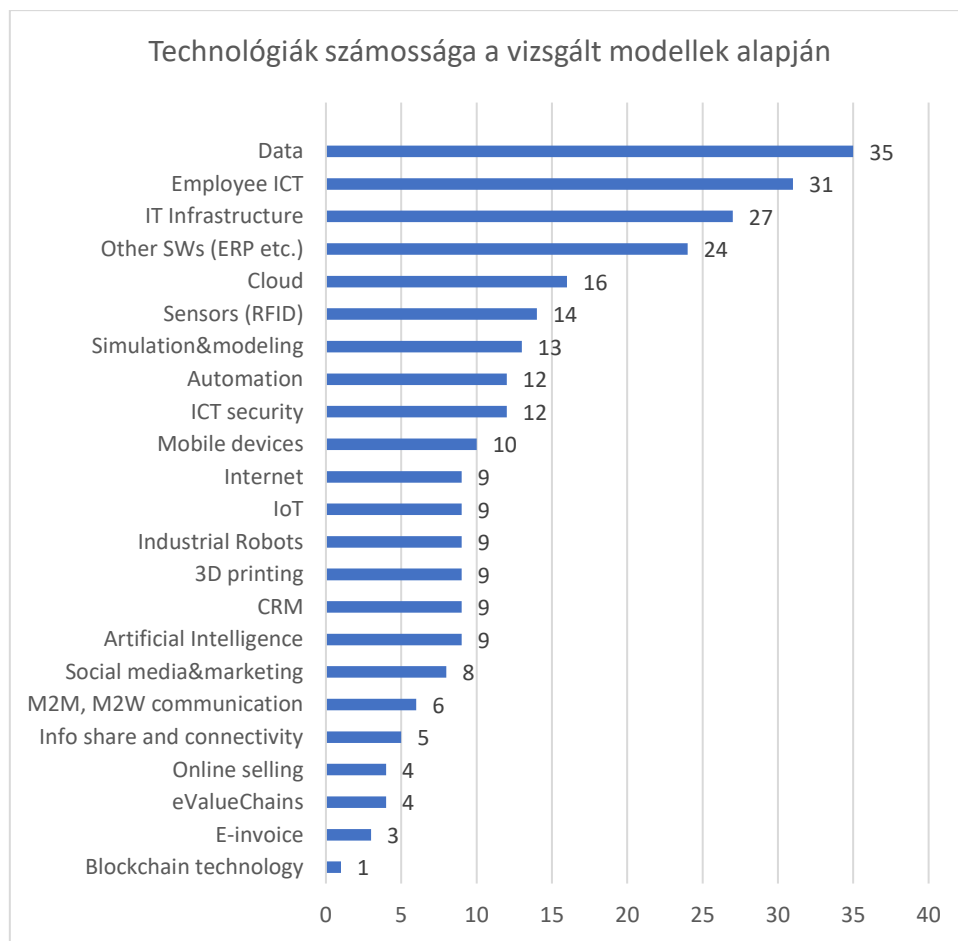
6. A kutatási változók és az előzetesen várt dimenziók meghatározása

Ahogy azt már többször kifejtettem, a dolgozat célja egy olyan mérési keretrendszer kidolgozása, mellyel dimenziók mentén elhelyezve megvizsgálható, hogy hogyan kapcsolódnak össze a digitális technológiák, valamint az egyes európai országok járműipari hogyan alakulnak egymáshoz képest. Mivel teljes mértékben releváns tanulmány nincs, ezért a struktúra kialakításánál a részben kapcsolódó vállalati, valamint a később kifejtett országos és feldolgozóipari irodalmat tekintem alapnak.

Ebben a lépésben visszatértem a korábban elkészített, szakirodalmi „kapcsolati hálót” tartalmazó ábrához. (2.melléklet). A forrásokat újraelemeztem, ezúttal a mérési modelleket vizsgáltam.

A digitalizációs mérési modellek kettéoszthatók a mérés tárgya mentén. Megkülönböztethetünk digitalizációs felkészültséget (digital readiness) és digitalizációs érettséget (digital maturity) mérő modelleket. A két kategória a digitális fejlettség két különböző szintjét definiálja. A felkészültség jelenti az alapot (mennyire van meg a fejlettebb, ipar 4.0-s technológiák implementálásához szükséges keret). A fejlettség pedig az erre való ráépülést (milyen szinten tart a fejlett technológiák implementációja). Így pl. az ERP, vagy a munkavállalók képzettsége feltételnek, míg az AI vagy a 3D nyomtatás már inkább az érettségi modellek részének tekinthető.

Összességében 29 olyan modell került feldolgozásra, melynek részben- vagy egészben minden egyes paramétere elérhető volt. Ebből 12 „Readiness” és 17 „Maturity” modell került az elemzésembe. A gyűjtés után az elemeket megpróbáltam kategorizálni hasonlóságuk alapján Frank et al. munkáját felhasználva. Az így beazonosított nagyobb kategóriákat és számosságukat a 12. ábra mutatja. (megj.: az egyes tanulmányokból kigyűjtött technológiákra a 3.melléklet világít rá)



12. ábra: Digitális érettséget vizsgáló kigyűjtött technológiák csoportosítása
(forrás: saját szerkesztés)

A kategorizálás (12. ábra) alapján a következőket láthatjuk:

- Digitalizációs modellek esetén a legnépszerűbb témakör az adatokkal kapcsolatos tevékenységek (Big Data, Data analyzing and storage stb.). Ez tekinthető alapvetésnek, hiszen a technológiák nagy része valamilyen adattal kapcsolatos tevékenységet végez. Népszerű mérési paraméter továbbá a munkavállalókkal kapcsolatos infokommunikációs változók (Employee ICT).
- Szinte egyforma nagyságban fordulnak elő a háttérinfrastruktúrát, valamint a szoftveres támogatást jegyző csoportok. Ez részben jelent csak új technológiákat, részben pedig az új technológiák elsajátítására való felkészültséget jelenti. Valamint, összhangban áll Riasanow et al. 2017-es tanulmányával, akik felhívták a figyelmet a szerepkörök változására és a szoftveres megoldások egyre nagyobb elterjedésére.
- Szintén kiemelkedő értékkel szerepel a Cloud, a biztonsági- és szenzoros rendszerek. Ezekben közös, hogy szorosan kapcsolódnak az adatokkal kapcsolatos

tevékenységekhez (adatátvitel, adatbiztonság, adatgyűjtés). Megemlítendőek a szimuláció, az automatizálás és a mobil eszközök is. Ezeket a paramétereket közepesen népszerű mérési kategóriákként definiálhatjuk.

- A további technológiák kevesebb mint 10 esetben fordultak elő a vizsgált tanulmányokban. Ezek ugyan kapcsolódó részletek, viszont még vagy fiatal technológiák (pl. AI), vagy már vélhetően a napi gyakorlat része, így kevésbé érdemes vizsgálni őket (EInvoice).

Empirikus elemzésünk alapján egy további következtetés is leszűrhető: nincs szignifikáns különbség a „Readiness” és „Maturity” modellek között. Az eltérő típusú modellekben mért kategóriák általában a szerzők egyéni megítélésétől, esetleg vállalati szakemberekkel lefolytatott interjúktól vagy korábbi tanulmányoktól függ. Éppen ezért a továbbiakban nem különböztetjük meg őket.

7. Változóválasztás és adatgyűjtés

Az előző lépések alapján ismertek a különböző mérési modellekben szokásosan vizsgált technológiák. Utolsó kritériumként egy másik megkötésnek is szükséges megfelelni. Ahogy Castelo-Branco et al. tanulmánya, úgy jelen dolgozat adatforrása is az Eurostat ICT felmérésén alapul. Az Eurostat ICT (Infocommunication technologies) kérdőíves felmérését minden évben készítik háztartásokra (ICT Households) és cégekre (ICT Enterprise) vonatkozóan, melyek közül az utóbbit használok. A kapcsolódó kérdőívben a megkérdezett vállalatok legalább 10 főt foglalkoztató cégek, akiknek saját digitális fejlettségükről kell nyilatkozniuk. A beérkező kérdőívek válaszait több szempont szerint szegmentálják, majd az egyes szegmensekre országonként aggregált változóértékeket állítanak elő. A kutatási eredményeket folyamatosan frissülő, Acces-adatbázis foglalja magába (megjegyzés: a kutatás során a v220127 verziót használtam).

Az adatbázis több táblázatot és lekérdezést foglal magába. A változók alapját a kérdések képzik, ugyanakkor az adatbázis változóhalmaza bővebb, mint a kérdéslista. Ennek oka, hogy bizonyos kérdések eredményeinek kombinációjával új változókat hoznak létre. Így a 2009 és 2021 között a definiált változók száma ezres nagyságrendű.

Az adatbázis változói nem fedték le teljes mértékben a szakirodalmi áttekintésből kinyert változókat. További problémás pontot jelentett, hogy bizonyos változókat nem mérnek fel minden évben. Ennek feltételezhetően technikai oka van: vélhetően bizonyos változók értékében nincs (vagy nem várható) szignifikáns változás évről-évre, elegendő a kérdést kétéves ciklusokban feltenni. Ez jelen kutatásra nézve azt is jelenti, hogy nem elegendő egy évet vizsgálni. A változók felvétele a vázolt problémákat kezelendő időszakos (2018 és 2020 közötti) adatokból dolgoztam. Amely technológiára tehát nem állt rendelkezésre változó 2019-ben vagy 2020-ban, azokat korábban vettem fel egészen 2018-ig bezárólag. A szükséges adatokat az adatbázis *1_View AllData* lekérdezése tartalmazza. Az adatgyűjtés a következő logika mentén történt:

- A választott változóhoz tartozó kifejezést (ExpVariable) kikerestem a „Variables” nevű segédanyagból. Amennyiben a szakirodalom alapján definiált változónak nem volt megfelelő változója az adatbázisban, nem került be a végső változólistába. Amennyiben találtam egyezést, felvettem és folytattam az elemzést.
- Ezt követően a már említett *1_View AllData* lekérdezést szűrtem az alábbi paraméterek mentén:

Paraméter	Szűrt érték
ExpPeriod	2018-2020
ExpCountry	-
ExpVariable	A kikeresett változó kifejezése
ExpBrkDwn	10_C29_30 (megj.: 10_C10_33 is kigyűjtésre került)
ExpUnit	PC_ENT

4 táblázat: Szűrési paraméterek
(forrás: Saját szerkesztés)

A 24 változóból összesen 14 olyan eset volt, amikor egyezést lehetett felfedezni az empirikus elemzés eredménye és az adatbázis között a vizsgált időszakban (2018-2020 között). Az egyezéseket mutatja be a 4. táblázat.

Változók számossága a vizsgált modellek alapján	Számosság	Végző modellben használt paraméter neve ICT adatbázis alapján	Rövidítés
Blockchain technology	1		
E-invoice	3	Enterprise sending e-invoices, suitable for automated processing (2020)	EInvoice
eValueChains	4		
Online selling	4	Enterprises' total turnover from e-commerce sales (2020)	Ecomm
Info share and connectivity	5		
Artificial Intelligence	6	Enterprises use one AI system (of chat service, big data analyse with machine learning, big data analyse using natural language processing, service robots) (2020) (megj.: csak a szűrt listánál került be plusz elemként)	AISystem
M2M, M2W communication	6		
Social media&marketing	8	Pay to advertise on the internet (2018)	Payadvertise
CRM	9	Enterprises using software solutions like Customer Relationship Management (CRM) (2019)	CRM
3D printing	9	Use 3D printing (2020)	Use3Dprinting
Industrial Robots	9	Use industrial robots (2020)	Useindustrialrobots
IoT	9	Use interconnected devices or systems that can be monitored or remotely controlled via the internet (Internet of Things) (2020)	IoT
Internet	9	The maximum contracted download speed of the fastest fixed line internet connection is at least 100 Mb/s (2019)	InternetDS
Mobile devices	10		
ICT security	12	Enterprises using any ICT security measure (2019)	ICTSec
Automation	12	(ERP, CRM)	
Simulation&modeling	13		
Sensors (RFID)	14	(IoT)	
Cloud	16	Buy cloud computing services used over the internet (2020)	Cloud
Other SWs (ERP etc.)	24	Enterprises who have ERP software package to share information between different functional areas (2019)	ERP
IT Infrastructure	27		
Employee ICT	31	Enterprise provided training to ICT/IT specialists to develop their ICT skills; Enterprise employed ICT/IT specialists (reduced comparability with 2007) (2020)	ICTSpecialist; ICTTraining
Data	35	Analyse big data internally from any data source or externally (2020)	BigDataAny

5. táblázat: Az előzetesen kigyűjtött paraméterek, számosságuk és a kiválasztott változók az adatbázis alapján
(forrás: saját szerkesztés)

A feltöltés után összesen 28 ország került a listába, melyek rekordjait Excel munkalapra másoltam. A kapott adathalmaz azonban messze nem volt tökéletes. A pontatlan-, nem megbízható- és hiányos adatközlés miatt sok országnál hiányoztak értékek. Mivel a vizsgált minta kicsi, ezért egy-egy érték esetén előfordulhat a becslés, de túl sok becsült érték nagyon eltorzítja az eredményeket és a következtetéseket. Így a következő lépésben az adatok szűrését végeztem el. Megtisztítottam a halmazt azon változóktól és országoktól, amelyekből túl sok érték hiányzott. A kiválasztásra két hüvelykujj-szabállyal éltem:

- Egy adott országnál a maximálisan hiányzó értékek száma az alaphalmaz változói számának 10%-a lehet (felfelé kerekítve 2)
- Egy adott változónál a maximálisan hiányzó értékek száma az alaphalmaz országai számának 10%-a (vagyis kerekítve szintén 2)

A kiválasztás folyamata a következő volt:

- Megvizsgáltam, hogy az adott országnál van-e becsülendő érték.
- Ha volt és több mint kettő, akkor az adott országot kizártam az elemzésből.
- Ha kevesebb mint két becsülendő változóval rendelkezett, akkor megtartottam.
- Ezt követően megvizsgáltam, hogy az egyes változóknál hogyan alakult a hiányos értékek száma. Ha számuk még ekkor is három felett volt, akkor azt a változót kihúztam.

Összesen egy olyan változó van, amely a tisztítást követően kiesett („Enterprises’ Total Turnover from e-commerce sales”), országok közül pedig 15 maradt meg: Csehország, Németország, Dánia, Észtország, Franciaország, Horvátország, Magyarország, Lettország, Hollandia, Lengyelország, Portugália, Románia, Svédország, Szlovénia, Szlovákia. A kiesett országok között sajnos olyan országok is megtalálhatók, mint Olaszország vagy Spanyolország. Róluk az adatbázis kevés adatot tartalmazott, sok esetben szerepelt számadat helyett „u” betű, amely az „unreliable” (megbízhatatlan) kifejezést takarja.

A tisztítási folyamat pozitív hozadéka, hogy összesen 3 olyan érték maradt, amelyet becsülni kellett. Ezek:

- Németország: „Use interconnected devices or systems that can be monitored or remotely controlled via the internet (Internet of Things) (2020)”
- Horvátország, Svédország, „Buy cloud computing services used over the internet (2020)”

A becsült értékek meghatározására először lineáris regressziószámítással próbálkoztam, melyhez excel programot használtam. A vizsgálat célja az volt, hogy az adatok tendenciáját egy megfelelő, lineáris regressziós függvénnyel leírjam, ahol a korrelációs együttható (vagyis a két vizsgált változó szorossága) erős, legalább $r=0,7$. (Csanády et al. 2013). A vizsgálat minden esetben a következőképp zajlott:

- Kiszámoltam a *KORREL* excel függvény segítségével a keresett változó (első körben a „Cloud”, második körben az „IoT”) és a többi változó közti korrelációs együtthatókat.
- Majd kiválasztottam azt a változót, mellyel a keresett változó korrelációs együtthatója a legmagasabb, de legalább 0,7.
- Ezt követően a két változóból képzett adatpontokat grafikusán ábrázoltam (x tengelyen a korreláló változót, y tengelyen a keresett változót elhelyezve) és az excel beépített funkciójával egyenest illesztettem rá.
- Végül az egyeneshez tartozó egyenlettel megbecsültem a hiányzó változó értékét.

Így „Cloud” esetén a legerősebb korrelációt ($r=0,81$) a „Use3Dprinting” paraméternél mértem, a kapott lineáris összefüggéssel a svéd és horvát értékeket ki tudtam számolni. A hiányzó „IoT” érték meghatározására ez az eljárás viszont nem hozott eredményt. Így ahhoz a módszerhez fordultam, melyet Castelo-Branco et al. 2019-es tanulmányában alkalmazott: elkezdtem az adatbázisban hasonlóságokat keresni, feltételezve, hogy a hasonló értékekkel rendelkező ország a keresett paraméterben is hasonló lesz. (Castelo-Branco et al., 2019). Az adatokat vizsgálva látható, hogy Németország változóértékei három esetben is („Cloud”, „Useindustrialrobot”, „BigDataAny”) közel azonosak a svéd értékekkel. Így a német IoT értékét hozzá hasonlónak tekintettem. Mivel ez közel azonos a csoportátlaggal (és a becsült értékkel minél kisebb torzítást akarok végezni az adathalmazon), ezért Németország IoT értékeként a csoportátlagot vettem fel.

A kigyűjtött digitalizációval kapcsolatos adatok mellé (melyeket a 4. melléklet tartalmaz) az Eurostat oldaláról országonként a vizsgált szektorra vonatkozó alap-adatokat is összegyűjtöttem. Ezek az adatok segítenek a piacok méretének összehasonlításában, rávilágítanak alapvető különbségekre. Nem képzik ugyanakkor a három statisztikai elemzés változóhalmazát. Összesen 4 segédváltozót vettem fel: az adott ország járműipari cégeinek száma, a megtermelt mennyiség millió euróban, a viszonteladásra szánt áruk bruttó árása millió euróban és a hozzáadott érték tényezőkölségen millió euróban (bruttó hozzáadott érték

millió euróban). Kiszámoltam továbbá, hogy az ebben a 4 esetben, országonként hogyan oszlik meg a C29-es (autóipar) és C30-as (egyéb járművek) arány. (5. melléklet)

A végső táblázat kialakításának utolsó lépéseként töröltem az „ICTSecurity” változót. Ennek értéke ugyanis kiemelkedően magas szinte az összes országban (0,9 feletti Románia kivételével). Plusz információt tehát nem ad, viszont szélsőségesen magas értéke torzíthatja az elemzést. A végső statisztikai alaphalmaz 15 ország 13 változóját (összesen 195 megfigyelési pontot) tartalmazza. Felvett listánk 2019-es adatok szerint az európai járműipari cégek 66%-át, míg a termelési érték 80%-át fedi le. (ec.europa.eu) (megj.: a 2019-es adatok ilyen típusú összehasonlításokra megfelelőnek tekinthetők, ugyanis a világjárvány nem hozott gyökeres változást az országok autóipari szerepkörében)

Az elkészült adathalmazt főkomponens-, klaszter és többdimenziós skálázási elemzésnek vettem alá, melynek eredményei (és összehasonlításuk) a továbbiakban ismertetésre kerülnek.

8. Főkomponens elemzés

8.1 Módszertan

Többdimenziós adatsorok esetén jellemzően sok (akár több 100) változóra is van megfigyelésünk. A változók számának csökkentése (információtartalmának megőrzése mellett) ésszerű igény. A nehezen megadható fogalmak összetett mutatókkal definiálása vagy az osztályozási feladatok bonyolult matematikai eljárásokkal valósíthatók meg. (Móri, 1999) Az eljárások alkalmazásával átláthatóbb struktúrát kapunk, valamint megkaphatjuk, hogy mely változók mérnek közös dimenziót. A faktor- és főkomponens elemzés gyakran használt, információsűrítésre alkalmas módszerei a többváltozós adatelemzésnek. A kettő közötti különbség legegyszerűbben előzetes tudásunk mennyisége alapján fogható meg. Faktorelemzés esetén van előzetes feltevésünk a kérdőív egyedi eseteivel, hibáival kapcsolatban, tisztában vagyunk azzal, hogy bizonyos változó mennyiségre nem feltétlenül van szükségünk a modellhez. Főkomponens elemzés esetében mindezeket nem ismerjük. Az eljárás során nagyszámú korreláló változóból kisebb számú, korrelálatlan, látens változót képzünk lineáris transzformációkkal a teljes varianciát felhasználva. Munkám során főkomponens elemzést készíték, mellyel célom egy olyam tömörített változóstruktúra létrehozása, melyet későbbi klaszterelemzésem során is képes vagyok felhasználni. (Csanádi et al., 2013) (statokos.com, 2022)

A tényleges elemzés lefuttatása előtt néhány előzetes vizsgálatot is el kell végeznünk. Elemzéseink pontosságát erősen befolyásolja a mintanagyság. A nagyobb minta ugyanis megbízhatóbb faktorokat és stabilabb, változtatásokra kevésbé érzékeny modellt ad. A megfelelő mintanagyságról a szakirodalom nem ad pontos tájékoztatást. Shaukat et al tanulmányában olvasható, hogy korábbi tanulmányokban a 300-as elemszámot javasoltak, az 500-ast megfelelőnek könyvelték el, ők pedig arra a következtetésre jutottak, hogy egy 40 elemű mintanagyság már elegendő lehet arra, hogy a faktorok sajátértékeiben és számában ne keletkezzen jelentős változás (tehát stabil modellt kapjunk). (Shaukat et al., 2016) Ennek már mintanagyságunk megfelel. Minimum kritériumként azonban több helyen is megjelenik az 1:10-hez arány. (stats.oarc.ucla.edu, 2022) (Petrovics, 2018) (Csanádi et al., 2013) Eszerint változónként legalább 10 megfigyelési egységre van szükség (vagy legalább tízszer annyi megfigyelésre, mint ahány változónk van) az elemzés elfogadásához. A vizsgált adatbázisban ezt az arányt az alábbi művelettel ellenőriztem:

$$\frac{\text{minta elemszáma}}{\text{változók száma}} = \frac{195 \text{ db}}{13 \text{ db}} = 15 > 10 \rightarrow \text{elfogadható}$$

Az elemszám megfelelősége mellett más eljárásokkal is szükséges ellenőrizni a kapott végeredmény elfogadhatóságát:

- Bartlett teszt: azt vizsgáljuk, hogy milyen eséllyel kapnánk mintavételi hibából eredően olyan mértékű összefüggést, amely adott esetben a mintánkban megfigyelhető (változóink korrelációs mátrixa egységmátrix-e). Az elemzési lépés egy khi-négyzet próba, nullához közeli szignifikancia szint esetén (kb. 0,05-ig) elfogadható.
- Kaiser-Meyer-Olkin teszt: A teszt a variancia azon hányadát vizsgálja, mely a többi változótól független. Értéke 0,5 felett elfogadható, 0,7-től megfelelőnek tekinthető.
- Változómagyarázat (kommunalitás): Az eljárás során azt vizsgáljuk, hogy az összes faktor a változó varianciájának mekkora részét magyarázza. Akkor tekinthetjük a főkomponens elemzést elfogadhatónak, ha minden változónak legalább a 0,25 részét magyarázza az összes faktor. Teljesülése esetén viszonylag fix modellstruktúránk van. (Shaukat et al, 2016) Amennyiben mégsem teljesül, akkor az elemzést nem fogadjuk el, és a változó kiszedése után új elemzést kell végeznünk. (Petrovics, 2018) (Csanádi et al., 2013)

A felsorolt további ellenőrzési eljárásokat már nem kézzel, hanem a főkomponens elemzéshez is használt SPSS programmal végeztem el minden egyes futtatásnál.

Röviden beszélnünk kell a főkomponens elemzés eredményeiről is. A faktorokszám meghatározására többféle módszer létezik, melyek rendszerint más-más eredményt adnak. Munkám során a faktorszám meghatározására a következő módszert alkalmaztam. A varianciahányad módszer alapján csak azok a faktorok kerülnek megtartásra, melyek sajátértéke legalább 1 és a faktorok által magyarázott variancia minimum 60%. Az így meghatározott változószám ellenőrzésére, korrigálására a programmal könyökábrát készítettem. Az ábra alapján a főkomponensek számát a görbe meredekségének hirtelen változásáig kell választani. (Csanádi et al., 2013) Megjegyzendő, hogy a két elemzés által megadott faktorszámok esetünkben egybeestek.

A faktorsúly kiszámítása a program által automatikusan generált táblázatokban került megjelenítésre. Fontos megjegyezni ugyanakkor, hogy az így kapott faktorsúlyok gyakran nehezen értelmezhetők, egy változó több faktorról is korrelál vagy feltűnően eltér az adott faktor többi elemétől. (Surányi, 2020) Ennek kiküszöbölésére rotáljuk a faktorokat, ami matematikailag bázistranszformációt, egyszerűbben megfogalmazva „forgatást” jelent. A rotáció lehet derék- vagy ferdeszögű. A legismertebb (és általam is alkalmazott) eljárás a

varimax rotáció, mely összegzi az egyes változók adott faktorra vett normalizált faktorsúlyainak varianciáját, majd ezt az összeget maximalizálja minden esetben. Ezzel az eljárással módosíthatók a változónkénti faktorsúlyok, így pedig tisztább képet kapunk arról mely változók pontosan mely faktorhoz tartoznak. A szakirodalomban fellelt hüvelykujj-szabály alapján azokat a változókat tekintettem egy faktorba tartozónak, melyeknek faktorsúlya nagyobb volt, mint 0,5. (Csanádi et al., 2013)

A futtatás több lépésben történt. Első lépésben az előzetesen kigyűjtött adatok betöltésre kerültek az SPSS rendszerbe. Ezt követően a programban kiválasztottam az elemzési módszert, beállítottam a szükséges műveleteket (KMO teszt, Bartlett teszt, változómagyarázat, varianciarány, „scree-test”) és a rotálás módját (varimax). Végül a futtatás után kiértékeltem a tesztet.

8.2 Futtatási lépések és a faktorok értelmezése

A főkomponens elemzést összesen 4 alkalommal futtattam le a korábban megadott beállítások szerint. Első esetben a teljes változóhalmazt vizsgáltam. Ekkor a teszt elemzését már a KMO teszt ellenőrzését követően befejeztem, ugyanis értéke határérték alatt volt (0,2), így a kapott faktorok nem elfogadhatók. A második futtatást megelőzően a változómagyarázat részt vizsgáltam, hogy esetleg mely változók kommunalitása kisebb mint 0,25. Mivel ez egyik változóra sem teljesült, ezért (Székelyi et al. munkája alapján) azt a változót vettem ki, melynek kommunalitása alacsony. Az egyik ilyen az „Internet DS” vagyis a 100 Mb/s sebességű internetkapcsolat rendelkező vállalatok arányát jellemző változó volt. Ez a második lépésbe nem került be. A második lépés sajnos szintén nem adott jó eredményt. Ebben az esetben is a KMO teszt értéke volt alacsony (0,169), így az elemzést egy harmadik lépéssel folytattam. Ebből a lépésből az „InternetDS” mellett a másik alacsony kommunalitású paraméter, a „Payadvertise”, vagyis az internetes hirdetésért fizető vállalatok arányát megadó változó maradt ki. Az új elemzés továbbra sem hozott jó eredményt, a KMO teszt értéke továbbra is küszöbérték alatti (0,351) volt. Így egy harmadik paraméter is kikerült az elemzésből, mely az „ICTSpecialist”, vagyis az, hogy a vállalat alkalmazott-e IT szakembert a vizsgált időszakban. A negyedik lépésben, három változó kiemelését követően a főkomponens-elemzés eredményes lett. A KMO teszt értéke 0,63 volt, vagyis már elfogadható. A Bartlett teszt szignifikanciaszintje 0 volt, amely alatta van a 0,05-ös határértéknek. Összesen 3, egynél nagyobb sajátértékkel rendelkező faktort kaptunk, melyek a teljes variancia 76%-t magyarázzák, mely a 60%-os határérték felett van. A negyedik lépés rotált komponens mátrixa alapján (6. táblázat) pedig látható, hogy mindegyik változónak csak egy faktornál magasabb a faktorsúlya 0,5-nél.

Rotált Komponens Mátrix			
	Faktor		
Változók	1	2	3
CRM	0,937	-0,137	-0,027
BigDataAny	0,904	0,099	0,307
ERP	0,826	0,429	0,238
Useindustrialrobots	-0,107	0,879	0,071
ICTTraining	0,343	0,786	-0,096
AISystem	0,309	0,721	-0,086
IoT	-0,142	0,651	0,258
Cloud	0,137	0,145	0,890
Use3Dprinting	0,441	0,222	0,775
EInvoice	-0,005	-0,143	0,765

6. táblázat: A negyedik lépésben kapott rotált komponens mátrix
(forrás: SPSS)

Mielőtt a negyedik lépésben kapott három faktort tovább vizsgálnánk, érdemes megnézni a modellünk „stabilitását”, vagyis azt, hogy az egyes lépésekben hogyan változott a faktorok szerkezete, előfordultak-e szélsőséges esetek (pl. változók két lépés között teljesen máshová kerültek). Ehhez segítséget ad a lépések összefoglalását és a legnagyobb faktorsúlyaik alapján közös faktort képző változókat bemutató 7. táblázat, mely alapján látható, hogy a faktorokat alkotó változókban nincsenek kiugró változások.

Lépés	Kikerült változó	Sikerese? (Ha nem, miért?)	Magyarázott variancia %-a	Faktorszám, (Van több faktoral korreláló változó?)	Faktorok
1.	-	NEM (KMO teszt értéke: 0,2, vagyis 0,5-ös határérték alatti)	82%	4, (IGEN)	(CRM; BigDataAny; ERP; InternetDS) (AISystem; ICTTraining; ICTSpecialist; Useindustrialrobots) (EInvoice; Payadvertise) (Use3Dprinting; Cloud; IoT)
2.	InternetDS	NEM (KMO teszt értéke: 0,169, vagyis a 0,5-ös határérték alatti)	83%	4 (IGEN)	(AISystem; ICTTraining; ICTSpecialist; Useindustrialrobots) (CRM; BigDataAny; ERP) (Use3Dprinting; Cloud; IoT) (EInvoice; Payadvertise)
3.	InternetDS; Payadvertise	NEM (KMO teszt értéke 0,351, vagyis a 0,5-ös határérték alatti)	77%	3 (IGEN)	(AISystem; ICTTraining; ICTSpecialist; Useindustrialrobots; IoT) (CRM; BigDataAny; ERP); (Cloud; EInvoice; Use3DPrinting)
4.	InternetDS; Payadvertise; ICTSpecialist	IGEN	76%	3 (NEM)	(CRM; BigDataAny; ERP); (AISystem; ICTTraining; Useindustrialrobots; IoT); (Cloud; EInvoice; Use3DPrinting)

7. táblázat: Főkomponens-elemzési lépések
(forrás: saját szerkesztés)

A 3 végső faktort a következőképp írhatjuk le:

- A sárgával jelzett faktort 3 változó alkotja. A „CRM” (Vevői kapcsolatok kezelése) olyan rendszereket takar, melyek főként a („front-end”) folyamatok menedzselésével foglalkoznak (vevő adatok, vevői rendelések, egyéb információk feldolgozásáért felelős rendszerek. A második változó az ERP, mely olyan rendszerek összefoglaló neve, amelyek a napi üzleti („back-end”) folyamatok (ellátási láncok menedzselése, pénzügy, beszerzés, stb) menedzseléséért felelősek. A legtöbb cég ezeket az adatokat külön kezeli, mely probléma, hiszen a rendszerek közti kommunikáció híján lehetetlen teljes képet kapni arról, hogy pontosan hogyan tudnának a vevői igényeknek a leginkább megfelelni. (Garrehy, 2021) A rendszerek összekapcsolásával a folyamatokat mindkét oldal érintettjei végig követhetik, a közös adatállományokhoz hozzáférnek. A közös adatállományt indokolja az is, hogy a historikus adatokból mélyebb összefüggések is feltárhatók (pl. pontos előrejelzések arról, hogyan fog a termék teljesíteni). Ez tehát több szempontból is előny a vállalatok számára, ami magyarázza a harmadik változó, a „BigDataAny” (Bármely forrásból származó Big data adathalmaz belső vagy külső elemzése) faktorba kerülését. Ezek alapján valószínűleg ez a hatás érvényesül a járműiparban is. A sárga faktort kiterjesztett vállalati folyamatmenedzsmentként (vagy egyszerűen csak „Big data”-ként) definiálhatjuk.
- A zölddel jelzett faktor kevesebb magyarázatra szorul. Frank et al. korábban ismertetett tanulmányában az ipari robotok használata („Useindustrialrobots”) és a mesterséges intelligencia („AI”) a front-end technológiáknál, az „IoT” pedig a base technológiáknál jelent meg. (Frank et al., 2019) Vagyis mind a három az ipar 4.0 koncepció részét képezi. A negyedik, „ICTTraining” változót többek között a másik három elem indukálja. Ezekkel a viszonylag új technológiákkal a vállalkozások is ismerkednek, elsajátításukhoz az ezzel foglalkozó munkavállalók továbbképzésére van szükség, melyet a vállalatok biztosítanak. A tréning paraméter bekerülése miatt a faktort ipar 4.0 fejlesztések néven definiáltam.
- A lila faktor a legnehezebben leírható, mégis van a változóknak közös tényező. A 3D nyomtatás („Use3DPrinting”) a rugalmas gyártási koncepció része. Baumann et al. tanulmányában kifejti, hogy a 3D nyomtatás távoli hozzáféréseinek célja a vállalaton belül a folyamatos rendelkezésre állás fenntartása, míg vállalaton kívül egyfajta szolgáltatásként értékesítés a partnerek felé. A rendszerek mindkét esetben felhőalapúak. Ugyanígy felhőalapú megoldások jellemzik az e-számlázás („EInvoice”)

területét, ahol valószínűleg a felhőalapú SaaS („Software as a Service”) megoldások kezdenek elterjedni. A közös paraméter tehát a felhő („Cloud Computing”), így a faktort összefoglaló néven felhőalapú rendszerekként definiáltam.

Az elemzés utolsó lépéseként a szoftver kiszámolta az országokhoz tartozó új faktorértékeket, melyek a 8. táblázatban szerepelnek.

Countries	KVF (Big Data)	Ipar 4.0	Cloud
CZ	-0,21989	1,98560	0,19264
DE	1,32251	-0,01526	0,01946
DK	0,44972	-0,23737	2,33017
EE	-0,78757	-1,05568	0,62588
FR	1,10498	-0,37162	-0,25914
HR	-1,99327	-0,70722	0,24198
HU	-0,66042	0,40678	-0,71999
LV	-0,78967	-1,17367	-0,89327
NL	1,77717	-1,14780	-0,10200
PL	0,31648	-0,09802	-0,88582
PT	0,22471	1,46785	-0,75693
RO	-0,55290	-0,85382	-1,41303
SE	0,73249	-0,23222	0,67228
SI	-0,98554	0,58315	1,57691
SK	0,06118	1,44931	-0,62915

8. táblázat: Az országok faktorértékei
(forrás: SPSS)

A továbbiakban a kapott értékek alapján klaszterelemzést készítek az országokra, majd az adatpontokat ábrázolom a klaszterek jelölésével.

9. Klaszterelemzés

9.1 Módszertan

Az osztályozó eljárások közé sorolható klaszterelemzés dimenziócsökkentő eljárás. Célja a hasonló, egymáshoz közeli, de más változóktól távolabbi megfigyelési egységek (vagy változók) homogén csoportokba rendezése. Két fő csoportja a hierarchikus- és nem hierarchikus osztályozás. (Petrovics, 2018) (Kovács, 2014)

Nem hierarchikus változat esetén a k klaszterszámot előre meg kell határoznunk, majd az n számú vizsgált elemet k számú klaszterbe soroljuk. Ez alapján belátható, hogy más-más klaszterszám más-más klasztereket hoz létre. Az eljárást abban az esetben érdemes alkalmazni, ha magas a mintavételi egységek száma. Előnye (mely nem független a magas mintavételi számtól), hogy kevésbé hatnak rá az elemzésbe került irreleváns változók, kiugró értékek. (Petrovics, 2018) (Kovács, 2014)

Hierarchikus klaszterezést általában kisebb elemszámú mintán érdemes végezni (megj.: az elemzésnek nagy elemszám esetén áttekinthetőségi és számítási kapacitásbeli korlátai vannak). Ebben az esetben nem szükséges előzetes ismeret a mintában létező vagy feltételezett csoportok számáról. A hierarchikus módszerrel létrehozott klaszterek alapja, hogy a rendszer kezdetben minden elemet egy-egy külön klaszterként definiál (vagyis n elemű mintánál n db klaszter). A nagyobb elemszámú klasztereket összevonó vagy felosztó eljárással érhetjük el. Összevonó eljárás esetén a vizsgálat kezdetén az egyes elemek külön osztályokat képviselnek, majd lépésenként az egymáshoz közeli klaszterek összekapcsolásra kerülnek. A lépéseket a rendszer egészen addig végzi, ameddig minden elemet összekapcsol. Munkámban ezt az eljárást alkalmaztam. Felosztó eljárásnál lépésenként kettéosztja a megfigyeléseket valamilyen döntési logika mentén. A hierarchikus klaszterezés által generált klaszterek összetétele a klaszterszám növekedése esetén sem változik. (Székelyi et al., 2002) (Kovács, 2014) Elemzésem során az alacsony mintaelemszám miatt hierarchikus klaszterezést végeztem.

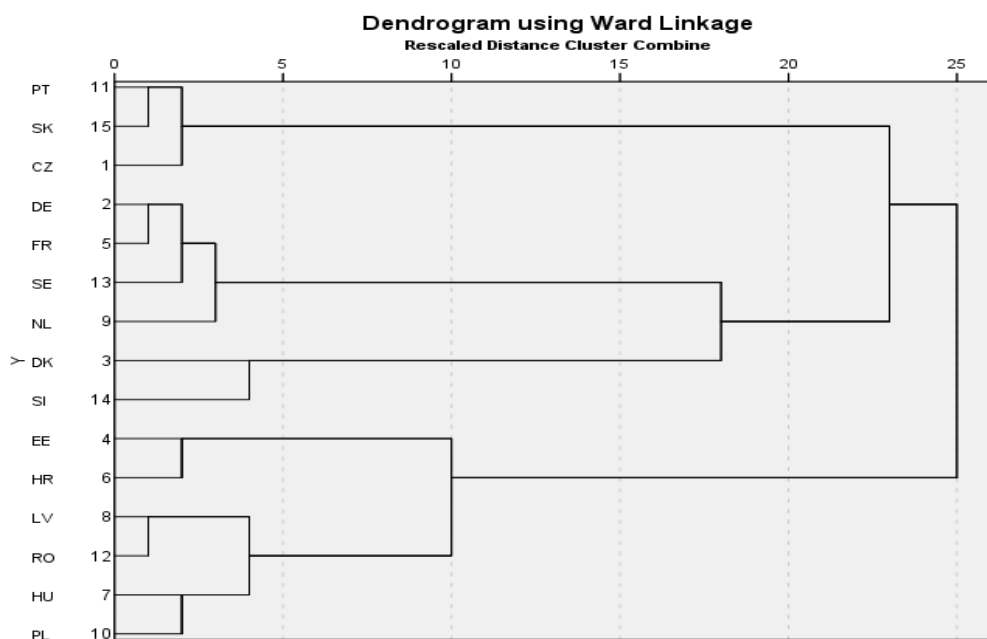
Ahogy az a klaszterelemzés fogalmából is látható, a távolság definiálása kulcsfontosságú. Ennek meghatározására többféle módszer is rendelkezésre áll (euklidészi távolság, négyzetes euklidészi távolság, asszociáción alapuló közelség-távolság). Elemzésem során a négyzetes euklidészi távolságot használtam. (Székelyi et al., 2002) (Petrovics, 2018)

Nemcsak az elemek, de a klaszterek távolságának megállapítására is többféle módszer létezik. Vizsgálható a klaszterelemek távolságainak átlagaként, illetve a klaszterközéppontok

segítségével is. A klaszterelemzés lefuttatása során ez utóbbi kategóriába tartozó Ward's módszert fogom alkalmazni. A módszer a kialakuló klasztereknél a minimális belső heterogenitást célozza meg, melyet a klasztert alkotó elemek klaszter átlagtól való eltérésének négyzeteként számol. Alkalmazhatóságának feltétele a metrikus változók megléte, ez további feltételeivel (ne legyenek kiugró értékek és korreláció a változók között) együtt jelen adathalmazra teljesül. A módszer alkalmazása azért is előnyös, mivel így nemcsak az elemek közti távolság kerül négyzetes értékben kiszámításra, hanem a klaszterek távolsága is. (Székelyi et al., 2002)

9.2 Futtatási lépések és a klaszterek értelmezése

A klaszterezési folyamatot a főkomponens elemzéshez hasonlóan SPSS statisztikai programban futtattam le. A programba változóértékeként a 8. táblázatban is feltüntetett faktorértékeket, illetve a „Label” részbe az országokat olvastam be. Az elemeket négyzetes euklidészi távolsággal, a klasztereket a Ward's féle módszerrel definiáltam. Végül az eredményt dendrogrammon ábrázoltattam (13. ábra).



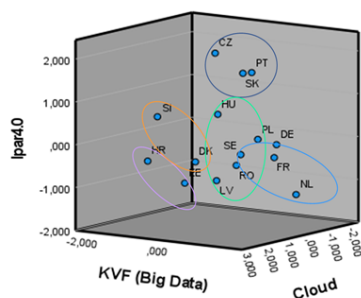
13. ábra: A klaszterelemzés eredményeként kapott Dendrogram
(forrás: SPSS)

A további elemzések elvégzése előtt meg kell határozni a megfelelő klaszterszámot. Ezt jelen esetben (elemzői szokást követve) 10-es szintnél húztam meg. (Kovács, 2014), Így összesen 5 klaszterünk jön létre.

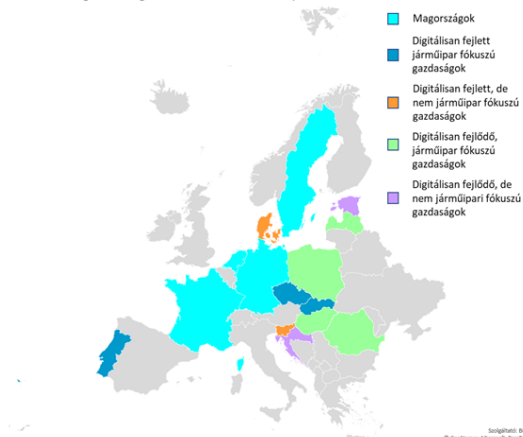
A klaszterezés és főkomponens elemzés eredményeinek ismeretében összefoglaló ábrákat is készítettem (14. ábra). A 3D ábra 3 tengelye a kapott faktorokat jelölik, ezekhez tartozó

értékeik alapján helyezkednek el az egyes adatpontok. Az átláthatóság javítása érdekében az egyes klasztereket eltérő színekkel vettem fel. A 3 dimenziós pontfelhő mellett térképen is jelöltem a vizsgált országokat a klasztereinek megfelelő színekkel.

Simple 3-D Scatter of Ipar4.0 by KVF (Big Data) by Cloud

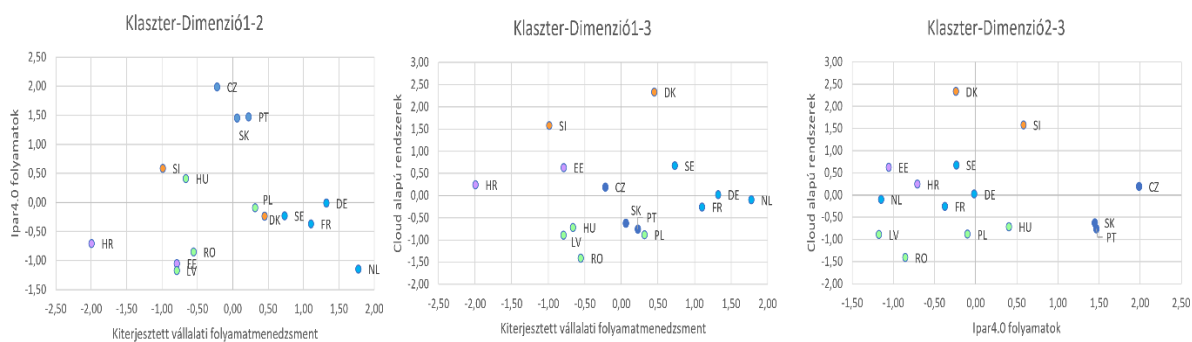


A vizsgált országok klaszterek szerinti csoportosítása



14. ábra: A faktor és klaszterelemzések eredményei
(forrás: SPSS, Excel)

Sajnos a 3D ábra a gyakorlatban nehezen olvasható. Így a bővebb elemzéshez 3 db 2 dimenziós ábrát készítettem. Az ábrákon az adatpontok színeit a 14. ábrán jelölt klaszterszíneknek megfelelően állítottam be.



15. ábra: A klaszterelemzés eredménye kétdimenziós ábrákra bontva
(forrás: SPSS)

(Megjegyzés: A 15. ábra valójában összefoglaló név, mivel 3 ábrát láthatunk egymás mellett.) A bal oldalon látható ábrán a kiterjesztett vállalati folyamatmenedzsmentet és az ipar 4.0-s folyamatokat jelenítettem meg. Az ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes tengely

mentén a világoskékkel jelölt klaszter tagjai a legfejlettebbek, míg a lemaradók között a zöld, a narancs és a lila klaszter országai helyezkednek el. A kettő között a sötétkék klaszter tagjai tömbösülnek. A diagram alapján jól látható, hogy a legfejlettebbek a nyugat- valamint észak-európai országok a közép-kelet-európai régióból Szlovákia és Csehország, valamint Portugália. A legkevésbé fejlett országok között pedig csak kelet-európai és balti országokat találunk, többek között hazánkat is. Megjegyzendő, hogy a keleti régió legfejlettebb tagja Lengyelország, mely nem sokkal marad el Dániától.

A függőleges tengely mentén az elhelyezkedés változik. Az ipar 4.0 folyamatokban a sötétkék klaszter országai élenjárók, a tengely alsó részén pedig a zöld, lila és világoskék klaszter tagjai találhatóak. A kettő közti részen vegyesen szerepelnek az egyes klaszterek országai. A Csehország, Szlovákia és Portugália alkotta klaszternél a nyers adatokat tekintve is jól látható, hogy kiemelkedően magas a robotizáció és a munkaerő képzése, Csehország élenjár az IoT, Portugália pedig a mesterséges intelligencia területén. Megjegyzendő, hogy ebben a kategóriában hazánk is viszonylag magas értékkel rendelkezik, mely a szintén kiemelkedő robotizációra és munkaerőképzésre vezethetünk vissza. Megfigyelhető ugyanakkor, hogy egy hagyományosan fejlettként definiált ország, Hollandia is a tengely alján helyezkedik el.

A harmadik tengely mentén (mely mind a középső, mind a jobb szélső ábrákon megjelenik) a narancssárga klaszter két országa található az élen, a tengely alján pedig a zöld csoportot láthatjuk. A kettő között kb. egy sávban helyezkednek el a lila, a sötétkék és a világoskék országok. Itt Dánia kiemelkedik a többi ország közül. A nyers adatokat elemezve a vizsgált országok közül nála a legmagasabb a felhőalapú rendszerek használata, valamint a 3D nyomtatás alkalmazása. Miközben Észtország és Horvátország javított pozícióján ebben a faktorban, továbbra is rosszul teljesítenek a közép-európai országok. Kiemelendő Románia, mely az ipar 4.0-s folyamatok mellett a Cloud alapú rendszerek tekintetében is az utolsók között szerepelt.

Az ábrák ismeretében értékelnünk kell, hogy tágabb kontextusban pontosan milyen országok kerültek egy-egy klaszterbe, milyen közös sajátosságokkal bírnak (megjegyzés: az elemzést segítette az 5.mellékletben található általános gyűjtés is) A sötétkék klaszter Csehországot, Szlovákiát és Portugáliát tartalmazza. Ezek az országok közepesen nagy szereplők, vállalatok kb. ezres nagyságrendben találhatóak náluk, melyek többsége autóiipari kötődésű. Utóbbi dominanciáját mutatja az is, hogy az előállított érték több mint 90%-a az autóiiparhoz köthető. Van tehát járműipari kötődésük. A három országból kettőben közös az is, hogy valamely autóiipari szempontból meghatározó európai országgal szomszédos.

Csehország mellett Németország, Portugália mellett pedig Spanyolország található. Szlovákia pedig szintén Németországhoz közel helyezkedik el. Ez nem elhanyagolható tényező a fejlett autóipar kialakulásában.

A kapott ábrák alapján közös bennük, hogy az ipar 4.0 értékek a legmagasabbak. Ebben a faktorban pedig két olyan változó is van, mely Guga et al. ábrája (5. ábra) alapján a termelésnél metszi egymást. A klasztert *digitálisan fejlett, járműipari fókuszú gazdaságoknak* nevezhetjük.

A nyugat- és észak-európai országokat tömörítő világoskék klaszter viszonylag sok járműipari cégnek ad otthont. Az országok többségében Hollandia kivételével autóipari vállalatok a dominánsak, melynek magyarázata a korábbi fejezetekben ismertetett autóipari értékláncra vezethető vissza. Kiemelkedő megtermelt érték és magas hozzáadott érték jellemzi ezeket az országokat (Németország és Svédország a vizsgált országok között a legmagasabb hozzáadott értéket adja). A faktorokat vizsgálva jól látható, hogy a kiterjesztett vállalati folyamatokban élenjárók, miközben a másik két faktor mentén inkább átlagosnak tekinthetők. A szakirodalmi áttekintés tükrében ez két dologgal magyarázható. Egyrészt, ezek az országok tekinthetők az európai járműipar (és különösen az autógyártás) központjainak. Az országok többsége helyet ad valamilyen OEM-nek és Tier1-es beszállítónak, itt található vállalati központjaik, melyek élenjáróságával magyarázható szerepük. A sötétkék klasztert a szakirodalmi áttekintésnek megfelelően *magországek* néven definiáltam.

A narancsszínnel jelölt klaszter Dániát és Szlovéniát jelöli. Ezekben az országokban a járműipar jóval kevésbé meghatározó, melyre a kevés vállalkozásból és az alacsony hozzáadott értékből következtethetünk. Az iparág szerepe ugyanakkor nem elhanyagolható. Összehasonlítva őket más, hasonló nagyságú járműiparral rendelkező országokkal jól látható különbség van hozzájuk képest a termelési értékben. Dánia és Szlovénia élenjárnak felhőalapú rendszerek területén. A faktor változói magasak minden esetben, kiemelkednek a teljes halmazból. A csoportot *digitálisan fejlett, de nem járműipari fókuszú gazdaságokként* jellemezhetjük.

Az előző csoporthoz hasonló a lila csoport is, mely Észtországot és Horvátországot tömöríti. Szintén két kisebb szereplő, melyek járműipara cégek számát tekintve az előzőhöz hasonló nagyságú. Ők viszont még az előző klaszter országaitól is kevesebb értéket állítanak elő. Itt is azt mondhatjuk, hogy az autóipar nincs a gazdaság fókuszában. Digitalizációs faktoraikat vizsgálva nincs kiemelkedő értékük, leginkább átlag alatt vagy az átlag körül szerepelnek. Az országokat *digitálisan fejlődő, nem járműipari fókuszú gazdaságokként* nevezhetjük el.

Utolsóként a zöld színnel jelzett klasztert vizsgálom meg. Ezek mindegyike közép- és kelet-európai ország. Közös bennük a történelmi fejlődés (volt szocialista országok, csatlakozás az EU-hoz a 2000-es években) és a (Lettország kivételével) hasonló járműipari, perifériás szerepkör. Itt található hazánk is. A klaszterországok faktorértékei a legtöbb esetben átlag alattiak. Ez alól kivétel Lengyelország első (kiterjesztett vállalati folyamatmenedzsment) és Magyarország második (ipar 4.0 folyamatok) értéke. Cloud rendszerek esetén nagyrészt azonosan mozognak a klaszter országai, a lista végén találhatóak. Ezt a klasztert *digitálisan fejlődő, járműipari fókuszú gazdaságoknak* neveztem el.

10. MDS

10.1 Módszertan

A multidimenziós skálázás (MDS) adatredukciós eljárás, mely során sokdimenziós elemeket képzünk le néhány dimenzióra. A módszer célja, hogy a kevesebb dimenziós térben ábrázolt adatokból valamilyen kiolvasható, látens struktúrát kapjunk. Vagyis azt mérjük, hogy van-e valamilyen hasonlóság a vizsgált alanyok között, feltárhatóak-e rejtett kapcsolatok. (Székelyi et al, 2002) (Lőrincz, 2011)

A dimenziókat a módszer a mérési adatok kombinációjaként alkotja meg. A módszer alkalmazásának azért van jogosultsága, mert a dimenziócsökkentési eljárás más, mint a korábbi esetekben. Itt lényegében arra törekszünk, hogy az új, többdimenziós térben az elemek közti távolság nagyságrendi viszonyai minél kevésbé torzuljanak. Vizsgálatunk szempontjából fontos megjegyezni, hogy nemcsak geometriai távolságokat vehetünk fel input adatként, hanem olyan értékeket is, melyeknél inkább a hasonlóságok és különbségek mentén ruházhatók fel jelentéstartalommal. (Takács, 2013) (Székelyi et al., 2002) Az elemek közti távolságok leképzésére többféle módszert lehet alkalmazni. A klasszikus MDS eljárás során euklidészi távolságokat definiálunk, de vannak egyéb eljárások is (pl. Manhattan távolság). (Takács, 2013)

A kapott eredmények megfelelőségének vizsgálatára használt leggyakoribb módszer az s-stress mutató. A mutató értéke lényegében arra ad választ, hogy a skálázás során létrejött térben mennyire torzult a vizsgált elemek közti távolság (mennyire illeszthetőek egy egyenesre a kapott értékek). (Székelyi et al., 2002) Értékének elfogadhatósági kritériumait az alábbi táblázat tartalmazza:

s-stress értéke: x	Pontosság mértéke
$0 \leq x \leq 0.05$	Szignifikáns eredményt kaptunk
$0.05 < x \leq 0.1$	További értelmezésekre alkalmas
$0.1 < x \leq 0.2$	Elfogadható, de fenntartással kezelendő
$0.2 < x$	Szükséges a dimenzió szám növelés

9. táblázat: S-stress mutató határértékei
(forrás: Lőrincz, 2011)

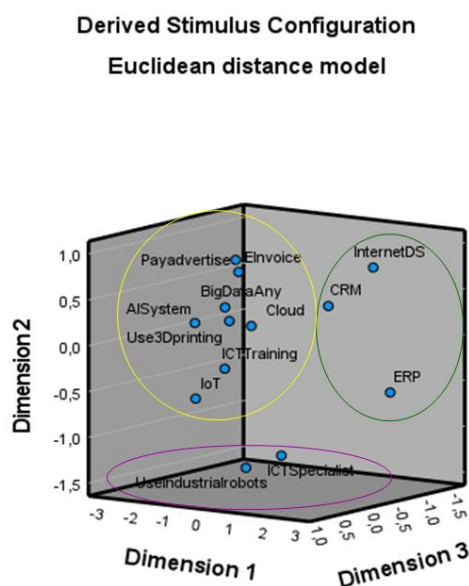
Mielőtt az elemzés gyakorlati megvalósítását elkezdeném, fontos tenni egy kikötést. A többdimenziós skálázásnak nem célja, hogy az előzőekben lefutatott főkomponens- és klaszter elemzés megerősítő elemzéseként funkcionáljon. Futtatásának célja inkább az adathalmazból az előző elemzéseken felül plusz információk kinyerése, amelyek segítik a technológiák viszonyainak és az országok szerepköreinek megértését. Éppen ezért a skálázást

nem az iterált adathalmazon, hanem az eredeti, 13 változót tartalmazó adathalmazon végeztem el.

A futtatást ezúttal is SPSS-ben végeztem el. Mivel a változók nem távolságokat jelölnek, ezért a programban beállítottam, hogy a távolságmátrix értékeit (a klasszikus módszernek megfelelően) euklidészi távolságokkal képezze le. A dimenziók alsó határaként 1-et, felső határként pedig hármat adtam meg, négy- vagy több dimenzió ugyanis nehezen elképzelhető és értelmezhető. Végül beállítottam, hogy a program jelenítse meg magát a távolságmátrixot, az adatpontok közti távolságot grafikusán, valamint az elemzés alanyait a dimenziószámnak megfelelő ábrán. Az elemzést először a technológiai változókra futtattam, másodjára pedig a vizsgált országokra.

10.2 Többdimenziós skálázás a technológiai változókra

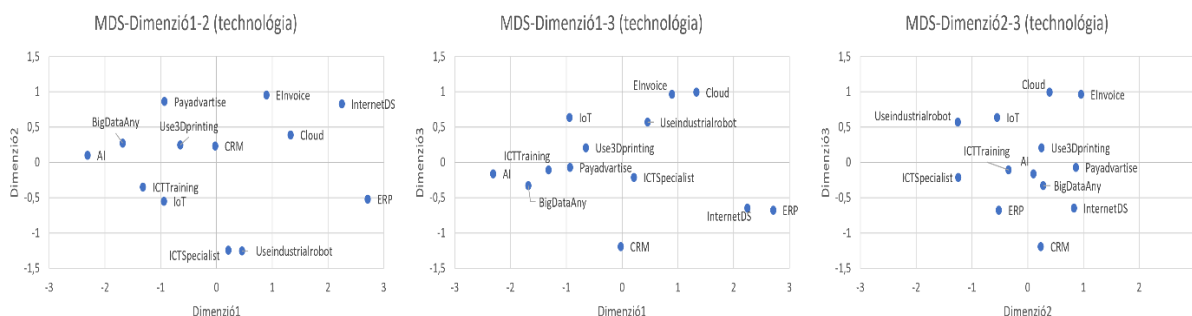
A technológiai változókra futatott skálázás egydimenziós esetben nem hozott eredményt magas s-stressz értéke miatt ($s=0,27$). Kétdimenziós esetben a stresszérték 0,14-re csökkent, mely már az elfogadható kategóriába esik, ugyanakkor 3 dimenzió esetén az érték 0,07, vagyis az utolsó eset elfogadható és további magyarázatra is alkalmas a 9. táblázat szerint.



16. ábra: A változókra kapott MDS elemzés eredménye
(forrás: SPSS)

A kapott ábrán nagyjából 3 elkülönülő csoport fedezhető fel. Az alsó részen (lilával jelölve) látható a robotok és munkavállalók által alkotott rész. Zölddel, jobb oldalon található az internetes letöltési sebesség, a CRM és ERP változók csoportja. Végül, az összes további,

leginkább magasabb technológiai fejlettséget tükröző változók csoportja sárgával jelölve a bal oldalon. Az egyes dimenziók jelentéstartalmának megfejtéséhez (ahogy korábban a klaszterelemzés esetében) 3 db, 2 dimenziós ábrát készítettem (megjegyzés, ez az ábra hasonlóan a 15. ábrához egy összefoglaló név, valójában 3 ábrát jelöl)



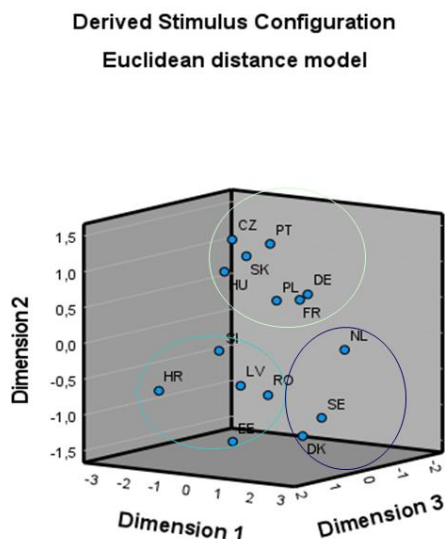
17. ábra: A technológiai MDS elemzés eredménye kétdimenziós ábrákra bontva
(forrás: SPSS)

Az első dimenzió (mely a bal oldali- és középső ábrákon megjelenik) egyértelműen a technológiák használatának átlagos elterjedtségét szemlélteti, melyet az alaphalmazunknál is láthattunk. A második dimenzió (bal- és jobb oldali ábrákon) azonban bővebb magyarázatra szorul. Ahogy az a 17. ábrán is látható, a függőleges tengely alján a többi változótól messzebb található az „ICTSpecialist” és a „UseIndustrialrobots” változók. A tengely tetején pedig az „EInvoice”, „Payadvertise” és „InternetDS” változókat láthatjuk. Az alsó elemek tipikusan azok az elemek, melyek a vállalati állományba tartoznak. A robotokat megvásárolja, az IT szakembereket vizsgáló kategória pedig vállalaton belüli alkalmazásukra kérdez rá. Eközben a felső részben az internetet a vállalatok szolgáltatásként vásárolják, ahogy a felhő rendszereket is. A köztes technológiák esetén a „vállalathoz való tartozás” mellett befolyásoló tényező lehet, hogy külsős szakemberek bevonása mennyire szükséges. IoT rendszerek esetén például szükség van szenzorokra és egyéb eszközökre, folyamatos kapcsolatra az adatátvitelhez, felhasználói felületre (szoftverre). (leverage.com, 2016) Ebben az esetben a fizikai rendszer a vállalat birtokában van, illetve szakemberei végezhetik az üzemeltetést, de a kapcsolatot és a szoftveres felületet valamilyen külsős szolgáltató biztosítja (pl. az SAP, amely vállalatirányítási rendszereket is kínál partnerei számára). (sap.com, 2022) Másik példaként vizsgálhatjuk a „BigDataAny” adatpontot, amelynél a bármilyen adatforrásból származó big data külső vagy belső elemzését mérjük. Itt már a kategória nevében is megjelenik a szolgáltatás jelleg. A tengelynél tehát a technológia, mint az igénybevett szolgáltatás mértéke jelenik meg.

A harmadik dimenziónál a „CRM” pontja szerepel a tengely alján, míg az „EInvoice” és a „Cloud” az ábra felső részén. A tengely bővebb elemzése során azonban nem találtam olyan lehetséges magyarázatot, mely érvényes lenne a vizsgált halmazra.

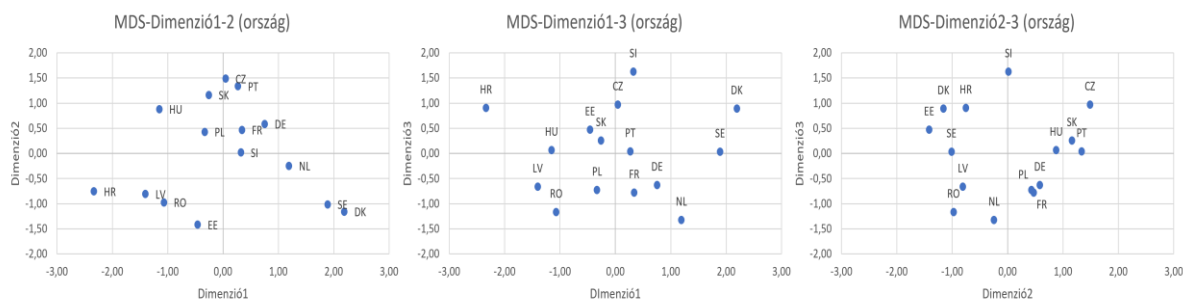
10.3 Többdimenziós skálázás az országokra

Az országokra elkészített elemzést megelőzően, az országokat átlagos fejlettségük szerint sorrendben helyeztem el. Ez fontos lépés, ugyanis az adatok sorrendje módosítja a végeredményt. A megfigyelt országokra futatott MDS egydimenziós esetben szintén nem hozott eredményt magas s-stressz értéke miatt ($s=0,48$). Kétdimenzióánál 0,27-re csökkent az érték, mely továbbra sem elfogadható, végül 3 dimenzióánál az érték 0,14-re csökkent, vagyis az utolsó eset elfogadható, de fenntartásokkal kezelendő kategóriába esik. A kapott 3 dimenziós ábrát és az ábra felbontásait szemlélteti a 18. és 19. ábra.



18. ábra: Az országokra kapott MDS elemzés eredménye
(forrás: SPSS)

Ahogy az előző esetben, úgy itt is 3 csoportot kaptunk. A függőleges tengely menti alsó részen (világoskékkel jelölve) látható Románia, Észtország, Horvátország, Szlovénia és Lettország által alkotott csoport. Dánia, Hollandia és Svédország szintén egy csoportot alkot (sötétkékkel jelölt csoport). Végül itt is létrejött egy nagyobb, 7 országot (többek között hazánkat) tartalmazó csoport, melyet halványsárga színnel jelöltem.



19. ábra: Az országos MDS elemzés eredménye kétdimenziós ábrákra bontva
(forrás: SPSS)

Az első dimenzió (ahogy az előző esetben is) az átlagos fejlettséget méri. Ebben az összehasonlításban jól látható, hogy Dánia áll a lista élén, miközben Horvátország a többi országtól lemaradva, a lista végén található. A második dimenzió azonban némi magyarázatra szorul. Látható, hogy a világos- és sötétkék csoportok országai átlag alattiak, miközben a sárga csoport tagjai átlag felettiak. A nyers adatokat vizsgálva jól láthatóak azok a változók, melyek mentén Csehország és Portugália (és a többi pozitív részen lévő ország) kiemelkedik, miközben Dánia és Svédország lemarad. Ezek az „ICTEmployees”, „Useindustrialrobot” és „ICTTraining” változók. A második dimenzió tehát egyfajta szakember- és termelőberendezés ellátottságként kezelhető. Ezt tágabb értelmezésben úgy is tekinthetjük, mint a jelenlegi állapotok szerinti digitalizációs potenciált. A harmadik dimenziót vizsgálva az elemzés Romániát és Hollandiát a tengely alján helyezte el, miközben Szlovéniát pedig a legfejlettebbként határozza meg. Ez a harmadik dimenzió azonban (ahogy az előző esetben is) szintén nehezen magyarázható, így nem definiáltam.

Az ismertett tengelyek alapján a 18. ábrán jelölt csoportok különíthetők el. A világoskékkel jelölt országok csoportját „Digitálisan fejlődő, de alacsony potenciállal rendelkező” országokként jellemezhetjük. A vele egymagasságban elhelyezkedő sötétkékkel jelölt csoportot „Digitálisan fejlett, de alacsony potenciállal rendelkező” országokként definiálhatjuk. Végül a legnépesebb, sárgával jelölt csoportot „Digitálisan fejlett vagy fejlődő és magas potenciállal rendelkező” országokként említhetjük.

11. Összehasonlítás és következtetések

Ahogy azt korábban említettem, a két futatott elemzés alapvető célja a minél több információtartalom adatbázisból történő kinyerése volt a minél szélesebb látás érdekében. A kapott eredmények kiegészítik egymást, így részletesebb következtetéseket lehetséges levonni. A továbbiakban ezen elemzések (illetve egyéb források alapján) összehasonlítást készítek.

A *technológiai változókat* 3-3 dimenzióba osztotta mindkét elemzés. Ebből a főkomponens elemzés esetén mindhárom, többdimenziós skálázás esetén pedig háromból két dimenzió magyarázható. Az egyes csoportok mögöttes jelentéstartalmai eltérőek, ennek megfelelően az elemek kategorizálása eltér. Meg kell említenünk továbbá újra, hogy az iteráció miatt a főkomponens elemzés változószáma kevesebb, így eltér a faktorelemzéstől.

Az eredményül kapott faktorok elemszáma hasonló (3-4 elemű faktorok). Eközben az MDS elemzésnél két kisebb csoport mellett egy nagyobb változócsoporthoz is megfigyelhetünk.

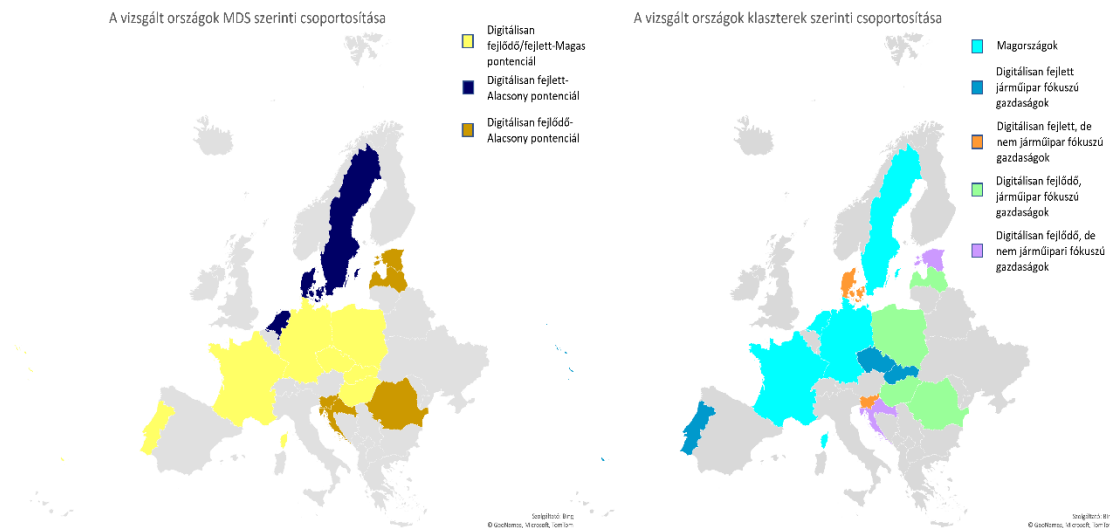
A kapott első faktor változói (melyet „kiterjesztett vállalati folyamatok”-nak neveztem el) a „CRM”, a „BigDataAny” és az „ERP” elemek voltak. Az MDS elemzésnél ugyanakkor az látható, hogy a változókat jelző adatpontok közti távolság viszonylag nagy, a „CRM” és „ERP” is csak a harmadik dimenzióban helyezkedik közel egymáshoz. Eközben a „BigDataAny” paraméter közelebb áll a 3D nyomtatáshoz („Use3Dprinting”) és a „Cloud” szolgáltatásokhoz. A faktort alkotó változók elterjedtsége teljesen eltér egymástól. Miközben az ERP átlagos elterjedtsége a legnagyobb az összes vizsgált technológia közül, a big data elemzése a lista végén található. A faktorváltozóknak közös, hogy mindegyik szolgáltatásként kapcsolódik a vállalati élethez, azonban a szolgáltatás külső támogatása eltér. Vállalatirányítási rendszerek kezelése a vállalaton belüli szakemberek mindennapos munkáját jelenti, ezek a vállalati működés alapjának tekinthetők, így elegendő a szoftver biztosítása. A „BigDataAny” és „CRM” változók ugyanakkor közel egy szinten helyezkednek el. Ez alapján feltételezhető, hogy különösen kis vállalatok esetén a vevői kapcsolatkezelés során a cégek hasonló szolgáltatást várnak el, mint az adatelemzések során: nemcsak szoftveres felületet, hanem komplex megoldásokat, információt, esetlegesen tanácsadást. A kiterjesztett vállalati folyamatok tehát szolgáltatás alapú tevékenységek.

A második faktor (melyet ipar 4.0-s faktorként definiáltam) 4 eleméből 3 db az MDS elemzés esetén is láthatóan közel van egymáshoz. A „Useindustrialrobot” változó viszont tőlük távol, az „ICTSpecialist” változóval egy szinten helyezkedik el. A faktort vizsgálva azt

mondhatjuk, hogy ez kapcsolódik leginkább a termeléshez, mérnöki folyamatokhoz. A faktorelemeket az MDS eredménye alapján vizsgálva látható, hogy a robotok használatát kivéve az IoT használat, AI használat és a munkavállalói tréningek kevésbé elterjedtek. Az előző faktor elemeitől eltérően ezeket a technológiákat (technikákat) általában belső forrásból oldja meg a vállalat, vagyis vagy birtokolja (robotok) vagy csak kisebb támogatás kell. Megjegyzendő, hogy a mesterséges intelligencia a határon mozog. Ennek helye valószínűleg a nagyobb elterjedést követően változni fog, de jelenleg átlagos elterjedtsége nem éri el a 10%-ot a felmért vállalatoknál. Ez alapján pedig várhatóan jelentős növekedés lesz az ipar 4.0-s faktor tekintetében a következő években. Mivel a belső forrás szerepe nagy, ezért a változók közül vélhetően erre van a legnagyobb ráhatása a cégeknek.

Utolsóként a felhőalapú rendszerek jelennek meg. A faktort definiáló 3 változó („Cloud”, „Use3Dprinting”, „EInvoice”) a többdimenziós skálázásnál is közel maradt egymáshoz, különösen az e-számlák partnereknek küldése és a cloud szolgáltatások használata mozog együtt. Az első MDS dimenzió szerint elemezve a faktort látható, hogy a 3D nyomtatás kivételével az elemek az elterjedt részre kerültek. A 3D nyomtatás elterjedtségét tekintve inkább az „ipar 4.0” faktor elemeivel található egy halmazban. Ennek oka valószínűleg az, hogy a 3D nyomtatás több erőforrást (szakember, anyagi) igényel, mint faktortársai. Meg kell említenünk, hogy igénybe vett szolgáltatás (tehát a második MDS dimenzió) tekintetében a „Cloud” és „Use3Dprinting” változók közel azonos szinten vannak. Hasonlóságukat tehát ez is mutatja, ezzel pedig visszautalhatunk a korábban már említett cloud manufacturing koncepcióra. Véleményem szerint ez kezd elterjedni az iparágon belül. A technológiai változókra lefuttatott elemzésünk az irodalomkutatás alapján megvilágított trendek mellé új aspektusokat is behozott. Erre a legfontosabb példa a felhőalapú termelés (Cloud manufacturing) és a szolgáltatásalapú szoftverhasználat.

Az országokra futtatott elemzések alapján azt láthatjuk, hogy miközben klaszterezés esetén 5 különálló csoportot vehetünk fel, skálázásnál inkább 3 csoport rajzolódik ki. Ezeket jeleníti meg térképeken a 20. ábra.



20. ábra: Az MDS elemzés (J) és a klaszterezés (B) eredményei országokra vonatkozóan
(forrás: Excel)

A két elemzés más alapokra épül. Klaszterelemzésnél az országok értékelésének alapja a hozzájuk tartozó faktorértékek, többdimenziós skálázásnál a változóértékek. Emellett az alkalmazott módszerek (klaszter: Ward módszer, MDS: euklidészi távolságok) is hozzájárultak az eltérő eredményekhez. A két kapott térkép leginkább egymás kiegészítéseként használható. Az MDS első körben bemutatja az általános fejlettséget (fejlett/fejlődő). A klaszterelemzés ezt tovább bontja arra, hogy az ország pontosan miben fejlett. Végül a skálázás megmutatja, hogy a jelen állapot szerint a digitalizált, modern ipari termeléshez szükséges tényezők (robotok, IT szakemberek, fejlesztési lehetőségük) mennyire állnak rendelkezésre, mekkora az adott ország fejlődési potenciálja (alacsony/magas).

A bal oldali térképen sárgával jelölt országok halmaza a legnépesebb. Ebben a halmazban nem válik el (a tengely mentén értelmezhető) fejlődő, fejlett kategorizálás. Az elemzés alapján átlag alatti értéket kapott, így a fejlődő részre került Lengyelország, Szlovákia és Magyarország. A csoport országaiban közös, hogy a járműipar fontos eleme a gazdaságuknak, melyet a klaszterelemzés térképe és az előzetes irodalomkutatás is megerősít. A klaszterek ugyanakkor rávilágítanak a fontos digitalizációs különbségekre.

Kutatásom talán egyik legmeglepőbb eredménye ezekhez az országokhoz kapcsolódik. Az irodalomkutatás alapján következtetésként két dolgot vonhattunk le:

- A digitalizációs és ipar 4.0-s fejlesztések elsősorban a magországokat érintik. Ennek oka, hogy első körben náluk éri meg leginkább a technológiai fejlesztés a drága munkaerő kiváltására az alacsony hozzáadott értékű, repetitív tevékenységeknél.

- A periféria üzemeiben ugyanakkor még nem jött el az a pont, hogy a gyártási tevékenység automatizálása már jobban megéri, mint az olcsó munkaerő alkalmazása.

Éppen ezért előzetesen magasabb faktorérték volt várható a magországokra szinte minden esetben, de különösen az ipar 4.0-s fejlesztésekként definiált faktor tekintetében. Az eredmények alapján azonban a vártnál alacsonyabb értékeket kaptak és nem ők, hanem a perifériás országok (közülük is Csehország, Szlovákia és Portugália) emelkednek ki. Létezik azonban erre is magyarázat. Az alacsony komplexitású és hozzáadott értékű gyártás perifériákra történő kiszervezésének hatására a fogadó országokban jelentős munkaerő szükséglet keletkezett. (Guga et al., 2019) A termelési kapacitások növelésével a humán erőforrás egy ideig képes volt lépést tartani, azonban a korlátok elérésével munkaerőhiány alakult ki. A további bővítéshez tehát szükség volt a termelési folyamatok automatizálására.

Nemcsak a munkaerőhiány indukálta ugyanakkor a termelés automatizálását. Az országok kezdeti nagy versenyelőnye, vagyis olcsóságuk az évek során kezdett egyre inkább eltűnni. A gyorsan növekvő bérek mellett pedig meg kell említenünk a hatékonyságnövelést, mely szintén a munkaerő ésszerű csökkentésére és a robotizáció növelésére törekszik. (Drahokoupil, 2020)

Összefoglalva tehát a klasztereknél „Digitálisan fejlett, autóiipari fókuszú országok” néven jellemzett csoport magas ipar 4.0 faktorértékeit a munkaerőhiány, a gyorsan növekvő bérek és a termelés hatékonyságának növelése okozta.

Nemcsak Csehországot, Szlovákiát és Portugáliát, de Lengyelországot és hazánkat is érdemes megvizsgálni az ipar 4.0 folyamatokként definiált faktor szempontjából. Ez utóbbi két ország ugyanis hozzájuk hasonló szerepkörrel rendelkezik. Az ő faktorértékük átlagos, viszont a multidimenziós skálázás alapján fejlődési potenciáljuk, szakemberellátottságuk igen magas. Így véleményem szerint náluk is hamarosan hasonló folyamatok játszódhatnak le és felzárkóznak az élenjárókhhoz.

A bal oldali térképen kékkel jelzett országok halmaza a jobb oldalon világoskékkel és narancssárgával jelzett klaszter elemeiből állnak össze (Dánia, Hollandia, Svédország). Itt mindhárom ország fejlettnek tekinthető. Faktorokra lebontva látható, hogy a „kiterjesztett vállalati folyamatokat” vizsgálva Hollandia, „Cloud rendszereket” tekintve pedig Dánia áll az élen. Svédország értékei azonban inkább átlaghoz közeliak. (15. ábra)

Röviden érdemes kitérnünk Dániára. Az ország az elemzett digitalizációs szempontok alapján a legfejlettebb járműiparral rendelkezik, miközben a vállalatok száma csekély.

Érdemes azonban visszatekintnünk a korábbi makroszintű irodalomkutatásra. Dánia első az EU-n belül DII mutatóban (7. ábra), „Magas potenciálba” került a Roland-Berger kutatásában (8. ábra), „Vezetők” között szerepel a WEF 2018-as felmérésében és feldolgozóiparát vizsgálva a fejlett ipar 4.0-val rendelkező országok közé került (9. ábra). Mindezek alapján tehát érvényesül egy iparágfüggetlen, általános digitális fejlettség. Hasonló szituáció figyelhető meg Svédország és Hollandia esetén is Utóbbiak DII szerint 3. és 4. helyen állnak, az RB kutatása szerint „Éllovas” és „Magas potenciállal” rendelkező országokról beszélünk. Emellett a svéd feldolgozóipar Castelo-Branco et al. 2019-es kutatásában a dánokkal egy csoportba került, egymáshoz közeli értékekkel.

A kutatási eredmények alapján meg kell említenünk azt is, hogy ezen országok ugyan digitálisan fejlettek, viszont a termelési robotok és IT-s szakemberek jelenlegi csekély aránya miatt az „alacsony potenciál”-al rendelkező országok közé kerültek. Helyzetükre több magyarázat is van. Az első lehetőség szerint itt alacsony hozzáadott értékű elemeket állítanak elő, szakemberekre, fejlesztésekre és robotokra nincs szükség. Ennek az elméletnek ellentmond pl. Svédország szerepköre, illetve magasszintű digitális fejlettségük. Ez elvezet minket egy második lehetséges magyarázathoz: a technológiák fejlettsége miatt már nincs akkora szükség az azt létrehozó szakember állományra és képzésükre, a támogató funkciók üzemeltetéshez pedig elegendő az alkalmazott munkaerő. Ebben az esetben szintén feltételezhető lenne, hogy alacsony hozzáadott értékű termelést valósítanak meg, amely viszont (különösen a nagyobb járműiparral rendelkező Hollandia és Svédország esetén) megkérdőjelezhető. Illetve nehezen állítható, hogy ne lenne szükség az infokommunikációs rendszerek folyamatos fejlesztésére.

Létezik egy harmadik elmélet is, mely különösen Dánia és Svédország esetében igaz. A két ország változóit elemezve látható, hogy az adatállományból kiugróan magas azon cégek száma (Dánia: 37%, Svédország: 48%, csoportátlag: 20,5%), akik internetes hirdetést adnak fel. Hirdetni viszont nemcsak reklámot, hanem állást is lehet. Ebben az esetben tehát az alacsony IT-s szakemberállományt (közvetve a robotikát és a továbbképzést) az indokolja, hogy szakemberhiány érinti a járműipart. Az elméletet alátámasztja, hogy Svédországban 2020-ban 60 ezer betöltetlen fejlesztői pozíció volt, miközben Dániában 2017-ben a cégek több mint 1/3-a nem tudott elegendő IT-s szakembert felvenni. Dánia esetében 2025-re 13500 betöltetlen IT-s pozícióval számolnak. (nytimes.com) (thescalers.com) A harmadik magyarázat alapján, amennyiben sikerül a következő években a járműipar szakemberhiányát csökkenteni, ezek az országok a „magas potenciál”-al rendelkezők csoportjához tudnak csatlakozni.

Utolsóként megvizsgálandó a bal oldali térképen barnával jelölt csoport, mely három különböző klaszterből áll össze. Ebből adódóan egy nagyon heterogén csoport jött létre. Ezeket az országokat digitálisan fejlődő országoknak nevezhetjük, mivel általános fejlettségük átlaghoz közeli vagy átlag alatti. Klaszterek szerint kibontva ugyanakkor láthatóak különbségek, főként az ipar 4.0-s és a felhő alapú rendszerek dimenziójában. A két dimenzióban Szlovénia kiemelkedése a dán esethez hasonló okokra vezethető vissza.

Ahogy az előző csoport országai, úgy ez a csoport is az „alacsony potenciál”-al rendelkező országokat tömöríti. Esetükben azonban valószínűleg kevésbé a szakemberhiány játszik szerepet. Itt valószínűbb az első forgatókönyv, mely szerint nincs akkora szakemberigénye az üzemeknek, inkább az olcsó, betanított munkaerőre hagyatkoznak.

A csoportból érdemes részletesen foglalkozunk Romániával. Az ország járműipara közepesen nagy, leginkább a szlovákhhoz hasonló, előállított értéke pedig többszöröse a csoport többi országa által előállítottaknak. Az ország járműiparában 2017-ben kb. 200 ezren dolgoztak és csak az autógyártás az ország feldolgozóiparának 23,4%-át adta. A klaszter elemzés során az ország Magyarországgal és Lengyelországgal (valamint Lettországgal) egy csoportba került. A köztük lévő különbségre az MDS elemzés második dimenziója világít rá. Romániában a szakképzett munkaerő és a megfelelő gépesítés jelenleg hiányzik, ennek következtében a vállalatok nem képesek digitalizálni folyamataikat, implementálni az új technológiákat. Erre a problémára világít rá Guga et al. is. Tanulmányuk szerint a román járműipar potenciális lemaradó és a digitalizációs hullám késve fogja elérni. (Guga et al., 2019)

A legfontosabb megállapítások mellett az elemzés alapján minden országgal kapcsolatban levonhatunk valamilyen következtetést. Ezt mutatja meg az alábbi táblázatba foglalt gyűjtés:

Ország	Saját kutatás alapján járműipari digitalizáltság és tendencia
CZ	Járműipar gazdasági szerepe nagy. Termelési fókuszú gazdaság, ahol a gyártási folyamatok automatizálása magasszintű részben a munkaerőhiány mérséklésére, részben annak kiváltására. A vállalatok jelentős hányada alkalmaz informatikai szakembert.
DE	Központi szereplő az európai járműipar szempontjából. Anyavállalati központok, tudásközpontok jórészt itt találhatók. Leginkább az üzleti menedzsment folyamatokban fejlettek, a gyártási robotizáció átlagos. Magas hozzáadott értékű tevékenységek jellemzők, gyártói tevékenység felsőkategóriás termékekre korlátozódik.
DK	Kevés vállalat, kis szereplő, viszont hasonló méretű járműiparral rendelkező országokhoz képest a hozzáadott érték magas. Általánosságban is digitálisan fejlettnak tekinthető ország, legtöbb értéke ezért a járműipart tekintve is magas. Kiemelkedő a cloud- és azzal kapcsolatba hozható tevékenységeknél. Feltételezhetően magasabb hozzáadott értékű termékeket készít. Fejlesztési azonban korlátozottan tud, mivel az országot általános IT szakemberhiány befolyásolja.
EE	Kis ország, kevés vállalat, kis szereplő és alacsony hozzáadott érték. Csak néhány nem járműipari fókuszú (pl. EInvoice) technológiában fejlett, mely általános fejlettségével magyarázható. Szakemberellátottsága átlag alatti, így arra következtethetünk, hogy az országban csak néhány kiszervezett tevékenység vagy alkatrészüzem található.
FR	Németországhoz hasonlóan az európai járműipar központi szereplője. A hasonló szerepkör hasonló fejlődési tendenciát is mutat az elemzés alapján. Ezért a Németország esetén leírtak érvényesek itt is.
HR	A legerősebb ország a járműipar digitalizációját tekintve. Szinte minden technológia alacsony szinten alkalmazott. Ugyanakkor csekély a járműipari szereplők száma. Feltűnően alacsony a vevői kapcsolatmenedzsment elterjedtsége. Ebből arra következtethetünk, hogy más országok cégeinek gyártó üzemei helyezkednek el, melyek egyetlen funkciója a meghatározott mennyiségű termék legyártása szakképzetlen és olcsó munkaerővel.
HU	A közép-kelet-európai országokhoz hasonló fejlődési tendencia: gyártási fókusz, az olcsó munkaerőt kihasználó nyugati leányvállalatok uralják a piacot, melyhez kapcsolódik egy helyi beszállítói réteg. Robotizáltsága és szakemberállománya hasonló, mint Csehország és Szlovákia esetén, a mögöttes adatstruktúrák vizsgálatára azonban kevesebb figyelmet fordítanak. Ez adódhat kompetenciahiányból is, mely választ adhat a továbbképzések relatív nagy arányára.
LV	Kis járműiparral rendelkező ország, mely viszonylag alacsony termelt- és hozzáadott értéket képvisel. Fejlődési tendenciája főként a közép-kelet-európai régió „lemaradó” (Lengyelország, Magyarország, Románia) országaival mutat hasonlóságot.
NL	A többi magországhoz hasonló tendenciával rendelkező ország. Itt is főként az üzleti- és menedzsment folyamatok fejlettségéről beszélhetünk, miközben az ipari termeléshez kapcsolódó változóknak egy szinten áll a nem járműipari fókuszú országokkal. Ezek alapján feltételezhető, hogy az itt lévő gyártási tevékenység főként a német- és francia ipart kiszolgáló alkatrészgyártás, melynél olcsó munkaerőt foglalkoztatnak és a vevői igényekre optimalizálnak.
PL	Magyarországhoz hasonló fejlődési tendencia, csak egy nagyobb méretű autóipar esetén. Hazánkhoz képest kevesebben alkalmaznak szakembereket, alacsonyabb a

	robotizáció, viszont az adatalapú technológiák integrálásában hozzánk képest előrébb járnak. Ezek alapján a gyártás digitalizációja gyorsabban fog lezajlani hazánkhoz képest.
PT	A saját kutatásomban ugyan nem elemzett, de az irodalomkutatásban megjelenő Spanyolország hatására fejlődött ország. Tendenciája a közép-kelet-európai régió digitálisan fejlett országaihoz hasonló. Robotizált folyamatai mellett, fejlettnek tekinthetők adatalapú rendszerei és vállalati menedzsment eszközei. Digitális fejlettsége nem független lokációjától. Miközben (irodalomkutatásunk alapján) Spanyolország lassabban adaptálódik a megváltozó környezethez, Portugália gyors növekedést mutat (Drahokoupil, 2020). Ezek alapján feltételezhető forgatókönyvként megjelenik, hogy az ország átveheti Spanyolország szerepét.
RO	A korábbiakban már részletesen volt szó az országról. Meghatározó perifériás ország a gyártás szempontjából, ugyanakkor a legkevésbé fejlett. Várhatóan a legkésőbb adaptálódik a megváltozott világhoz.
SE	A magországek közé sorolható, Németország- és Franciaország mellett szintén több multicég otthona, így fejlődése is hasonló. Szakemberhiány azonban esetében is felmerül, mint Dániánál.
SI	Szlovénia nagyon hasonló fejlődést mutat Dániával. Termelési- és hozzáadott értéke magasabb, mint más hasonló méretű iparral rendelkező országoknál láthattuk. Szintén cloud alapú rendszerekben mutat átlagostól magasabb fejlettséget. Robotizáltságából és 3D nyomtatásának fejlettségéből arra következtethetünk, hogy főként precíziós alkatrészeket készítenek (mely magyarázza a magas hozzáadott értéket). Szakemberellátottsága ugyanakkor alacsony.
SK	Digitalizáció szempontjából fejlett, közép-kelet-európai ország, főként a német autóipar összeszerelő-gyártó országaként szolgál. Az IT szakemberek alkalmazása és fejlesztése a vizsgált országok között hazánk után a legmagasabb. Ez alapján intenzív fejlesztés jellemzi a szlovák vállalatokat, melynek eredménye már a faktorelemzés ipar 4.0 tengelyénél is látható.

10. táblázat: A vizsgált országokra levonható következtetések az irodalom és a saját kutatásom alapján
(forrás: saját szerkesztés)

Befejezés

Dolgozatom kutatásának célja az volt, hogy képet adjak az európai járműipar digitalizációjának jelenlegi helyzetéről, valamint az iparágon belül a digitális technológiák közötti kapcsolatokról. Emellett célom volt az is, hogy megvizsgáljam, hogyan alakítja át a digitalizációt az európai járműipari szerepkörök. Ehhez különböző módszertanokat alkalmaztam.

Szakterdolgozatom saját kutatása alapján a járműipari központoknak helyet adó országok összességében ugyan fejlettebbek a digitalizáció terén, részletesen lebontva ugyanakkor a digitális fejlettség nem egységesen ugyanazon tényezőkre vezethető vissza. Az irodalomkutatás lehatárolása alapján tekintett magországok vonatkozásában pl. kevésbé fejlettek az ipari termeléshez kapcsolódó technológiák, míg ugyanez a perifériás országokat jól jellemzi. Digitalizáltságukat szerepkörük mellett befolyásolhatja feldolgozóipari digitális fejlettségük is.

Eltérés mutatkozik a termelést közvetlenül érintő digitalizációs paraméterekben is: az előzetes várakozástól eltérően nem a vállalati központokként definiált országok, hanem a perifériás területek emelkednek ki a termeléssel szorosabb összefüggésbe hozható változók esetén. Ide tartozik hazánk is.

Magyarország a digitálisan fejlődő közép-keleti országok közé tartozik, erős potenciállal a fejlettekhez való felzárkózásra. Megállapítható, hogy az általános fejlettséget vizsgáló makroelemzéseknel látott lemaradás a tőlünk nyugatabbra fekvő országokhoz képest mezoszinten, a járműiparban is megtalálható. Fejlődésünkhöz véleményem szerint minél több magasan képzett informatikai szakemberre van szükségünk. Az ország számára ugyanakkor nem csak a digitális felzárkózás, hanem az annak következtében várható munkaerő-elbocsátás és kezelése is problémát jelent középtávon. Hosszútávon pedig kérdéses, hogy Magyarországnak (és más perifériás országoknak) sikerül-e a magasabb hozzáadott értéket képviselő folyamatokat is meghonosítani.

Végül, fontos megjegyezni, hogy a vizsgálati időszak vége egybeesik a COVID-19 világjárvány kirobbanásával. Véleményem szerint ez néhány általam is vizsgált technológia elterjedtségére már rövidtávon pozitív hatást generálhatott (pl. EInvoice használat). A bonyolultabb technológiáknál ugyanakkor több idő a technológia beszerzése, vállalatok életébe történő implementálása.

A jövőbeli kutatásoknak ugyanakkor nemcsak a COVID-járvány hatása adhat alapot, hanem a további új technológiák megjelenése. Ahogy irodalomkutatásomból is látható, jónéhány olyan irány van még, melyre az Eurostat felmérése nem terjed ki. A felmérés már korábban is többször megújult. Ebből következően, ha új változók kerülnek be az elemzésbe (Blockchain, Virtuális valóság), akkor egy későbbi kutatásnak sem szabad ezeket figyelmen kívül hagynia.

Felhasznált irodalom és források jegyzéke

ACEA: R&D investment by industry and world region. Elérhető: <https://www.acea.auto/figure/rd-investment-by-industry-world-region/> (letöltve: 2022.03.10)

ACEA: Research and innovation. Elérhető: <https://www.acea.auto/fact/research-and-innovation/> (letöltve: 2022.03.10)

Agca, O.; Gibson, J.; Godsell, J.; Ignatius, J.; Davies, C.V.; Xu, O. (2021): An Industry 4 Readiness Assessment Tool, Elérhető: https://warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/research/scip/reports/final_version_of_i4_report_for_use_on_websites.pdf (letöltve: 2021.10.21)

Akdil, K.Y.; Ustundag, A.; Cevikcan, E. (2017): Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy, Industry 4.0: Managing the Digital Transformation, Cham, Switzerland, pp.61-94.

Anggrahini, D., Kurniati, N., Karningsih, P. D., Parenreng, S. M., & Syahroni, N. (2018): Readiness Assessment Towards Smart Manufacturing System for Tuna Processing Industry in Indonesia, In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol.337, Issue 1, pp. 12-60.

Basl, J.; Doucek, P. (2019): A Metamodel for Evaluating Enterprise Readiness in the Context of Industry 4.0. Computer Science Information, Vol.10, Issue 89.

Berghaus S, Back A (2016): Stages in digital business transformation: results of an empirical maturity study, 10th Mediterranean conference on information systems (MCIS 2016) Proceedings, Vol. 22.

Bibby, L and Dehe, B (2018): Defining and assessing industry 4.0 maturity levels—case of the defence sector, Production Planning and Control, Vol. 29 Issue 12, pp. 1030-1043. ISSN 0953-7287.

Blanchet, M. Rinn, T., von Thaden, G., de Thieulloy, G. (2014): Industry 4.0: The new industrial revolution. How Europe will succeed. Roland Berger Strategy Consultants GmbH, München, Elérhető: http://www.iberglobal.com/files/Roland_Berger_Industry.pdf (letöltve: 2021.10.04).

Bogner, E.; Voelklein, T.; Schroedel, O.; Franke, J. (2016): Study Based Analysis on the Current Digitalisation Degree in the Manufacturing Industry in Germany, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems Proceedings, Vol.57, pp.14–19.

Botha, A.P. (2018): Rapidly Arriving Futures: Future Readiness for Industry 4.0., South African Journal of Industrial Engineering, Vol.29, Issue 3, pp.148–160.

Buchalcevova, A. (2015): Green ICT maturity model for Czech SMEs, Journal of Systems Integration, Vol.6, Issue 1, pp. 24-36.

C. Leyh, K. Bley, and T. Schäffer (2016): Digitization of German Enterprises in the Production Sector – Do they know how ‘digitized’ they are?, 22nd Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2016) Proceedings.

Chanas, S., & Hess, T. (2016): Understanding Digital Transformation Strategy formation: Insights from Europe's Automotive Industry, 20th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS) Proceedings, 296.

Chanas, Simon et al. (2016): UNDERSTANDING DIGITAL TRANSFORMATION STRATEGY FORMATION: INSIGHTS FROM EUROPE'S AUTOMOTIVE INDUSTRY, PACIS 2016 Proceedings 296. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/311443349_Understanding_Digital_Transformation_Strategy_Formation_Insights_from_Europe's_Automotive_Industry (letölve: 2021.11.10).

Cognet, B. et al. (2019): Towards a Novel Comparison Framework of Digital Maturity Assessment Models, 16th IFIP WG 5.1 International Conference, Vol. 565, pp. 58-71.

Correia, E., Carvalho, H., Azevedo, S., & Govindan, K. (2017): Maturity models in supply chain sustainability: A systematic literature review. Sustainability, Vol. 9, Issue 1, pp.64-.

De Carolis A, Macchi M, Negri E, Terzi S. (2017): A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol 513. pp.13–20.

Demeter et al.: Tevékenységmenedzsment-fóliacsomag a Tevékenységmenedzsment című tárgyhöz a „Tevékenységmenedzsment” című tankönyv alapján. Elérhető: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/3701/tevmen_foliak.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letöltve: 2022.11.27).

Demeter, K. et al. (2018): Assessing Industry 4.0 readiness: A multi-country industry level analysis, 25th Annual EurOMA Conference Proceedings, Budapest, Hungary.

Drahokoupil, J. et al. (2020): The challenge of digital transformation in the automotive industry- Jobs, upgrading and the prospects for development. Brüsszel, ETUI, ISBN: 978-2-87452-570-4.

Dr. Karl Lichtblau/Prof. Dr.-Ing. Volker Stich/Dr. Roman Bertenrath/Matthias Blum/Martin Bleider/Agnes Millack/Katharina Schmitt/Edgar Schmitz/Moritz Schröter: IMPULS-Industrie 4.0 Readiness. Elérhető: <http://industrie40.vdma.org/documents/4214230/5356229/Industrie%204.0%20Readiness%20Study%20English.pdf/f6de92c1-74ed-4790-b6a4-74b30b1e83f0> (letöltve: 2021.09.03)

Dyerson R, Spinelli R, Harindranath G. (2016): Revisiting IT readiness: an approach for small firms, Ind Manage Data System, Vol.116 Issue:3, pp.546–63.

Erol, S.; Schumacher, A.; Sihn, W. (2016): Strategic guidance towards Industry 4.0—A three-stage process model. In Proceedings of the International Conference on Competitive Manufacturing (COMA), Stellenbosch, South Africa, pp. 495–501.

Európai Bizottság (2021): DESI Index dimenziók, Elérhető: <https://digital-agenda-data.eu/datasets/desi/indicators#desi-dimensions> (letöltve: 2021.11.20)

European Commission (2021): Hungary in the Digital Economy and Society Index. Elérhető: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-hungary> (letöltve: 2021.11.22)

Eurostat: Annual detailed enterprise statistics for industry (NACE Rev. 2, B-E) Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SBS_NA_IND_R2__custom_2265201/default/table?lang=en (letöltve: 2022.02.12)

Eurostat: The blue economy report 2020. Elérhető: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_986 (letöltve: 2022.03.20)

Fatma Demircan Keskin et al. (2019): Assessment Model for Organizational Adoption of Industry 4.0 Based on Multi-criteria Decision Techniques, Prodedings of the International Symposium for Production Research.

Fiat Chrysler production to fall in Italy in 2019, union says. Elérhető: <https://europe.autonews.com/automakers/fiat-chrysler-production-fall-italy-2019-union-says> (letöltve: 2022.03.12)

Fraunhofer ISI (2018): European Iron and Steel Industry: Towards an Overview of Implementations and Perspectives, Elérhető: https://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-5348793.pdf (letöltve: 2021.10.11).

Garrehy, P. (2021): Integrate ERP and CRM for manufacturing: Smart manufacturing firms bring together technology, business processes and people; a critical component in this plan is the integration of ERP with CRM, Plant Engineering, Vol. 75, Issue 8.

Getoar Agushi (2019): Understanding the Digital Transformation Approach – A Case of Slovenian Enterprises. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/335422041_Understanding_the_Digital_Transformation_Approach_-_A_Case_of_Slovenian_Enterprises?channel=doi&linkId=5d64f48b299bf1f70b0eed03&showFulltext=true (letöltve: 2021.10.20)

Gökalp, E.; Sener, U.; Eren, P.E. (2017): Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM, International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination; Cham, Switzerland, Vol.770, pp. 128–142.

Guga, S., Drahokoupil, J., Pogátsa, Z. et al (2019): The future of Employment in the car sector- Four country perspective from Central and Eastern Europe, Prága, 2019, Friedrich Ebert Stiftung, ISBN: 978-80-87748-50-3

Günther Schuh, Reiner Anderl, Roman Dumitrescu, Antonio Krüger, Michael ten Hompel: Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies (ACATECH) Elérhető: <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/> (letöltve: 2021.10.08)

Hamidi, S.R., Aziz, A.A., Shuhidan, S.M., Aziz, A.A., Mokhsin, M. (2018): SMEs maturity model assessment of IR4.0 digital transformation. Intelligent System Comput., Vol.739, pp.721–732.

Hizam, M. et al. (2020): Industry 4.0 readiness models: a systematic literature review of model dimensions, MDPI-Information, Vol. 11. Issue 7., pp. 364-394.

Horvat, D.; Stahlecker, T.; Zenker, A.; Lerch, C.; Mladineo, M. (2018): A conceptual approach to analysing manufacturing companies' profiles concerning Industry 4.0 in emerging economies, Procedia Manufacturing Vol.17, pp. 419–426.

<https://erpsolutions.oodles.io/blog/big-data-analytics-in-erp/> (letöltve: 2022.03.26)

I.Castelo-Branco, F. Cruz-Jesus és T. Oliveira (2019): Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union, *Computers in industry*, Vol. 107, pp. 22-32.

IoT explained-how does an IoT system actually work? Elérhető: <https://www.leverage.com/blogpost/iot-explained-how-does-an-iot-system-actually-work> (letöltve: 2022.03.28)

Jaione Ganzarin, Nekane Errasti (2016): Three stage maturity model in SME's toward Industry 4.0, *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol.9. Issue 5, pp.11-19.

Központi Statisztikai Hivatal (2018): Helyzetkép az iparról 2018, Budapest, KSH, pp. 14-17.

L. Sundberg, K. L. Gidlund, L. Olsson (2019): Towards Industry 4.0? Digital Maturity of the Manufacturing Industry in a Swedish Region, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pp. 731-735.

Leyh, C.; Schäer, T.; Bley, K.; Forstenhäusler, S. (2016): SIMMI 4.0—A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0, *2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS) Proceedings*, Gdansk, Poland, Volume 8, pp. 1297–1302.

List of NACE codes. Elérhető: https://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/index/nace_all.html (letöltve: 2022.02.10)

Losonci et al. (2019): Az ipar 4.0 hatásának nyomában-a magyarországi járműipar elemzése, *Közgazdasági szemle*, Vol 66., Issue 2, pp. 185-218.

Losonci et al. (2021): *Üzlet4.0-magyarországi vállalati tapasztalatok: Termelés, szolgáltatás, logisztika*, Budapest, Akadémiai Kiadó, ISBN 978 963 454 627 6.

Lőrincz, G. (2011): *A többdimenziós skálázáson alapuló statisztikai módszerek*, Budapest, Eötvös Lóránt Tudományegyetem Természettudományi Kar, pp. 4-12.

McKinsey Corp. (2016): Industry 4.0 at McKinsey's model factories Elérhető: <http://sf-eu.net/wp-content/uploads/2016/08/mckinsey-2016-industry-4.0-at-mckinseys-model-factories-en.pdf> (letöltve: 2021.09.13).

Methavitakul, B.; Santiteerakul, S. (2018): Analysis of key dimension and sub-dimension for Supply Chain of Industry to fourth Industry Performance Measurement, 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI) Proceedings, Singapore, pp. 191–195.

Mittal S, Romero D, Wuest T. (2018): Towards a smart manufacturing maturity model for SMEs (SM3E), IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, pp.155–63.

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, pp. 194-214.

Molnár Sz., (2018): A negyedik ipari forradalom nemvárt hatásai, Budapest, Új magyar közigazgatás, Vol 11. Issue 3., pp.43-51.

Moura, Kohl (2020): Maturity Assessment in Industry 4.0- A comparative analysis of Brazilian and German Companies, Engineering Science Journal, Vol.4, Issue 5, pp. 319-335.

New York Times: Danish Companies seeks to hire, but everyone's already working. Elérhető: <https://www.nytimes.com/2017/02/28/business/economy/denmark-jobs-full-employment.html> (letöltve: 2022.03.27)

Omerovic et al. (2021).: How Challenging is the Development of Digital Services in an Automotive Environment? An Empirical Study of the Incongruences IT Experts between Business and IT Experts, 16th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Essen, 17.

Pessl, E. (2017): Roadmap Industry 4.0—Implementation Guideline for Enterprises. International Journal of Science, Technology and Society, Vol. 5, Issue 6, pp. 193-202.

Petrovics Petra (2018): Klaszterelemzés az SPSS-ben, Elérhető: https://nemzetkozi-gazdalkodas.hu/files/950/7_MM_klaszter.pdf (letöltve: 2022.02.26)

Petrovics Petra (2018): Nem hierarchikus klaszterelemzés az SPSS-ben, Elérhető: https://nemzetkozi-gazdalkodas.hu/files/951/8_MM_klaszter.pdf (letöltve: 2022.02.26)

Piccini, Hanelt et al. (2015): Transforming Industrial Business: The Impact of Digital Transformation on Automotive Organizations, International Conference on Information Systems (ICIS), 5.

Portfolio: Létrejött a világ negyedik legnagyobb autógyártója, a Stellantis. Elérhető: <https://www.portfolio.hu/uzlet/20210117/letrejott-a-vilag-negyedik-legnagyobb-autogyartoja-a-stellantis-465658#> (letöltve: 2022.03.12)

PwC: Industry 4.0 (2016): Building the digital enterprise. Elérhető: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf> (letöltve: 2021.10.13).

Remane et al. (2017): Digital Maturity in Traditional Industries-an exploratory analysis, 25th European Conference on Information Systems (ECIS) Proceedings, Guimares, Portugal.

Riasanow, T., Galic, G., & Böhm, M. (2017): Digital Transformation in the Automotive Industry: Towards a Generic Value Network, 25th European Conference on Information Systems (ECIS) Proceedings, pp. 3191-3201.

SAP Business Technology Platform: Power your business processes with IoT data, Elérhető: <https://www.sap.com/products/iot-data-services.html> (letöltve: 2022.03.28)

Sarı, T., Güleş, H.K, Yiğitol, B. (2020): Awareness and readiness of Industry 4.0: The case of Turkish manufacturing industry, Advances in Production Engineering&Management, Vol.15, Issue 1, pp. 57-68.

Schaupp, E.; Abele, E.; Metternich, J. (2017): Potentials of Digitalization in Tool Management. Procedia CIRP, Vol.63, pp.144–149.

Schumacher, A. et al. (2016): A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises, Procedia CIRP, Vol. 52, pp. 161-166.

Shaukat, S.S. et al. (2016): Impact of sample size on Principal Component Analysis Ordination of an environmental data set: effects on eigenstructure, Ekológia, Vol 35 No. 2, pp.173-190.

Singhal, D. (2018): The role of big data analytics in ERP applications, Elérhető:

Spain is the 2nd largest automaker in Europe and the 8th largest in the world. Elérhető: <https://www.investinspain.org/en/industries/automotive-mobility> (letöltve: 2022.03.12)

Statista: Leading carmakers worldwide-global brand market share 2020. Elérhető: <https://www.statista.com/statistics/316786/global-market-share-of-the-leading-automakers/> (letöltve: 2022.03.12)

Statista: personnel costs of motor vehicle&trailer manufacturers 2010-2019 (Estonia). Elérhető: <https://www.statista.com/statistics/412403/personnel-costs-manufacture-motor-vehicles-trailers-estonia/> (letöltve: 2022.03.27)

Statista: personnel costs of motor vehicle&trailer manufacturers 2010-2019 (Czech Republic). Elérhető: <https://www.statista.com/statistics/412399/personnel-costs-manufacture-motor-vehicles-trailers-czech-republic/> (letöltve: 2022.03.27)

Statisticshowto.com (2021): Snowball sampling: definition, advantages, and disadvantages. Elérhető:<https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/snowball-sampling/> (letöltve: 2021.10.15).

Statokos: Faktor- és klaszterelemzés, Elérhető: <https://www.statokos.com/faktorklaszter> (letöltve: 2022.02.24)

Surányi, R. (2020): A digitalizáció fejlettsége a számítógépiparban-nemzetközi vizsgálat (szakdolgozat), Budapesti Corvinus Egyetem

The Scandinavian IT dilemma. Elérhető: <https://thescalers.com/the-scandinavian-it-dilemma/> (letöltve: 2022.03.27)

UCLA Statistical Consulting Group: Factor analysis|SPSS Annotated output, Elérhető: <https://stats.oarc.ucla.edu/spss/output/factor-analysis/> (letöltve: 2022.02.26)

Understanding the need for CRM&ERP system integration, Elérhető: <https://www.cleo.com/blog/knowledge-base-erp-and-crm-integration> (letöltve: 2022.03.26)

Williams, C. et al (2019): Digital maturity model for small and medium sized enterprises: a systematic literature review. ISPIM Innovation Conference Proceedings, Firenze, ISBN 9789523353510.

World Economic Forum (2016): World Economic Forum White Paper Digital Transformation of Industries: In collaboration with Accenture-Automotive Industry. Elérhető: <https://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/wef-dti-automotivewhitepaper-final-january-2016.v1.pdf> (letöltve: 2021.11.27).

World Economic Forum (2018): Readiness for the Future of Production Report 2018. Elérhető: https://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf (letöltve: 2021.11.21).

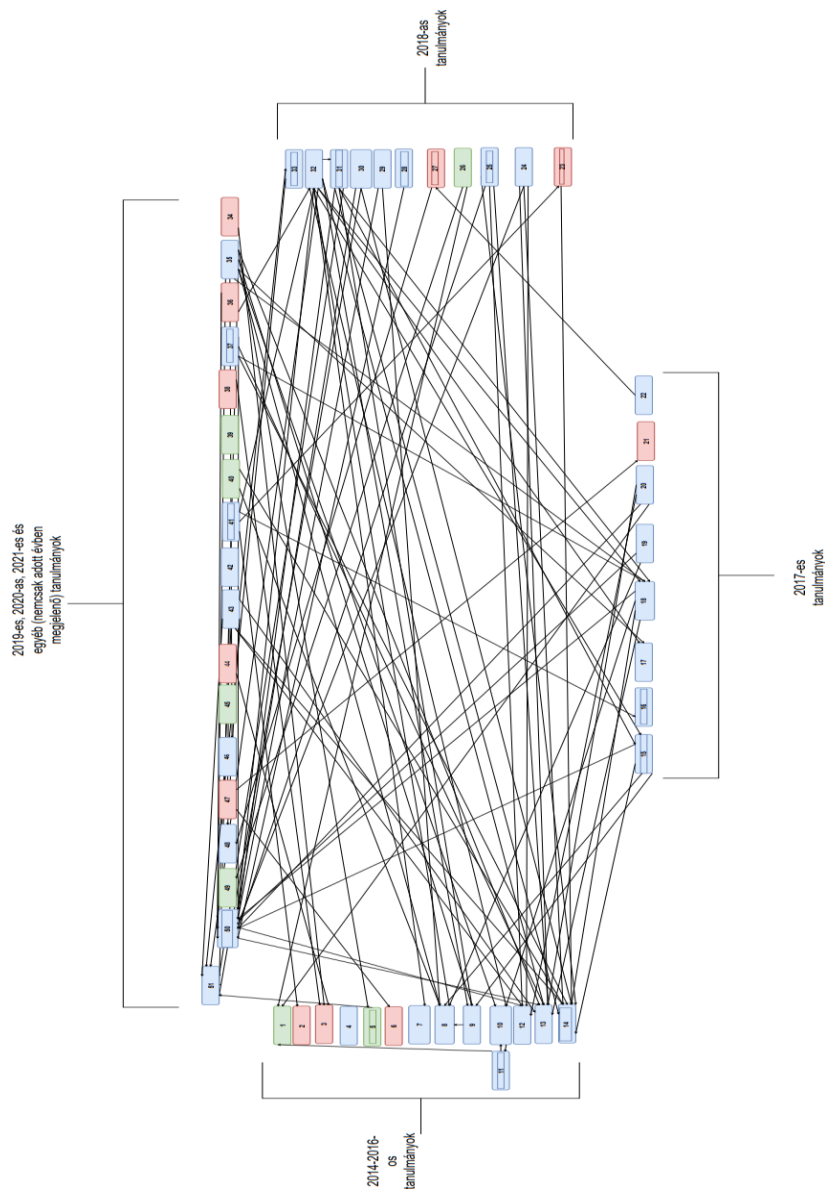
Yongxin, L., Deschamps, et al (2018): The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison, *Production Journal*, Vol. 28.

Mellékletek

Individual Dimensions from Existing Industry 4.0 Readiness Models	Number of Dimensions That Can Be Pooled	Proposed Pooled Dimension
Technological Competence, Technological Infrastructure, Technological Obstructing Factors, Technology, Technology and Infrastructure, Technology Readiness, Technology Usage, Digital Application Usage, Digital Capabilities, Digital Enablers, Digital Marketing, Digital Media Awareness, Digital Practices, Digitalization, Digitize the Core, Information, Information and Communication Technology, Information and Communication, Information Connectivity Maturity, Information Infrastructure Hardware and Software, Information Integration, Information Systems, Information-Seeking Skills, Information-Sharing Behaviour, Internet and Communication Technology, Tools and Technologies, Acceptance and Application of New Technology and Media, Software System Technology, Data, Data and Analytics as Core Capability, Data Governance, Data Readiness, Data Storage and Compute, Data-driven Insights, Data-driven Services, IT Integration, IT Maturity, IT Readiness, IT Security, Complementary IT System, ICT Readiness, Level of Digitization of the Organization, Location of Data Use, Portable Devices to Employees, Technology based Smart Products, Digital Business Models and Customer Access, Digital Product Development, Digital Tool Application, Digital Twins, Digitalization of Product Portfolio, Digitally-enabled Operations, Digitization and Integration of Vertical and Horizontal Value Chains, Digitization of Product and Service Offerings, Digitizing Horizontal and Vertical Integration of the Value Chain, Automation Production Technology, Next-gen Technology, Adoption of IoT Technology, Cross-sectional Technology Criteria, Sensor Technology, Automation Level, RFID Drivers, RFID Implementation, RFID Knowledge, RFID Use, Agile IT Architecture, Agile IT Structure, System and Automation, Cloud Computing Services, Robotics, Use of Analytical CRM Software	70	Technology
Employee Adaptability with Industry 4.0, Employee Productivity, Employee Relationships, Employees, Employees and Communication, Employees have Remote Access to IT System, People, People and Culture, People and Culture Management, People and Organization, Human, Human Machine Interface, Human Resources, Human Resources Readiness, Competencies, Core Competencies, Capabilities, Empowerment, Labour Market Obstructing Factors, Professional Competence, Proficiency, Technical Competencies, Learning Competence, Type of Competency, Perceived Personal Competence, Organization and HR, Organization, Employees and Digital Culture, Organization Employees Digital Culture	27	People
Strategic Alignment, Strategic Level, Strategic Readiness, Strategy, Strategy and Organization, Strategy and Leadership, Strategy Development, Strategy Innovation and Growth, Strategy Management and Regulatory, Corporate Strategy, Management and Strategy, Management Strategy and Organization, HR Development Strategy, Analysis and Strategy, Market Strategy, Business Strategy, Business Strategy driven by Digital, Readiness of Organizational Strategy	18	Strategy

Individual Dimensions from Existing Industry 4.0 Readiness Models	Number of Dimensions That Can Be Pooled	Proposed Pooled Dimension
Technological Competence, Technological Infrastructure, Technological Obstructing Factors, Technology, Technology and Infrastructure, Technology Readiness, Technology Usage, Digital Application Usage, Digital Capabilities, Digital Enablers, Digital Marketing, Digital Media Awareness, Digital Practices, Digitalization, Digitize the Core, Information, Information and Communication Technology, Information and Communication, Information Connectivity Maturity, Information Infrastructure Hardware and Software, Information Integration, Information Systems, Information-Seeking Skills, Information-Sharing Behaviour, Internet and Communication Technology, Tools and Technologies, Acceptance and Application of New Technology and Media, Software System Technology, Data, Data and Analytics as Core Capability, Data Governance, Data Readiness, Data Storage and Compute, Data-driven Insights, Data-driven Services, IT Integration, IT Maturity, IT Readiness, IT Security, Complementary IT System, ICT Readiness, Level of Digitization of the Organization, Location of Data Use, Portable Devices to Employees, Technology based Smart Products, Digital Business Models and Customer Access, Digital Product Development, Digital Tool Application, Digital Twins, Digitalization of Product Portfolio, Digitally-enabled Operations, Digitization and Integration of Vertical and Horizontal Value Chains, Digitization of Product and Service Offerings, Digitizing Horizontal and Vertical Integration of the Value Chain, Automation Production Technology, Next-gen Technology, Adoption of IoT Technology, Cross-sectional Technology Criteria, Sensor Technology, Automation Level, RFID Drivers, RFID Implementation, RFID Knowledge, RFID Use, Agile IT Architecture, Agile IT Structure, System and Automation, Cloud Computing Services, Robotics, Use of Analytical CRM Software	70	Technology
Employee Adaptability with Industry 4.0, Employee Productivity, Employee Relationships, Employees, Employees and Communication, Employees have Remote Access to IT System, People, People and Culture, People and Culture Management, People and Organization, Human, Human Machine Interface, Human Resources, Human Resources Readiness, Competencies, Core Competencies, Capabilities, Empowerment, Labour Market Obstructing Factors, Professional Competence, Proficiency, Technical Competencies, Learning Competence, Type of Competency, Perceived Personal Competence, Organization and HR, Organization, Employees and Digital Culture, Organization Employees Digital Culture	27	People
Strategic Alignment, Strategic Level, Strategic Readiness, Strategy, Strategy and Organization, Strategy and Leadership, Strategy Development, Strategy Innovation and Growth, Strategy Management and Regulatory, Corporate Strategy, Management and Strategy, Management Strategy and Organization, HR Development Strategy, Analysis and Strategy, Market Strategy, Business Strategy, Business Strategy driven by Digital, Readiness of Organizational Strategy	18	Strategy

1. melléklet: Vállalati modellek paramétereit és gyűjtődimenziói (forrás: Hizam et al., 2020)



Szám	Cím	"ráhivatkozások száma"
1	Blanchet, M. Rinn, T., von Thaden, G., de Thieulloy, G. (2014): Industry 4.0: The new industrial revolution. How Europe will succeed. Roland Berger Strategy Consultants GmbH, München	3
2	Buchalceva, A. (2015): Green ICT maturity model for Czech SMEs, Journal of Systems Integration, Vol.6, Issue 1, pp. 24-36.	1
3	Piccini, Hanelt et al. (2015): Transforming Industrial Business: The Impact of Digital Transformation on Automotive Organizations, International Conference on Information Systems (ICIS), 5.	3
4	Berghaus S, Back A (2016): Stages in digital business transformation: results of an empirical maturity study, 10th Mediterranean conference on information systems (MCIS 2016) Proceedings, Vol. 22.	0
5	Bogner, E.; Voelklein, T.; Schroedel, O.; Franke, J. (2016): Study Based Analysis on the Current Digitalisation Degree in the Manufacturing Industry in Germany, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems Proceedings, Vol.57, pp.14–19.	1
6	Chanias, S., & Hess, T. (2016): Understanding Digital Transformation Strategy formation: Insights from Europe's Automotive Industry, 20th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS) Proceedings, 296.	1

7	Dyerson R, Spinelli R, Harindranath G. (2016): Revisiting IT readiness: an approach for small firms, Ind Manage Data System, Vol.116 Issue:3, pp.546–63.	1
8	Erol, S.; Schumacher, A.; Sihn, W. (2016): Strategic guidance towards Industry 4.0—A three-stage process model. In Proceedings of the International Conference on Competitive Manufacturing (COMA), Stellenbosch, South Africa, pp. 495–501..	7
9	Jaione Ganzarin, Nekane Errasti (2016): Three stage maturity model in SME's toward Industry 4.0, Journal of Industrial Engineering and Management, Vol.9. Issue 5, pp.11-19.	4
10	Leyh, C.; Schäer, T.; Bley, K.; Forstehäusler, S. (2016): SIMMI 4.0—A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0, 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS) Proceedings, Gdansk, Poland, Volume 8, pp. 1297–1302.	4
11	C. Leyh, K. Bley, and T. Schäffer (2016): Digitization of German Enterprises in the Production Sector – Do they know how ‘digitized’ they are?, 22nd Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2016) Proceedings.	1
12	McKinsey Corp. (2016): Industry 4.0 at McKinsey’s model factories	5
13	PwC: Industry 4.0 (2016): Building the digital enterprise.	9
14	Schumacher, A. et al. (2016): A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises, Procedia CIRP, Vol. 52, pp. 161-166.	10
15	Akdil, K.Y.; Ustundag, A.; Cevikcan, E. (2017): Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy, Industry 4.0: Managing the Digital Transformation, Cham, Switzerland, pp.61-94.	2
16	Correia, E., Carvalho, H., Azevedo, S., & Govindan, K. (2017): Maturity models in supply chain sustainability: A systematic literature review. Sustainability, Vol. 9, Issue 1, pp.64-.	1
17	De Carolis A, Macchi M, Negri E, Terzi S. (2017): A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol 513. pp.13–20.	2
18	Gökalp, E.; Sener, U.; Eren, P.E. (2017): Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM, International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination; Cham, Switzerland, Vol.770, pp. 128–142.	4
19	Pessl, E. (2017): Roadmap Industry 4.0—Implementation Guideline for Enterprises. International Journal of Science, Technology and Society, Vol. 5, Issue 6, pp. 193-202.	0
20	Remane et al. (2017): Digital Maturity in Traditional Industries-an exploratory analysis, 25th European Conference on Information Systems (ECIS) Proceedings, Guimares, Portugal.	0
21	Riasanow, T., Galic, G., & Böhm, M. (2017): Digital Transformation in the Automotive Industry: Towards a Generic Value Network, 25th European Conference on Information Systems (ECIS) Proceedings, pp. 3191-3201.	1
22	Schaupp, E.; Abele, E.; Metternich, J. (2017): Potentials of Digitalization in Tool Management. Procedia CIRP, Vol.63, pp.144–149.	0
23	Anggrahini, D., Kurniati, N., Karningsih, P. D., Parenreng, S. M., & Syahrini, N. (2018): Readiness Assessment Towards Smart Manufacturing System for Tuna Processing Industry in Indonesia, In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol.337, Issue 1, pp. 12-60.	1
24	Bibby, L and Dehe, B (2018): Defining and assessing industry 4.0 maturity levels—case of the defence sector, Production Planning and Control, Vol. 29 Issue 12, pp. 1030-1043. ISSN 0953-7287.	0

25	Botha, A.P. (2018): Rapidly Arriving Futures: Future Readiness for Industry 4.0., South African Journal of Industrial Engineering, Vol.29, Issue 3, pp.148–160.	0
26	Demeter, K. et al. (2018): Assessing Industry 4.0 readiness: A multi-country industry level analysis, 25th Annual EurOMA Conference Proceedings, Budapest, Hungary.	0
27	Fraunhofer ISI (2018): European Iron and Steel Industry:Towards an Overview of Implementations and Perspectives,	1
28	Hamidi, S.R., Aziz, A.A., Shuhidan, S.M., Aziz, A.A., Mokhsin, M. (2018): SMEs maturity model assessment of IR4.0 digital transformation. Intelligent System Comput., Vol.739, pp.721–732.	0
29	Horvat, D.; Stahlecker, T.; Zenker, A.; Lerch, C.; Mladineo, M. (2018): A conceptual approach to analysing manufacturing companies' profiles concerning Industry 4.0 in emerging economies, Procedia Manufacturing Vol.17, pp. 419–426.	0
30	Methavitakul, B.; Santiteerakul, S. (2018): Analysis of key dimension and sub-dimension for Supply Chain of Industry to fourth Industry Performance Measurement, 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI) Proceedings, Singapore, pp. 191–195.	0
31	Mittal S, Romero D, Wuest T. (2018): Towards a smart manufacturing maturity model for SMEs (SM3E), IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, pp.155–63.	1
32	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, pp. 194-214.	7
33	Yongxin, L., Deschamps, et al (2018): The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison, Production Journal, Vol. 28.	1
34	André Hanelt (2019): Ecosystem Change in the Era of Digital Innovation - A Longitudinal Analysis and Visualization of the Automotive Ecosystem	0
35	Basl, J.; Doucek, P. (2019): A Metamodel for Evaluating Enterprise Readiness in the Context of Industry 4.0. Computer Science Information, Vol.10, Issue 89.	0
36	Cognet, B. et al. (2019): Towards a Novel Comparison Framework of Digital Maturity Assessment Models, 16th IFIP WG 5.1 International Conference, Vol. 565, pp. 58-71.	0
37	Fatma Demircan Keskin et al. (2019): Assessment Model for Organizational Adoption of Industry 4.0 Based on Multi-criteria Decision Techniques, Proceedings of the International Symposium for Production Research.	0
38	Getoar Agushi (2019): Understanding the Digital Transformation Approach – A Case of Slovenian Enterprises.	0
39	I.Castelo-Branco, F. Cruz-Jesus és T. Oliveira (2019): Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union, Computers in industry, Vol. 107, pp. 22-32.	0
40	L. Sundberg, K. L. Gidlund, L. Olsson (2019): Towards Industry 4.0? Digital Maturity of the Manufacturing Industry in a Swedish Region, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), pp. 731-735.	0
41	Williams, C. et al (2019): Digital maturity model for small and medium sized enterprises: a systematic literature review. ISPIM Innovation Conference Proceedings, Firenze, ISBN 9789523353510.	0

42	Hizam, M. et al. (2020): Industry 4.0 readiness models: a systematic literature review of model dimensions, MDPI-Information, Vol. 11. Issue 7., pp. 364-394.	0
43	Moura, Kohl (2020): Maturity Assessment in Industry 4.0- A comparative analysis of Brazilian and German Companies, Engineering Science Journal, Vol.4, Issue 5, pp. 319-335.	0
44	Quirin Demlehner (2020): Why Context Matters: Explaining the digital transformation of the manufacturing industry and the role of the industry's characteristic in it	0
45	Sarı, T., Güleş, H.K, Yiğitöl, B. (2020): Awareness and readiness of Industry 4.0: The case of Turkish manufacturing industry, Advances in Production Engineering&Management, Vol.15, Issue 1, pp. 57-68.	0
46	Agca, O.; Gibson, J.; Godsell, J.; Ignatius, J.; Davies, C.V.; Xu, O. (2021): An Industry 4 Readiness Assessment Tool	1
47	Omerovic et al. (2021): How Challenging is the Development of Digital Services in an Automotive Environment? An Empirical Study of the Incongruences IT Experts between Business and IT Experts, 16th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Essen, 17.	2
48	European Commission: Digital transformation monitor	2
49	European Commission: DESI-Index	1
50	Dr. Karl Lichtblau/Prof. Dr.-Ing. Volker Stich/Dr. Roman Bertenrath/Matthias Blum/Martin Bleider/Agnes Millack/Katharina Schmitt/Edgar Schmitz/Moritz Schröter: IMPULS-Industrie 4.0 Readiness.	16
51	Günther Schuh, Reiner Anderl, Roman Dumitrescu, Antonio Krüger, Michael ten Hompel: Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies (ACATECH)	8

2. melléklet: A változógyűjtéshez használt források, a források kapcsolati hálója és a háló magyarázataként szolgáló táblázat

(forrás: saját szerkesztés, mely nagyobb méretben elérhető itt:

https://drive.google.com/file/d/1s--IjrIO_IozkIUuNFnTg3h19Pw0mMB3/view?usp=sharing)

Összefoglaló kategória	Talált változók
CRM	Digital Business Models and Customer Access; Use of Analytical CRM Software; CRM; Social CRM; Use of analytical CRM software; CRM; Use of customer management systems; buy high CC services (accounting software applications, CRM software, computing power); CRM;
3D printing	3D printing; Additive manufacturing; 3D Printers; Additive manufacturing; 3D printing; 3D printing; 3D printing; Additive Manufacturing; 3D printing;
Industrial Robots	Robotics; Autonomous Robots; Adaptive robotics; Advanced robotics; Robots; robotics and automation; Autonomously guided workpieces; Autonomous Robots; Robots
Data	Data; Data Storage and Compute; Data-driven Service; Big Data; Data collection technology; Data analytics; Big Data tools; Data-driven services; Data analytics and Artificial intelligence; Operation data collection; Operation data usage; Big Data analytics; Big Data; Big Data analytics; Data-driven services; Data analytics; Automated data analytics; Big Data; Data-driven services; Data analytics in usage phase; Data-driven business; data analytics; Use of data-driven services offered with physical; Data collection and analysis to expand existing portfolio and business model; Data sharing and protection; Operations data collection; Operations data usage; Inventory control using

	real-time data management; enterprises analyzing big data from any data source; analyze own big data from enterprise's smart devices or sensors; analyze big data from geolocation of portable devices; Big Data; Analyze big data; Availability of data-driven services; Utilization of customer data; Level of data usage for process optimization;
Artificial Intelligence	Deep learning; Cognitive computing; AI; Artificial intelligence; Algorithms; Machine intelligence;
IoT	Adoption of IoT Technology; IoT and CPS; IoT; IoT; Industrial IoT; Internet of things; IoT; IoT; Internet of Things
Cloud	Cloud Computing Service; Cloud; Cloud computing based enterprise solutions; Cloud; Cloud computing services (any); Cloud computing; Cloud usage; Cloud; cloud computing; Cloud usage; cloud storage; Cloud usage; Cloud; Cloud, Cloud Technologies; Cloud;
Internet	Internet and communication behaviour; Enterprises having a fast fixed broadband connection; At least 100 Mbps fixed BB take-up; At least 1 Gbps take-up; Fast BB (NGA) coverage; Fixed Very High Capacity Network (VHCN) coverage; mobile connection to the internet for business use to use dedicated business software applications; The maximum contracted download speed of the fastest fixed internet connection is at least 100 Mb/s; Internet access;
Employee ICT	Employee Adaptability with Industry 4.0; Technical Competencies; Continuous Improvement Capabilities; Innovation openness; Internal IT Expertise; IT Skills; IT skills; Communication and Networking; Enterprises employing ICT specialists; Professional Competence; Learning Competence; Employee skill set; ICT competence of employee; ICT trainings; Willingness to be re-skilled; IT readiness of employees; Digital competencies; Employee readiness; Human resources; Employee skill sets; Skill acquisition; IT expertise; Training and education; ICT competences of employees; Employee's digital competence (EmpComp); Employee's attitude towards technology (EmpTech); Workforce Competence; People capabilities; ICT Specialist; Enterprises providing ICT training
Other SWs (ERP etc.)	Software System Technology; MES; ERP; SCM; Product Planning System (PPS); Document Management System; ERP; Embedded systems; ERP&other SW-s; Electronic SCM; ERP; SRM; WMS; Geolocation; ERP; ERP; Warehouse Management System; Manufacturing Execution System; Use of intelligent inventory control; enterprises who have ERP software package to share information between different functional areas; ERP; eSCm; business management; Use of digital business systems;
ICT security	IT Security; Cybersecurity; IT and Data security; IT Security; Cybersecurity; IT Security; IT Security; IT Security; IT security; Degree of IT security; IT security; Cyber Security;
IT Infrastructure	IT Integration; Information infrastructure HW&SW; ICT Readiness; Agile IT Architecture, Agile IT Structure; IT readiness; Industrial wireless network; Hardware capabilities; IT Support; Equipment infrastructure; IT system; IT infrastructure; IT; ICT add-on functionalities; IT systems; Real-time yield optimization; Existence of modern ICT; Use of modern ICT; IT Systems&Process integration; Machine and operation system integration; SMEs with at least a basic level of digital intensity; ICT for environmental sustainability; System Integration; Service Oriented Architecture; Standardized IT systems; Equipment infrastructure; Employees have remote access to the IT system; Remote access to IT system;
Info share and connectivity	Information Connectivity; IT share; Information sharing; Electronic Information Sharing; Share of system integrated

	data;
Mobile devices	Portable Devices to Employees; Mobile technologies; Portable devices to more than 20% of employees; Utilization of mobile devices; Utilization of mobile devices; Mobile technologies; mobile devices; Remote monitoring and control; Utilization of mobile devices; Mobile technologies;
eValueChains	Digitization and Integration of Vertical and Horizontal Value Chains; E-Value Chain; E-value chain; e Value chain;
Automation	Automation Production Technology; Automation Level; Automation; Automation; Automation; Automation of knowledge work; Availability of autonomous embedded tasks; Automation; robotics and automation; Autonomous processes; Autonomous processes; enterprises whose business processes are automatically linked to those of their suppliers and/or customers;
Sensors (RFID)	Sensor Technology; RFID Drivers, RFID Implementation, RFID Knowledge, RFID Use; Sensors and Actuators; RFID and RTLS technologies; RFID use; RFID technologies; RFID; Sensors&actuators; RFID; Sensors; sensors and connectivity; Real-time tracking; Real-time tracking; RFID technologies;
Simulation&modeling	Simulation; Virtualization technologies; Simulation; VR technology; design and simulation; Augmented reality for MRO; Modelling and simulation; Use of digital modeling; Digital modelling; Simulation Technologies; Augmented Reality; Digital modeling; Digital modeling;
Self-optimising processes	Integration of internal processes; Statistical process control; Self-optimising processes;
E-invoice	Enterprise sending e-invoices; e-Invoices; enterprises sending only paper invoices B2BG;
Social media&marketing	Enterprises using social media; Digital marketing communication; Integrated marketing channels; Social media; Website; Social media; use of social media; Website with sophisticated functionalities;
M2M, M2W communication	Utilization of machine to machine communication; Digital communication; Machine to machine communication; Human-robot collaboration; Utilization of machine to machine communication; Use of machines that communicate each other;
Blockchain technology	Blockchain;
Online selling	SMEs selling online; e-Commerce turnover; Selling online cross-border; Digitalization of sales/services;

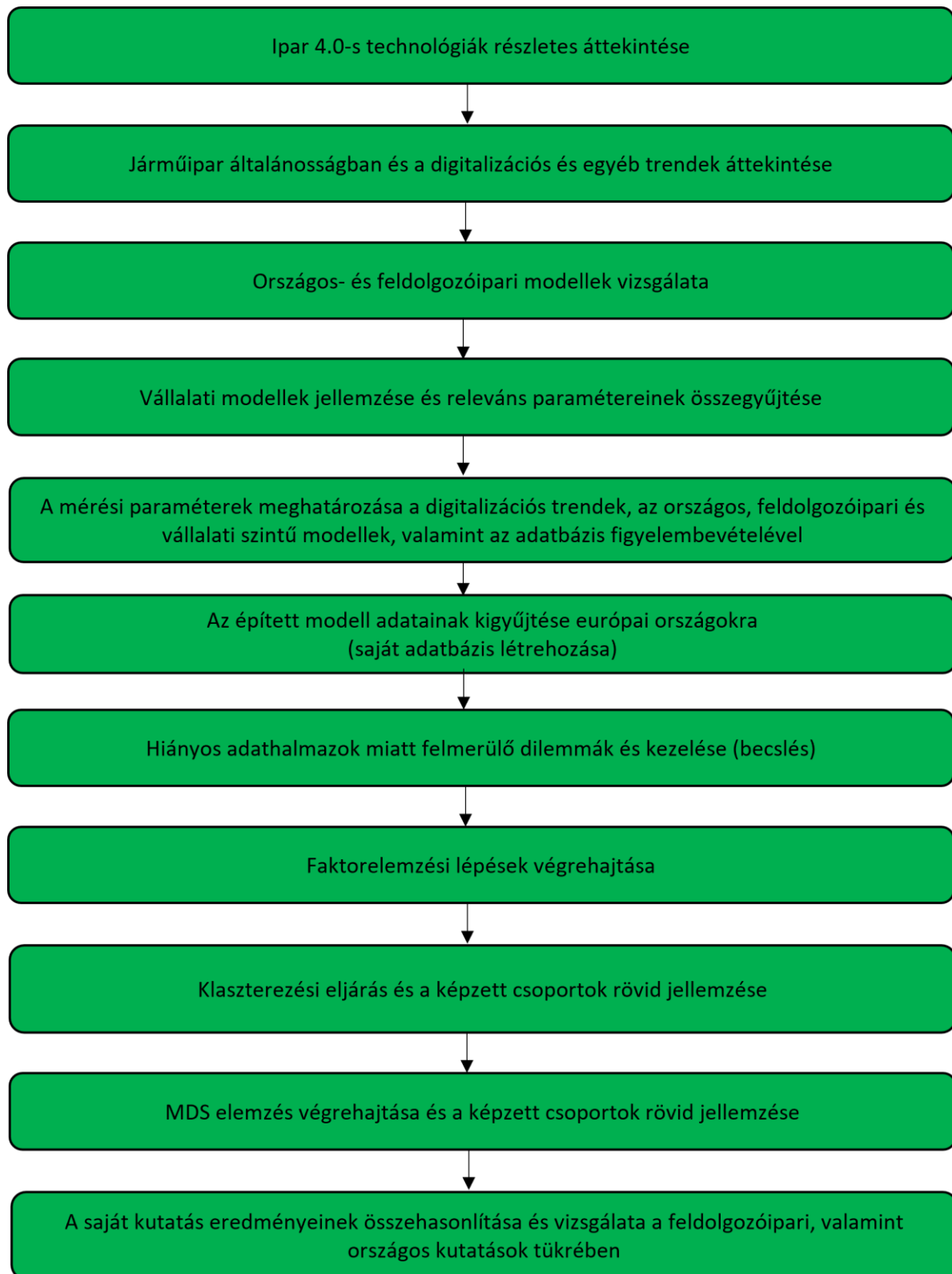
3. melléklet: A forrásokból kigyűjtött változók és csoportosításuk
(forrás: saját szerkesztés)

Countries	Enterprises who have ERP software package to share information between different functional areas	The maximum contracted download speed of the fastest fixed line internet connection is at least 100 Mb/s	Buy cloud computing services used over the internet	Enterprise sending e-invoices, suitable for automated processing	Use industrial robots	Enterprise employed ICT/IT specialists (reduced comparability with 2007)	Enterprises using software solutions like Customer Relationship Management (CRM)	Use 3D printing	Use interconnected devices or systems that can be monitored or remotely controlled via the internet (Internet of Things)	Pay to advertise on the internet	Enterprise provided training to ICT/IT specialists to develop their ICT skills	Analyse big data internally from any data source or externally	Enterprises use one AI system (of chat service, big data analyse with machine learning, big data analyse using natural language processing, service robots)	Average values
Year	2019	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2018	2020	2020	2020	
Code	E ERP1_1756	E ISPDF1_GE100	E CC_4345	E INV45_AP_5037	E RBT1_5074	E ITS2_2115	E CRM_1033	E P30_5058	E IOT_5512	E ADS_4339	E ITSPT2_2126	E_BDA	E_AI_1	
Measure	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	PC_ENT	
CZ	0,6780	0,3434	0,3748	0,3246	0,4871	0,4295	0,2151	0,2830	0,5726	0,2103	0,2779	0,1543	0,1073	0,3150
DE	0,6615	0,4885	0,3945	0,3578	0,3164	0,4098	0,5067	0,3316	0,2217	0,1592	0,2545	0,1873	0,0635	0,3076
DK	0,6719	0,7962	0,7987	0,6372	0,2697	0,2368	0,3054	0,4253	0,1926	0,3792	0,1675	0,1738	0,1043	0,3739
EE	0,3806	0,4168	0,4712	0,5885	0,1659	0,2115	0,1833	0,1630	0,1438	0,2312	0,1490	0,0865	0,0409	0,2376
FR	0,7350	0,4202	0,3007	0,3453	0,3551	0,2929	0,3555	0,2867	0,1305	0,1353	0,1360	0,2082	0,0809	0,2523
HR	0,1329	0,0828	0,3087	0,4338	0,3336	0,2098	0,0387	0,1652	0,2330	0,1161	0,0975	0,0472	0,0000	0,1722
HU	0,4379	0,3368	0,3580	0,2108	0,4247	0,5561	0,1472	0,1867	0,1403	0,1446	0,2291	0,0773	0,0644	0,2397
LV	0,3160	0,4059	0,2235	0,2128	0,1364	0,2330	0,1924	0,1218	0,2181	0,2241	0,0758	0,0713	0,0253	0,1784
NL	0,6451	0,6564	0,4782	0,2419	0,1710	0,2811	0,5937	0,2793	0,1800	0,2478	0,1714	0,2221	0,0250	0,2956
PL	0,4826	0,4553	0,3013	0,2394	0,3743	0,4243	0,4118	0,1971	0,1737	0,1952	0,1795	0,1101	0,0738	0,2613
PT	0,6831	0,5534	0,4051	0,2712	0,5798	0,4394	0,2333	0,1730	0,1806	0,0802	0,2339	0,1461	0,1662	0,2885
RO	0,3139	0,6447	0,1617	0,2676	0,2073	0,2333	0,2265	0,0840	0,1007	0,1142	0,1003	0,0631	0,0877	0,1909
SE	0,7674	0,7069	0,3824	0,6911	0,3296	0,2391	0,3592	0,2160	0,2239	0,4785	0,1397	0,1910	0,1055	0,3386
SI	0,4752	0,5383	0,6798	0,3967	0,5689	0,2551	0,1907	0,3457	0,3253	0,1077	0,1276	0,1097	0,0510	0,3080
SK	0,5814	0,3157	0,3713	0,3338	0,4624	0,5150	0,3038	0,2004	0,2887	0,2128	0,3029	0,1077	0,1412	0,2963
Atlag	0,5296	0,4774	0,4007	0,3702	0,3455	0,3311	0,2842	0,2293	0,2217	0,2024	0,1762	0,1304	0,0758	

4. melléklet: A statisztikai elemzéshez használt adatok (forrás: Eurostat)

	Enterpris es- number	Enterpris es- number	SUM	%of automoti ve industry	Production value- million euro	Productio n value- million euro	SUM	%of automoti ve industry	Gross margin on goods for resale - million euro	Gross margin on goods for resale - million euro	SUM	%of automoti ve industry	Value added at factor cost- million euro	Value added at factor cost- million euro	SUM	%of automoti ve industry
	2020	2020		2020	2020	2020		2020	2019	2019		2019	2019	2019		2019
	C_29	C_30			C_29	C_30			C_29	C_30			C_29	C_30		
	N_ENT	N_ENT			million euro	million euro			million euro	million euro			million euro	million euro		
CZ	1 094,00	857,00	1 951,00	0,56	44 537,40	2 587,30	47 124,70	0,95	788,00	40,80	828,80	0,95	8 790,20	798,20	9 588,40	0,92
DE	2 756,00	1 256,00	4 012,00	0,69	290 998,10	44 875,10	335 873,20	0,87	26 063,90	487,40	26 551,30	0,98	107 367,40	16 180,20	123 547,60	0,87
DK	150,00	149,00	299,00	0,50	2 431,00	798,00	3 229,00	0,75	15,50	8,70	24,20	0,64	341,80	233,00	574,80	0,59
EE	76,00	112,00	188,00	0,40	369,40	123,90	493,30	0,75	0,10	0,00	0,10	1,00	103,60	27,90	131,50	0,79
FR	1 681,00	1 054,00	2 735,00	0,61	99 149,10	85 625,70	184 774,80	0,54	16 151,70	832,80	16 984,50	0,95	20 020,70	24 173,10	44 193,80	0,45
HR	144,00	326,00	470,00	0,31	156,50	444,10	600,60	0,26	9,20	1,80	11,00	0,84	57,60	114,70	172,30	0,33
HU	491,00	223,00	714,00	0,69	26 073,80	1 043,20	27 117,00	0,96	361,30	20,00	381,30	0,95	4 689,80	267,60	4 957,40	0,95
LV	67,00	95,00	162,00	0,41	203,00	82,30	285,30	0,71	17,50	-0,30	17,20	1,02	63,60	43,20	106,80	0,60
NL	786,00	1 506,00	2 292,00	0,34	13 470,40	8 773,00	22 243,40	0,61	1 022,20	164,00	1 186,20	0,86	2 758,10	1 443,80	4 201,90	0,66
PL	1 700,00	2 155,00	3 855,00	0,44	31 823,20	6 368,40	38 191,60	0,83	381,20	226,00	607,20	0,63	8 288,10	1 838,50	10 126,60	0,82
PT	752,00	266,00	1 018,00	0,74	9 203,60	942,70	10 146,30	0,91	49,80	53,70	103,50	0,48	1 721,20	215,70	1 936,90	0,89
RO	529,00	392,00	921,00	0,57	19 027,00	1 609,20	20 636,20	0,92	542,70	22,10	564,80	0,96	4 383,80	614,10	4 997,90	0,88
SE	875,00	813,00	1 688,00	0,52	30 622,70	4 368,50	34 991,20	0,88	5 971,70	87,60	6 059,30	0,99	9 550,90	1 775,60	11 326,50	0,84
SI	193,00	110,00	303,00	0,64	3 337,90	102,30	3 440,20	0,97	-8,40	na	-8,40	1,00	727,40	na	727,40	1,00
SK	746,00	62,00	808,00	0,92	27 948,90	562,40	28 511,30	0,98	120,60	3,00	123,60	0,98	3 793,00	103,30	3 896,30	0,97

5. melléklet: A magyarázatok elkészítéséhez használt kiegészítő adatok (forrás: Eurostat)



6. melléklet. Kutatási lépések meghatározása
(forrás: saját szerkesztés)