



MIND

Erasmus+ strateško partnerstvo visokog obrazovanja

RAZVOJ MEHATRONIČKIH VEŠTINA I INOVATIVNE METODE UČENJA ZA INDUSTRIJU 4.0

IO1 IZVEŠTAJ

Naslov projekta	Razvoj mehatroničkih vještina i inovativni metodi učenja za industriju 4.0 2019-1-RO01-KA203-063153
Izveštaj	IO1 - Mapiranje i pregled naučne literature mehatroničkih vještina u industriji 4.0
Datum završetka	Januar 2020
Autori	Dan Rusu, Alexandru Ianoși (UTCN) Miloš Simonović, Milan Banić (NIS) Erwin-Christian Lovasz (UPT) Dušan Krstić (CC) Peter Košťál, Vanessa Prajová (STU) Alina Băbășan, Andreea Mureșan (IHR)
Verzija	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.





Sadržaj

1	Uvod i ciljevi IO1.....	3
2	Industrija 4.0 i mehatronika	5
2.1	Industrija 4.0-osnovni pojam, definicija i metod pregleda.	5
2.1.1	Industrija 4.0 – stanje tehnike:	7
2.1.2	Prednosti industrije 4.0.....	10
2.2	Ograničenja našeg bibliografskog naučnog istraživanja.....	13
2.3	Mehatroničke veštine u kontekstu industrije 4.0	17
3	Zaključci	23
4	Bibliografija.....	24

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



1 Uvod i ciljevi IO1

Da bi ispunile strateške ciljeve potrebne za ulazak u informaciono društvo, organizacije moraju imati fleksibilnu strukturu i hardvera i softvera, kao i ljudske resurse koji imaju visok stepen kompetencije [DOR12]. Istraživanje Svetske banke pokazalo je da nedostatak digitalnih i mehatroničkih veština i znanja u proizvodnim kompanijama ustvari koči „hitno potrebna“ ulaganja u tehnologiju industrije 4.0. Industrija 4.0 će zahtevati da timovi ljudi rade i poseduju interdisciplinarne ili multidisciplinarne kompetencije za rešavanje novih izazova. Jedan od ovih zahteva odnosi se na konvergenciju između mehaničkih / elektronskih / softverskih sistema, što predstavlja oblast mehatronike. Projekat MIND usredsređen je na razvoj mehatroničkih veština i inovativnih metoda učenja za industriju 4.0. Da bi zadovoljili potrebe za zapošljavanjem u narednih 5-10 godina, univerziteti moraju da obučavaju studente i razviju interdisciplinarne veštine koje kombinuju mehatroničku kvalifikaciju sa informatičkim znanjem i vrhunskim socijalnim veštinama kako bi stvorili 4.0 stručnjake

Ciljevi IO1 su:

Mapiranje najnovijih uobičajenih i specifičnih mehatroničkih veština potrebnih za industriju 4.0 u zemljama predstavljenim u partnerstvu u prvom delu perioda primene [COM19].

U prvom delu ovog pregleda radiće se na opštoj slici industrije 4.0 (definicija, razvoj, komponente, stanje tehnike i prednosti industrije 4.0). Takođe, ovo poglavlje će uključiti pristup Industriji 4.0 u zemljama partnerima ovog projekta (Rumunija, Srbija, Slovačka). Drugo potpoglavljje pokrivaće ograničena bibliografskog istraživanja u kojem će biti objašnjena metodologija za sprovođenje ovog pregleda, kao i kvantitativna i kvalitativna analiza podataka iz ove oblasti. Važan aspekt ovog pregleda je identifikacija definišućih kompetencija mehatronike u kontekstu prethodnih znanja iz industrije 4.0. Veštine iz mehatronike formiraju se modernim pristupom procesu obrazovanja, koji karakteriše akumulacija kompetencija. Veštine iz mehatronike nastaju iz modernog pristupa obrazovnom procesu, koji karakteriše akumulacija veština i kompetencija.

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



U osnovi savremenih obrazovnih sistema nalaze se principi kao što su: učenik/student postaje subjekt čitavog sistema, upotreba savremenih nastavnih sredstava, savremenih sredstava za podučavanje, učenje, vrednovanje (učenje zasnovano na projektu, uzajamno učenje, problematizacija itd ...), razvijanje kritičkog mišljenja i rešavanje problema. Promene u obrazovnom sistemu nastale su usled evolucije društva, a univerziteti su morali da prilagode svoje metode zahtevima industrije, ekonomije itd.

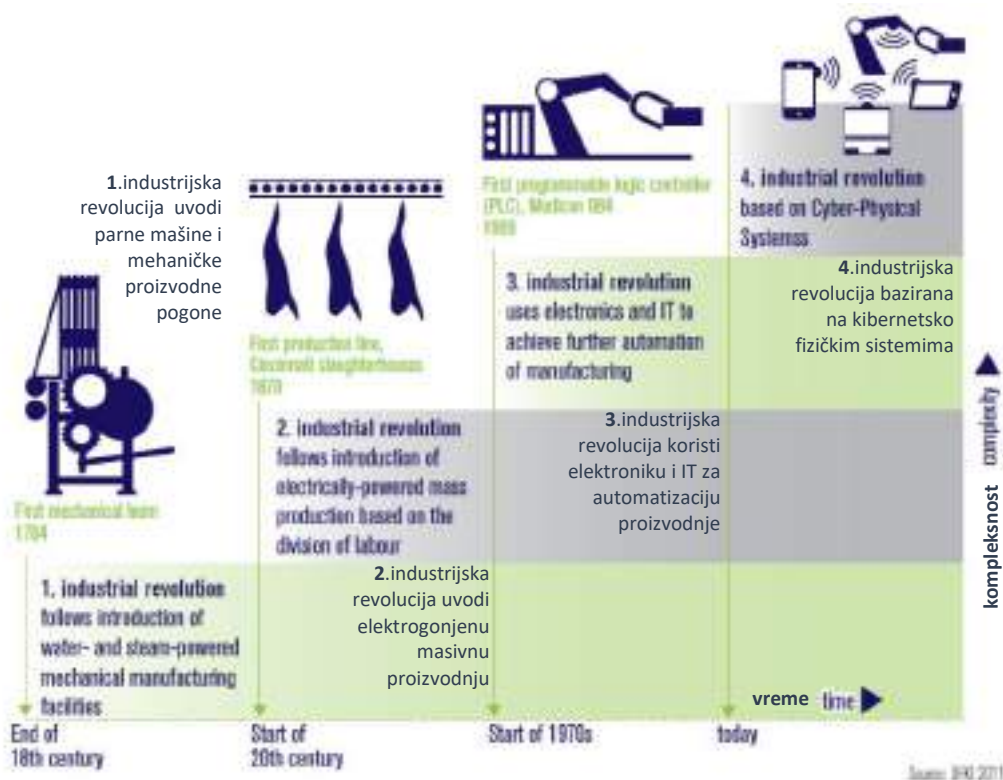
Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



2 Industrija 4.0 i mehatronika

2.1 Industrija 4.0-osnovni pojam, definicija i metod pregleda.

Kroz istoriju, industrija je postala deo nacionalne ekonomije svake države, imajući ulogu proizvodnje materijalnih dobara, doprinoseći razvoju društva čiji je deo, itd. Slika 1 prikazuje razvoj industrije od industrije 1.0 do 4.0 gde smo danas, identifikujući elemente specifične za svaku fazu evolucije. Vrlo dobro se vidi da je, evolucijom industrije tokom vremena, došlo do povećanja nivoa njene složenosti. Evolucija složenosti je prirodna, i nastala je usled povećanja potrošnje ljudi koji su primorali industriju da poveća proizvodni kapacitet stvaranjem složenijih sistema sa većim stepenom produktivnosti.



Slika 1 Evolucija industrija od 1.0 do 4.0 [DFK11]

- Prvu industrijsku revoluciju odlikovali su isključivo mehanički sistemi, kojima upravlja para i voda. Sistemi su se odlikovali niskom produktivnošću.

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



- Druga industrijska revolucija karakteriše se upotrebom električne energije kao elementa za proizvodnju kretanja kroz elektromehaničke sisteme. Međutim, masovnu proizvodnju tokom tog perioda karakteriše smanjena fleksibilnost.
- Treća industrijska revolucija, pored mehaničkih ili elektromehaničkih elemenata, dobija i elektronske i IT elemente. Jedna stvar koja je u velikoj meri uticala na razvoj automatizacije bila je pojava tranzistora u 20. veku. Ovu treću fazu evolucije industrije odlikovao je visok stepen fleksibilnosti zbog pojave industrijskih robota, CNC mašina, sistema upravljanja kvalitetom itd. [FEN01].
- Četvrta industrijska revolucija u kojoj smo danas je inteligentna revolucija, sa veoma visokim stepenom automatizacije i fleksibilnosti i koja omogućava vrlo brzu „rekonfiguraciju“ proizvodnje u zavisnosti od potreba tržišta.

Za početak koncepta Industrije 4.0 izabran je sajam u Hanoveru 2011. godine, a Nemačka je 2013. godine zvanično najavila industriju 4.0 kao prioritetni i strateški aspekt revolucije u industrijskom sektoru u Nemačkoj.

Definicija industrije 4.0:

Danas, svako ko namerava da studira ili proučava industriju 4.0 se suočava sa problemom pronalaženja definicije koja je opšte prihvaćena. Ovo izdanje obrađuje glavne probleme u razumevanju i konstruisanju istraživanja zasnovanih na ovoj temi. Konceptualizacijom fenomena iz 2011. godine od strane Nemačke, napravljene su neke značajne promene u razumevanju koncepta, ali su nastali drugi problemi i zabune [GIO20].

Industrija 4.0 je za neke države i dalje nešto što se nalazi u budućnosti, ali to je fenomen koji će sve više rasti i njeno uvođenje postaće neizbežno [RAI14]. Neke od definicija o Industriji 4.0 biće izložene u nastavku:

1. „Industrija 4.0 predstavlja trenutni trend tehnologija automatizacije u prerađivačkoj industriji i uglavnom uključuje omogućavajuće tehnologije kao što su kibernetko-fizičke sisteme (CPS), Internet stvari (IoT) i računarstvo u oblaku“ [HER16], [JAS12], [KAG13], [LAS14], [LUI17]
2. *Kagermann i saradnici (2013) opisuju svoju viziju industrije 4.0:*

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



„ Preduzeća će u budućnosti uspostavljati globalne mreže kojima povezuju svoje mašine, skladišne sisteme i proizvodne pogone u obliku kibernetičko fizičkih sistema (CPS). U proizvodnom okruženju, ovi kibernetičko-fizički sistemi sadrže pametne mašine, sisteme za skladištenje i proizvodne pogone sposobne da autonomno razmenjuju informacije, pokreću radnje i nezavisno kontrolišu jedni druge. Ovo omogućava temeljna poboljšanja industrijskih procesa koji su uključeni u proizvodnju, inženjering, upotrebu materijala i lanac snabdevanja i upravljanje životnim ciklusom. Pametne fabrike, koje već počinju da se pojavljuju, koriste potpuno novi pristup proizvodnji. Pametni proizvodi mogu se jedinstveno identifikovati, mogu se locirati u svakom trenutku i znaju svoju istoriju, trenutni status i alternativne puteve za postizanje svog ciljnog stanja. Ugrađeni proizvodni sistemi vertikalno su umreženi sa poslovnim procesima u fabrikama i preduzećima i horizontalno povezani sa rasutim mrežama vrednosti kojima se može upravljati u realnom vremenu - od trenutka slanja naloga do izlazne logistike. Pored toga, oba omogućavaju i zahtevaju inženjering od kraja do kraja u čitavom lancu vrednosti “[KAG13].

2.1.1 Industrija 4.0 – stanje tehnike:

Da bi se proučilo stanje tehnike u industriji 4.0, izvršena je pretraga članaka koji imaju najviše citata na platformi “Web of Science” (naučna mreža):

Table 1: Deset najcitiranijih članaka industrije 4.0

Br	Naslov	Autor/i	God	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 systematic literature review and research agenda proposal	Liao, YX. et al.	2017	186	10.1080/00207543.2017.1308576
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

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

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, J.J. 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, J.F. et al.	2017	76	10.1109/TII.2017.2670505

Industrija 4.0 je tek u povoju; postoje tehnologije koje omogućavaju, poput RFID-a, bežične senzorske mreže, računarstvo u oblaku itd., koje omogućavaju njegov rast, ali, kao što su Xu i saradnici al. [KSUL18] istakli, postoje neki izazovi koje treba prevazići pre nego što koncept postane dovoljno zreo: neki poslovni modeli se ne nose dobro sa integracijom od kraja do kraja, masovna međuorganizaciona razmena podataka u suštini bi mogla dati ogromnu moć već snažnom poslovnom partneru, posebno u neuravnoteženim konzorcijumima; još jedan problem koji je citirani izvor identifikovao povezan je sa skalabilnošću: međusobno povezivanje ogromnog niza „stvari“ u internet stvari (IoT) okruženju preplavljuje sistem podacima koji bez odgovarajuće analize čine faktore odlučivanja besmislenim, jer se odluke donose na osnovu informacija, a ne pukih sirovih podataka. Zbog toga nauka o podacima mora da igra važnu ulogu.

Konkurentno mišljenje iznose Hoffman i Rusch [HOF17], koji tvrde da konceptu Industrije 4.0 nedostaje jedinstveno dogovorena definicija, koja s jedne strane omogućava svima da primene ono što osećaju relevantnim za svoje poslovanje, ali s druge strane prkosi važnom stubu Industrije 4.0, odnosno internet stvari (IoT-u): bez zajedničkog okvira nema izgleda za decentralizaciju, samoregulaciju i, na kraju, efikasnost različitih organizacija koje deluju u određenom ekosistemu. Navedeni izvor predlaže rešavanje problema polazeći od strane logistike, jer bi u ovoj oblasti postojala opipljiva korist od primene međusobno povezane podatkovne infrastrukture koja bi mogla smanjiti troškove zaliha, što čini dovoljno velik deo korporativne potrošnje

Smanjujući obim velikih industrijskih konglomerata sa više partnera na jednu fabriku, Vang i saradnici. [VAN16] predlažu samoorganizovani višeagentni inteligentni mehanizam pregovaranja koji bi omogućio prelazak na pametnu proizvodnju; u takvom kontekstu, fabrikacija evoluira od planirane alokacije resursa, kojoj bi moglo trebati mnogo vremena da se primeni i potvrdi, do fleksibilnije alokacije resursa u hodu, gde svaki čvor (mašina, radna stanica, radni sto, itd.) pregovara o radnom opterećenju i (re) konfigurira priliv materijala na osnovu ciljeva. U takvom kontekstu primena veštačke inteligencije postaje striktna.

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



Ključni koncept decentralizovanog odlučivanja je poverenje; mora da postoji sigurnost i poverenje da u mreži nema zlonamernih čvorova, a ukoliko to nije moguće, potrebno je osigurati da njihovo delovanje ne poremeti funkcionisanje cele mreže odnosno sistema. Tehnologija koja ima sposobnost da to osigura je blockchain. Sikorski i saradnici [SIK17] predlažu model za tržište električne energije koji bi olakšao interakciju od mašine do mašine koja bi mogla da podrži povećanje efikasnosti i smanjenje troškova, jer režijski troškovi povezani sa obračunima, izmirenjem troškova, hedžingom i kupoprodajnim ugovorima često čine veliki deo (do šestine) konačne cene električne energije. Koncepti iz blockchain tehnologije dvostruki su odgovor za izgradnju poverenja među IoT mrežama pod slabim nadzorom.

IoT krči put industriji 4.0 omogućavajući visok stepen fleksibilnosti; ali samom IoT-u je potrebna fleksibilnija mrežna arhitektura što bi se moglo postići softverski definisanim mrežama. Van i saradnici [VAN16a] tvrde da softverski definisana arhitektura mora da obezbedi integraciju glavna 3 sloja: fizičku infrastrukturu, kontrolni i aplikativni sloj; jedna od glavnih prepreka je nedostatak jedinstvene standardizacije interfejsa različitih tržišnih aktera, što sprečava razvoj; drugi problem koji je citirani izvor identifikovao je da će podaci generisani IoT mrežom imati visoku tržišnu vrednost, što bi moglo transformisati IoT centre u oblaku u potencijalni plen kibernetičkih kriminalaca ili čak vladinih aktera; kao takva, mrežna sigurnost je zabrinjavajuća, posebno za čvorove sa niskim proračunima koji trenutno nisu u stanju da pruže složene metode autentifikacije.

Računarstvo u oblaku je još jedan važan deo sve složenije slagalice industrije 4.0: bez obzira na to kako se industrija razvija, resursi računarstva u oblaku već su promenili način na koji se odvija savremena interakcija između korisnika i interneta. Jasno je da je sada pitanje kako će računarstvo u oblaku uticati na pojavu Industrije 4.0; Zhan i saradnici [ZHA15] identifikuju da je presudna tačka efikasnog računarstva u oblaku planiranje resursa koje se odvija na 3 različita sloja: aplikativni sloj (efikasna alokacija virtuelnih i fizičkih resursa radi održavanja optimalnog nivoa kvaliteta usluge), sloj virtuelizacije (efikasna alokacija fizičkih resursa s obzirom na uštedu energije i uravnoteženje opterećenja) i sloj primene (efikasna alokacija infrastrukture). Navedeni izvor identifikuje sledeće izazove koji se moraju rešiti za zrelu industriju 4.0: raspoređivanje u realnom vremenu, prilagodljivo dinamičko zakazivanje, višeciljno zakazivanje, distribuirano i paralelno zakazivanje.

Konačna paradigma vezana za industriju 4.0 o kojoj ćemo ovde razgovarati je računarstvo u magli (fog computing); glavna slabost računarstva u oblaku je njegova svojstvena centralizovana arhitektura, koja kumulira kašnjenja i koja onemogućavaju intenzivnu upotrebu u realnom vremenu u stvarnom okruženju. Računarstvo u magli ima za cilj da

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.





premešta kritične proračune u blizinu mrežnog čvora koji to zahteva, primenom računarskih resursa čvorova u distribuiranom računarskom modelu. Baccarelli i sar. [BAC17] navode da je ključni izazov nepredvidiva priroda obima podataka generisanih IoT mrežom, što otežava rekonfiguraciju mreže u hodu, sa računara u magli na računarstvo u oblaku.

2.1.2 Prednosti industrije 4.0

Možemo reći da industrija 4.0 ima koristi nad celokupnim proizvodnim sistemom i prednosti možemo podeliti na nekoliko njegovih sektora (slika 2). Ove prednosti se odnose na komponente produktivnosti, fleksibilnosti, okretnosti, smanjenja troškova, profitabilnosti i kvaliteta proizvoda. Ulaganja u tehnologiju i naprednu proizvodnu opremu ili poboljšanja u vezi sa postojećom proizvodnom linijom predstavljaju ulaganje koje se često identifikuje direktno sa profitabilnošću kompanije:

Industrija 4.0 nudi visoku produktivnost, što kompanijama omogućava da proizvode više i brže sa manje materijalnih resursa. Takođe omogućava uklanjanje neproduktivnih (mrtvih) vremena, kao i smanjenje zastoja mašina za nadgledanje i optimizaciju mašina ili proizvodnih procesa [KEI18].

Značajna prednost industrije 4.0 je u tome što nudi visok nivo fleksibilnosti. Pod fleksibilnošću podrazumevamo sposobnost sistema da se može prilagoditi različitim promenama proizvodnog toka, kako iz perspektive promene oblika i dimenzija proizvoda, tako i samog proizvodnog procesa. Koncept fleksibilnosti je složen i prilično ga je teško definisati, analizirati ili kvantifikovati. Velika fleksibilnost preduzeća može biti odlučujući faktor u poređenju sa drugim kompanijama koje nemaju visok nivo fleksibilnosti. Socijalni i ekonomski kontekst primorao je industrijsko okruženje da se prilagodi novim zahtevima i izazovima kako bi se suočilo sa ekonomskim tržištem. Trendovi društvene evolucije koji su uslovili promenu u industrijskom polju karakterišu:

- Smanjenje energetske resursa i sirovina.
- Povećan nivo konkurencije na međunarodnim tržištima.
- Povećanje nivoa komfora i pripreme pojedinaca.

Da bi išla u korak sa ovim promenama, proizvodna industrija treba da uzme u obzir nekoliko elemenata:

- Smanjenje troškova materijala i energije za svaki proizvod.
- Povećanje produktivnosti rada.
- Povećanje pouzdanosti proizvoda.
- Smanjenje vremena za konstruisanje i izradu [DOR12].

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



Druga prednost je efikasnost brze promene ili rekonfiguracije proizvodnog procesa pri promeni dela koji treba da se realizuje [KEI18].



Slika 2 Prednosti industrije 4.0

Održivost je još jedan važan faktor koji industrija 4.0 može da donese i koji nudi proizvođačima mogućnost da pristupe modularnom konstruisanju, inženjeringu, proizvodnji i modularnoj logistici [AKE18]. Zauzvrat, svaki element ima svoje prednosti, kao i modularna konstrukcija koji nudi prednost smanjenja vremena konstruisanja novog proizvoda, nižih troškova proizvodnje kao i većeg kvaliteta proizvoda [PIR17]

2.1.3 Koncept industrije 4.0 u konzorcijumu MIND projekta (Rumunija, Srbija, Slovačka)

Ovaj deo ima za cilj da pruži uvid u trenutno stanje tehnike u pogledu nivoa performansi industrije 4.0 zemljama članicama projekta MIND.

Prema Hairie Atik i Fatmi Unlu koja je napisala članak pod naslovom „Merenje performansi industrije 4.0 kroz indeks Industrije 4.0: empirijska istraga za Tursku i evropske zemlje“ koji rangiraju zemlje po stepenu primene industrije 4.0. U ovom članku autor je pokušao da utvrdi relativne performanse prema 10 kriterijuma izvučenih iz baze podataka Eurostat i TUIK. Ovih 10 pokazatelja su:

1. Preduzeća koja imaju ERP softverski paket.
2. Preduzeća koja koriste upravljanje odnosima sa kupcima (CRM);

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

3. Deljenje informacija o upravljanju lancem snabdevanja.
4. Preduzeća koja daju prenosne uređaje za mobilnu vezu sa Internetom.
5. Preduzeća koja su primala porudžbine na mreži.
6. Preduzeća koja koriste softverska rešenja poput upravljanja odnosima sa klijentima (CRM);
7. Preduzeća koja imaju ERP softverski paket za razmenu informacija između različitih funkcionalnih oblasti.
8. Preduzeća sa širokopojasnim pristupom.
9. Preduzeća koja koriste Internet u komunikaciji sa javnim institucijama.
10. Preduzeća koja koriste aplikacije Cloud Computing.

Prema rang listi zemalja Evropske Unije i Turske, Rumunija ima najniži nivo performansi u pogledu industrije 4.0. Međutim, Rumunija je poslednjih godina mnogo uložila u automatizaciju, a izvoz proizvoda veće dodatne vrednosti se neprestano povećava. Suprotno tome, Slovačka je zauzela 22., a Srbija 27. mesto, rangirajući se bolje od Rumunije u pogledu industrije 4.0. Slovačka, koju neki karakterišu kao tradicionalističku, zajedno sa Litvanijom, Mađarskom, Slovenijom i Češkom, nalazi se među zemljama su koje su razumele trend i koje se kreću ka industriji 4.0, predlažući rešenja za dostizanje nove industrijske faze. Vrednosti pronađene u tabeli su između 0 i 1, a ako je dobijena vrednost blizu 0, performanse su niske, a ako je vrednost blizu 1 onda su performanse visoke [HAY19].

U 2019. godini usvojena su dva važna dokumenta u skladu sa postavljanjem primene Industrije 4.0 kao jednog od ključnih strateških elemenata Nacionalne industrijske politike Srbije 2021-2030.

Prvi je „Digitalna platforma za industriju 4.0“ kao plan digitalizacije i automatizacije srpske industrije na svim nivoima korišćenjem komponenata industrije 4.0. Drugi je „Izveštaj o analizi kvaliteta preliminarno prioriternih područja u procesu pametne specijalizacije Republike Srbije“ [IZV19], gde je industrija 4.0 i digitalizacija industrije jedan od ključnih prioriteta. Ova dva dokumenta biće uključena u konačnu verziju strateškog dokumenta „Nacionalna industrijska politika Srbije za period 2021-2030“.

U međuvremenu, prema rezultatima ankete predstavljenim u članku „Izazovi i pokretačke snage za primenu industrije 4.0“ koji su napisali A.Vuksanović Herceg, Vukašin Huč, Veljko Mijušković i Tomislav Herceg, suprotno očekivanjima, preduzeća koja se digitalno transformišu ne vide ljudske resurse kao pokretačku snagu, već kao prepreku u primeni industrije 4.0, kada im nedostaju potrebne kompetencije i veštine. Otpor promenama

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

izazvanim primenom industrije 4.0 ne smatra se važnom preprekom. S druge strane, faktori efikasnosti predstavljaju glavnu pokretačku snagu, dok nedostatak kompetencija i finansijskih sredstava predstavljaju najveće prepreke primeni Industrije 4.0. Dalje, ovo istraživanje pokazuje da je nedostatak kompetencija podjednak problem i na menadžerskom i na nižem hijerarhijskom nivou. Pored toga, nedostatak kompetencija označen je kao važnija prepreka od finansijskih izvora [HER20].

U tom smislu, razvoj i unapređenje tehničkih veština i povećanje kompetencija za industriju 4.0 postaju najvažniji izazovni zadatak i primarni cilj MIND-a je u potpunosti u skladu sa tim.

Tabela 2: Industrija 4.0 Indeks za Tursku i zemlje Evropske Unije [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	0.2589	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

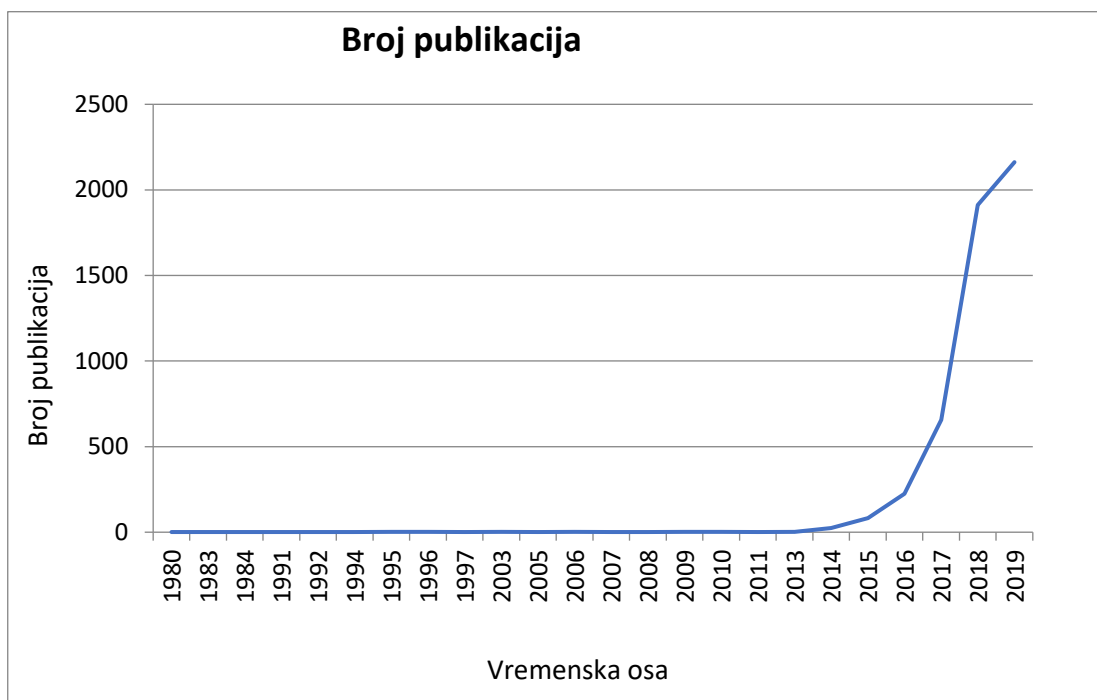
2.2 Ograničenja našeg bibliografskog naučnog istraživanja

Naučna mreža (Web of Science), IEEEExplore, Science Direct i Google Scholar su baze podataka koje su korišćene u dokumentaciji ove analize industrije 4.0. Informacije preuzete iz ovih članaka naravno su praćene citatom.

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

2.2.1 Kvantitativna i kvalitativna analiza

Iz predstavljenog dijagrama možemo izvući vrlo jasan zaključak o evoluciji i interesovanju za ovo polje u poslednjih 49 godina (slika 3). Donji grafikon se proteže između 1980. i 2019. Dijagram prikazuje dve veoma važne faze. To su faza pokretanja i faza razvoja. Možemo reći da ovaj metod nije dostigao zrelost budući da je u trenutnoj fazi razvoja. Kao ključna reč u pretrazi je korišćena "industrija 4.0" (Izvor: Science Direct).



Slika 3 Broj publikacija vezanih za industriju 4.0 koje se godišnje objavljuju na platformi Science Direct

Početni period Industrije 4.0 bio je između 1980. i 2013. godine, okarakterisan malim brojem članaka objavljenih na platformi. Tokom ovog perioda svake godine se objavljuju jedan do dva članka. U to vreme industrija je bila u trećoj fazi evolucije, a kompanije su se polako pripremale za četvrtu industrijsku revoluciju. Od 2014. godine, članci objavljeni na platformi Science Direct počeli su znatno da rastu. Rast je bio spektakularan, počev od nekoliko članaka 2014. godine, dostigavši preko 2000 članaka objavljenih 2019. Očigledno je da se interesovanje za ovu oblast uveliko povećalo, a istraživanja o industriji 4.0 su počela da se množe iz godine u godinu. Industrija 4.0 je još uvek u fazi razvoja gde se koncepti Industrije

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

4.0 implementiraju, testiraju, optimizuju, simuliraju. Sigurno je da će se istraživanja na ovom polju intenzivno nastaviti i da će se broj članaka takođe povećavati iz godine u godinu.



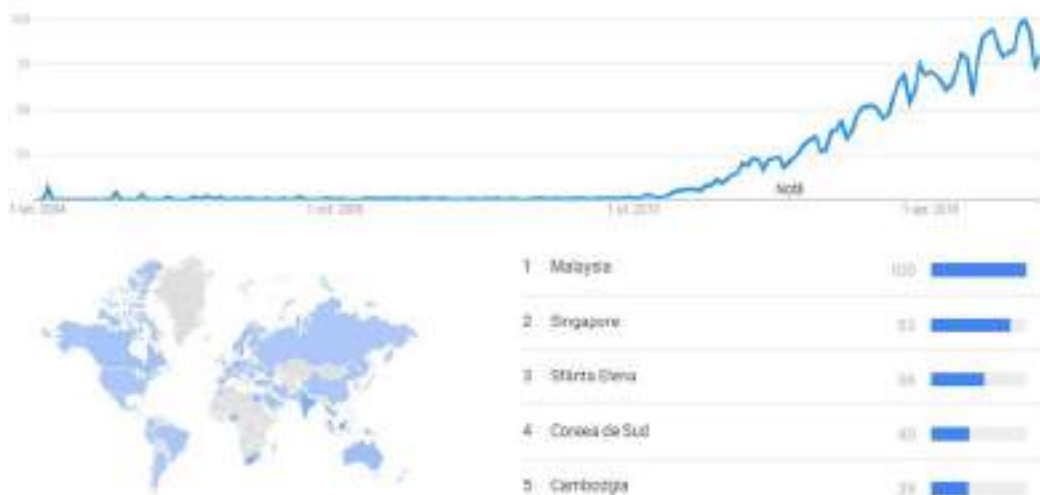
Slika 4 Broj publikacija vezanih za industriju 4.0 po domenu iz baze Web of Science [WWW01]

Promena u pristupu proizvodnje i propratnih usluga sve više se zasniva na softverskoj komponenti kroz IoT, senzore, industrijske robote i inteligentnu opremu sa numeričkom kontrolom. Sve ove tehnologije i inteligentna oprema proizvode veliku količinu podataka koji se moraju obraditi, dostižući vrlo visok nivo informacija [CHE18]. U industriji 4.0 softver i njega upotrebljivost je veoma važna komponenta, zbog čega su mnogi objavljeni članci iz oblasti elektronskog inženjerstva i računarstva (slika 4). Takođe, objavljeno je mnogo članaka iz oblasti industrijskog i proizvodnog mašinstva, koji imaju direktan uticaj na industriju 4.0.

Većina znanja o industriji 4.0 objavljuje se na konferencijama, a zatim slede publikacije u obliku članaka. Mnogo manje podataka i saznanja može se naći u knjigama ili poglavljima knjiga, uredničkim materijalima, kritikama ili rano pristupnom materijalu. Veliki broj publikacija na konferencijama je veoma koristan i uobičajen, jer konferencije igraju važnu ulogu u razmeni znanja između istraživača. Još jedna prednost zbog koje se većina publikacija objavljuje putem konferencija je činjenica da omogućava istraživačima da budu svesni trenutnih trendova u industriji 4.0 [BOR11].



Slika 5 Broj publikacija o industriji 4.0 po tipu izvora sa Web of Science platforme.



Slika 6 Google Trends analiza za pretragu po kriterijumu "Industry 4.0"

Korišćenje kriterijuma za pretragu: „Industrija 4.0“ na Google Trends pokazuje veliki porast, posebno od kraja 2013. godine kada se ova fraza koristi u pretraživaču širom sveta (slika 6).

Grafikon je donekle sličan onom na slici 3, na kojem možemo lako da identifikujemo evoluciju broja članaka, kao i evoluciju broja pretraga o industriji 4.0 na globalnom nivou. Ostale zanimljive informacije sa ovog grafikona pokazuju nam da je najveći broj pretraživanja Google-a u industriji 4.0 identifikovan u azijskim zemljama (Malezija, Singapur, Južna Koreja, Kambodža).

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



2.3 Mehatroničke veštine u kontekstu industrije 4.0

Kako je industrija evoluirala od Industrije 1.0 do 4.0, veštine potrebne radnicima sve su se više povećavale. Ove promene su uticale na operatere, inženjere i administrativno osoblje. Industriji 4.0 trebaju ljudi sa veštinama iz interdisciplinarnih ili multidisciplinarnih oblasti da bi mogli da odgovore na buduće izazove. Sigurno je da osoblje zaposleno u industriji 4.0 mora da poseduje znanje i veštine koje odgovaraju tehničkoj oblasti kao i softveru [LIV19]. Prema istraživanju koje je 2016. godine sproveo PwC Global o industriji 4.0 među malim i srednjim preduzećima, pokazuje da je njihov najveći izazov nedostatak osoblja sa digitalnim veštinama, kao i nemogućnost da se obuče. Mnogi ljudi su očekivali da će velika poteškoća u postizanju ciljeva Industrije 4.0 biti izbor pravih tehnologija, ali izgleda da su veštine radne snage još važniji aspekt [PVC16]. Postojeći obrazovni sistemi ne bave se vrlo ozbiljno pitanjima vezanim za akumulaciju 4.0 industrijskih veština, kao što su tehničke, softverske, kao i digitalne i poslovne veštine. Umesto toga, industrija preuzima dinamičnu i kreativnu ulogu u ispunjavanju ključnih kompetencija potrebnih za integrisanje u industriju 4.0 [COM16].

Zbog činjenice da se grane industrije razlikuju po proizvodnji, a obrazovni sistem ne može da pokrije sva ta područja, važno je da su zaposleni obučeni na radnom mestu ili na akademskom jeziku učenja zasnovanog na radu (WBL- work-based learning). Naravno, učenje zasnovano na radu samo je obrazovna metoda kojom pojedinci akumuliraju veštine i specifičniji su u industrijskom okruženju. S druge strane, u obrazovnom okruženju na univerzitetu postoje savremene metode akumulacije kompetencija koje se mogu uspešno primeniti u postizanju predloženih ciljeva. Učenje zasnovano na projektima (PBL- Project based learning), uzajamno učenje (P2PL- peer-to-peer learning) samo su neke od modernih metoda pomoću kojih pojedinci akumuliraju veštine koje su toliko važne za njihovu integraciju u socijalno i industrijsko okruženje. Ovaj novi pristup obrazovnom sistemu deo je savremenog obrazovanja koje karakteriše pozicioniranje učenika kao subjekta obrazovnog procesa, akumulacija kompetencija, razvoj kritičkog mišljenja i rešavanje problema [ION01]. U slučaju industrije 4.0, jedna ili dve veštine nisu dovoljne za rešavanje određenih složenih problema, potreban je veći skup veština koji uključuje mehaničke, softverske i elektronske komponente [LIV19]. Mehatronika priprema i obučava pojedince na vrlo primenjenoj i interdisciplinarnoj osnovi, karakteristikama toliko važnim za industriju 4.0. Pojedinaac koji studira mehatroniku, u obrazovnom procesu stiče niz osnovnih kompetencija u oblastima 3D konstruisanja, automatizacije, softvera, napredne kontrole elektromehaničkih sistema, baza podataka, nekonvencionalne kontrole procesa itd.

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

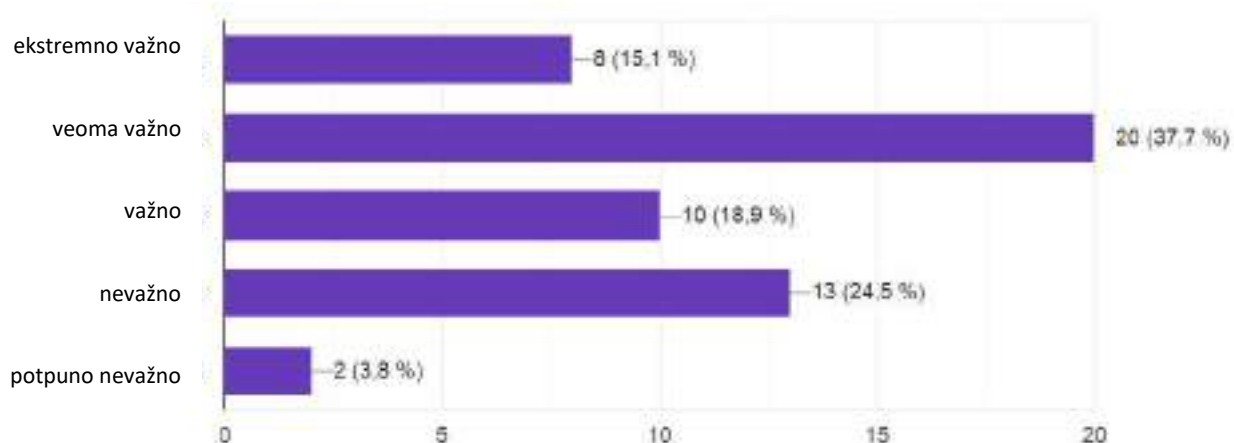


Mehatronika kao područje pokriva širok spektar veština potrebnih za industriju 4.0. Naravno, potrebna su poboljšanja i dodaci potrebnim veštinama. Da bismo identifikovali veštine potrebne za Industriju 4.0 u partnerskim zemljama projekta MIND, razvili smo upitnik na Google Forms platformi koji smo distribuirali kompanijama u tri partnerske zemlje (Srbija, Slovačka, Rumunija).

Na ovaj upitnik je odgovor dalo 55 kompanija, velikih, malih i srednjih preduzeća; većina ovih kompanija su proizvođači, a mali deo su distributer i firme koje se bave razvojnim istraživanjima.

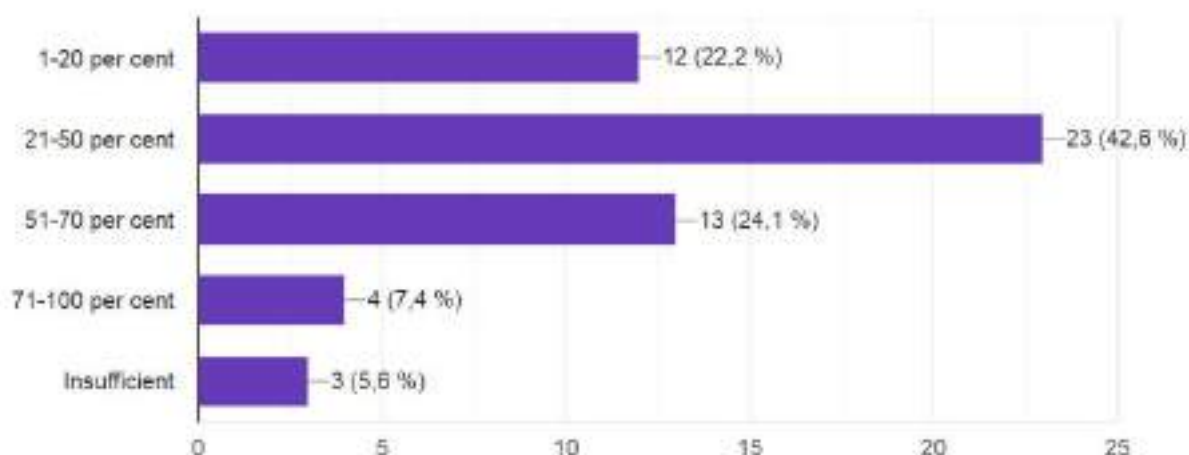
Iz donjeg grafikona možemo reći da su veštine mehatronike važne i izuzetno važne za razvoj njihovih kompanija (slika 7). Neke kompanije kažu da veštine mehatronike nisu važne i previše važne, jer te kompanije ne rade direktno sa proizvodnjom ili mehatronikom.

Ove kompanije se bave uslugama na terenu kao što su konsalting, paletiranje, industrijska gradnja, finansijske usluge itd.



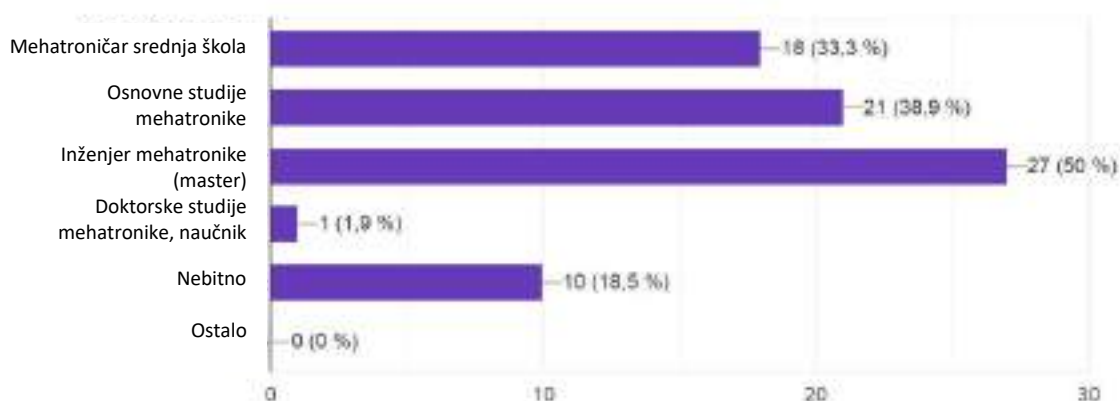
Slika 7 Važnost mehatroničkih veština.

Na pitanje upućeno kompanijama u pogledu toga koliko su dobro obučeni njihovi zaposleni iz oblasti mehatronike, većina je odgovorila da su obučeni u opsegu od 1-50%. Takođe, mali je udeo kompanija koje tvrde da njihovi zaposleni imaju veoma visok stepen obučenosti za mehatroniku (slika 8).



Slika 8 Obučenosť zaposlenih iz oblasti mehatronike.

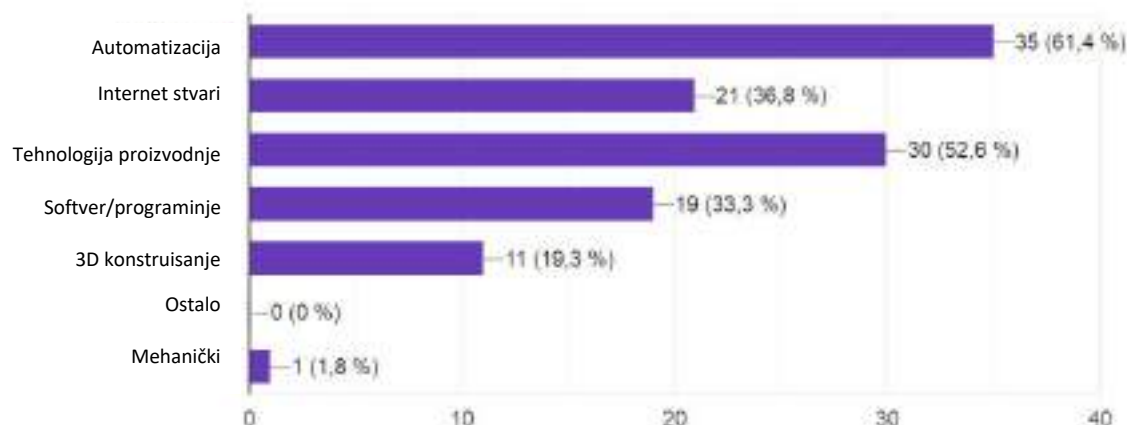
Većini kompanija je potreban visok nivo obuke iz mehatronike, zbog čega je većini kompanija potreban master nivo diploma, a zatim i osnovnih studija (bachelor). Značajan broj kompanija takođe treba tehničare koji poznaju oblast mehatronike na nižem nivou, ali koji imaju potencijal rasta unutar preduzeća u određenim sektorima (slika 9).



Slika 9 Nivo obrazovanja.

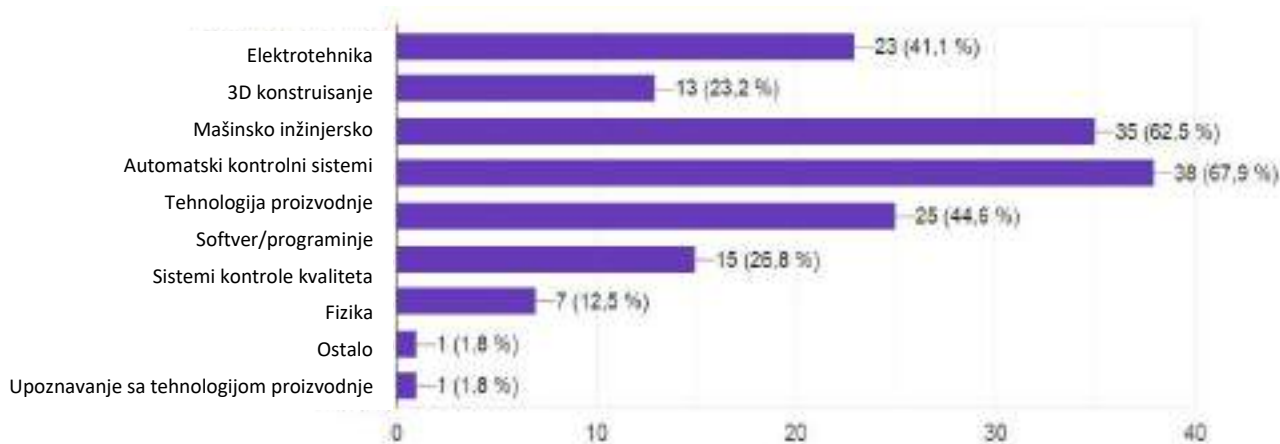
U slučaju kompetencija koje specijalizovani ljudski resursi moraju da se nose sa izazovima industrije 4.0, kompanije su odabrale kompetencije iz oblasti automatizacije i one iz proizvodnih tehnologija. Ove dve komponente su većina u preferencijama poslodavaca u pogledu kompetencija neophodnih pojedincu u industriji 4.0. Još jedna kompetencija koju su kompanije preferirale bila je IoT (Internet stvari), zbog međusobne povezanosti koju nudi između zajedničkih elemenata industrijskog procesa (slika 10).

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



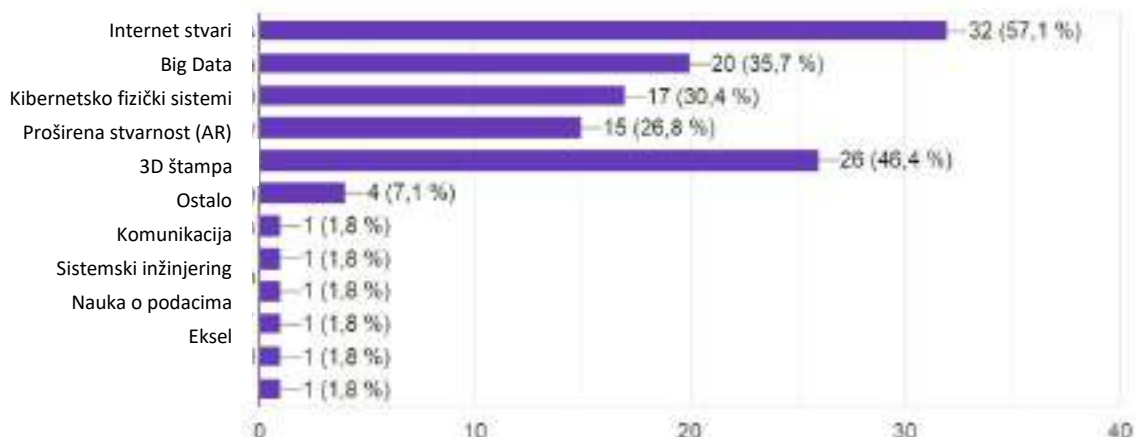
Slika 10 Veštine koje se zahtevaju u industriji 4.0.

Većina kompanija preporučuje studentima da se fokusiraju više na sisteme automatskog upravljanja, kao i mehanički deo inženjeringa. Takođe su značajan procenat dobili softverski i elektrotehnički deo.



Slika 11 Važne oblasti na koje studenti treba da se fokusiraju

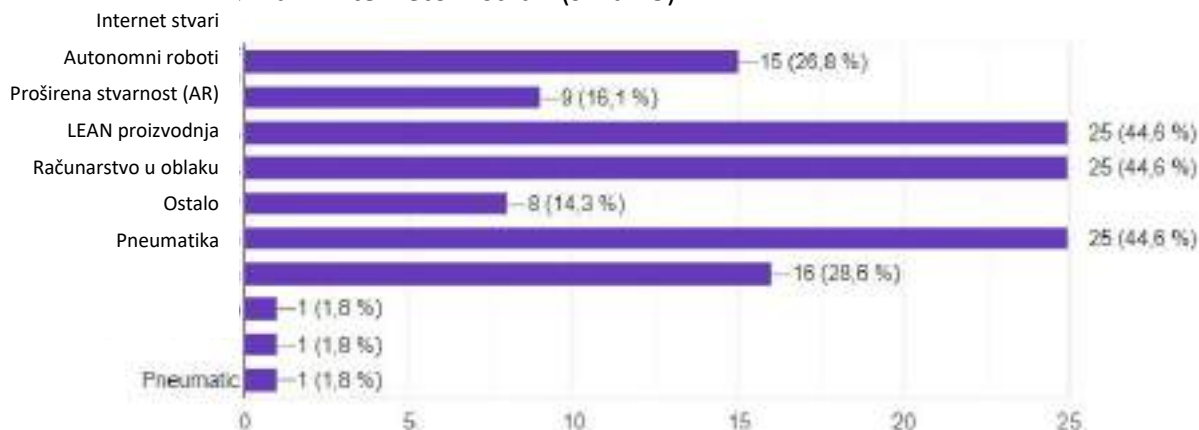
Internet stvari i 3D štampa / proizvodnja aditiva omiljeni su kursevi većine kompanija za studente master studija. Kompanije veruju da bi ovi kursevi bili korisni studentima master studija, jer su ključni element u dostizanju željenog znanja u industriji 4.0 (slika 12).



Slika 12 Korisni predmeti na master studijama.

Poslednje pitanje upućeno kompanijama odnosi se na buduću viziju kompanije, od kojih se većina fokusirala na primenu principa LEAN proizvodnje, kao i na opremanje preduzeća

3D štampa :ima ili internetom stvari (slika 13).



Slika 13 Oblasti interesovanja kompanija u budućnosti

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

U gore navedenom upitniku izvršena je identifikacija tehničkih kompetencija neophodnih pojedincima za rešavanje problema industrije 4.0. Ove tehničke veštine su veoma važne u kontekstu industrije 4.0, ali gotovo jednako važne su i socijalne veštine (izvor slike: <https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f>), (Slika 14 - CFI).

Top (naj) 10 veština



Slika 14 Naj veštine u industriji 4.0.

Vidimo da je na prvom mestu u 2015. i 2020. rešavanje složenih problema glavna veština Industrije 4.0. Da bismo usvojili Industriju 4.0, moramo biti spremni da prihvatimo izazove koji se odnose na stvarni nivo veštine radne snage. U narednim godinama očekuje se da radna snaga poseduje nove veštine. U tom slučaju glavnu ulogu ima obrazovanje. U radu „Od e-učenja do industrije 4.0“ autori navode važne kriterijume za obrazovanje u industriji 4.0 [MIK16]:

- Povećavanje potreba za fleksibilnošću,
- Univerzitetsko-industrijska saradnja,
- Otvaranje sistema učenja,
- Promena u komunikacionim procesima

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

3 Zaključci

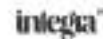
Industrija 4.0 oslanja se na koncepte koji su ili novi ili još nisu u potpunosti razvijeni: računarstvo u oblaku, računarstvo u magli, blok-lanci itd. Neki od njih su se spektakularno razvili u poslednjih nekoliko godina, ali čak i tada je industrija 4.0 bila tek u povoju. Ako ostavimo tehničke izazove po strani, prelazak na ovaj novi nivo pokrenuće čitav niz izazova za trenutni status kvo: razmena ogromnih količina informacija primorava aktere u industriji da promene svoje metode interakcije, donošenje odluka o veštačkoj inteligenciji učiniće radna mesta srednjeg rukovodstva zastarelim, eventualni skok u potpuno automatizovani industrijski park primoraće na preispitivanje društvenih normi i konvencija itd.

Od 2011. godine, od pojave Industrije 4.0, ovaj koncept se razvija iz godine u godinu. To pokazuje i veliki broj naučnih članaka objavljenih u ovoj oblasti. Sigurno je da je ovo područje od interesa zbog prednosti koje donosi tokom čitavog proizvodnog procesa. Neke od ovih prednosti su takođe uključene u ovaj izveštaj. Ovaj upitnik je adresiran na kompanije iz tri partnerske zemlje projekta MIND.

Zahvalnice

Zahvaljujemo se doc. Prof. Dr inž. Sergiu-Dan STAN-u sa Tehničkog univerziteta za pomoć u pisanju ovog intelektualnog rezultata.

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.





4 Bibliografija

- 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; Shojarfar, 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/](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>

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.





- 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

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.





- 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://wcs.webofknowledge.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

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.





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

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>

Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija [saopštenje] odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

