

PROIZVODNE I USLUŽNE TEHNOLOGIJE INDUSTRIJE 4.0: NOVI OBRAZOVNI IZAZOV

Aleksandra Sitarević¹, Aleksandar Sofić², Aleksandar Rikalović³, Nenad Simeunović⁴

^{1,2,3,4}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

sicasanjasandra@hotmail.com¹,sofic.ftn@gmail.com², a.rikalovic@uns.ac.rs³ nsimeun@uns.ac.rs⁴

Kratak sadržaj: *Procesi globalizacije i sve veća konkurentnost na tržištu usluga uslovlili su kompanije, da u skladu sa novim trendovima poslovanja preispitaju i razviju postojeće proizvodne i uslužne tehnologije u kontekstu nove paradigme tzv. Industrije 4.0. Primena inovacija pod okriljem nove industrijske revolucije podrazumeva radikalne promene u poslovnim procesima, velika finansijska ulaganja, ali i obezbeđivanje preduslova za postizanje maksimalnih efekata „pametne revolucije“. Pored transformacija i zaokreta u proizvodnim i uslužnim tehnologijama, ljudski resursi u okviru Industrije 4.0 se takođe suočavaju sa novim obrazovnim izazovima, koji podrazumevaju nova znanja o automatizaciji, digitalizaciji i informacionoj tehnologiji. Cilj rada je analiza implementacije Industrije 4.0 u kontekstu proizvodnih i uslužnih tehnologija, kao i pregled mogućih uticaja nove industrijske revolucije na ova područja rada.*

Ključne reči: *proizvodne i uslužne tehnologije, Industrija 4.0, Industrija 5.0, CPS.*

MANUFACTURING AND SERVICE TECHNOLOGIES OF INDUSTRY 4.0: NEW EDUCATIONAL CHALLENGE

Abstract: *The processes of globalization and increasing competitiveness in the services market have conditioned companies to review and develop existing production and service technologies in the context of the new paradigm, the so-called. Industry 4.0. The application of innovations under the auspices of the new industrial revolution implies radical changes in business processes, large financial investments, but also provides preconditions for maximizing the positive effects of the "smart revolution". In addition to the transformation and turn in production and service technologies, human resources within Industry 4.0 are also facing new educational challenges, which include new knowledge about automation, digitalization, and information technology. The aim of this paper is to analyze the implementation of Industry 4.0 in the context of production and service technologies, as well as an overview of the possible impacts of the new industrial revolution on these areas of work.*

Key Words: *manufacturing and service technologies, Industry 4.0, Industry 5.0, CPS.*

1. UVOD

Zapadna civilizacija je prošla tri faze industrijske revolucije, a četvrta revolucija je u toku. Svaku od njih karakterišu specifični izumi koji su oblikovali karakteristike proizvodnog procesa. Industrijska revolucija može se definisati na prvi pogled kao „ometajući“ skok u industrijskom procesu i razvoju, što implicira radikalne promene u društvu i ekonomiji [1].

Prva industrijska revolucija počela je u XVIII veku pokretanjem proizvodnje koristeći snagu vođene pare, razvojem mašina, alati i poboljšanjem njihove efikasnosti. Druga industrijska revolucija počela je pronalaskom električne energije i utemeljenjem tzv. masovne proizvodnje Taylor-a i Smith-a. Treću industrijsku revoluciju odlikovala je automatizacija mašina primenom elektronike i informatike u okviru proizvodnih procesa [2]. U trećoj industrijskoj revoluciji, informaciona tehnologija je znatno olakšala ljudsku kontrolu proizvodnog procesa. Od tada je proizvodna linija stekla fleksibilnost za proizvodnju delova sa manjim varijacijama [2]. Danas, četvrtu industrijsku revoluciju tzv. Industrija 4.0 [3], karakterišu tehnologije poput: velikih podataka (engl. Big Data), naprednih sajber-fizičkih sistema (engl. Cyber Physical System - CPS) i internet stvari (engl. Internet of Things - IoT), koji su povećali fleksibilnost čitavog proizvodnog procesa, transformišući tradicionalne fabrike u pametne (engl. Smart Companies) [4]. U skladu sa tim, nove digitalne tehnologije omogućavaju nove načine razvoja proizvoda i proizvodnih sistema, a ujedno i poboljšavaju infrastrukturu za razmenu informacija kroz sistem [5].

Transformacijom poslovnih procesa u okviru Industrije 4.0, kompanije su primorane da redefinišu svoje predloge vrednosti, povećavajući tradicionalnu ponudu proizvoda sa tzv. proizvodno-uslužnim sistema (PSS) višeg nivoa efektivnosti. Industrija 4.0 podrazumeva i radikalnu transformaciju tradicionalne industrije u smislu promene pristupa poslu. Ovo podrazumeva upotrebu novih proizvodnih tehnologija, novih mašina i „inputa“ kroz transformaciju i evoluciju ka potpunoj digitalizaciji i inteligentnim proizvodnim procesima kako bi se osigurala njihova visoka efikasnost [6], ali i s druge strane, zahteva nove obrazovne izazove na tržištu rada u smislu usvajanja niza novih kompetencija koje idu u korak sa razvojem tehnologija.

Industrija 4.0 je razvila dubok uticaj na društvo, fabrike, domaćinstvo, javni sektor, ekonomiju itd. Veliki izazov za svaku zemlju su svakako i radikalne promene na tržištu rada. U prošlosti cilj je bio „dobiti“ radnika po što nižoj ceni, međutim, sa pojavom Industrije 4.0 to nije moguće, jer je gotovo nužno imati visoko specijalizovane kadrove sa novim kompetencijama i znanjima. U ovakvom obliku, Industrija 4.0 nudi mogućnosti poput: povećane produktivnosti, smanjenje škarta, promocije cirkularne ekonomije i održivih oblika proizvodnje i potrošnje [7].

2. POTREBE PROIZVODNIH I USLUŽNIH SISTEMA INDUSTRIJE 4.0

Thoben i saradnici [8] ističu prednosti koje mogu da se istaknu ispunjavanjem pojedinačnih zahteva kupaca u Industriji 4.0 sa varijantama proizvoda u vrlo maloj veličini partije, sve do jednokratnih predmeta. Ovo može imati veliki potencijal za podršku prilagođavanju PSS-a. Na primer, proizvodnju visoko prilagođenih proizvoda u pojedinačnim serijama sa otpadom i malim resursima u pogledu materijala i energije, omogućavaju brzu i laku izradu prototipa predloženih rešenja. Strozzi i saradnici [9] opisuju mogućnost prilagođavanja PSS rešenja kroz dostupnost informacija u realnom vremenu i kroz rekonfigurabilnost proizvodnje, što se u eri Industrije 4.0 može postići na istom nivou ekonomičnosti kao i masovna proizvodnja. Na primer, platforme “u oblaku” i razmena podataka presudni su za podršku dizajnu i sve veću potražnju za prilagođenim rešenjima proizvoda i usluga [10]. Mourtzis i saradnici [11] takođe naglašavaju značaj tehnologija Industrije 4.0 u razvoju visoko prilagođenih PSS-a i time povećavaju ukupnu složenost sistema. Liu i Xu [12] vide nove tehnologije kao sledeću fazu organizacije i upravljanja lancem vrednosti, jer Industrija 4.0 osnažuje nadzor i analizu podataka među svim zainteresovanim stranama. Na primer, analitika podataka “u oblaku” favorizuje prelazak sa transakcionog na relacioni pristup kupcima, jer su interakcije među zainteresovanim stranama efikasnije. Odnos dobavljač-kupac takođe može imati prednosti direktnim nadzorom nad učinkom isporučenih proizvoda i usluga, poboljšavajući njihovu ponudu na osnovu potražnje kupaca.

Najveći izazovi odnose se na to kako poslovni sistemi reaguju u novom okruženju i kako se njihovi resursi distribuiraju radi optimizacije proizvodnje i transakcija proizvoda u okviru njihovih mogućnosti. Od vitalnog je značaja za kompanije da u kratkom vremenskom periodu direktno sakupljaju dinamičke zahteve korisnika i donose mudre odluke. Očekuje se da bi sistem za konfiguraciju mogao da koristi kompanijama pretvaranjem glasa kupaca u konfiguracije. Međutim, postojeći konfiguracioni sistemi se verovatno neće dobro prilagoditi potencijalima Industrije 4.0 i ispuniti dinamične zahteve kupaca. Trenutno, tipična strategija prilagođavanja pod nazivom (engl.) *make-to-order* (MTO) omogućava odabir podsklopa kupcima da sami konfiguriraju proizvode i potom izvrše narudžbinu [13]. MTO je poslovna proizvodna strategija koja omogućava potrošačima da kupuju proizvode prilagođene njihovim specifikacijama. To je takođe proizvodni proces u kome proizvodnja predmeta započinje tek nakon što se primi potvrđena narudžba kupca, inače poznata kao masovno prilagođavanje (*mass customization*). Proizvođač MTO počinje da radi na porudžbini tek nakon što ga kupac pošalje. MTO karakterišu povratne narudžbe sa nula zaliha, jer je svaka narudžba kupca jedinstvena i ne može se proizvesti unapred. Shodno tome, glavni pokretač MTO operacija je nova transformacija u Industriji 4.0 o porudžbinama kupaca [14]. S obzirom na različite proizvode i promenljivu potražnju, kompanije usvajaju MTO i strategije brze proizvodnje (KRM) kako bi mogle brzo da odgovore na potražnju korisnika kroz brzi dizajn i proizvodnju proizvoda. Brzi odgovor (KR) je koncept upravljanja stvoren za povećanje zadovoljstva potrošača skraćivanjem vremena isporuke porudžbine do isporuke proizvoda, ubrzavajući novčani tok. U ovom procesu proizvođači zapravo ne čuju kupce direktno, već dobijaju samo porudžbine. Ipak, kupci možda neće znati da li će njihovi izbori zadovoljiti njihove potrebe, a proizvođači mogu pružiti nedovoljan asortiman, a da ne znaju šta kupcima zaista treba [15].

Novi obrazovni modeli 4.0 koriste tehnologije proširene stvarnosti (engl. *Augmented reality*). Kroz virtuelnu stvarnost moguće je edukovati operatere, podučavajući ih na koji način se mašina pravilno podešava ili održava. Sistem proširene stvarnosti ima za cilj zamenu starih papirnih priručnika koji su vrlo često nedostupni i nerazumljivi. Kroz horizontalnu i vertikalnu integraciju tehnologije moguće je izvršiti integraciju podataka kompanije zasnovanih na standardima prenosa podataka. Drugim rečima, računar i komandni procesi su sve više umreženi i integrisani. Konačno, simulacioni sistemi (engl. *Simulation system*) i softver se takođe koriste jer simuliraju poslovne sisteme i proizvodne procese analizom sistema ulaza i izlaza u realnom vremenu, na osnovu čega se dobije detaljan izveštaj o procesu koji se posmatra.

3. POTREBE ZA NOVIM ZNANJIMA ZAPOSLENIH U INDUSTRIJI 4.0

Studije ističu ulogu znanja zaposlenih o IT i proizvodnim tehnologijama, zatim ulogu podizanja svesti o značaju IT bezbednosti i zaštiti podataka u okruženju Industrije 4.0 [16]. Značajni IT profili poslova su sledeći: informatičar, PLC programer, robot programer, softverski inženjer, analitičar podataka, dok profili poslova u proizvodnji uključuju: tehničar za elektroniku, tehničar za automatizaciju, proizvodni tehničar i industrijski inženjer [17].

Inicijative za unapređenje nastavnog plana i programa za Industriju 4.0 treba da obuhvataju aspekte koji se odnose na podatke, njihovo automatizovano prikupljanje, obradu i komunikaciju, kao što su: nauka o podacima, analitika velikih podataka, napredna simulacija, modeliranje virtuelnih postrojenja, mreže i automatizacija sistema, nove ljudsko-mašinski interfejsi, aditivne tehnologije (npr. 3D štampanje), SCM u realnom vremenu, integrisani sistem kontrole i upravljanja kvalitetom proizvoda i sisteme za optimizaciju logistike [18]. Takođe postoji potreba da

se obuču lideri sledeće generacije i mladi talenti za povećanje performansi za Industriju 4.0 [19] i za aditivnu proizvodnju, što omogućava kraće cikluse proizvodnje, kapacitet za proizvodnju delova sa geometrijama koje je trenutno nemoguće postići korišćenjem trenutnih metoda [20].

Implementacija koncepta Industrije 4.0 je takođe izazov za nauke o menadžmentu i zahteva istraživanja u sledećim oblastima: strategija i analiza, planiranje i implementacija, saradnja i mreže, poslovni modeli, ljudski resursi, promene i liderstvo, inovacije i preduzetništvo, servitizacija. [21]. Zaposlenima su takođe potrebna znanja i veštine u donošenju odluka i upravljanju procesima. U budućnosti će biti potrebno jače partnerstvo između proizvođača, kupaca i lanca snabdevanja podržano internom organizacionom kulturom. Trebalo bi razviti nove poslovne modele koji umanjuju rizike garantovanja performansi tokom celog života. Zaposlenima su potrebna specifična znanja i nova paradigma veština koja proističe iz digitalizacije koja treba da dovede do povećanja ukupnih performansi proizvodnih sistema, efektivnosti operativnog upravljanja i efikasnosti proizvodnih i pratećih procesa. Postoji potreba za zaposlenim visokokvalifikovanim kadrom, koji ima otvorenost za promene, jaku sposobnost prenošenja znanja i timskog rada [22]. Značaj celoživotnog učenja definitivno raste u okruženju Industrije 4.0, što zahteva: promovisanje klime inovacija i učenja, da se promeni kultura učenja, uspostavljanje novih pristupa zaposlenih za razvoj talenata. Preduzeća treba da izgrade sisteme i procedure za upravljanje učenjem koji pomažu napredovanju u učenju i prenosu znanja unutar svoje organizacije, kao i unutar mreže preduzeća.

Pristup industriji usredsređen na čoveka tzv. Industrija 5.0 stavlja u centar ljudske potrebe i interese u središte proizvodnog procesa, što znači da se više ne postavlja pitanje šta možemo da uradimo sa novom tehnologijom, već se postavlja pitanje šta tehnologija može da uradi za nas. Umesto da se traži od radnika u industriji da prilagodi svoje veštine potrebama tehnologija koje se danas brzo razvijaju, cilj je koristiti tehnologiju za prilagođavanje proizvodnog procesa prema potrebama radnika, npr. da se za nju obučava. Industrija 5.0 omogućuje da upotreba novih tehnologija ne utiče na osnovna prava radnika, kao što je pravo na privatnost, autonomiju i ljudsko dostojanstvo.

4. ZAKLJUČAK

Koncept Industrije 4.0 spaja tehnološka dostignuća sa vizijom digitalnog, inteligentnog i automatizovanog proizvodnog okruženja. Donosi garantovanu fleksibilnost i visoku efikasnost proizvodnje, integraciju različitih aktivnosti i efikasnu komunikaciju između kupca i proizvođača. Danas se kompanije i njihovi proizvodni sistemi suočavaju sa izazovnim pitanjima, uključujući složenost koja proizilazi iz velikih varijacija proizvoda. Ova okruženja visoke složenosti vođene trendom i tehnikama Industrije 4.0 predstavljaju vrlo tešku i izazovnu situaciju za proizvodne kompanije. U današnjoj praksi kompanije mogu da primene rešenje pametne fabričke proizvodne linije ugrađenih u IoT i CPS tehnologiju kako bi proizvele različite proizvodne linije sa malim budžetom i ulaganjem u automatizaciju, u skladu sa potražnjom. Nov koncept pametnih fabrika omogućavaju ispunjavanje individualnih zahteva kupaca, ostvarujući profit jedinstvenom proizvodnjom. Pametna fabrika koju pokreće Industrija 4.0 može doneti brzi razvoj proizvoda i efikasnu proizvodnju. Novi način proizvodnje izlaže proizvodne kompanije novom okruženju sa novim mogućnostima, ali i pretnjama, koji se mogu potencijalno prevazići dostignućima Industrije 5.0.

5. LITERATURA

- [1] H. Lasi, H. Kemper, P. Fettke, T. Feld, M. Hoffmann, *Industrie 4.0, Germany*, Springer Fachmedien, pp. 239-242, 2014.
- [2] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller, M. Rosenberg, *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective*, International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 8(1):37-44, 2014.
- [3] J. Saorín, J. de la Torre-Cantero, D. Melián Díaz, V. López-Chao, *Cloud-Based Collaborative 3D Modeling to Train Engineers for the Industry 4.0*, Applied Science, 9, 4559, 2019.
- [4] F. Li, CH. Lee, C. Chen, L. Khoo, *Hybrid data-driven vigilance model in traffic control center using eye-tracking data and context data*, Advanced Engineering Informatics, 42, 100940, 2019.
- [5] D. Chang, Z. Gu, Z. Li, R. Jiang, *A user-centric smart product-service system development approach: A case study on medication management for the elderly*, Advanced Engineering Informatics, 42, 100979, 2019.
- [6] S. Erol, A. Jager, P. Hold, O. Karel, W. Sihn, *Tangible industry 4.0: A scenario-based approach to learning for the future of production*. The 6th Conference on Learning Factories, Gjøvik, Norway, 2016.
- [7] A. Petrillo, F. De Felice, R. Cioffi, Z. Zomparelli, *Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities*, 2017.
- [8] K. Thoben, S. Wiesner, T. Wuest, *Industrie 4.0' and smart manufacturing—a review of research issues and application examples*, International Journal of Automotive Technology, 11:4–16, 2017.
- [9] F. Strozzi, C. Colicchia, A. Creazza, C. Noè, *Literature review on the "smart factory" concept using bibliometric tools*, International Journal of Production Research, 55:6572–6591, 2017.
- [10] E. Marilungo, A. Papetti, M. Germani, M. Peruzzini, *From PSS to CPS design: A real industrial use case toward Industry 4.0*, Procedia CIRP, 64:357–362, 2017.

- [11] V. Martinez, M. Bastl, J. Kingston, S. Evans, *Challenges in transforming manufacturing organizations into product-service providers*, Journal of Manufacturing Technology Management, 21:449–469, 2010.
- [12] Y. Liu, X. Xu, *Industry 4.0 and cloud manufacturing: a comparative analysis*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 139:034701–034708, 2016.
- [13] A. Baykasoğlu, K. Subulan, H. Güçdemir, N. Dudaklı, D. Akyol, *Revenue management for make-to order manufacturing systems with a real-life application*, Engineering economics, 2019.
- [14] A. Albana, Y. Frein, R. Hammami, *Effect of a lead time-dependent cost on lead time quotation, pricing, and capacity decisions in a stochastic make-to-order system with endogenous demand*, International Journal of Production Economics, 203, 83–95, 2018.
- [15] H. Elmaraghy, *Flexible and reconfigurable manufacturing systems paradigms*, International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 17, 261–276, 2005.
- [16] P. Sangil, H. Jun-Ho, *Effect of cooperation on manufacturing IT project development and test bed for successful industry 4.0 project: safety Management for Security*, Processes 6(7):88, 2018.
- [17] A. Benesova, J. Tupa, *Requirements for education and qualification of people in industry 4.0*, Procedia Manufacturing, 11:2195–2202, 2017.
- [18] S. Sackey, A. Bester, *Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a south African context*, South The South African Journal of Industrial Engineering, 27(4):101–114, 2016.
- [19] E. Ras, F. Wild, C. Stahl, A. Baudet, *Bridging the skills gap of Workers in Industry 4.0 by human performance augmentation tools - challenges and roadmap*, ACM International Conference Proceedings Series F128530:428–432, 2017.
- [20] M. Perez-Perez, E. Gornez, M. Sebastian, *Delphi prospection on additive manufacturing in 2030: implications for education and employment in Spain*, Materials 11(9):1500, 2018.
- [21] P. Schneider, *Managerial challenges of industry 4.0: An empirically backed research agenda for a nascent field*, Review of Managerial Science, 12(3):803–848, 2018
- [22] H. Mohelska, M. Sokolova, *Management approaches for industry 4.0 - the organizational culture perspective*, Technological and Economic Development of Economy, 24(6):2225–2240, 2020.