



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISFÜZETE

JUHÁSZ LÁSZLÓ

A Karbantartás 4.0 helyzetének elemzése a hazai járműiparban

Témavezető: Pokorádi László, CSc

BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA

Budapest, 2023

Tartalomjegyzék

1	Summary	3
2	A kutatás előzményei	4
3	Célkitűzések	5
4	Vizsgálati módszerek	6
5	Új tudományos eredmények.....	7
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége	7
7	Irodalmi hivatkozások listája	8
8	Publikációk.....	21
8.1	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények.....	21

1 Summary

According to economists and national policy makers [11] [12], the digitalisation of industry, also known as Industry 4.0, can provide answers to the challenges facing industry. According to a European Parliament technical paper [3], this new strategy is expected to bring increased automation of industrial processes, greater flexibility, a multiplication of product variations, faster production speeds, better product quality and more economical operation.

An important question is to what extent industrial digitalisation trends affect Hungarian industrial actors [JL1] and how they are reflected in their overall professional strategy. It is also important to examine the immediate challenges faced by individual industrial actors. Once this situation is understood, it will be possible to identify recommendations specific to certain types of companies, thus helping the digital transformation of the country's enterprises.

Within a company, maintenance processes can be the biggest beneficiaries of new digital solutions. This department has a very high professional knowledge requirement, as it has to keep all the operational systems running. Furthermore, the operational level of maintenance processes can be highly automated with the increasingly widespread use of smart sensors, actuators and associated smart infrastructure.

I think it is very important to benchmark the Hungarian industry against international players, including our digital readiness. The digitalisation of maintenance processes is reflected in the EU-supported Maintenance 4.0 concept and related developments. Preparing the domestic industry for these innovations is a key issue.

The doctoral dissertation seeks answers to the following questions through five chapters:

- How advanced are Hungarian automotive companies in digitising their maintenance processes?
- What are the differences and specific characteristics of the maintenance departments of Hungarian automotive SMEs and large companies with regard to the implementation of Maintenance 4.0?
- What are the differences and specific characteristics of the maintenance departments of Hungarian and foreign-owned automotive companies operating in Hungary with regard to the implementation of Maintenance 4.0?
- How has the Covid19 epidemic affected the digitalisation of maintenance processes in domestic automotive companies?

2 A kutatás előzményei

A feldolgozóipar az Európai Unió egyik gazdasági kulcsszektora, az ágazat azonban kihívásokkal küzd a térségben. Ennek a tendenciának több összetevője van, különböző 21. századi kihívásokkal kell az Európai Unió tagállamoknak szembenézniük. Az iparnak többek között alkalmazkodnia kell a termékek iránti kereslet várható átalakulásához is. Ez annyit jelent, hogy a vásárlók egyre inkább az egyéni, személyre szabott termékeket fogják keresni [7] [8] [9] [10]. Ez a korábban megszokott, gazdaságosan legyártható szériatermékek visszaszorulását jelenti, amihez az egész ellátási láncnak át kell alakulnia, hogy a kis darabszámú vagy éppen egydarabos termékgyártást is megfelelően le tudja képezni.

Gazdasági szakemberek és nemzeti döntéshozók szerint [11] [12] az ipart érintő kihívásokra tud választ adni az ipari digitalizálás, vagyis az Ipar 4.0. Az Európai Parlament egyik szakmai anyaga alapján [3] ettől az új stratégiától a szakemberek az ipari folyamatok megnövekedett automatizálását, nagyobb rugalmasságát, a termékvariációk megsokszorozódását, gyorsabb gyártási sebességet, jobb termékminőséget, valamint gazdaságosabb üzemeltetést várnak.

A magyar ipari szegmens az Európai Unióra jellemző kihívásokkal küzd. A hazai vállalatok, különösen a magyar tulajdonú kisebb üzemek versenyképessége elmarad a világ vezető részétől, az ország innovációs indexe az utóbbi évtizedben stagnálást mutat [16] [17] [18].

Az Ipar 4.0 és az ipari digitális transzformáció kitörési pont lehet Magyarország gazdasági versenyképességének növelésére [19]. A digitalizálással járó előnyök realizálásához azonban a vállalkozásoknak be kell fektetniük az infrastruktúrába, az új technológiákba és személyzetbe, valamint az adatáramlások integrációjába, ezek által részt tudnak venni a globális értékláncban [JL4].

Fontos kérdés azonban, hogy az ipari digitalizálási tendenciák mennyiben érintik a magyarországi ipari szereplőket [JL1], és azok hogyan jelentek meg az általános szakmai stratégiájukban. Fontos továbbá vizsgálni, hogy milyen közvetlen kihívásokkal néznek szembe az egyes ipari szereplők. Ennek a helyzetnek a megértését követően bizonyos vállalatípusokra jellemző ajánlásokat lehet megfogalmazni, ezzel segítve hazánk vállalatainak digitális transzformációját.

Egy vállalaton belül a karbantartási folyamatok lehetnek az új digitális megoldások legnagyobb haszonélvezői. Ennek a részlegnek rendkívül nagy a szakmai tudásigénye, hiszen az összes üzemeltetési rendszert kell működésben tartania. Továbbá a karbantartási folyamatok üzemi

szintjét nagyszerűen lehet automatizálni az egyre inkább elterjedt okos szenzorok, aktuátorok és a hozzájuk tartozó okos infrastruktúra segítségével.

A karbantartási folyamatok az utóbbi időszakban egyre inkább beépültek az üzemeltetési tevékenységekbe és kulcskérdéssé váltak egy üzem termelési biztonságának fenntartásában. Megfelelő működésük esetén az egész termelési tevékenység optimálisan tud működni, el lehet velük kerülni a nem várt leállásokat, nagyobb anyagi és környezeti károkat. A minőség tartásán túl a munkavédelmi biztonság, adott esetben a környezeti biztonság is alapvető szempont a megfelelő üzemeltetés fenntartásában. Ezért rendkívül fontos és aktuális a hazai vállalatok karbantartási folyamatainak megbízhatóságával és korszerűségével foglalkozni.

3 Célkitűzések

Kiemelten fontosnak tartom, hogy a hazai ipart nemzetközi szereplőkkel hasonlítsuk össze, azon belül is mérjük a digitális felkészültségünket. Az Európai Unió szerepe különös jelentőséggel bír ebben az összefüggésben, hiszen az Unió által meghatározott irányelvek és kezdeményezések nagy hatással vannak az ipari folyamatokra. A karbantartási folyamatok digitalizálása az EU által is támogatott Karbantartás 4.0 koncepciójában és az ehhez kapcsolódó fejlesztésekben jelenik meg. A hazai ipar ezen innovációkra való felkészültsége tehát kulcskérdés.

Kutatásomat Magyarország egyik legfejlettebb és legnagyobb hatású szektorában, az autópárhazban folytattam, amely nemcsak jelentős részarányt képvisel a hazai GDP-ben (mintegy 25%) [20], hanem az egész beszállítói láncsal együtt élen jár a különböző innovációk alkalmazásában.

Célom volt megismerni, hogy a magyarországi autópárhaz vállalatok karbantartási szakemberei miképpen gondolkodnak a digitalizációról és a Karbantartás 4.0-ról, illetve a saját folyamataikat tekintve hol tartanak ezeknek a bevezetésében.

Külön érdekes megvizsgálni a vállalatok méretét a Karbantartás 4.0 fejlettségének vonatkozásában. A hazai iparban működő kis- és közép vállalkozásokra (KKV) jellemző, hogy számukra korlátozott erőforrás és infrastruktúra áll rendelkezésre, ami a különböző innovációs törekvésekben hátrányt jelenthet. Célom volt, hogy feltérképezzem az autópárhaz KKV-k és a nagyvállalatok között fennálló különbségeket és az esetleges sajátos jegyeket a karbantartási folyamataik digitalizálásában.

Magyarországon számos külföldi autóipari vállalat működtet leányvállalatot, amelyek az anyacég nemzetközi tudástőkéjét felhasználva élen járnak a különböző ipari innovációs beruházásokban. Fontos azonban összehasonlítani ezeknek a vállalatoknak a helyzetét a Magyarországon működő hazai tulajdonosi háttérrel rendelkező vállalatokkal. Célul tűztem ki azt, hogy felmérjem, hogy a különböző tulajdonosi háttérrel rendelkező vállalatok milyen módon alkalmazzák az Ipar 4.0 innovációit a karbantartási folyamatokban.

A Covid19 világjárvány hatása szintén lényeges szempont volt a kutatás során, hiszen az nagy hatással volt az ipari szektorra és a karbantartásra. Fontos azt felmérni, hogy a járvány, illetve az azt követő lezárások mennyiben erősítették vagy gyengítették a digitális átalakulást a karbantartási folyamatokban.

4 Vizsgálati módszerek

A kutatás céljainak meghatározása után részletes irodalmi feltárásba kezdtem, ami megfelelő kontextusba helyezte a végső felmérést. Ennek keretei között körül jártam az Ipar 4.0 és a Karbantartás 4.0 elméleti hátterét, technológiáit, bevezetési előnyeit és nehézségeit. Ezt követően mind kvalitatív (szakértői interjúk), mind kvantitatív (pilot felmérés) módon folytattam a téma feldolgozását. Az irodalmi megalapozás és az előzetes felmérések megfelelő alapot adtak a végső felmérés kérdéseinek összeállításához. A végső felmérést 2021 márciusa és májusa között online kérdőív segítségével, összesen 129 autóipari vállalat karbantartási szakembere, csoportvezetője vagy menedzsere körében végeztem. Az ebből származó válaszokat rendszereztem, majd különböző statisztikai módszerekkel adatelemzést hajtottam rajtuk végre. Vizsgáltam a különböző Karbantartás 4.0 fejlettségi szinten lévő vállalatok helyzetét és a kérdésekre adott válaszokat általánosságban. Külön részben a kis- és középvállalatokat és a nagyvállalatokat, illetve a hazai és külföldi tulajdonú vállalatokat hasonlítottam össze egymással, keresve közöttük a szignifikáns különbségeket. Részletesen foglalkoztam a Covid19 járvány ipari digitalizációs projektekre gyakorolt hatásával is. A kutatás során egy úgynevezett fogalomtársítási módszert is alkalmaztam, amivel azt vizsgáltam, hogy a karbantartási szakemberek milyen részletességgel ismerik az Karbantartás 4.0-hoz és az ipari digitalizáláshoz köthető fogalmakat, és az egyes fogalmak között mennyire látják az összefüggéseket.

5 Új tudományos eredmények

1. tézis: A magyarországi autóiipari vállalatok a Karbantartás 4.0 bevezetés alacsony fejlettségi szintjén vannak.

A szélesebb körben használt, Karbantartás 4.0 stratégia megvalósítási állapotával foglalkozó skálán a hazai autóiipari vállalatok többsége a digitális karbantartásra való átállás legelején tart, vagyis nem rendelkezik Karbantartás 4.0 stratégiával.

2. tézis: A magyarországi autóiiparban a kis- és középvállalkozások alacsonyabb Karbantartás 4.0 bevezetettségi szinten vannak a nagyvállalatokhoz képest.

A felmérés során szignifikáns összefüggés mutatkozott a vállalatméret és a Karbantartás 4.0 stratégia megvalósítási állapota skála között. Ezen a skálán a kis- és középvállalkozások a nagyvállalatokkal összehasonlítva szignifikánsan magasabb arányban vannak a stratégia bevezetésének korábbi szakaszaiban.

3. tézis: A hazai autóiiparban a Covid19 világjárvány következtében kialakult lezárások pozitívan hatottak a Karbantartás 4.0 bevezetési projektekre.

A felmérés Covid19 világjárvány hatásaival foglalkozó részéből arra a következtetésre jutottam, hogy a magyarországi autóiipari szereplők szignifikánsan magasabb aránya vélekedik úgy, hogy a lezárásoknak inkább pozitív hatásai voltak a Karbantartás 4.0 bevezetési projektekre.

6 Az eredmények hasznosítási lehetősége

Hazánk autóiipari vállalatainak számára az Ipar 4.0, illetve annak karbantartási folyamatokra való alkalmazása, a Karbantartás 4.0 bevezetése kulcsfontosságú jelentőséggel bírnak. A digitális stratégia egyértelmű fejlesztési irány, amivel a nemzetközi versenyképességet lehet jelentősen növelni. A kutatás eredményei alapján azonban kiderült, hogy a hazai autóiipari vállalatok többsége a Karbantartás 4.0 bevezetésének elején tart. A felmérés azt mutatta, hogy a szakemberek viszonylag kevés előnyt tudnak a stratégiához kapcsolni.

Az ipari digitalizálásban rejlő előnyök kihasználása érdekében az első lépés az Ipar 4.0 előnyeinek megértése és a vállalat alkalmazottainak az oktatása. Fontos szempont, hogy a vállalat tisztában legyen az új, digitális technológiákkal, és azzal, hogyan tudják azokat a saját folyamataikban alkalmazni. Az utóbbi időben egyre több lehetőség van hazánkban ezeknek az információknak az elsajátítására. Számos állami [29] [116] és magán [117] [118] digitális

kompetencia központ érhető el a hazai közegben, amelyek különböző szintű oktatásokat, workshopokat tartanak. Ezeken gyakorlati példákon keresztül mutatják be az Ipar 4.0 és a Karbantartás 4.0 elemeit, amelyeket a szakemberek fel tudnak használni a saját digitalizációjuk erősítésére. Ezt követően a vállalatoknak érdemes lenne kisebb pilot projektekkel kezdeni, amelyekben az Ipar 4.0 technológiákat tudják alkalmazni. Ez lehetővé tenné a vállalat szakemberei számára, hogy azokról a saját folyamataik környezetében tapasztalatokat szerezhessenek. A sikeres pilot projektek eredményeinek bemutatása segíthet a következő projektek előmozdításában és a magasabb fejlettségi szintek elérésében.

A felmérésből kitűnik, hogy a hazai kis- és középvállalkozások kevésbé fejlettek a Karbantartás 4.0 tekintetében a nagyvállalatokhoz képest. Számukra hasznos lehet partnerségeket és együttműködések kialakítani olyan szervezetekkel (például az IFKA KKV-kra szabott ajánlatai [119]), amelyek tapasztalattal rendelkeznek az Ipar 4.0 területén. Ez lehetővé tenné a tudás és az erőforrások megosztását, valamint a gyorsabb fejlődést. Hasonló módon az Ipar 4.0 és a Karbantartás 4.0 minél mélyebb ismertetése, népszerűsítése segíthet a Covid19 járvány miatt felfüggesztett vagy a bevezetés során megrekedt vállalatoknak a koncepció nyújtotta előnyök mihamarabbi kihasználásában.

7 Irodalmi hivatkozások listája

- [1] Eurostat, Key figures on European business, 2022, doi: 10.2785/420666,
<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/14871931/KS-06-22-075-EN-N.pdf/7d3b8dad-a4a3-cced-470f-13a4275c570e?t=1665136095868>
- [2] European Commission, Factories of the Future, Multiannual Roadmap for the Contractual PPP under horizon 2020, doi:10.2777/29815,
https://www.effra.eu/sites/default/files/factories_of_the_future_2020_roadmap.pdf
- [3] Davies R., Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth, European Parliamentary Research Service,
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf) (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [4] The World Bank, Data, Manufacturing value added (current US\$)
<https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.CD>, (utoljára letöltve: 2023.08.23.)

- [5] Elkaseer A., Salem M., Ali H., Scholz S.: Approaches to a Practical Implementation of Industry 4.0, Conference: The Eleventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions ACHI 2018, 2018
- [6] Eurostat, Ageing Europe - statistics on population developments, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Ageing_Europe_-_statistics_on_population_developments (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [7] Dais S., Industrie 4.0 – Anstoß, Vision, Vorgehen, Handbuch Industrie 4.0, Bd.4. Springer Reference Technik. Springer Vieweg, 2017, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53254-6_14
- [8] Spath D., Ganschar O., Gerlach S., Hämmerle M., Krause T., Schlund S., Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0., Fraunhofer Verlag, 2013, ISBN: 978-3-8396-0570-7 150
- [9] Pech M., Vrchota J., The Product Customization Process in Relation to Industry 4.0 and Digitalization, Processes 2022, 10(3), 539; <https://doi.org/10.3390/pr10030539>
- [10] Baranauskas, G., Digitalization Impact on Transformations of Mass Customization Concept: Conceptual Modelling of Online Customization Frameworks, Marketing and Management of Innovations, 2020, Volume 3, pp. 120–132, DOI: 10.21272/mmi.2020.3-09
- [11] Teixeira J. E., Tavares-Lehmann A. T. C.P., Industry 4.0 in the European union: Policies and national strategies, Technological Forecasting and Social Change, Volume 180, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121664>
- [12] European Parliament The Directorate-General for Internal Policies, Policy Department A: Economic and Scientific Policy: Industry 4.0, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [13] International Electrotechnical Commission, Factory of the future, 2015, ISBN 978-2-8322-2811-1, https://www.iec.ch/system/files/2019-09/content/media/files/iec_wp_factory_of_the_future_en_lr.pdf (utoljára letöltve: 2023.08.23.)

- [14] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A Stronger European Industry for Growth and Economic Recovery, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0582:FIN:EN:PDF> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [15] Pásztor Sz., A német–magyar gazdasági és külkereskedelmi kapcsolatok, Oeconomus Gazdaságkutató Alapítvány, 2022, <https://www.oeconomus.hu/irasok/a-nemet-magyar-gazdasagi-es-kulkereskedelmi-kapcsolatok/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [16] Pénzcentrum, Kevesebb új terméket, szolgáltatás dobnak piacra a magyar cégek: ez áll a háttérben, <https://www.penzcentrum.hu/vallalkozas/20220613/kevesebb-uj-termeket-szolgalatas-dobnak-piacra-a-magyar-cegek-ez-all-a-hatterben-1125849> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [17] Polónyi I., A magyar innováció nemzetközi összehasonlításban, *Educatio* 27 (2), pp. 161–176 (2018), doi:10.1556/2063.27.2018.2.1
- [18] Global Innovation Index, 2013-2022 <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [19] Wimmer Á., Csesznák A., A hazai vállalatok versenyképességi jellemzői a negyedik ipari forradalom idején, Alinea Kiadó – BCE Versenyképesség Kutató Központ, 2021, ISBN 978-615-5669-49-1 (pdf), http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/6609/1/Wimmer_Csesznak_Vallalatok_2021.pdf
- [20] E-cars.hu, Rendkívül fontos Magyarország számára az autóipar, <https://e-cars.hu/2022/09/09/rendkivul-fontos-magyarorszag-szamara-az-autoipar/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [21] Science Direct Industry 4.0 keresés, <https://www.sciencedirect.com/search?q=Industry%2B4.0> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [22] Nowlan F. S., Heap H. F., Reliability-centered maintenance. United Air Lines Inc San Francisco Ca., 1978

- [23] Kelly A., Maintenance organization and systems, Butterworth-Heinemann, 1997
- [24] Wang, L., Chu, J., Wu, J. (2007): Selection of Optimum Maintenance Strategies Based on a Fuzzy Analytic Hierarchy Process. International Journal of Production, Economics, Vol. 107.1., pp. 151-163.
- [25] Pokorádi L., Karbantartás elmélet, Elektronikus tansegédlet, 2002
- [26] Kumar U., Galar D., Maintenance in the Era of Industry 4.0: Issues and Challenges. Quality, IT and Business Operations, 2018, pp. 231-250, doi 10.1007/978-981-10-5577-5_19.
- [27] Xu M., David J. M., Kim S., The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges, International Journal of Financial Research, Volume 9, Number 2, 2018, doi: 10.5430/ijfr.v9n2p90.
- [28] Kagermann H., Lukas W.-D., Wahlster W., Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution, VDI nachrichten, Volume 13.1, 2013, pp. 2-3.
- [29] Ipar 4.0 Mintagyár projekt, IFKA Iparfejlesztési Közhasznú Nonprofit Kft., GINOP 1.1.3-16, <https://www.ipar4.hu/medias/29/negyedikipariforradalom.pdf> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [30] Német Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium, Industry 4.0 Plattform, What is Industry 4.0?, <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [31] McKinsey Digital, Industry 4.0 - How to navigate digitization of the manufacturing sector, 2015, <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/industry%2040%20how%20to%20navigate%20digitization%20of%20the%20manufacturing%20sector/industry-40-how-to-navigate-digitization-of-the-manufacturing-sector.ashx> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [32] Koch V., Kuge S., Geissbauer R., Schrauf S., Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet, Tech. Rep. TR 2014-2, PWC Strategy GmbH, 2014, New York City, USA

- [33] Hermann M., Pentek T., Otto B., Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2016, pp. 3928-3937, doi: 10.1109/HICSS.2016.488
- [34] Kagermann H., Change Through Digitization — Value Creation in the Age of Industry 4.0, Management of Permanent Change, Springer Gabler Wiesbaden, 2015, pp. 23-45, doi: 10.1007/978-3-658-05014-6_2.
- [35] Jasiulewicz-Kaczmarek M., Gola A., Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing - an Overview, IFAC-PapersOnLine, Volume 52, Issue 10, 2019, pp. 91-96, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.005>
- [36] Rødseth H, Schjølberg P, Marhaug A, Deep digital maintenance, Advances in Manufacturing, Volume 5, 2017, pp. 299–310, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0202-9>
- [37] Rapolu B., Predictive maintenance: Big Data on rails, Dataconomy, <https://dataconomy.com/2015/04/predictive-maintenance-big-data-on-rails/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [38] Almagor D., Lavid D., Nowitz A., Vesely E., Maintenance 4.0 implementation handbook, Reliabilityweb, Inc., 2020, ISBN 978-1-941872-92-5
- [39] Cachada A., Barbosa J., Leitão P., Geraldes C. A. S, Deusdado L., Costa J., Teixeira C., Teixeira J., Moreira A., Moreira P., Romero L., Maintenance 4.0: Intelligent and Predictive Maintenance System Architecture, 2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2018, pp. 139-146, doi: 10.1109/ETFA.2018.8502489
- [40] ISO 13374-2: 2007, Condition monitoring and diagnostics of machines — Data processing, communication and presentation, 2007
- [41] Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Engel P., Harnisch M. J., Justus J., Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, BCG, https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries (utoljára letöltve: 2023.08.23.)

- [42] Mendes C. R., Osaki R. Y., Da Costa C., Application of Big Data and the Internet of Things in Industry 4.0, *European Journal of Engineering Research and Science*, Vol. 3, No. 11, 2018, DOI: 10.24018/ejers.2018.3.11.967
- [43] Passlick J., Dreyer S., Olivotti D., Grützner L., Eilers D., Breitner M., Predictive maintenance as an internet of things enabled business model: A taxonomy, *Electronic Markets*, Volume 31, 2021, pp. 67-87, <https://doi.org/10.1007/s12525-020-00440-5>
- [44] Holgado M., Macchi M., Exploring the role of E-maintenance for value creation in service provision, 2014 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE), doi: 10.1109/ICE.2014.6871586.
- [45] Mendoza M., Industrial IoT – The Top 5 Benefits of Industry 4.0 Hitachi Solutions, <https://global.hitachi-solutions.com/blog/industrial-iot-benefits/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [46] Civerchia F., Bocchino S., Salvadori C., Rossi E., Maggiani L., Petracca M., Industrial Internet of Things monitoring solution for advanced predictive maintenance applications, *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 7, 2017, pp. 4-12, ISSN 2452-414X, <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.02.003>
- [47] Köhler M., Industry 4.0: Condition monitoring use cases in detail, Bosch ConnectedWorld Blog, <https://blog.bosch-si.com/industry40/industry-4-0-condition-monitoring-use-cases-in-detail/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [48] Cloud Computing: What is it and How Does it Work?, Qwerty concepts, <https://www.qwertyc.com/cloud-computing-work/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [49] Tao F., Cheng Y., Xu L., Zhang L., Li B., CCIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Volume 10, Number 2, 2014, pp. 1435-1442, doi: 10.1109/TII.2014.2306383
- [50] Mourtzis D., Vlachou E., A cloud-based cyber-physical system for adaptive shop-floor scheduling and condition-based maintenance, *Journal of Manufacturing Systems*, Volume 47, 2018, pp. 179-198, ISSN 0278-6125, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.05.008>

- [51] Seat Mediacenter, SEAT S.A. creates a pioneering digital system for predictive maintenance and strengthens its position in the Industrial Cloud, <https://www.seat-mediacyenter.com/smc/seat-sa/seat-sa-news/company/2021/SEAT-SA-creates-a-pioneering-digital-system-for-predictive-maintenance-and-strengthens-its-position-in-the-Industrial-Cloud.html> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [52] Mourtzis D., Vlachou E., Milas E., Xanthopoulos N., A Cloud-based Approach for Maintenance of Machine Tools and Equipment Based on Shop-floor Monitoring, *Procedia CIRP*, Volume 41, 2016, pp. 655-660, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.069>
- [53] Kumar, U., Galar, D., Maintenance in the Era of Industry 4.0: Issues and Challenges. Quality, IT and Business Operations. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Singapore, 2018, https://doi.org/10.1007/978-981-10-5577-5_19
- [54] Christiansen B., The Role of Big Data In The Maintenance Industry, SmartData Collective, <https://www.smartdatacollective.com/role-of-big-data-in-maintenance-industry/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [55] DATAbility.ai, Efficient Customer Service Management needs Prescriptive Maintenance for an Intelligent Decision Support, <https://www.datability.ai/use-case-prescriptive-maintenance-in-servicenow/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [56] Standard Terminology for Additive Manufacturing – General Principles – Terminology ASTM, 2012. ASTM F2792
- [57] Gibson I., Rosen D. W., Stucker B., Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct, Digital Manufacturing, 2. print, New York: Springer-Verlag, 2015, ISBN 978-1-4939-2113-3 (eBook), doi: 10.1007/978-1-4939-2113-3
- [58] Kumar A., Singh G., Singh R. P., Pandey P. M., Role of Additive Manufacturing in Industry 4.0 for Maintenance Engineering, Applications and Challenges of Maintenance and Safety Engineering in Industry 4.0, 2020, doi: 10.4018/978-1-7998-3904-0.ch013
- [59] Wits W. W., García J. R. R., Becker J. J. M., How Additive Manufacturing Enables more Sustainable End-user Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Strategies,

Procedia CIRP, Volume 40, 2016, pp. 693-698, ISSN 2212-8271,
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.156>.

- [60] Azuma R. T., A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 1997; 6 (4): pp. 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- [61] Palmarini R., Erkoyuncu J. A., Roy R., Torabmostaedi H., A systematic review of augmented reality applications in maintenance, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 49, 2018, pp. 215-228, ISSN 0736-5845,
<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.002>
- [62] Wakodikar A., Industrial Maintenance- Embrace the digital approach, Industr, <https://www.industr.com/en/industrial-maintenance-embrace-the-digital-approach-2537488> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [63] Potter K., Augmented Reality becoming a focus in maintenance technology Geospatial World, <https://www.geospatialworld.net/blogs/augmented-reality-becoming-a-focus-in-maintenance-technology/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [64] Deacon G., How Ocado Technology and partners pioneered a collaborative robot which can proactively assist humans in maintenance tasks, Ocado Technology, <https://www.ocadogroup.com/technology/blog/how-ocado-technology-and-partners-pioneered-collaborative-robot-which-can/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [65] Morioka M., Sakakibara S., A new cell production assembly system with human–robot cooperation, CIRP Annals, Volume 59, Issue 1, 2010, pp. 9-12, ISSN 0007-8506, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.03.044>
- [66] Chryssolouris G., Papakostas N., Mavrikios D., A perspective on manufacturing strategy: Produce more with less, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Volume 1, Issue 1, 2008, pp. 45-52, ISSN 1755-5817,
<https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2008.06.008>
- [67] Wilkins J., Cobots And The Future Of Maintenance, Asia Pasific Food Industry, <https://www.apfoodonline.com/industry/cobots-and-the-future-of-maintenance/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [68] Rüssmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P. Harnisch, M., Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries,

- BCG Digital Transformation, 2015,
https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [69] McKinsey Digital, Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector, 2015,
https://www.mckinsey.com/~/_media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/Industry%2040%20How%20to%20navigate%20digitization%20of%20the%20manufacturing%20sector/Industry-40-How-to-navigate-digitization-of-the-manufacturing-sector.ashx (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [70] Kiel D., Müller J. M., Arnold C., Voigt K., Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0, *International Journal of Innovation Management*, 2017, 1740015, World Scientific Publishing Europe Ltd., DOI: 10.1142/S1363919617400151
- [71] Bajic B., Ignjatic J., Suzic N., Stevanov S., Predictive Manufacturing Systems in Industry 4.0: Trends, Benefits and Challenges, Conference: 28TH DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION, Vol. 28, DOI:10.2507/28th.daaam.proceedings.112
- [72] Waibel, M. W., Steenkamp, L. P., Moloko, N., and Oosthuizen, G. A. (2017). Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Elements. *Procedia Manufacturing*, Vol. 8, pp. 731-737
- [73] Pereira A.C., Romero F., A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept, *Procedia Manufacturing*, Vol.13, pp. 1206-1214,
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- [74] Uglovskaja E., The New Industrial Era, Industry 4.0 & Bobst company case study
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123113/Ekaterina_Uglovskaja.pdf?sequence=1&isAllowed=y (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [75] Tiwari S., Supply chain integration and Industry 4.0: a systematic literature review, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 28.3, pp. 990-1030., DOI: 10.1108/BIJ-08-2020-0428

- [76] Saurabh V., Prashant A., and Santosh B. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse. 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering/ Procedia Manufacturing, Vol. 20, pp. 233–238.
- [77] Dennis K., Nicolina P., Yves-Simon, (2017). Textile Learning Factory 4.0 – Preparing Germany’s Textile Industry for the Digital Future. 7th Conference on Learning Factories, CLF 2017 Procedia Manufacturing, Vol. 9, pp 214 – 221
- [78] Liao Y., Deschamps F., Loures E. de F. R., Ramos and L. F., Past, Present and Future of Industry 4.0 – A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal, International Journal of Production Research, Vol. 55.12, pp. 3609-3629, <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- [79] Chen B., Wan J., Shu L., Li P., Mukherjee M., Yin B., Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges, IEEE Access, Vol. 6, pp. 6505-6519, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2783682.
- [80] Simunic D., Pavic I., Standards and Innovations in Information Technology and Communications, 2020, Stand ISBN: 978-3-030-44416-7, DOI: 10.1007/978-3-030-44417-4
- [81] Precedence Research, Predictive Maintenance Market, Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2022-2030, <https://www.precedenceresearch.com/predictive-maintenance-market> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [82] Haarman M., Mulders M., Vassiliadis C., Predictive maintenance 4.0-predict the unpredictable, PwC and Mainnovation, 2017. <https://www.pwc.be/en/documents/20171016-predictive-maintenance-4-0.pdf> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [83] Milojevic M., Nassah F., Digital Industrial Revolution with Predictive Maintenance, CXP Group, 2018, https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/PAC_Predictive_Maintenance_GE_Digital_Executive_Summary_2018_1.pdf (utoljára letöltve: 2023.08.23.)

- [84] European Federation of National Maintenance Societies, Maintenance 4.0 Study, <http://www.efnms.eu/committees/ecm4-0-european-committee-maintenance-4-0/maintenance-4-0-study/>
- [85] Gaál Z., Szabó L., Élenjáró karbantartási menedzsment – úton a siker felé?, *Gépgyártástechnológia*, Vol. 37.4, 1997, pp. 9-11.
- [86] Gaál Z., Kovács Z., Megbízhatóság – Karbantartás, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2004, ISBN: 963733226X
- [87] Gaál Z., Szabó L., Kovács O. Z., Karbantartási kultúra – A karbantartási kultúra összefüggései, A karbantartás fókuszában: érték – költség – versenyképesség, Nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, 2008, pp. 176-182.
- [88] Pokorádi L., Duer S., Investigation of maintenance process with Markov matrix, *Proceedings of the 4th international Scientific Conference on advances in Mechanical Engineering*, pp 13-15.
- [89] Pokorádi L., Sensitivity analysis of reliability of Systems with Complex Interconnections, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 32, pp. 436-442, <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.09.017>
- [90] Losonci D., Takács O., Demeter K., Az ipar 4.0 hatásainak nyomában – a magyarországi járműipar elemzése, *Közgazdasági Szemle*, Vol. 66., pp. 185-218., <http://real.mtak.hu/91120/1/04LosonciTakacsDemeter.pdf> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [91] MTA Sztaki, Az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform – Kérdőív projekt, 2017, https://www.i40platform.hu/sites/default/files/i40platform/2021-02/Flyer_v9.0.pdf, (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [92] Castelo-Branco I., Amaro-Henriques M., Cruz-Jesus F., Oliveira T., Assessing the Industry 4.0 European divide through the country/industry dichotomy, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 176, 2023, 108925, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108925>

- [93] Kamin, S., Kearns, J., Impact of the COVID-19 Pandemic on Global Industrial Production. American Enterprise Institute, 2021, <https://www.jstor.org/stable/resrep45458> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [94] De Vet, J.M., Nigohosyan, D., Ferrer, J.N., Gross, A.K., Kuehl, S., Flickenschild, M., Impacts of the COVID-19 pandemic on EU industries, 2021, pp. 1-86, Europai Parlament
- [95] Song, Y., Hao, X., Hu, Y., & Lu, Z., The Impact of the COVID-19 pandemic on China's manufacturing sector: a global value chain perspective, *Frontiers in public health*, Vol. 9., <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.683821>
- [96] OECD, Digital Transformation in the Age of COVID-19: Building Resilience and Bridging Divides, *Digital Economy Outlook 2020, 2020 Supplement*, OECD, www.oecd.org/digital/digital-economy-outlook-covid.pdf (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [97] Al-maaitah T. A., Tha'er Majali M. A., Almaaitah D. A., The Impact of COVID-19 on the Electronic Commerce Users Behavior, *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, 2021, Vol. 27.1.
- [98] 2004. évi XXXIV. törvény a kis- és középvállalkozásokról, fejlődésük támogatásáról, A kis- és középvállalkozások meghatározása
- [99] Frohm J., Lindström V., Winroth M., Stahre J., Levels of Automation in Manufacturing, *Ergonomia - International Journal of Ergonomics and Human Factors*, Volume 30, 2008, pp. 181-207.
- [100] Koomsap P., Luong H. T., Lima R. M., Nitkiewicz T., Chattinnawat W., Ayutthaya D. H. N., Roles of MSIE graduates to support Thailand sustainable smart industry. *Transdisciplinary Engineering for Complex Socio-technical Systems*, pp. 75-84, DOI: 10.3233/ATDE190110
- [101] Flores M., Maklin D., Golob M., Al-Ashaab A., Tucci C., Awareness Towards Industry 4.0: Key Enablers and Applications for Internet of Things and Big Data, *Collaborative Networks of Cognitive Systems, PRO-VE 2018. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Vol 534. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-319-99127-6_32

- [102] Nick G. A., Az Ipar 4.0 hazai adaptációjának kihívásai a vállalati és területi összefüggések tükrében, Doktori értekezés, Széchenyi István Egyetem, Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola, 2018
- [103] Központi Statisztikai Hivatal, Tájékoztatósi adatbázis, Regisztrált gazdasági szervezetek lekérdezés, 2021.
- [104] Észak-magyarországi autóipari klaszter, <http://nohac.hu/index.php/hu/tagjaink> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [105] AIPA – Alföldi Regionális Iparfejlesztési Klaszter, <http://www.provice.hu/documents/aipaklaszterbrosura.pdf> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [106] Hírös beszállítói klaszter, <http://hirosklaszter.hu/hu/klasztartagok> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [107] Autopro cégekatalógus, <https://autopro.hu/katalogus/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [108] HIPA – Hungarian Investment Promotion Agency, Automotive Industry Hungary 2019, Automotive CEO Survey - Report on the Hungarian Automotive Industry, 2019, <https://hipa.hu/hianyotlo-felmeres-keszult-a-magyar-jarmuiparrol> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [109] Kórácz T., Aggodalommal vegyes optimizmus az autóiparban, KPMG Tanácsadó Kft, <https://home.kpmg/hu/hu/home/tanulmanyok/2021/12/kpmg-global-automotive-executive-survey-2021.html> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [110] Kiss J., A vállalatok szerepe a magyar innovációs rendszerben, 2013: Innovációs rendszerek, Szereplők, kapcsolatok és intézmények. JATEPress, Szeged, 111-123. o. <http://eco.u-szeged.hu/download.php?docID=27519> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [111] Tavakol M., Dennick R., Making sense of Cronbach's alpha, Int J Med Educ. 2011, Vol. 2, pp. 53-55., doi: 10.5116/ijme.4dfb.8dfd
- [112] Bacon D., Sauer P., Young M., Composite Reliability in Structural Equations Modeling. Educational and Psychological Measurement, 1995, Vol. 55., pp. 394-406. 10.1177/0013164495055003003.

- [113] Sheskin D., Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures, Fifth Edition, Egyesült Királyság, Taylor & Francis 110, 112, 113, 115
- [114] Akoglu H., User's guide to correlation coefficients, Turkish Journal of Emergency Medicine, 2018, Vol. 18.3, DOI: 10.1016/j.tjem.2018.08.001
- [115] Neuhauser M., Nonparametric statistical tests: A computational approach. CRC Press, 2011
- [116] Ipar 4.0 - Negyedik ipari forradalom, Ipar 4.0 Technológiai Központ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, <https://www.ipar4.bme.hu/ipar-4-0/#page-content> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [117] Ipar 4.0, Kürt Akadémia, https://kurtakademia.hu/kepzesek/ipar-4-0/?gclid=CjwKCAjw9suYBhBIEiwA7iMhNNpR9v_o80tCN-eGoHHOSiROkbGlhO4a3cnLSwmfnx7Nuow7es9sRRoCF4kQAvD_BwE (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [118] Ipar 4.0 képzés, digilean, <https://digilean.hu/ipar-4-kepzes/> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)
- [119] Ipar 4.0 Platform, A KKV-k számára, <https://www.ipar4.hu/hu/page/ipar-4-0-kkv-knak> (utoljára letöltve: 2023.08.23.)

8 Publikációk

8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [JL1] **Juhász L.**, The Fourth Industrial Revolution in Hungary, 2018 IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI), 2018, pp. 167-172, doi: 10.1109/CINTI.2018.8928236.

Scopus, IEEE Xplore

Független idézetek száma: 4, ebből Scopus jelölt: 1

- [JL2] **Juhász L., Pokorádi L.**, A Dolgok Internete és a karbantartás közötti kapcsolat napjainkban, GRADUS, ISSN 2064-8014, Volume 5.1, 2018, pp. 99-106.

Független idézetek száma: 1

- [JL3] **Juhász L.**, Pokorádi L., Kiterjesztett valóság a modern karbantartásban, Repüléstudományi közlemények, ISSN 1417-0604, Volume 30.2, 2018, pp. 37-46
Független idézetek száma: 1
- [JL4] **Juhász L.**: Overview of industry 4.0 tools for cost-benefit analysis, TÉR-GAZDASÁG-EMBER, ISSN 2064-1176, Volume 5.4, 2018, pp. 51-71.
Független idézetek száma: 2
- [JL5] **Juhász L.**, Az Ipar 4.0 jellemzői, technológiáinak hatása a repülőgépiparra, Repüléstudományi Szemelvények, ISBN 978-615-5945-09-0, 2018, pp- 53-78
- [JL6] **Juhász L.**, Pokorádi, L., Okos gyártás és modern karbantartás a mai magyar járműiparban, GRADUS, ISSN 2064-8014, Volume 8.1, 2021, pp. 307-312
- [JL7] **Juhász L.**, Pokorádi L., Industry 4.0 and Modern Maintenance in Today's Hungarian Vehicle Industry, Journal of Physics: Conference Series, Volume 1935, 012008, 5th Agria Conference on Innovative Vehicle Technologies and Automation Solutions InnoVeTAS, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1935/1/012008
Scopus
Független idézetek száma: 1, ebből Scopus jelölt: 1
- [JL8] **Juhász L.**: Magyar és külföldi vállalati karbantartás napjainkban, GRADUS, ISSN 2064-8014, Volume 8.2, 2021, pp. 47-51
- [JL9] **Juhász L.**, Pokorádi L., Industrial digitalisation and Industry 4.0 among maintenance professionals in small and mediumsized enterprises, IEEE 20th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY 2022) 2022, pp. 239-244, doi: 10.1109/SISY56759.2022.10036317
Scopus, IEEE Xplore
- [JL10] **Juhász L.**, Pokorádi L., Az Ipar 4.0 megítélése a bevezetés különböző stádiumaiban, GRADUS, ISSN 2064-8014, Volume 9.1, 2022, ENG.007,
<https://doi.org/10.47833/2022.1.ENG.007>
- [JL11] **Juhász L.**, Pokorádi L., The impact of COVID on the digitization of Hungarian maintenance sector, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1237, 6th Agria Conference on Innovative Vehicle Technologies and Automation Solutions (InnoVeTAS 2022), 012005, doi: 10.1088/1757-

899X/1237/1/012005

Független idézetek száma: 1

[**JL12**] **Juhász L.**, Pokorádi L., Digitization experiences of large Hungarian companies in industrial maintenance, 2022 IEEE 10th Jubilee International Conference on Computational Cybernetics and Cyber-Medical Systems (ICCC), IEEE Xplore, 2022, pp. 185-190, doi: 10.1109/ICCC202255925.2022.9922709.

IEEE Xplore