



MIND

STRATEGICKÉ PARTNERSTVO ERASMUS+ PRE VYSOKOŠKOLSKÉ VZDELÁVANIE

ROZVOJ MECHATRONICKÝCH ZRUČNOSTÍ A INOVATÍVNYCH METÓD UČENIA PRE PRIEMYSEL 4.0

IO1 REPORT

Názov projektu	Rozvoj mechatronických zručností a inovatívnych metód učenia pre Priemysel 4.0 2019-1-RO01-KA203-063153
Výstup	IO1 - Mapovanie a prehľad vedeckej literatúry o zručnostiach mechatroniky pre Priemysel 4.0
Dátum	Január 2020
Autor	Dan Rusu, Alexandru Ianoși (UTCN) Miloš Simonović, Milan Banić (NIS) Erwin-Christian Lovasz (UPT) Dusan Krstic (CC) Peter Košťál, Vanessa Prajová (STU) Alina Băbășan, Andreea Mureșan (IHR)
Verzia	V4, 23.01.2020

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





Obsah

1 Úvod a ciele IO1.....	3
2 Priemysel 4.0 a mechatronika.....	5
2.1 Priemysel 4.0 – Všeobecná koncepcia, definícia a metóda preskúmania.....	5
Priemysel 4.0 – Súčasný stav:.....	7
2.1.2 Výhody Industry 4.0.....	10
2.1.3 Koncept Industry 4.0 v konzorciu projektu MIND.....	12
2.2 2.2 Limity nášho bibliografického vedeckého výskumu.....	14
2.2.1 Kvantitatívna a kvalitatívna analýza.....	14
3 3 Závbery.....	25
4 Bibliografia.....	26

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Universitatea
Politehnica
Timisoara

COMING
COMPUTER ENGINEERING

STU
SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA





1 Úvod a ciele IO1

Na splnenie strategických cieľov špecifických pre vstup do informačnej spoločnosti musia mať organizácie flexibilnú štruktúru hardvéru a softvéru, ako aj ľudských zdrojov s vysokým stupňom kompetencií [DOR12]. Prieskum Svetovej banky ukázal, že nedostatok digitálnych a mechatronických zručností vo výrobných spoločnostiach brzdí „naliehavo potrebné“ investície do technológie Industry 4.0. Priemysel 4.0 si bude vyžadovať, aby tímy ľudí pracovali a mali interdisciplinárne alebo multidisciplinárne kompetencie na riešenie vznikajúcich výziev. Jedna z týchto požiadaviek sa týka konvergencie medzi mechanickými/elektronickými/softvérovými systémami a ako doménu ju predstavuje mechatronika. Projekt MIND je zameraný na rozvoj mechatronických zručností a inovatívnych metód učenia pre Priemysel 4.0. Na uspokojenie potrieb zamestnanosti na najbližších 5 – 10 rokov musia univerzity školiť študentov a rozvíjať interdisciplinárne zručnosti, ktoré kombinujú mechatronickú kvalifikáciu s IT znalosťami a vynikajúcimi sociálnymi zručnosťami, aby vytvorili špecialistov 4.0.

Ciele IO1 sú:

Mapovanie najnovších spoločných a špecifických zručností mechatroniky potrebných pre priemysel 4.0 v krajinách zastúpených v partnerstve v prvej časti implementačného obdobia [COM19]. V prvej časti tohto prehľadu sa budeme zaoberať všeobecným obrazom Industry 4.0 (definícia, vývoj, komponenty, súčasný stav a výhody priemyslu 4.0). Súčasťou tejto kapitoly bude aj prístup k Industry 4.0 v partnerských krajinách tohto projektu (RO, SRB, SK). Ďalšia podkapitola sa bude zaoberať obmedzeniami bibliografického výskumu, v ktorom bude vysvetlená metodológia vykonávania tohto prehľadu, ako aj kvantitatívna a kvalitatívna analýza informácií v tejto oblasti. Dôležitým aspektom tohto prehľadu je identifikácia definujúcich kompetencií mechatroniky v kontexte predchádzajúcej odbornej prípravy Industry 4.0.





Zručnosti v mechatronike sú tvorené moderným prístupom k vzdelávaciemu procesu, ktorý sa vyznačuje kumuláciou kompetencií.

Zručnosti v mechatronike sa formujú z moderného prístupu k vzdelávaciemu procesu, ktorý sa vyznačuje akumuláciou zručností a kompetencií.

Základom moderných vzdelávacích systémov sú princípy ako: žiak sa stáva subjektom celého systému, využívanie moderných vyučovacích prostriedkov, moderné prostriedky vyučovania, učenia, hodnotenia (učenie na základe projektu, vzájomné učenie sa, vzájomné učenie sa, problematizácia, atď...), rozvoj kritického myslenia a riešenia problémov. Zmeny vo vzdelávacom systéme nastali v dôsledku vývoja spoločnosti a univerzity museli prispôbiť svoje metódy požiadavkám priemyslu, ekonomiky atď.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Universitatea
Politehnica
Timisoara

COMING
COMPUTER ENGINEERING

STU
Slovak University of
Technology in Bratislava

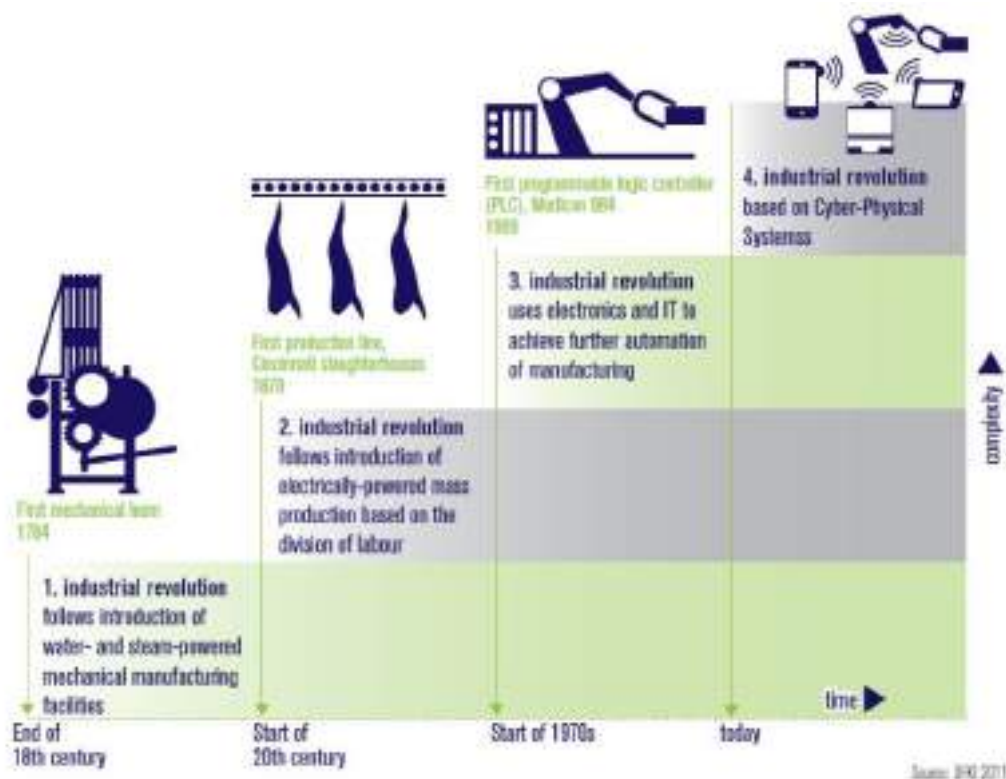


integra™

2 Priemysel 4.0 a mechatronika

2.1 Priemysel 4.0 – Všeobecná koncepcia, definícia a metóda preskúmania.

Priemysel sa v priebehu histórie stal súčasťou národného hospodárstva akéhokoľvek štátu a s úlohou produkovať materiálne statky, prispievať k evolúcii spoločnosti, ktorej je súčasťou, atď. Obrázok 1 ukazuje vývoj priemyslu od priemyslu 1.0 na 4.0, kde sme dnes, identifikujúc prvky špecifické pre každú fázu evolúcie. Je veľmi dobre vidieť, že s vývojom odvetvia v priebehu času došlo k zvýšeniu úrovne zložitosti príslušného odvetvia. O tomto vývoji zložitosti môžeme povedať, že by bol prirodzený vzhľadom na nárast spotrebnej potreby ľudí, ktorý by nútil priemysel zvyšovať výrobnú kapacitu vytváraním komplexnejších systémov a s vyšším stupňom produktivity.



Obrázok 1 Vývoj od Industry 1.0 k Industry 4.0 [DFK11]

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



- 1. priemyselnú revolúciu charakterizovali výlučne mechanické systémy, poháňané parou a vodou. Systémy sa vyznačovali nízkou produktivitou.
- 2. priemyselnú revolúciu charakterizovalo využitie elektriny ako prvku na výrobu pohybov prostredníctvom elektromechanických systémov. Hromadná výroba sa však v tomto období vyznačovala zníženou flexibilitou.
- 3. priemyselná revolúcia, okrem mechanických či elektromechanických prvkov, boli zavedené aj elektronické a IT prvky. Jedna vec, ktorá výrazne ovplyvnila vývoj automatizácie, bol vznik tranzistora v 20. storočí. Táto tretia etapa evolúcie priemyslu bola charakterizovaná vysokým stupňom flexibility vďaka objaveniu sa priemyselných robotov, CNC strojov, systémov riadenia kvality atď. [FEN01].
- 4. priemyselná revolúcia, v ktorej sa dnes nachádzame, je inteligentná s veľmi vysokým stupňom automatizácie a flexibility, ktorá umožňuje veľmi rýchlu „rekonfiguráciu“ výroby v závislosti od vytvorenia trhu.

Prvýkrát sa koncept Industry 4.0 objavil na veľtrhu v Hannoveri v roku 2011 a v roku 2013 Nemecko oficiálne oznámilo Industry 4.0 ako prioritný a strategický aspekt revolúcie v priemyselnom sektore v Nemecku.

Definícia Industry 4.0:

Dnes každý, kto má v úmysle študovať Industry 4.0, čelí problému nájsť definíciu, ktorá by bola všeobecne akceptovaná všetkými. Táto problematika predstavuje veľké problémy pri chápaní a vytváraní výskumu založeného na tejto téme. S konceptualizáciou fenoménu z roku 2011 Nemeckom sa im podarilo urobiť niekoľko podstatných zmien v chápaní tohto konceptu, no narazili na iné problémy a zmätky [GIO20].

Ale priemysel 4.0 pre niektoré štáty je niečo, čo je v oblasti budúcnosti, ale je to fenomén, ktorý bude čoraz viac rásť a jeho zavedenie sa stane nevyhnutným [RAI14]. Niektoré z definícií o Industry 4.0 boli vyňaté a budú uvedené nižšie:

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





- 1 „Priemysel 4.0 predstavuje súčasný trend automatizačných technológií vo výrobnom priemysle a zahŕňa najmä podporné technológie ako kybernetické fyzické systémy (CPS), internet vecí (IoT) a cloud computing“ [HER16], [JAS12], [KAG13], [LAS14], [LUY17].
- 2 Kagermann a kol. (2013) opisujú svoju víziu Industry 4.0:
- „V budúcnosti podniky vytvoria globálne siete, ktoré budú zahŕňať ich stroje, skladové systémy a výrobné zariadenia v podobe kybernetických fyzických systémov (CPS). Vo výrobnom prostredí tieto kybernetické fyzikálne systémy zahŕňajú inteligentné stroje, úložné systémy a výrobné zariadenia schopné autonómne vymieňať informácie, spúšťať akcie a nezávisle sa navzájom kontrolovať. To uľahčuje zásadné zlepšenia priemyselných procesov zapojených do výroby, inžinierstva, používania materiálov a riadenia dodávateľského reťazca a životného cyklu. Smart Factory, ktoré sa už začínajú objavovať, využívajú úplne nový prístup k výrobe. Inteligentné produkty sú jedinečne identifikovateľné, môžu byť kedykoľvek lokalizované a poznajú svoju vlastnú históriu, aktuálny stav a alternatívne cesty k dosiahnutiu cieľového stavu. Vstavané výrobné systémy sú vertikálne prepojené s obchodnými procesmi v továrňach a podnikoch a horizontálne prepojené so sieťami rozptýlenej hodnoty, ktoré možno spravovať v reálnom čase – od okamihu zadania objednávky až po výstupnú logistiku. Okrem toho oba umožňujú a vyžadujú komplexné inžinierstvo v rámci celého hodnotového reťazca“ [KAG13].

Priemysel 4.0 – Súčasný stav:

S cieľom preskúmať súčasný stav v priemysle 4.0 sa uskutočnilo vyhľadávanie článkov, ktoré majú najviac citácií na platforme Web of Science:

Tabuľka 1: Desať najlepších článkov týkajúcich sa priemyslu 4.0

Nº	Názov	Autor	Rok	Cit.	DOI
1	Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data-based feedback and coordination	Wang, SY. et al.	2016	270	10.1016/j.comnet.2015.12.017
2	Past, present and future of Industry 4.0-a	Liao, YX. et al.	2017	186	10.1080/00207543.2017.13085

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





	systematic literature review and research agenda proposal				76
3	Software-Defined Industrial Internet of Things in the Context of Industry 4.0	Wan, JF. et al.	2016	182	10.1109/JSEN.2016.2565621
4	Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics	Hofmann, E. et al.	2017	177	10.1016/j.compind.2017.04.002
5	Cloud Computing Resource Scheduling and a Survey of Its Evolutionary Approaches	Zhan, ZH. et al.	2015	164	10.1145/2788397
6	Industry 4.0: state of the art and future trends	Xu, LD. et al.	2018	146	10.1080/00207543.2018.1444806
7	A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0	Ivanov, D. et al.	2016	124	10.1080/00207543.2014.999958
8	Blockchain technology in the chemical industry: Machine-to-machine electricity market	Sikorski, JJ. et al.	2017	111	10.1016/j.apenergy.2017.03.039
9	Fog of Everything: Energy-Efficient Networked Computing Architectures, Research Challenges, and a Case Study	Baccarelli, E., et al.	2017	93	10.1109/ACCESS.2017.2702013
10	A Manufacturing Big Data Solution for Active Preventive Maintenance	Wan, JF. et al.	2017	76	10.1109/TII.2017.2670505

Priemysel 4.0 je ešte len v plienkach; existujú podporné technológie, ako sú RFID, bezdrôtové senzorové siete, cloud computing atď., ktoré umožňujú jeho rast, ale ako Xu et al. [XUL18] poukázal na to, že existujú určité výzvy, ktoré treba prekonať skôr, ako bude koncept dostatočne zrelý: niektoré obchodné modely sa nevyrovňajú dobre s komplexnou integráciou, masívne medziorganizačné zdieľanie údajov by v podstate mohlo poskytnúť obrovskú silu už aj tak silnému obchodnému partnera, najmä v nevyvážených konzorciách; ďalší problém identifikovaný citovaným zdrojom súvisí so škálovateľnosťou: prepojenie obrovského množstva „vecí“ v prostredí internetu vecí zaplavuje systém údajmi, ktoré bez náležitých analýz robia rozhodovacie faktory bezradnými, keďže rozhodnutia sa prijímajú na základe informácií, nie iba nespracované dáta. V dôsledku toho musí veda o údajoch zohrávať dôležitú úlohu.

Súbežný názor vyjadrujú aj Hoffman a Rusch [HOF17], ktorí tvrdia, že konceptu Industry 4.0 chýba všeobecne dohodnutá definícia, ktorá na jednej strane umožňuje každému aplikovať to, čo považuje za relevantné pre svoje podnikanie, no na druhej strane vzdoruje dôležitému pilieru Industry 4.0, ktorým je internet vecí: bez spoločného rámca nie je nádej na decentralizáciu, samoreguláciu a v konečnom dôsledku na efektivitu naprieč rôznymi organizáciami, ktoré fungujú v špecifickom ekosystéme. Uvedený zdroj navrhuje riešiť

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





problém počnúc logistickou stránkou, nakoľko v tejto oblasti by bol hmatateľný prínos implementácia vzájomne prepojenej dátovej infraštruktúry, ktorá by mohla znížiť náklady na zásoby, ktoré tvoria dostatočne veľkú časť firemných výdavkov.

Zmenšením rozsahu z veľkých priemyselných konglomerátov s viacerými partnermi na jedinú továreň, Wang a kol. [WAN16] navrhuje samoorganizovaný mechanizmus inteligentného vyjednávania s viacerými agentmi, ktorý by umožnil prechod na inteligentnú výrobu; v takomto kontexte sa výroba vyvíja od plánovaného pridelovania zdrojov, ktorého implementácia a overenie môže trvať dlho, k flexibilnejšiemu priebežnému pridelovaniu zdrojov, kde každý uzol (stroj, pracovná stanica, pracovný stôl atď.) vyjednáva pracovné zaťaženie. a (re)konfiguruje materiálový tok na základe cieľov. V takomto kontexte sa implementácia umelej inteligencie stáva prísnejšou.

Kľúčovým konceptom decentralizovaného rozhodovania je dôvera; treba si byť istý, že v sieti nie sú žiadne zlomyseľné uzly, a ak to nie je možné, zabezpečiť, aby ich činnosť nenarušila fungovanie celej siete. Technológia, ktorá má schopnosť zabezpečiť, že ide o blockchain. Sikorski a kol. [SIK17] navrhuje model pre trh s elektrickou energiou, ktorý by uľahčil interakciu medzi strojmi, čo by mohlo podporiť zvýšenie efektívnosti nákladov, keďže reálné náklady spojené s fakturáciou, zosúladením, zabezpečením a nákupnými zmluvami často tvoria veľkú časť (až šiestu) konečná cena elektriny. Koncepty z technológie blockchain sú dvojnásobnou odpoveďou na budovanie dôvery medzi sieťami internetu vecí so slabým dohľadom.

IoT cesta pre Priemysel 4.0 tým, že umožňuje vysoký stupeň flexibility; ale samotný internet vecí potrebuje flexibilnejšiu sieťovú architektúru, ktorú možno dosiahnuť softvérovo definovanými sieťami. Wan a spol. [WAN16a] tvrdí, že softvérovo definovaná architektúra musí poskytovať integráciu hlavných 3 vrstiev: fyzickej infraštruktúry, riadiacej a aplikačnej vrstvy; jednou z hlavných prekážok je nedostatok jednotnej štandardizácie rozhraní od rôznych účastníkov trhu, čo bráni ich zavádzaniu; ďalší problém identifikovaný citovaným zdrojom je, že údaje generované sieťou internetu vecí musia mať vysokú trhovú hodnotu, čo by mohlo zmeniť cloudové centrá internetu vecí na predvolené ciele syndikátnych kyberzločincov alebo dokonca vládnych aktérov; ako taká je bezpečnosť siete problémom, najmä pre uzly s nízkou výpočtovou kapacitou, ktoré v súčasnosti nie sú schopné poskytovať zložité metódy autentifikácie.

Cloud computing je ďalším dôležitým kúskom v čoraz zložitejšej skladačke Industry 4.0: bez ohľadu na to, ako sa toto odvetvie vyvíja, zdroje cloud computingu už zmenili spôsob, akým prebieha moderná interakcia medzi používateľmi a internetom. Je jasné, že teraz je otázkou, ako cloud computing ovplyvní nástup Industry 4.0; Zhan a kol. [ZHA15] identifikuje, že kľúčovým bodom efektívneho cloud computingu je plánovanie zdrojov, ktoré prebieha na 3 odlišných vrstvách: aplikačná vrstva (efektívna alokácia virtuálnych a fyzických zdrojov na udržanie optimálnej úrovne kvality služieb), virtualizačná vrstva (efektívna alokácia

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





fyzických zdrojov s ohľadom na úsporu energie a vyrovnanie zátáže) a vrstvu rozmiestnenia (efektívne pridelovanie infraštruktúry). Citovaný zdroj identifikuje nasledujúce výzvy, ktoré musia spĺňať vyspelé Priemysel 4.0: plánovanie v reálnom čase, adaptívne dynamické plánovanie, viacúčelové plánovanie, distribuované a paralelné plánovanie.

Posledná paradigma súvisiaca s Industry 4.0, o ktorej sa tu bude diskutovať, je fog computing; Hlavnou slabinou cloud computingu je jeho inherentná centralizovaná architektúra, ktorá spôsobuje oneskorenia, ktoré znemožňujú intenzívne používanie v reálnom čase v reálnom prostredí. Fog computing má za cieľ presunúť kritické výpočty do blízkosti sieťového uzla, ktorý to vyžaduje, využitím výpočtových zdrojov uzlov v distribuovanom výpočtovom modeli. Baccarelli a kol. [BAC17] uvádza, že kľúčovou výzvou je nepredvídateľná povaha objemu údajov generovaných sieťou internetu vecí, čo sťažuje rekonfiguráciu siete za behu z fog computingu na cloud computing.

2.1.2 Výhody Industry 4.0

Môžeme povedať, že priemysel 4.0 má výhody v rámci celého výrobného systému a výhody môžeme rozdeliť do niekoľkých jeho sektorov (obrázok 2). Tieto výhody sa týkajú komponentov produktivity, flexibility, agilnosti, znižovania nákladov, ziskovosti a kvality produktov. Investície do technológie a moderného výrobného zariadenia alebo vylepšenia existujúcej výrobnéj linky predstavujú investíciu, ktorá sa často spája priamo so ziskovosťou spoločnosti:

Industry 4.0 ponúka vysokú produktivitu, ktorá umožňuje spoločnosti vyrábať viac a rýchlejšie s nižšími materiálovými zdrojmi. Umožňuje tiež elimináciu mŕtvych časov, ako aj zníženie prestojov strojov na monitorovanie a optimalizáciu strojov alebo výrobného procesu [KEI18].

Podstatnou výhodou Industry 4.0 je, že ponúka vysokú úroveň flexibility. Pod flexibilitou rozumieme schopnosť systému prispôbiť sa rôznym zmenám výrobného toku, a to tak z pohľadu zmeny tvaru a rozmerov výrobku, ako aj výrobného procesu. Koncept flexibility je zložitý a je dosť ťažké ho definovať, analyzovať alebo kvantifikovať. Vysoká flexibilita spoločnosti môže byť rozhodujúcim faktorom v porovnaní s inými spoločnosťami, ktoré nemajú vysokú mieru flexibility. Sociálny a ekonomický kontext prinútil priemyselne prostredie prispôbiť sa novým požiadavkám a výzvam, aby bolo možné čeliť ekonomickému trhu. Trendy spoločenskej evolúcie, ktoré si vynútili zmenu v priemyselnej oblasti, sa vyznačujú:

- Zníženie energetických zdrojov a surovín.
- Zvýšená úroveň konkurencie na medzinárodných trhoch.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

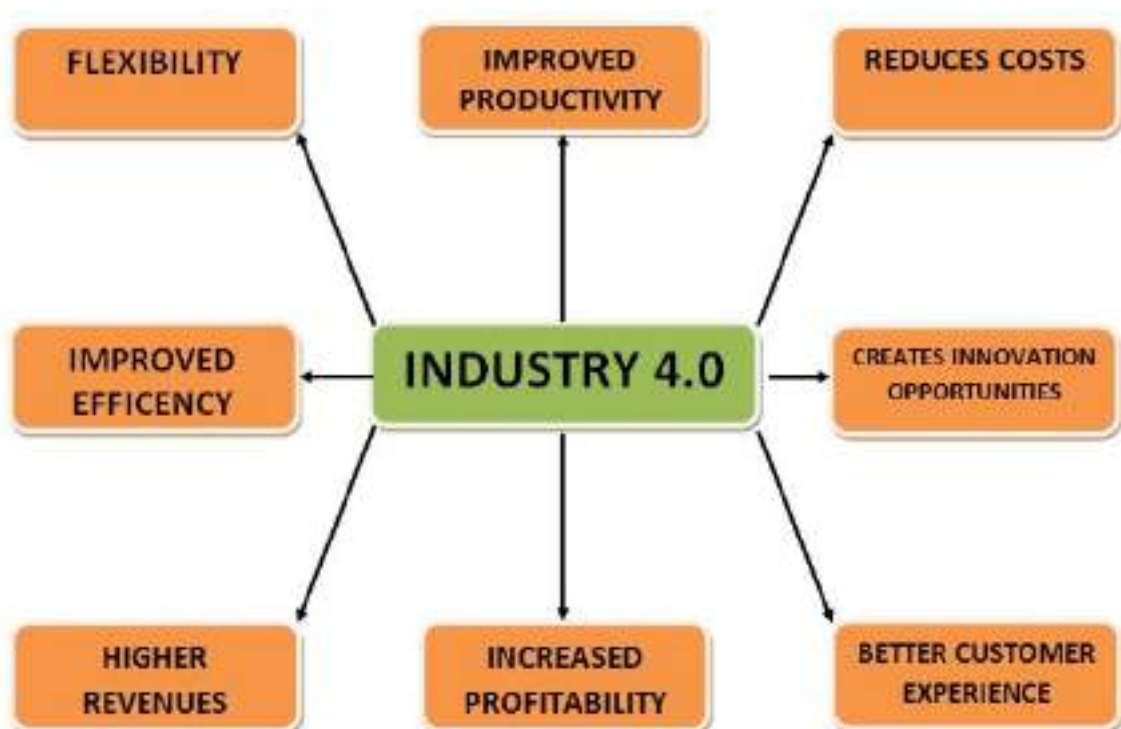


- Zvýšenie úrovne komfortu a prípravy jednotlivcov.

Aby sa udržal krok s týmito zmenami, výrobné odvetvie by malo brať do úvahy niekoľko prvkov:

- Zníženie nákladov na materiál a energiu pre každý výrobok.
- Zvyšovanie produktivity práce.
- Zvýšenie spoľahlivosti produktu.
- Skrátene času návrhu – výroby [DOR12].

Ďalšou výhodou je efektívnosť pri rýchlej zmene alebo rekonfigurácii výrobného procesu pri zmene dielu, ktorý sa má realizovať [KEI18].



Obrázok 2 Výhody Industry 4.0

Udržiateľnosť je ďalším dôležitým faktorom, ktorý môže priniesť Priemysel 4.0 a ktorý výrobcam ponúka možnosť pristupovať k modulárnemu dizajnu, inžinierstvu, výrobe a logistike modulárne [AKE18]. Na druhej strane, každý prvok má svoje výhody, ako aj modulárny dizajn, ktorý ponúka výhodu skrátenia času návrhu nového produktu, nižších výrobných nákladov ako aj vyššej kvality produktu [PIR17].

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



2.1.3 Koncept Industry 4.0 v konzorciu projektu MIND

(RO, SRB, SK)

Táto časť má za cieľ poskytnúť najmodernejšiu úroveň z hľadiska úrovne výkonnosti členských krajín projektu MIND o Priemysle 4.0.

Podľa Hayriye Atik a Fatmy Ünlü, ktorí napísali článok s názvom „Meranie výkonnosti priemyslu 4.0 prostredníctvom indexu Industry 4.0: Empirické vyšetrenie pre Turecko a európske krajiny“, ktoré hodnotia krajiny z hľadiska úrovne implementácie priemyslu 4.0. V tomto článku sa autor pokúsil určiť relatívnu výkonnosť podľa 10 kritérií extrahovaných z databázy Eurostatu a TUIK. Týchto 10 ukazovateľov je:

- 1 Podniky, ktoré majú softvérový balík ERP.
- 2 Podniky využívajúce riadenie vzťahov so zákazníkmi (CRM);
- 3 Zdieľanie informácií o riadení dodávateľského reťazca.
- 4 Podniky poskytujúce prenosné zariadenia na mobilné pripojenie k internetu.
- 5 podnikov, ktoré prijali objednávky online.
- 6 Podniky využívajúce softvérové riešenia ako Customer Relationship Management (CRM);
- 7 Podniky, ktoré majú softvérový balík ERP na zdieľanie informácií medzi rôznymi funkčnými oblasťami.
- 8 Podniky so širokopásmovým prístupom.
- 9 Podniky využívajúce internet v komunikácii s verejnými inštitúciami.
- 10 Podniky využívajúce aplikácie Cloud Computing.

Rumunsko má podľa rebríčka najnižšiu úroveň výkonnosti z hľadiska Industry 4.0 z krajín Európskej únie a Turecka. Naproti tomu Slovensko sa v tomto rebríčku umiestnilo na 22. mieste a Srbsko na 27. mieste, čo je z hľadiska Priemyslu 4.0 lepšie ako Rumunsko (tabuľka 2). Slovensko, niektorými charakterizované ako tradicionalistické, patrí spolu s Litvou, Maďarskom, Slovinskom a Českou republikou ku krajinám, ktoré pochopili trend a smerujú k Priemyslu 4.0 a navrhujú riešenia na dosiahnutie novej priemyselnej etapy. Hodnoty nájdené v tabuľke sú medzi 0 a 1, a ak je získaná hodnota blízka 0, potom je výkon nízky a ak je hodnota blízka 1, potom je výkon vysoký [HAY19].

V roku 2019 boli prijaté dva dôležité dokumenty v súlade s nastavením implementácie Industry 4.0 ako jedného z kľúčových strategických prvkov národnej priemyselnej politiky Srbska na roky 2021-2030. Prvým z nich je „Digitálna platforma pre Priemysel 4.0“ ako plán

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





digitalizácie a automatizácie srbského priemyslu na všetkých úrovniach s využitím komponentov Industry 4.0. Druhým je „Správa o analýze kvality predbežne prioritných oblastí v procese inteligentnej špecializácie Srbskej republiky“ [IZV19], kde je Priemysel 4.0 a digitalizácia priemyslu jednou z kľúčových priorít. Tieto dva dokumenty budú súčasťou finálnej verzie strategického dokumentu

„Národná priemyselná politika Srbska na obdobie 2021-2030“.

Podľa výsledkov prieskumu prezentovaných v článku „Výzvy a hnacie sily pre implementáciu Industry 4.0“ autorov A.Vuksanović Herceg, Vukašin Huč, Veljko Mijušković a Tomislav Herceg, na rozdiel od očakávaní, digitálne transformujúce podniky nevidia ľudské zdroje ako hybnú silu, ale skôr ako prekážku implementácie Industry 4.0, keď im chýbajú potrebné kompetencie a zručnosti. Odpor voči zmenám spôsobeným implementáciou Industry 4.0 sa nepovažuje za dôležitú bariéru. Na druhej strane, faktory efektívnosti predstavujú hlavnú hnaciu silu, zatiaľ čo nedostatok kompetencií a finančných zdrojov predstavuje najväčšiu bariéru implementácie Industry 4.0. Okrem toho tento prieskum naznačuje, že nedostatok kompetencií je rovnocenným problémom na manažérskej a nižšej hierarchickej úrovni. Navyše nedostatok kompetencií je označený za dôležitejšiu bariéru ako finančné zdroje [HER20].

V tomto zmysle sa rozvoj a zdokonaľovanie technických zručností a zvyšovanie kompetencií pre Priemysel 4.0 stáva najdôležitejšou náročnou úlohou a primárny cieľ MIND je plne v súlade.

Tabuľka 2: Index Industry 4.0 pre Turecko a európske krajiny [HAY19].





Country	Secondary Indicators									Industry 4.0 Index		
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	Score
Denmark	0.8043	0.5924	1.0000	0.9623	0.9259	0.6561	0.8043	0.9545	0.8824	0.7576	0.8340	1
Finland	0.5870	0.7554	0.6364	1.0000	0.5556	0.7884	0.5870	1.0000	0.9412	1.0000	0.7851	2
Belgium	0.8696	0.8098	0.7273	0.7358	0.7778	0.8148	0.8696	0.8636	0.7059	0.4545	0.7629	3
Netherlands	0.7609	1.0000	0.5909	0.5283	0.4815	1.0000	0.7609	1.0000	0.7353	0.6667	0.7524	4
Germany	1.0000	0.9457	0.7727	0.4906	0.8519	0.9471	1.0000	0.7727	0.5294	0.1818	0.7492	5
Sweden	0.5000	0.7011	0.2273	0.8302	0.8889	0.6825	0.7174	0.8636	0.8824	0.8182	0.7112	6
Lithuania	0.6522	0.6739	0.7273	0.7547	0.5926	0.6561	0.6522	1.0000	1.0000	0.2727	0.6982	7
Norway	0.2174	0.7283	0.5455	0.8302	0.8889	0.7354	0.4783	0.6818	0.7059	0.8182	0.6630	8
Austria	0.6739	0.9457	0.3182	0.6604	0.4444	0.9206	0.6739	0.9091	0.7941	0.2121	0.6552	9
Ireland	0.3261	0.5380	0.2727	0.5660	1.0000	0.6296	0.3261	0.9091	0.8824	0.5758	0.6026	10
Portugal	0.7391	0.5380	0.4091	0.5660	0.5926	0.5238	0.7391	0.8182	0.7941	0.2727	0.5993	11
Luxembourg	0.6304	0.7011	0.4545	0.7170	0.2222	0.7090	0.6304	0.8636	0.7353	0.2424	0.5906	12
Cyprus	0.7174	0.8098	0.4091	0.3585	0.3704	0.7884	0.7174	0.8182	0.5882	0.1818	0.5759	13
France	0.6304	0.5652	0.2273	0.5849	0.5185	0.6032	0.6304	0.8182	0.9118	0.2121	0.5702	14
Spain	0.5435	0.6467	0.4091	0.6604	0.5926	0.6825	0.5435	0.8636	0.5000	0.2424	0.5684	15
Czech Republic	0.4348	0.2663	0.5909	0.6792	0.8889	0.2857	0.4348	0.9091	0.8529	0.2424	0.5585	16
Slovenia	0.4348	0.5380	0.2727	0.6981	0.4074	0.5238	0.5000	0.9545	0.8235	0.3333	0.5486	17
Croatia	0.4130	0.3207	0.7273	0.7925	0.5926	0.3386	0.4130	0.5455	0.8235	0.3636	0.5330	18
Iceland	0.0217	0.5109	0.3636	0.8679	0.7407	0.2593	0.0217	0.7273	0.7059	0.9091	0.5128	19
Malta	0.4348	0.4565	0.2273	0.6038	0.6296	0.4974	0.4348	0.7727	0.6765	0.3030	0.5036	20
Estonia	0.2609	0.4293	0.3182	0.6415	0.4815	0.4709	0.2609	0.7727	0.8824	0.4242	0.4942	21
Slovakia	0.4348	0.2935	0.5909	0.6226	0.3333	0.3386	0.4348	0.6364	0.7941	0.2727	0.4752	22
UK	0.1522	0.4837	0.1818	0.5094	0.5926	0.5503	0.1522	0.7273	0.7647	0.5455	0.4660	23
Italy	0.5652	0.5109	0.2273	0.4528	0.1852	0.5503	0.5652	0.7273	0.5882	0.1818	0.4554	24
Poland	0.2391	0.4022	0.4091	0.4528	0.2963	0.3915	0.2391	0.6818	0.7353	0.0909	0.3938	25
Macedonia	0.4565	0.5109	0.3636	0.5283	0.0000	0.3386	0.1739	0.7273	0.7059	0.0909	0.3896	26
Serbia	0.0000	0.5109	0.3636	0.5283	0.6667	0.1534	0.0000	0.9545	0.7059	0.0000	0.3883	27
Greece	0.5870	0.2935	0.3182	0.1321	0.2593	0.3386	0.5870	0.3182	0.5588	0.0909	0.3483	28
Latvia	0.1304	0.2391	0.0000	0.4717	0.1852	0.2328	0.1304	0.8636	0.8235	0.0909	0.3168	29
Hungary	0.1304	0.1304	0.0455	0.4717	0.3333	0.1534	0.1304	0.6364	0.5588	0.1515	0.2742	30
Turkey	0.2196	0.0000	0.0455	0.4245	0.2926	0.0000	0.2196	0.6545	0.4206	0.2818	0.2559	31
Bulgaria	0.3261	0.1848	0.4545	0.0000	0.0741	0.2063	0.3261	0.0000	0.5294	0.0606	0.2162	32
Romania	0.2609	0.2663	0.0909	0.0377	0.1481	0.2857	0.2609	0.0909	0.0000	0.0909	0.1532	33

2.2 2.2 Limity nášho bibliografického vedeckého výskumu

Web of Science, IEEEExplore, Science Direct a Google Scholar sú databázy, ktoré boli použité v dokumentácii tejto analýzy Industry 4.0. Informácie z týchto článkov boli samozrejme sprevádzané citáciou.

2.2.1 Kvantitatívna a kvalitatívna analýza

Z uvedeného diagramu môžeme vyvodiť veľmi jasný záver o vývoji a záujme o túto oblasť za posledných 49 rokov (obr. 3). Nižšie uvedený graf sa rozprestiera medzi rokmi 1980 a 2019. Diagram ukazuje dve veľmi dôležité etapy. Ide o štádium spustenia a štádium vývoja. Môžeme povedať, že táto metóda nedosiahla zrelosť v súčasnom štádiu vývoja. Ako kľúčové

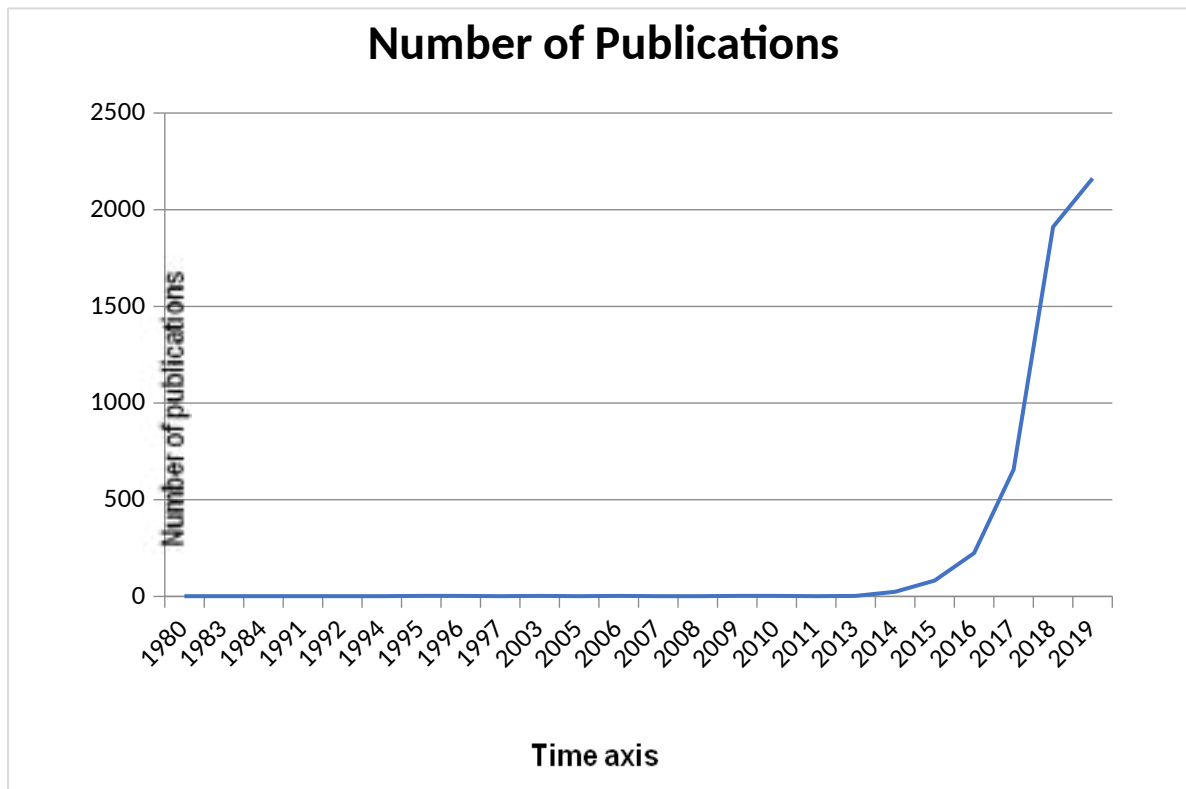
Figure 3 Number of industry-related publications 4.0 published annually on the Science Direct platform.

This p
authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





slová sme použili pri vyhľadávani údajov „Industry 4.0“ (Zdroj: Science Direct).



Počiatkové obdobie Industry 4.0 bolo medzi rokmi 1980 a 2013, vyznačujúce sa malým počtom článkov publikovaných na platforme. Počas tohto obdobia je každý rok publikovaný jeden alebo dva články. V tom čase bol priemysel v treťom štádiu vývoja a firmy sa pomaly pripravovali na štvrtú priemernú revolúciu. Od roku 2014 začali značne pribúdať články publikované na platforme Science Direct. Nárast bol veľkolepý, počnúc niekoľkými článkami v roku 2014 a dosiahol viac ako 2 000 článkov publikovaných v roku 2019. Je zrejme, že záujem o túto oblasť výrazne vzrástol a výskum Industry 4.0 sa začal z roka na rok množiť. Industry 4.0 je stále v štádiu vývoja, kde sa koncepty Industry 4.0 implementujú, testujú, optimalizujú, simulujú. Isté je, že výskum v tejto oblasti bude intenzívne pokračovať a aj počet článkov bude z roka na rok pribúdať.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





Zmena v prístupe k výrobe a vrátane služieb je čoraz viac založená na softvérovej zložke prostredníctvom internetu vecí, senzorov, priemyselných robotov a inteligentných zariadení s numerickým riadením. Všetky tieto technológie a inteligentné zariadenia produkujú veľké množstvo údajov, ktoré musia byť spracované, pričom sa dosahuje veľmi vysoká úroveň informácií [CHE18]. Užitočnosť softvéru v priemysle 4.0 je veľmi dôležitou súčasťou, a preto je veľa publikovaných článkov z oblasti elektronického inžinierstva a informatiky (obr. 4). Taktiež bolo publikovaných veľa článkov z oblasti priemyselného a výrobného inžinierstva, ktoré majú priamy dopad na priemysel 4.0.



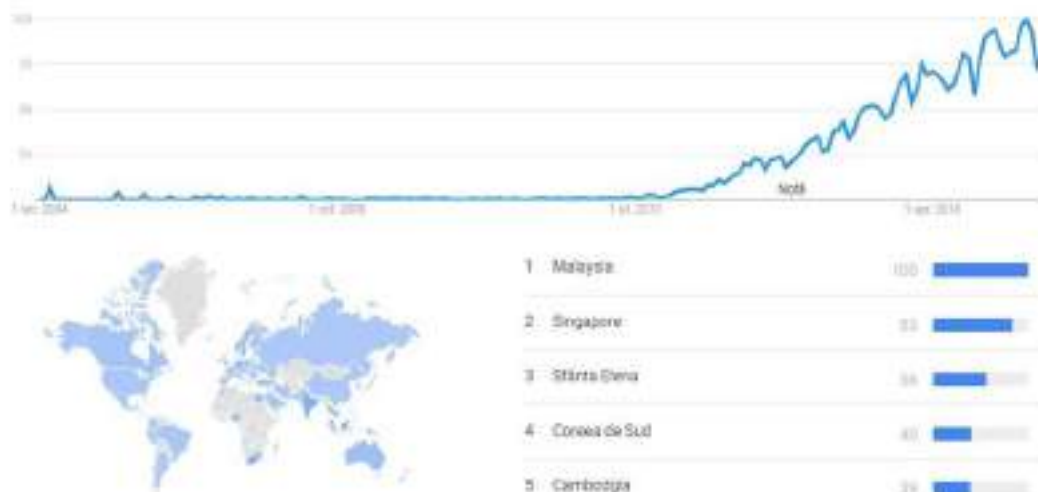
Obrázok 4 Počet publikácií súvisiacich s odvetvím 4,0 na doménu, vytvorených pomocou databázy Web of Science [WWW01]

Väčšina poznatkov o priemysle 4.0 je publikovaná na konferenciách, po ktorých nasledujú publikácie vo forme článkov. Oveľa menej vedomostí možno nájsť v knihách alebo kapitolách kníh, redakčných materiáloch, recenziách alebo skoršom prístupe. Veľký počet publikácií na konferenciách je veľmi prínosný a normálny, pretože konferencie zohrávajú

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



dôležitú úlohu pri výmene poznatkov medzi výskumníkmi. Ďalšou výhodou, pre ktorú sa väčšina publikácií vydáva prostredníctvom konferencií, je skutočnosť, že umožňuje výskumníkom poznať aktuálne trendy v priemysle 4.0 [BOR11].



Obrázok 6 Analýza Trendov Google pre kritériá vyhľadávania „Priemysel 4.0“

Použitie vyhľadávacieho kritéria: „Priemysel 4.0“ na google Trends ukazuje veľký nárast, najmä od konca roka 2013, používanie tejto frázy vo vyhľadávači na celom svete (obrázok 6).

Graf je trochu podobný grafu na obrázku 3, v ktorom môžeme ľahko identifikovať vývoj počtu článkov, ako aj vývoj počtu vyhľadávaní o priemysle 4.0 globálne. Ďalšie zaujímavé informácie z tohto grafu nám ukazujú, že najväčší počet vyhľadávaní na Googli o priemysle 4.0 bol identifikovaný v ázijských krajinách (Malajzia, Singapur, Južná Kórea, Kambodža).

2.3 Mechatronické zručnosti v kontexte Industry 4.0

Ako sa priemysel vyvíjal z Priemyslu 1.0 na 4.0, zručnosti potrebné pre pracovníkov sa stále viac a viac zvyšovali. Tieto zmeny sa dotkli operátorov, inžinierov a administratívnych pracovníkov. Industry 4.0 potrebuje ľudí so zručnosťami z interdisciplinárnych alebo multidisciplinárnych oblastí, aby boli schopní reagovať na budúce výzvy. Je isté, že zamestnanci zamestnaní v továrni 4.0 musia mať znalosti a zručnosti zodpovedajúce

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



technickej oblasti, ako aj softvér [LIV19]. Podľa prieskumu PwC Global v roku 2016 o Industry 4.0 medzi MSP ukazuje, že ich najväčšou výzvou je nedostatok zamestnancov s digitálnymi zručnosťami, ako aj neschopnosť ich vyškoliť. Mnoho ľudí očakávalo, že veľkým problémom pri dosahovaní cieľov Industry 4.0 bude výber správnych technológií, no zdá sa, že ešte dôležitejším aspektom sú zručnosti pracovnej sily [PWC16]. Súčasný vzdelávacie systémy sa veľmi vážne nezaoberajú otázkami súvisiacimi s akumuláciou zručností 4.0 špecifických pre odvetvie, ako sú technické, softvérové, ako aj digitálne a obchodné zručnosti. Namiesto toho priemysel preberá dynamickú a kreatívnu úlohu pri dopĺňaní kľúčových kompetencií potrebných na integráciu do priemyslu 4.0 [COM16].

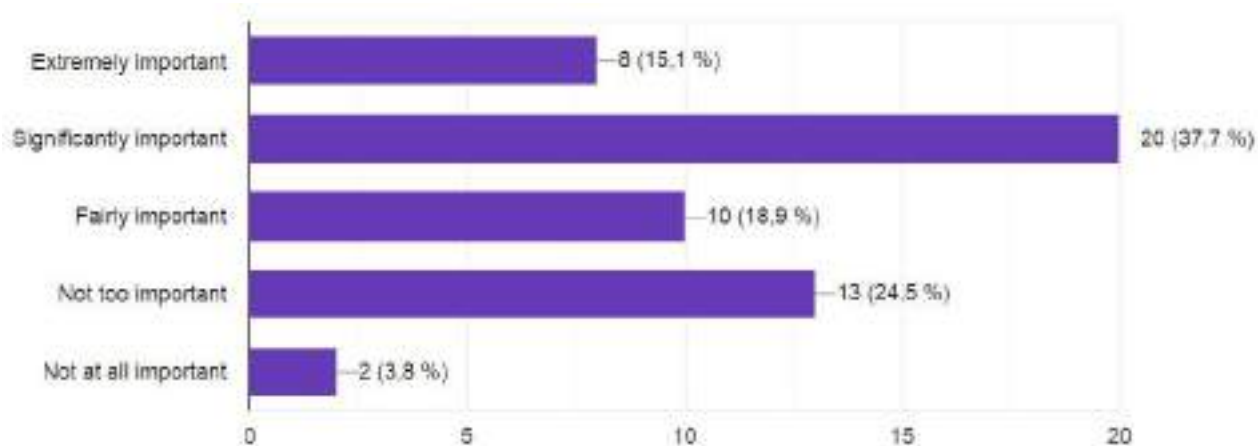
Vzhľadom na to, že priemyselné odvetvia sa líšia podľa výroby a vzdelávacie systém nemôže pokryť všetky jeho oblasti, je dôležité, aby boli zamestnanci školení na pracovisku alebo v akademickom jazyku pracovného vzdelávania (WBL). Samozrejme, učenie sa prácou je len vzdelávacia metóda, pomocou ktorej jednotlivci hromadia zručnosti a sú špecifickejší v priemyselnom prostredí. Na druhej strane vo vzdelávacom prostredí na univerzite existujú moderné metódy akumulácie kompetencií, ktoré možno úspešne aplikovať pri dosahovaní navrhovaných cieľov. Project based learning (PBL), peer-to-peer learning (P2PL) sú len niektoré z moderných metód, pomocou ktorých jednotlivci získavajú zručnosti, ktoré sú také dôležité pri ich integrácii do sociálneho a priemyselného prostredia. Tento nový prístup k vzdelávaciemu systému je súčasťou moderného vzdelávania, ktoré charakterizuje postavenie študenta ako subjektu vzdelávacieho procesu, akumulácia kompetencií, rozvoj kritického myslenia a riešenie problémov [ION01]. V prípade Industry 4.0 jedna alebo dve zručnosti nestačia na riešenie určitých zložitých problémov, je potrebný väčší súbor zručností, ktorý zahŕňa mechanické, softvérové a elektronické komponenty [LIV19]. Mechatronika pripravuje a školí jednotlivcov na veľmi aplikovanom a interdisciplinárnom základe, čo je charakteristika tak dôležitá pre priemysel 4.0. Jediniec študujúci mechatroniku vo vzdelávacom procese získava rad základných kompetencií v oblastiach 3D dizajnu, automatizácie, softvéru, pokročilého riadenia elektromechanických systémov, databáz, nekonvenčného riadenia procesov a pod.

Mechatronika ako odbor pokrýva široké spektrum zručností potrebných pre priemysel 4.0. Samozrejme, sú potrebné zlepšenia a doplnenia požadovaných zručností. S cieľom

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

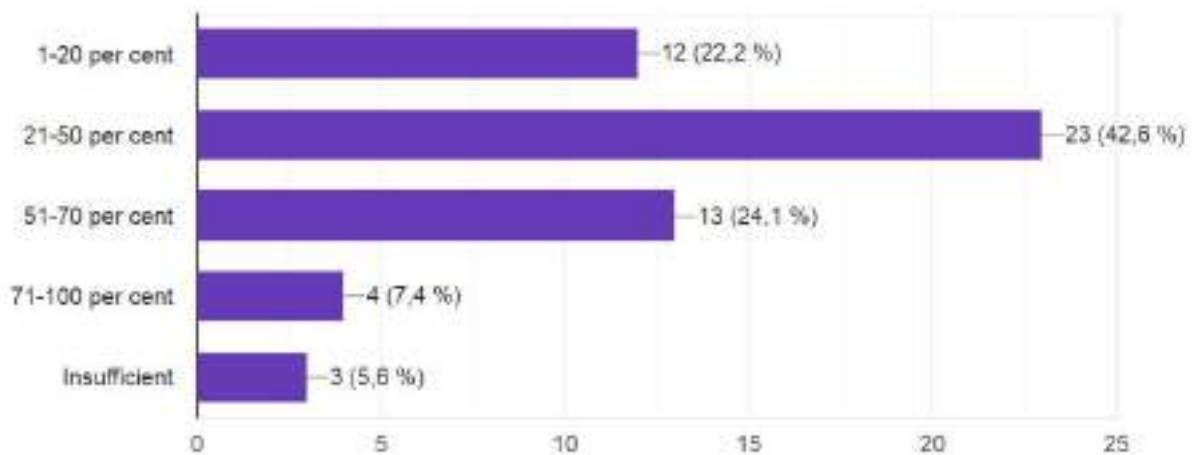


identifikovať zručnosti potrebné pre Industry 4.0 v partnerských krajinách projektu MIND sme vyvinuli formulár na platforme Google Forms, ktorý sme distribuovali spoločnostiam v troch partnerských krajinách (Srbsko, Slovensko, Rumunsko). Tejto formy sa zúčastnilo 55 firiem veľkých, malých a stredných veľkostí; väčšina týchto spoločností sú výrobcovia a malá časť je v oblasti výskumu vývoja a distribútorov. Významná časť firiem pôsobí v oblasti automotive, zvyšok je v oblasti strojárstva, elektroniky. Z tabuľky nižšie môžeme povedať, že mechatronické zručnosti sú významné a mimoriadne dôležité pre rozvoj ich spoločností (obrázok 7). Niektoré spoločnosti tvrdia, že mechatronické zručnosti nie sú príliš dôležité alebo nie sú dôležité, pretože tieto spoločnosti priamo nespolupracujú s výrobou alebo mechatronikou. Tieto spoločnosti pôsobia v oblasti súvisiacich služieb, ako je poradenstvo, paletizácia, priemyselná výstavba, finančné služby atď.



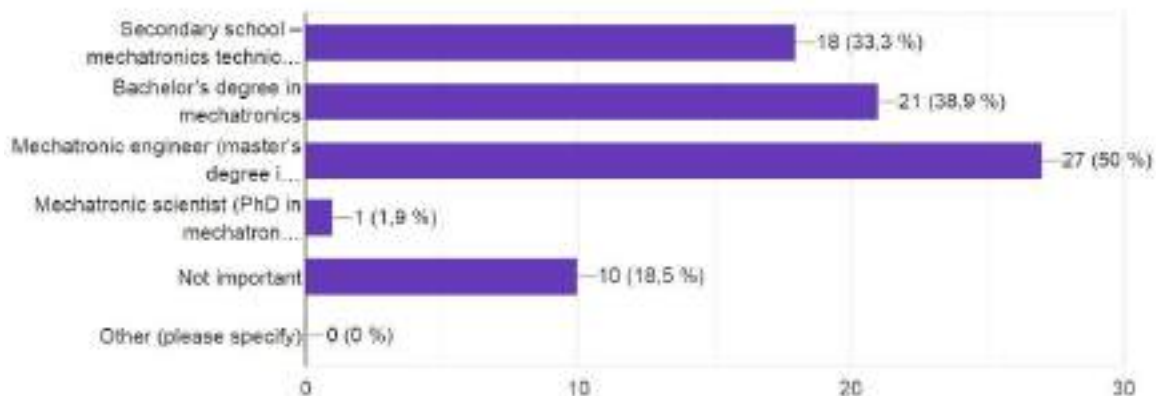
Obrázok 7 Význam mechatronických zručností.

Na otázku adresovanú firmám, ako dobre sú vyškolení ich zamestnanci v oblasti mechatroniky, väčšina odpovedala, že sú vyškolení v rozsahu 1-50%. Existuje aj malá časť spoločností, ktoré tvrdia, že ich zamestnanci majú veľmi vysoký stupeň vzdelania v oblasti mechatroniky (obrázok 8).



Obrázok 8 Školenie zamestnancov v oblasti mechatroniky.

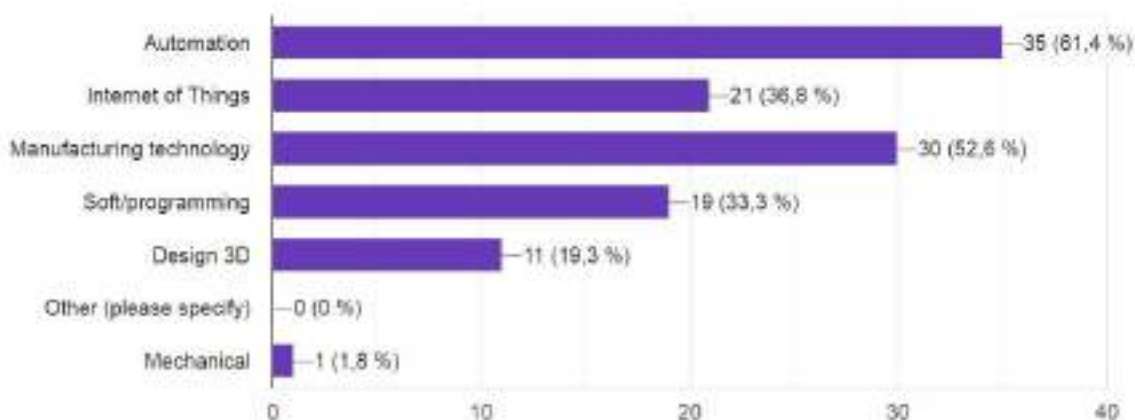
Väčšina spoločností potrebuje vysokú úroveň vzdelania v oblasti mechatroniky, a preto väčšina spoločností potrebuje magisterské štúdium, po ktorom nasleduje bakalárske štúdium. Značný počet spoločností potrebuje aj technikov, ktorí poznajú oblasť mechatroniky na nižšej úrovni, ale ktorí majú v rámci spoločnosti potenciál rastu v určitých sektoroch (obrázok 9).



Obrázok 9 Úroveň vzdelania.

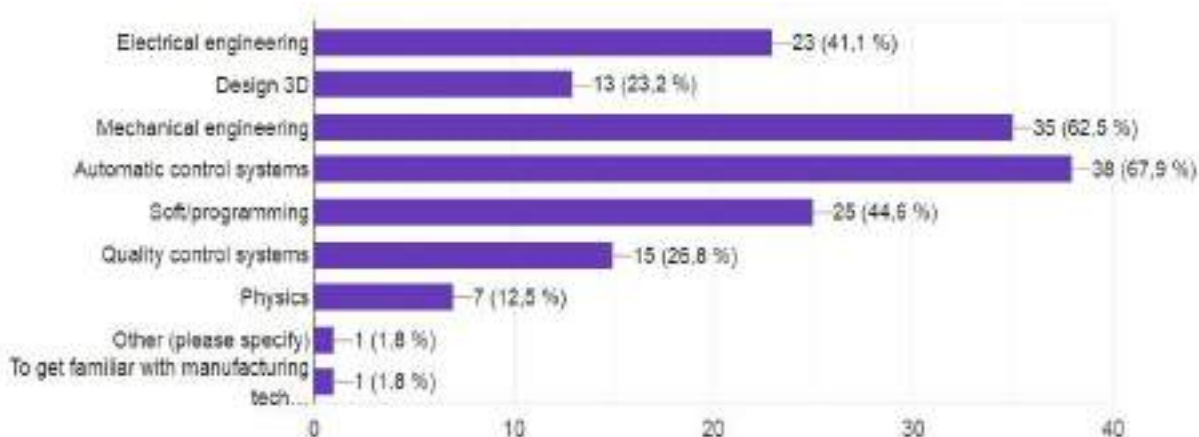
V prípade kompetencií, ktorými sa špecializovaný ľudský zdroj musí vyrovnáť s výzvami Industry 4.0, si spoločnosti vybrali kompetencie automatizácie a kompetencie výrobných technológií. Tieto dve zložky tvoria väčšinu preferencií zamestnávateľov, pokiaľ ide o kompetencie potrebné pre jednotlivca v odvetví 4.0. Ďalšou kompetenciou, ktorú

spoločnosti uprednostňovali, bola ITO, a to vďaka vzájomnej prepojenosti, ktorú ponúka medzi spoločnými prvkami priemyselného procesu (obrázok 10).



Obrázok 10 Požadované zručnosti v priemysle 4.0. Vyberte max 2

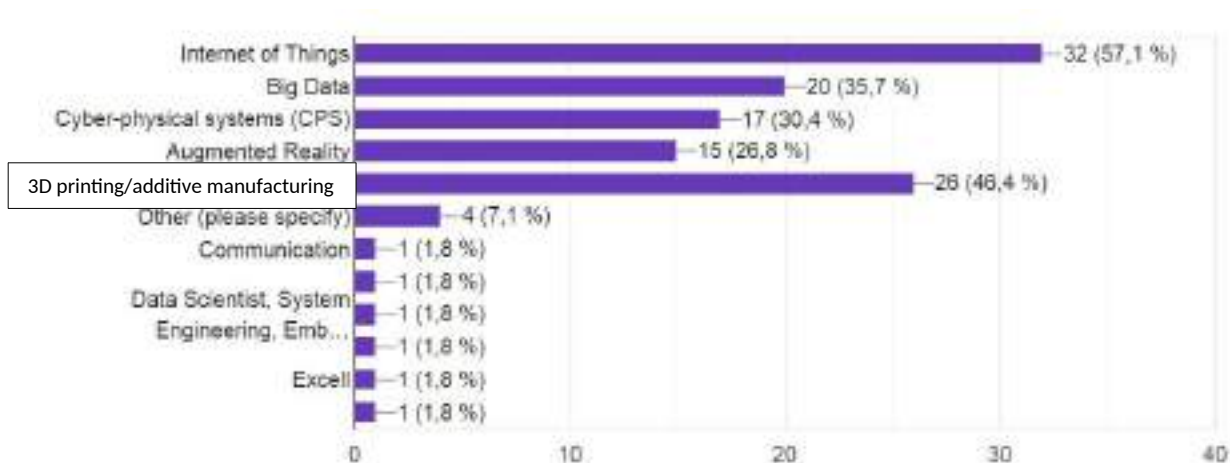
Väčšina spoločností odporúča študentom študovať viac systémov automatického riadenia, ako aj mechanickú časť inžinierstva. Významné percento získala aj softvérová a elektrotechnická časť.



Obrázok 11 Dôležité otázky, ktoré musia študenti riešiť vážne. Vyberte max 3.

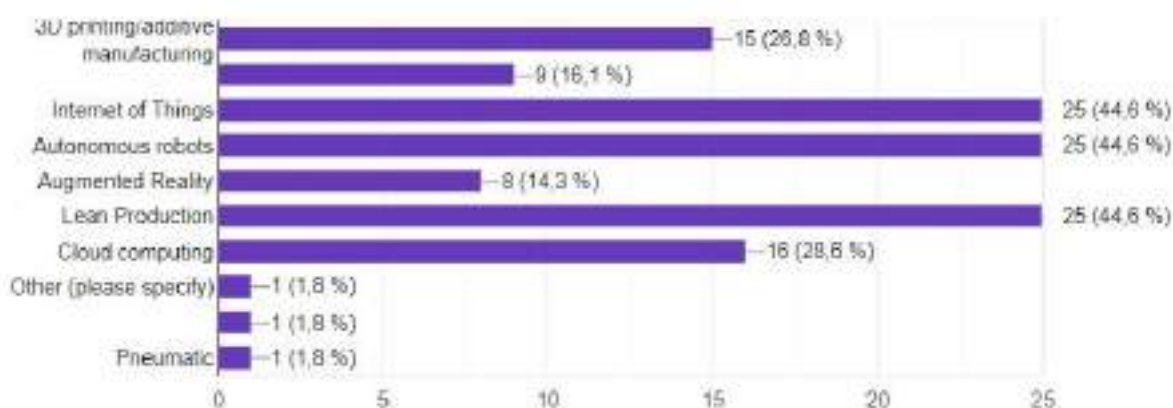
This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Internet vecí a 3D tlač / aditívna výroba sú preferované kurzy väčšiny spoločností pre študentov magisterského štúdia. Spoločnosti sa domnievajú, že tieto kurzy by boli užitočné pre študentov magisterského štúdia, pretože sú kľúčovým prvkom pri dosahovaní priemyselnej hranice 4,0 (obrázok 12).



Obrázok 12 Užitočné kurzy pre študentov magisterského štúdia. Vyberte max 3.

Posledná otázka adresovaná firmám sa týka budúcej vízie firmy, väčšina z nich je zameraná na implementáciu princípov štíhlej výroby, ako aj vybavenie firmy autonómnymi robotmi či internetom vecí (obrázok 13).



Obrázok 13 Budúce oblasti záujmu spoločnosti.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Vo vyššie uvedenom formulári bola vykonaná identifikácia technických kompetencií potrebných pre jednotlivcov na riešenie problémov priemyslu 4.0. Tieto technické zručnosti sú veľmi dôležité v kontexte priemyslu 4.0, ale takmer rovnako dôležité sú sociálne zručnosti (zdroj obrázka:

<https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f>), (Figure 14 - CFI).

Top 10 skills

in 2020

1. Complex Problem Solving
2. Critical Thinking
3. Creativity
4. People Management
5. Coordinating with Others
6. Emotional Intelligence
7. Judgment and Decision Making
8. Service Orientation
9. Negotiation
10. Cognitive Flexibility

in 2015

1. Complex Problem Solving
2. Coordinating with Others
3. People Management
4. Critical Thinking
5. Negotiation
6. Quality Control
7. Service Orientation
8. Judgment and Decision Making
9. Active Listening
10. Creativity



Obrázok 14 Špičkové zručnosti v Industry 4.0.

Vidíme, že na prvom mieste v rokoch 2015 a 2020 je komplexné riešenie problémov ako hlavná zručnosť Industry 4.0. Aby sme mohli prijať Industry 4.0, musíme byť pripravení prijať výzvy týkajúce sa skutočnej úrovne zručností pracovnej sily. V nadchádzajúcich rokoch sa bude očakávať, že pracovná sila bude mať nové zručnosti. V tomto prípade hrá hlavnú úlohu vzdelanie. V práci „From E-learning to Industry 4.0“ autori uvádzajú dôležité kritériá pre vzdelávanie v Industry 4.0 [MIK16]:

- rastúce potreby flexibility,
- spolupráca medzi univerzitami a priemyslom,

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

- Otvorenie vzdelávacích systémov,
- Posun v komunikačných procesoch.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Universitatea
Politehnică
Braşov

COMING
COMPUTER ENGINEERING

STU
SIBIU UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN ROMANIA



integra™



3 3 Závery

Priemysel 4.0 sa spolieha na koncepty, ktoré sú buď nové, alebo ešte nie sú úplne vyvinuté: cloud computing, fog computing, blockchain atď. Niektoré z nich sa v posledných rokoch mimoriadne vyvinuli, ale aj vtedy je Priemysel 4.0 stále v plienkach. Odhliadnuc od technických výziev, prechod na túto novú úroveň sa ukáže ako test súčasného status-quo: zdieľanie obrovského množstva informácií núti aktérov v tomto odvetví zmeniť svoje metódy interakcie, rozhodovanie umelej inteligencie spôsobí, že pracovné pozície stredného manažmentu budú zastarané. , prípadný skok do plne automatizovaného priemyselného parku prinúti prehodnotiť spoločenské normy a konvencie atď.

Od roku 2011 od nástupu Industry 4.0 sa tento koncept vyvíja rok čo rok. Svedčí o tom veľký počet vedeckých článkov, ktoré boli v tejto oblasti publikované. Je isté, že táto oblasť je zaujímavá vďaka výhodám, ktoré prináša v rámci celého výrobného procesu. Niektoré z týchto výhod boli zahrnuté aj v tejto správe. Tento dotazník bol adresovaný spoločnostiam z troch partnerských krajín projektu MIND.

Pod'akovanie

Ďakujeme doc. Prof. Dr. Eng. Sergiu-Danovi STANovi z Technickej univerzity za pomoc pri písaní tohto intelektuálneho výsledku.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





4 Bibliografia

- AKE18 M. Åkerman, Å. Fast-Berglund, E. Halvordsson, J. Stahre; *Modularized assembly system: a digital innovation hub for the Swedish smart industry* *Manuf. Lett.*, 15 (1) (2018), pp. 143-146
- BAC17 Baccarelli, E; Naranjo, PGV; Scarpiniti, M; Shojar, M; Abawajy, JH; *Fog of Everything: Energy-Efficient Networked Computing Architectures, Research Challenges, and a Case Study; Volume: 5; Pages: 9882-9910; DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2702013*
- BOR11 Borja González-Albo, María Bordons,
Articles vs. proceedings papers: Do they differ in research relevance and impact? A case study in the Library and Information Science field, *Journal of Informetrics*, Volume 5, Issue 3, 2011, Pages 369-381, ISSN 1751-1577, <https://doi.org/10.1016/j.joi.2011.01.011>.
- CHE18 Chen-Fu Chien, T. Warren Liao, Runliang Dou,
Soft computing for smart production to empower industry 4.0, *Applied Soft Computing*, Volume 68, 2018, Pages 833-834, ISSN 1568-4946, <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.05.021>.
- COM16 *A new skills agenda for Europe*. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2016) 381 final. Brussels, 10.6.2016, available at: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-381-EN-F1-1.PDF>
- COM19 <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details/#project/2019-1-RO01-KA203-063153>
- DFK11 <https://www.dfki.de/web/forschung/projekte-publikationen/publikationen/publikation/9923/>
- DOR12 Dorin Telea; *Sisteme inteligente de productie*; Ed. Universitatii L Blaga; Sibiu 2012; ISBN 978-606-12-0401-4
- HER20 I.Vuksanovic Herceg, V. Kuc, V.M. Mijuškovic, T.Herceg, *Challenges and Driving Forces for Industry 4.0 Implementation*, *Sustainability* 2020, 12, 4208; pp.1-22 doi:10.3390/su12104208
- IZV19 <https://pametnaspecijalizacija.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2019/03/4S-Finalni-izvestaj-o-kvalitativnoj-analizi.pdf>

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





- EMI19 G. D'Emilia, A. Gaspari, and E. Natale, „Mechatronics Applications of Measurements for Smart Manufacturing in an Industry 4.0 Scenario“, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, April 2019
- FEN01 Feng, S., L. Li, and L. Cen. 2001. “*An Object-oriented Intelligent Design Tool to Aid the Design of Manufacturing Systems.*” Knowledge-Based Systems 14 (5–6): 225–232. DOI:10.1016/S0950-7051(01)00100-9
- GHE18 G. Gheorghe „MECHATRONICS, CYBER-MIXMECHATRONICS AND IT&C BASED ON THE DEVELOPMENT OF INDUSTRY 4.0 IN ROMANIA“ Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX November 7-9, Băile Govora, Romania
- GIO20 Giovanna Culot, Guido Nassimbeni, Guido Orzes, Marco Sartor, *Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions*, International Journal of Production Economics, 2020, 107617, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>.
- HAY19 Hayriye Atik, Fatma Ünlü, *The Measurement of Industry 4.0 Performance through Industry 4.0 Index: An Empirical Investigation for Turkey and European Countries*, Procedia Computer Science, Volume 158, 2019, Pages 852-860, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.123>
- HER16 Hermann, M., T. Pentek, and B. Otto. 2016. “*Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.*” Proceedings of 2016 49th Hawaii International Conference on Systems Science, January 5–8, Maui, Hawaii. DOI:10.1109/HICSS.2016.488.
- HOF17 Hofmann, E; Rusch, M; *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*, Volume:89; Pages:23-34; DOI:10.1016/j.compind.2017.04.002
- ION01 Ionescu, M., Radu I, *Didactica modernă*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2001
- IVA16 Ivanov, D; Dolgui, A; Sokolov, B; Werner, F; Ivanova, M; *A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0*; Volume:54; Issue: 2; Pages: 286-402; DOI: 10.1080/00207543.2014.999958
- JAS12 Jasperneite, J. 2012. “*Was Hinter Begriffen Wie Industrie 4.0 Steckt.*” Computer & Automation 12: 24–28. Jia, X., O. Feng, T. Fan, and Q. Lei. 2012. “RFID Technology and its Applications in Internet of Things (IoT).” In Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), April 21–23, Yichang, China, 1282–1285.
- KAG13 Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig. 2013. “*Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.*” Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





- KEI18 Keith Moran; *Benefits Of Industry 4.0*; 2018; <https://slcontrols.com/benefits-of-industry-4-0/>
- KHO18 V. A. Kholopova, E. N. Kashirskayaa, A. P. Kushnira, E. V. KuKurnasov, A. V. Ragutkina, and V. V. Pirogovb, „Development of Digital Machine-Building Production in the Industry 4.0 Concept“, *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, 2018, Vol. 47
- LAS14 Lasi, H., F. Peter, F. Thomas, and M. Hoffmann. 2014. “*Industry 4.0.*” *Business & Information Systems Engineering* 6 (4): 239–242
- LIA17 Liao, YX; Deschamps, F; Loures, EDR; Ramos, LFP, *Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal*, Volume: 55; Issue: 12; Pages: 3609-3629, DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576
- LIV19 Liviu Moldovan, *State-of-the-art Analysis on the Knowledge and Skills Gaps on the Topic of Industry 4.0 and the Requirements for Work-based Learning*, *Procedia Manufacturing*, Volume 32, 2019, Pages 294-301, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.217>.
- LUY17 Lu, Y. 2017b. “*Cyber Physical System (CPS)-based Industry 4.0: A Survey.*” *Journal of Industrial Integration and Management* 2(3). DOI:10.1142/S2424862217500142
- MAC18 P. MARCON, F. ZEZULKA, Z. BRADAC, „TERMINOLOGY OF INDUSTRY 4.0“, *Journal of the Technical University – Sofia Plovdiv branch, Bulgaria “Fundamental Sciences and Applications”* Vol. 24, 2018
- MIK16 M. Huba, Š. Kozák, “From E-learning to Industry 4.0”, *Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia*, November 2016, DOI: 10.1109/ICETA.2016.7802083.
- PIR17 F.A.S. Piran, D.P. Lacerda, L.F.R. Camargo, C.F. Viero, R. Teixeira, A. Dresch; *Product modularity and its effects on the production process: an analysis in a bus manufacturer*, *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, 88 (5–8) (2017), pp. 2331-2343
- PWC16 PWC. 2016 Global Industry 4.0 Survey, available at: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- RAI14 Rainer, Drath; Alexander Horch; *Industrie 4.0: Hit or Hype?*; Volume: 8 , Issue: 2 , June 2014; DOI: 10.1109/MIE.2014.2312079
- RAU00 H. Rauen, J. Fleischer, R. Anderl „Guideline Industrie 4.0 Guiding principles for the





implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses“

- SIK17 Sikorski, JJ; Haughton, J; Kraft, M; *Blockchain technology in the chemical industry: Machine-to-machine electricity market*; Volume:195; Pages:234-246 DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.03.039
- SLU18 Ślusarczyk B., „INDUSTRY 4.0 – ARE WE READY?“, POLISH JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES, 2018 Vol.17 No.1
- STA19 S. Stanovski, G. Ostojić, X. Zhang, I. Baranovski, S. Tegeltija, S. Horvat, “Mechatronics, Identification Tehnology, Industry 4.0 And Education“, 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 20-22 March 2019.
- SUA17 S. Suárez Fernández-Mirandaa, M. Marcosb, M.E. Peraltaa, F. Aguayoa, „*The challenge of integrating Industry 4.0 in the degree of Mechanical Engineering*“, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain
- WAN16 Wan, JF; Tang, SL; Shu, ZG; Li, D; Wang, SY; Imran, M; Vasilakos, AV, *Software-Defined Industrial Internet of Things in the Context of Industry 4.0*; Volume:16; Issue: 20; DOI: 10.1109/JSEN.2016.2565621
- WAN16 Wang, SY, Wan, JF, Zhang, DQ, Li, D, Zhang, CH, *Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination*; Volume 101; Pages 158-168; DOI: 10.1016/j.comnet.2015.12.017
- WAN17 Wan, JF; Tang, SL; Li, D; Wang, SY; Liu, CL; Abbas, H; Vasilakos, AV; *A Manufacturing Big Data Solution for Active Preventive Maintenance*; Volume: 13; Issue:4; Pages:2039-2047; DOI: 10.1109/TII.2017.2670505
- WOR17 A. Wortmann, B. Combemale, O. Barais, „A Systematic Mapping Study on Modeling for Industry 4.0“, 2017 ACM/IEEE 20th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems
- WWW01 https://wos.wbofknowledge.com/RA/analyze.do?product=WOS&SID=C58FBP6JbvHn6He62kG&field=TASCA_JCRCategories_JCRCategories_en&yearSort=false
- XUL18 Xu, LD ; Xu, EL; Li, L; *Industry 4.0: state of the art and future trends*; Volume 56; Issue: 8; Pages: 2941-2962; DOI: 10.1080/00207543.2018.1444806





ZHA15 Zhan, ZH; Liu, XF; Gong, YJ; Zhang, J; Chung, HSH; Li, Y; *Cloud Computing Resource Scheduling and a Survey of Its Evolutionary Approaches*, Volume: 47; Issue: 4; DOI: 10.1145/2788397

[CFI] <https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f>

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

