

Effect of Industry 4.0 on Business Prosperity in Slovak Light Industry

Patrik Richnák¹
Andrea Čambalíková²

¹ Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta podnikového manažmentu, Katedra manažmentu výroby a logistiky, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava, Slovenská republika, patrik.richnak@euba.sk

² Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta podnikového manažmentu, Katedra manažmentu, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava, Slovenská republika, andrea.cambalikova@euba.sk

Grant: VEGA č. 1/0375/20

Název grantu: Nová dimenzia rozvoja manažmentu výroby a logistiky pod vplyvom Industry 4.0 v podnikoch na Slovensku

Oborové zamčrenie: AE - Řízení, správa a administrativa

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

Abstract Industry 4.0 is the key to increasing productivity, promoting economic growth and ensuring the sustainability of industrial companies. It is critical to understand the nature and vision of Industry 4.0 and its technologies for a transformation to a smart factory. To achieve the successful transformation, the application of general concepts of cyber-physical systems and industrial IoT is required in order to identify, locate, track, monitor and optimise processes in the company. The main objective of the paper was to determine and explicate the terms related to Industry 4.0 on the basis of a foreign literature search and then to explain the subject issue in companies based on the research results. The intention of the paper was to clarify the effect of Industry 4.0 on the business prosperity in Slovak light industry.

Keywords digitalisation, Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, industrial transformation

1. ÚVOD

Industry 4.0 predstavuje pojem, ktorý sa začal skloňovať v roku 2011 v Nemecku ako návrh na vytvorenie novej koncepcie nemeckej hospodárskej politiky založenej na moderných technológiách. Jeho význam mal byť v povedomí len niekoľko rokov, avšak jeho opodstatnenie neustále nabera na globálnej sile. Industry 4.0 sa používa na zlepšenie výroby prostredníctvom integrácie systémov, prepojenia fyzických a kybernetických schopností a využívania informácií vrátane aplikovania vývoja veľkých dát. Implementácia Industry 4.0 nachádza uplatnenie vo všetkých priemyselných odvetviach. Industry 4.0 predstavuje modernú priemyselnú revolúciu, keďže deklaruje zvýšenú flexibilitu vo výrobe spolu s hromadným prispôbením, lepšou kvalitou a zvýšenou produktivitou. Industry 4.0 umožňuje podnikom vyrovnávať sa s novými výzvami výroby, kedy sa kladie dôraz na čoraz individuálnejšie výrobky s krátkou dobou realizácie a vyššou kvalitou.

V prvej časti príspevku sme sa venovali komparácii zahraničných názorov autorov na problematiku štvrtej priemyselnej revolúcie, Industry 4.0 a technológiám Industry 4.0. Následne v ďalšej časti príspevku bol objasnený vplyv Industry 4.0 na prosperitu 38 podnikov pôsobiacich v ľahkom priemysle na Slovensku.

2. KONCEPTUÁLNY RÁMEC

Štvrtá priemyselná revolúcia označovaná aj ako Industry 4.0 determinuje zmeny najmä v oblasti výroby, kedy sa od masovej výroby prechádza k personalizovanej výrobe, ktorá vedie k väčšej flexibilita výrobných procesov a poskytuje prostriedky na efektívnejšie uspokojovanie individuálnych potrieb rôznych zákazníkov (Nosalska a Mazurek, 2019).

Industry 4.0 predstavuje novú priemyselnú revolúciu, ktorá je zameraná na kyberneticko-fyzikálne systémy. Predpokladá, že prepojenie fyzických a digitálnych systémov v reálnom čase spolu s novými podpornými technológiami zmení spôsob, akým sa vykonáva práca, a teda aj to, ako by sa mala práca riadiť. Industry 4.0 má potenciál prelomiť alebo aspoň zmeniť tradičné fungovanie organizácie vrátane nákladov, flexibility, rýchlosti a kvality (Lennon a Tomlin, 2019).

Industry 4.0, taktiež známe ako technologická revolúcia, ktorá zahŕňa veľké dáta, priemyselnú automatizáciu (robotiku), simulácie, integračné systémy, internet vecí, kybernetickú bezpečnosť, cloud computing, aditívnu výrobu a rozšírenú realitu ako hlavné komplexné faktory technologickú prácu zameranej na neustále zlepšovanie. Industry 4.0 spája informačné a komunikačné technológie s výrobou a výrobnými procesmi (Lopes de Sousa Jabbour a kol., 2018).

Industry 4.0 predstavuje digitálny výrobný systém, ktorý poskytuje úspešnú integráciu výrobných procesov a informačných technológií. Primárnym cieľom Industry 4.0 je zlepšenie efektívnosti a odozvy výrobného systému (Ahuett-Garza a Kurfess, 2018).

Industry 4.0 je súčasťou integrovaného a prepojeného sveta, ktorý sa vyvinul vďaka revolúcii v oblasti informačných a komunikačných technológií. Táto technologická zmena v Industry 4.0 prebieha prostredníctvom internetu vecí a internetu služieb. Tým sa priemysel stáva "inteligentným", a to všetko je podporované kyberneticko-fyzickými systémami (Liao a kol. 2017).

Industry 4.0 sa zameriava na interakciu výrobných stránok. Vychádza zo silnej priemyselnej základne, integruje informačné a komunikačné technológie a jeho cieľom je vybudovať inteligentnú továrňu a inteligentnú výrobu. Zameriava sa na vytváranie

inteligentných výrobkov a procesov, ktoré kladú väčší dôraz na internet vecí. Industry 4.0 do určitej miery predikuje, že sa znížia náklady na pracovnú silu prostredníctvom inteligentného riadenia. Možno tiež povedať, že Industry 4.0 je reformou zhora nadol, čo znamená, že výrobný priemysel ťahá informačný priemysel (Zhou a Le Cardinal, 2019).

Industry 4.0 sa čoraz viac uplatňuje vo výrobných, distribučných a obchodných reťazcoch na celom svete. Integrácia najmodernejších techník, ktoré za ňou stoja, znamená hlbokú a komplexnú revolúciu, teda zmenu procesov založených na plánovaní inteligentných a reaktívnych procesov, ktoré sa musia dôkladne uplatňovať na rôznych úrovniach (Ruiz-Sarmiento a kol., 2020).

Barreto a kol. (2017) upozorňujú, že Industry 4.0 zvyšuje konkurenciu v rámci podnikania. Industry 4.0 je výsledkom technologických inovácií a meniacich sa požiadaviek zákazníkov. Táto transformačná zmena zásadne ovplyvní prevádzkové modely a stratégie riadenia s cieľom prispôbiť sa a integrovať s novými výzvami.

Rojko (2017) vyzdvihuje hlavnú myšlienku Industry 4.0 v podobe využitia potenciálu nových technológií a koncepcií, ako sú: dostupnosť a využívanie internetu a internetu vecí; integrácia technických procesov a obchodných procesov v spoločnostiach; digitálne mapovanie a virtualizácia reálneho sveta; "inteligentná" továreň vrátane "inteligentných" prostriedkov priemyselnej výroby a "inteligentných" výrobkov.

Kľúčovým prvkom Industry 4.0 je inteligentná továreň, ktorá predpokladá budúci stav plne prepojeného výrobného systému, fungujúceho najmä bez ľudskej sily prostredníctvom generovania, prenosu, prijímania a spracovania potrebných údajov na vykonávanie všetkých potrebných úloh na výrobu všetkých druhov tovaru (Osterrieder a kol., 2020).

Dalenogare a kol. (2018) upriamujú pozornosť na možnosti, ktoré prináša Industry 4.0. Zaraďujú k nim dynamický dizajn a vývoj produktov, prispôbenie produktov, zvýšenú produktivitu, analýzy údajov v reálnom čase, zvýšenie kvality, sledovanie, autonómne monitorovanie a riadenie.

Fragapane a kol. (2020) konštatujú, že nové technológie vznikajúce v ére Industry 4.0. Začleňujú k nim cloudové operácie alebo priemyselnú umelú inteligenciu, čím vznikajú nové flexibilné výrobné systémy. Flexibilita výroby zlepšuje schopnosť podniku včas reagovať na požiadavky zákazníkov a zvyšovať produktivitu výrobného systému bez toho, aby vznikali nadmerné náklady a vynakladalo sa nadmerné množstvo zdrojov.

Kamarul Bahrin a kol. (2016) považujú technológie za jadro Industry 4.0, pretože prepojenie v Industry 4.0 je podporované prijatím softvérových, senzorových, procesorových a komunikačných technológií.

V súčasnosti Mittal a kol. (2017) a Pfohl a kol. (2015) vyzdvihujú nové digitálne technológie. Patrí k nim virtuálna realita, rozšírená realita, analýza veľkých objemov dát, kyberneticko-fyzická infraštruktúra, internet vecí, aditívna výroba, cloud computing, inteligentné senzory, umelá inteligencia, mobilné technológie a autonómne roboty a systémy. Tieto digitálne technológie spôsobujú podstatné zmeny v podnikateľskom prostredí.

Büchi a kol. (2020) poukazujú na desať pilierov technológií, ktoré podporujú Industry 4.0. Medzi tieto piliere technológií zaraďujú: pokročilú výrobu, rozšírenú realitu, internet vecí, big data, cloud

computing, kybernetickú bezpečnosť, aditívnu výrobu, simulácie, horizontálnu a vertikálnu integráciu a ďalšie podporné technológie.

Chiarini (2021) medzi kľúčové technológie Industry 4.0 používané vo výrobe začleňuje inteligentné senzory a RFID, priemyselný internet vecí, cloud computing, umelú inteligenciu a dátovú analytiku, big data, kolaboratívne roboty, autonómne vozidlá a autonómne mobilné roboty, rozšírenú realitu, aditívnu výrobu, simuláciu.

Krafft a kol. (2020) považujú umelú inteligenciu a pripojenie 5G za hnacie sily štvrtej priemyselnej revolúcie. Umelá inteligencia a 5G pripojenie spolu s ďalšími novými technológiami ako je blockchain, editácia génov, senzory internetu vecí, nanotechnológie, 3D tlač, urýchľujú stieranie hraníc medzi digitálnou, biologickou a fyzickou sférou.

Technológie Industry 4.0 a priemyselný internet vecí rýchlo podporujú dátové a softvérové riešenia digitalizácie v mnohých oblastiach, najmä v priemyselnej automatizácii a výrobných systémoch. Medzi viacerou výhod, ktoré tieto technológie ponúkajú je infraštruktúra na využívanie veľkých dát, strojového učenia a softvérových nástrojov cloud computingu, napríklad pri navrhovaní pokročilých platforiem na analýzu údajov (Kabugo a kol., 2020).

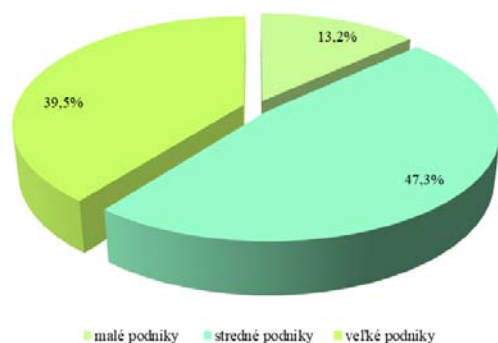
3. DÁTA A METODOLÓGIA VÝSKUMU

Výskumnú vzorku v príspevku tvorilo 38 podnikov pôsobiacich v ľahkom priemysle v Slovenskej republike. Výskumným nástrojom na základe ktorého sa získali dáta v skúmanej problematike bol dotazník, ktorý bol zostavený z viacerých typov otázok. Relevantné dáta, ktoré sa zaoberali ľahkým priemyslom na Slovensku boli koncipované v nasledujúcich častiach príspevku.

V konceptuálnom rámci príspevku bola pozornosť venovaná komparácii názorov zahraničných autorov na problematiku štvrtej priemyselnej revolúcie, Industry 4.0 a technológiám Industry 4.0. V tejto časti sa okrem komparácie využili aj ďalšie vedecké metódy a to analýza, syntéza, indukcia a dedukcia. Vo výsledkoch výskumu bol objasnený vplyv Industry 4.0 na prosperitu podnikov v Slovenskom ľahkom priemysle. Pri interpretácii dát z výskumu sa využili percentuálne podiely a na prehľadnú vizualizáciu grafické metódy v podobe koláčových grafov a skupinových stĺpcových grafov.

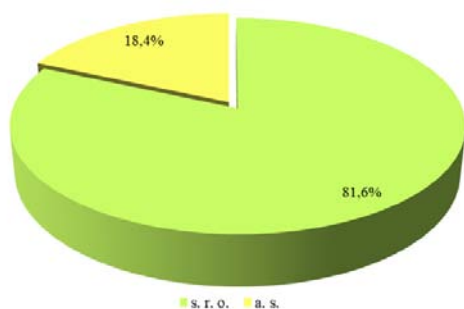
Hlavným cieľom príspevku bolo na základe zahraničnej literárnej rešerše determinovať a explikovať termíny, ktoré súvisia s Industry 4.0 a následne deskripciou vysvetliť predmetnú problematiku v podnikoch na základe výsledkov výskumu. Zámerom príspevku bolo objasniť vplyv Industry 4.0 na prosperitu podnikov v ľahkom priemysle na Slovensku.

Pri analýze dát sa určila štruktúra respondentov podľa veľkosti podniku. Nariadenie Komisie EÚ č. 651/2014 diferencuje mikropodniky, malé podniky, stredné podniky a veľké podniky. Na grafe 1 máme názorné percentuálne rozloženie respondentov pôsobiacich v ľahkom priemysle na Slovensku. Do výskumu sa zapojili s najväčším percentuálnym podielom (47.3%) stredné podniky zo Slovenského ľahkého priemyslu. Veľké podniky sa do témy výskumu zapojili s podielom 39.5%. Najmenej boli vo výskume zastúpené malé podniky. Ich percentuálny podiel predstavoval 13.2%.



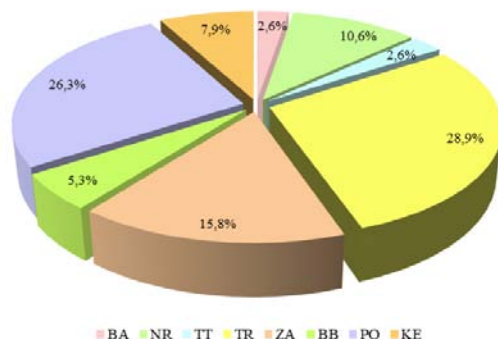
Graf 1. Štruktúra respondentov podľa veľkosti podniku
Zdroj: vlastné spracovanie

Pri kategorizácii dopytovaných podnikov sa využila aj analýza podľa právnej formy podnikania. Na základe zozbieraných dát sa do výskumu zapojili s najväčším percentuálnym podielom (81.6%) spoločnosti s ručením obmedzeným zo Slovenského ľahkého priemyslu. Dopytované podniky, ktoré označili právnú formu akciová spoločnosť mali podiel 18.4%.



Graf 2. Štruktúra respondentov podľa právnej formy
Zdroj: vlastné spracovanie

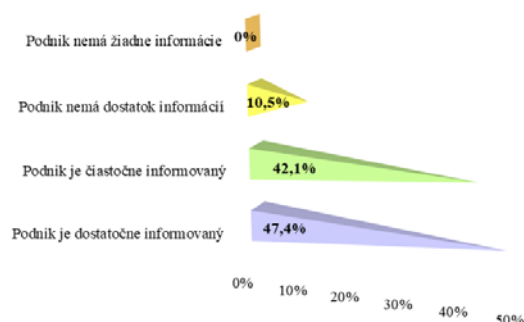
Slovenská republika sa člení na 8 krajov. Podľa administratívneho členenia Slovenska sa vo výskume zúčastnili podniky z ľahkého priemyslu s najväčším percentuálnym podielom (28.9%) z Trenčianskeho kraja. Vysoký percentuálny podiel (26.3%) mali aj podniky z ľahkého priemyslu, ktoré sídlia v Prešovskom kraji. Najmenej boli respondenti z ľahkého priemyslu participujúci z Bratislavského a Trnavského kraja. Obidva kraje mali rovnaké percentuálne zastúpenie s podielom 2.6%.



Graf 3. Štruktúra respondentov podľa administratívneho členenia
Zdroj: vlastné spracovanie

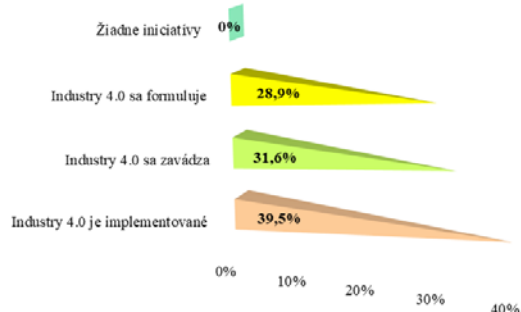
4. VÝSLEDKY VÝSKUMU

Zosumarizované dáta v rámci vybraných odpovedí boli interpretované v nasledujúcich odsekoch príspevku. Na grafe 4 môžeme vidieť percentuálne rozloženie dopytovaných podnikov, ktorých sme sa pýtali na informovanosť o Industry 4.0. Z odpovedí sme sa dozvedeli, že 47.4% respondentov je dostatočne informovaných o Industry 4.0. Čiastočné informácie o štvrtej priemyselnej revolúcii (Industry 4.0) má 42.1% podnikov z ľahkého priemyslu na Slovensku. Respondenti sa s podielom 10.5% vyjadrili, že nemajú dostatok informácií o Industry 4.0 a digitalizácii podniku. Žiaden z oslovených podnikov nepotvrdil, že by nemal žiadne informácie ohľadne prebiehajúcej štvrtej priemyselnej revolúcii.



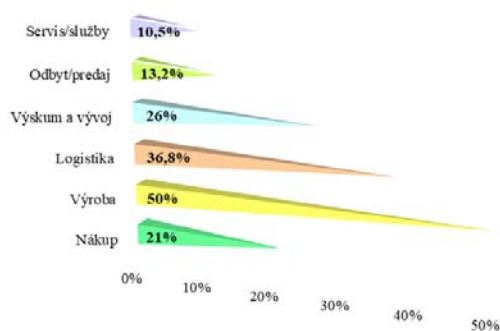
Graf 4. Informovanosť o Industry 4.0 v podnikoch
Zdroj: vlastné spracovanie

Industry 4.0 mení fungovanie podniku prostredníctvom internetu vecí, inteligentných zariadení, ktoré navzájom komunikujú prostredníctvom kyberneticko-fyzikálnych systémov. Stav implementácie Industry 4.0 sa skúmal v podnikoch Slovenského ľahkého priemyslu. Na základe odpovedí respondentov sa zistilo, že 39.5% oslovených podnikov má Industry 4.0 v podniku implementované. V súčasnosti Industry 4.0 zavádza 31.6% oslovených podnikov. V podnikoch ľahkého priemyslu na Slovensku 28.9% respondentov formuluje Industry 4.0 na podnikovej úrovni. Žiaden z dopytovaných podnikov sa nevyjadril, že by sa nezaoberal implementáciou Industry 4.0.

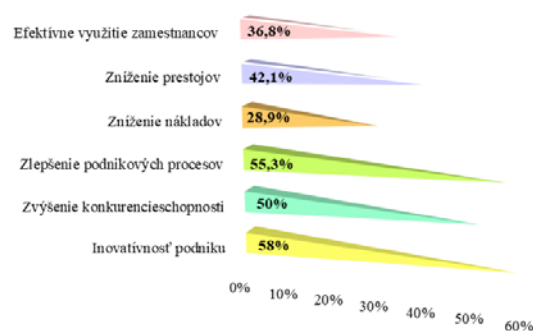


Graf 5. Stav implementácie Industry 4.0 v podnikoch
Zdroj: vlastné spracovanie

Pri implementácii Industry 4.0 v podniku je nevyhnutné a potrebné digitalizovať jednotlivé oblasti v rámci podniku. Z odpovedí sme sa dozvedeli, že 50% dopytovaných respondentov implementuje Industry 4.0 vo výrobe. Vysoký percentuálny podiel mala aj logistika, kde 36.8% podnikov z ľahkého priemyslu implementuje Industry 4.0. Najmenej oslovené podniky využívajú Industry 4.0 v servise/službách. Táto podniková oblasť dosiahla 10.5%.

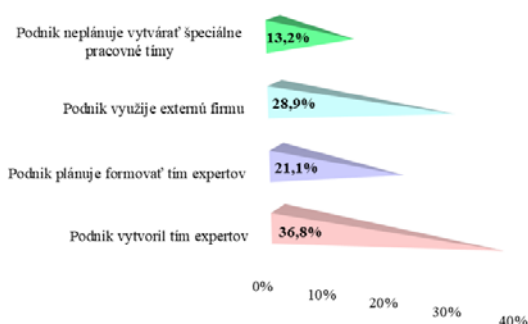


Graf 6. Oblasti implementácie Industry 4.0 v podnikoch
Zdroj: vlastné spracovanie



Graf 8. Vplyv Industry 4.0 na podniky
Zdroj: vlastné spracovanie

Pri implementácii Industry 4.0 je dôležité mať tím odborníkov, ktorý sa zaoberá celou jeho koncepciou aplikovania v rámci podniku. Názory na to, či tieto kompetencie nemá mať len vrcholové vedenie s jednotlivými manažermi oddelení sa odlišujú. Existujú podniky, kde si celú implementáciu zastrašuje len manažment podniku, ale sú aj podniky, ktoré si vytvoria tím expertov, ktorý sa touto problematikou hlbkovo zaoberá. V rámci výskumu sme sa respondentov dopytovali, ako si podniky z ľahkého priemyslu na Slovensku zastrešujú implementáciu Industry 4.0. Na základe vyhodnotených dát sa zistilo, že 36.8% respondentov má vytvorený tím expertov, ktorý sa zaoberá implementáciou Industry 4.0 v podniku. Zo vzorky dopytovaných podnikov 28.9% využíva na implementáciu externú firmu. Plánuje vytvoriť tím expertov 21.1% respondentov. Podniky s podielom 13.2% neplánujú vytvárať žiadne špeciálne pracovné tímy na aplikáciu Industry 4.0. Predpokladáme, že u týchto respondentov implementáciu zastrešuje vrcholový manažment podniku.



Graf 7. Zaoberanie sa implementáciou Industry 4.0 v podnikoch
Zdroj: vlastné spracovanie

Industry 4.0 prináša závažné zmeny nielen vo výrobných a logistických procesoch, ale ovplyvňuje aj fungovanie samotného podniku s cieľom digitalizácie a vytvorenia smart factory. Vzorky respondentov sme sa dopytovali, aký vplyv má pre nich implementovanie Industry 4.0. S najväčším percentuálnym podielom (58%) pre respondentov predstavuje aplikácia Industry 4.0 inovativnosť podniku na trhu. Vysoký percentuálny podiel (55.3%) pre podniky zo Slovenského ľahkého priemyslu malo aj zlepšovanie podnikových procesov prostredníctvom digitalizácie. Podnik implementovaním Industry 4.0 je v dynamickom konkurenčnom prostredí konkurencieschopnejší. Túto možnosť označilo 50% oslovených respondentov. Podniky z ľahkého priemyslu považovali za najmenej dôležité zníženie nákladov (28.9%) a efektívne využitie zamestnancov (36.8%).

5. ZÁVER

V rámci vybraných zosumarizovaných odpovedí, ktoré sa týkali Industry 4.0 v Slovenskom ľahkom priemysle sme sa dozvedeli, že do výskumu sa zapojili s najväčším percentuálnym podielom (47.3%) stredné podniky a z hľadiska právnej formy podnikania prevažovali spoločnosti s ručením obmedzeným s percentuálnym podielom (81.6%). Podľa administratívneho členenia Slovenska sa vo výskume najviac (28.9%) zúčastnili podniky z ľahkého priemyslu z Trenčianskeho kraja. Respondenti s podielom 47.4% sú dostatočne informovaní o Industry 4.0 a zároveň 39.5% oslovených podnikov má Industry 4.0 v podniku implementované. Vyhodnotenie dát taktiež ukázalo, že 50% dopytovaných respondentov implementuje Industry 4.0 vo výrobe. Vlastný tím expertov pri implementácii Industry 4.0 v podnikoch ľahkého priemyslu má 36.8% oslovených. Štvrtá priemyselná revolúcia ovplyvňuje najviac vybrané podniky v podobe inovativnosti podniku (58%) a zlepšovania podnikových procesov prostredníctvom digitalizácie (55.3%).

Zámerom príspevku bolo na základe komparácie zahraničných názorov autorov na problematiku štvrtej priemyselnej revolúcie, Industry 4.0, technológií Industry 4.0 a výskumu v 38 podnikoch objasniť vplyv Industry 4.0 na prosperitu podnikov v ľahkom priemysle na Slovensku.

Industry 4.0 predstavuje kľúč k zvýšeniu produktivity, podpory hospodárskeho rastu a zabezpečeniu udržateľnosti priemyselných podnikov. Je veľmi dôležité pochopiť podstatu a víziu Industry 4.0 a jeho technológií pre transformáciu na digitálny podnik. Na dosiahnutie úspešnej transformácie je nevyhnutná aplikácia všeobecných koncepcií kyberneticko-fyzických systémov a priemyselného internetu vecí, s cieľom identifikovať, lokalizovať, sledovať, monitorovať a optimalizovať procesy v podniku.

Príspevok je čiastkovým výstupom riešenia projektu VEGA MŠVVaŠ SR č. 1/0375/20 „Nová dimenzia rozvoja manažmentu výroby a logistiky pod vplyvom Industry 4.0 v podnikoch na Slovensku“.

Zdroje

- Ahuett-Garza, H., Kurfess, T. (2018). A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing. *Manufacturing Letters*, 15, 60–63. doi:10.1016/j.mfglet.2018.02.011
- Barreto, L., Amaral, A., Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. doi:10.1016/j.promfg.2017.09.045

3. Büchi, G., Cugno, M., Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790. doi:10.1016/j.techfore.2019.119790
4. Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. doi:10.1016/j.ijpe.2018.08.019
5. Fragapane, G., Ivanov, D., Peron, M., Sgarbossa, F., Strandhagen, J. O. (2020). Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics. *Annals of Operations Research*. doi:10.1007/s10479-020-03526-7
6. Chiarini, A. (2021). Industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: Are we sure they are all relevant for environmental performance? *Business Strategy and the Environment*. doi:10.1002/bse.2797
7. Kabugo, J. C., Jämsä-Jounela, S.-L., Schiemann, R., Binder, C. (2020). Industry 4.0 based process data analytics platform: A waste-to-energy plant case study. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 115, 105508. doi:10.1016/j.ijepes.2019.105508
8. Kamarul Bahrin, M. A., Othman, M. F., Nor Azli, N. H., Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: a Review on Industrial Automation and Robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13). doi:10.11113/jt.v78.9285
9. Krafft, M., Sajtos, L., Haenlein, M. (2020). Challenges and Opportunities for Marketing Scholars in Times of the Fourth Industrial Revolution. *Journal of Interactive Marketing*, 51, 1–8. doi:10.1016/j.intmar.2020.06.001
10. Lennon Olsen, T., Tomlin, B. (2019). Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.3365733
11. Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609–3629. doi:10.1080/00207543.2017.1308576
12. Lopes de Sousa Jabbour, A. B., Jabbour, C. J. C., Godinho Filho, M., Roubaud, D. (2018). Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Annals of Operations Research*, 270(1-2), 273–286. doi:10.1007/s10479-018-2772-8
13. Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., Wuest, T. (2017). Smart manufacturing: Characteristics, technologies and enabling factors. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 233(5), 1342–1361. doi:10.1177/0954405417736547
14. Nosalska, K., Mazurek, G. (2019). Marketing principles for Industry 4.0 — a conceptual framework. *Engineering Management in Production and Services*, 11(3), 9–20. doi:10.2478/emj-2019-0016
15. Osterrieder, P., Budde, L., Friedli, T. (2020). The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 221, 107476. doi:10.1016/j.ijpe.2019.08.011
16. Pfohl, H.-C., Yahsi, B., Kuznaz, T. (2015). The impact of Industry 4.0 on the Supply Chain. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistic (HICL)-20 (August)*, 32–58. doi: 10.13140/RG.2.1.4906.2484
17. Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11(5), 77. doi:10.3991/ijim.v11i5.7072
18. Ruiz-Sarmiento, J.-R., Monroy, J., Moreno, F.-A., Galindo, C., Bonelo, J.-M., Gonzalez-Jimenez, J. (2020). A predictive model for the maintenance of industrial machinery in the context of industry 4.0. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87, 103289. doi:10.1016/j.engappai.2019.103289
19. Zhou, R., Le Cardinal, J. (2019). Exploring the Impacts of Industry 4.0 from a Macroscopic Perspective. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 1(1), 2111–2120. doi:10.1017/dsi.2019.217