

KOLABORATIVNI ROBOTI: VEŠTINE I ZNANJA POTREBNI ZA RAZVOJ SIMBIOZE ČOVEKA I ROBOTA

Dragana Slavić¹, Nenad Simeunović², Nenad Medić³, Slavko Rakić⁴

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

¹slavic.dragana@uns.ac.rs, ²nsimeun@uns.ac.rs, ³medic.nenad@uns.ac.rs, ⁴slavkorakic@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: Koncept Industrije 5.0 naglašava razvoj budućnosti koja se fokusira na čoveka, održivost i rezilijentnost. Jedna od glavnih ideja jeste da se digitalne tehnologije prilagođavaju potrebama čoveka, što je suprotno u poređenju sa Industrijom 4.0 koja fokus pretežno stavlja na novorazvijene tehnologije. Jedna od tehnologija koje preovladavaju Industrijom 5.0 jesu kolaborativni roboti, poznati i pod nazivom koboti. Koboti podrazumevaju blisku saradnju čoveka i robota za koju je neophodno stvaranje simbioze između ova dva aktera. U skladu sa tim, Obrazovanje 5.0 promovise inovativne modele učenja i razvoja veština koje su zahtevane od strane Industrije 5.0. Ovaj rad ima za cilj da prikaže koje veštine i znanje su neophodni za uspostavljanje poverenja između čoveka i robota i za uspešan razvoj njihove simbioze. Ove veštine i znanja mogu da se podele na one kojima treba da ovlada čovek i na one kojima treba da ovlada kolaborativni robot.

Ključne reči: industrija 5.0, obrazovanje 5.0, kolaborativni roboti, znanje, veštine

COLLABORATIVE ROBOTS: SKILLS AND KNOWLEDGE NEEDED FOR HUMAN-ROBOT SYMBIOSIS DEVELOPMENT

Abstract: The concept of Industry 5.0 emphasizes the development of the future which focuses on human-centricity, sustainability, and resilience. One of the main ideas is that digital technologies should be adapted to human needs, which is in contrast with Industry 4.0 that mainly focuses on newly developed technologies. One of the technologies that prevails Industry 5.0 is collaborative robots, also known as cobots. Cobots imply a close collaboration of people and robots that entails a development of a symbiosis between these two actors. Accordingly, Education 5.0 promotes innovative learning and skills development models which are required by Industry 5.0. This paper has an aim to present skills and knowledge which are required for establishing trust between humans and robots and for successful development of their symbiosis. These skills and knowledge can be divided into those that need to be mastered by a human and those that need to be mastered by a collaborative robot.

Key Words: industry 5.0, education 5.0, collaborative robots, knowledge, skills

1. UVOD

Nasuprot Industrij 4.0 koja se smatra tehnološki orijentisanom industrijskom revolucijom, Industrija 5.0 se smatra industrijskom revolucijom koja je orijentisana ka čoveku [1]. Tri glavna stuba Industrije 5.0 – orijentisanost ka ljudima, održivost i rezilijentnost – omogućavaju da kompanije izlaze iz dosadašnjih okvira prilikom definisanja strategija i ciljeva i da deluju u skladu sa globalnim potrebama društva kao celine, ali i potrebama životne sredine [2]. Orijentisanost ka ljudima je direktan odgovor na jedan od uočenih nedostataka Industrije 4.0, a koji se odnosi na zanemarivanje čoveka prilikom digitalizacije i automatizacije poslovnih procesa, što je dovelo do gašenja mnogih radnih mesta [3], [4]. Osim uključivanjem čoveka u poslovne procese, orijentisanost ka ljudima se bavi i uređenjem radnih mesta zaposlenih, kako po pitanju ergonomske uslova – fizičkih, kognitivnih i organizacionih, tako i po pitanju strukture samih radnih zadataka [5], [6]. Kolaborativni roboti, poznati i kao koboti, predstavljaju robote koji su implementirani na radnim mestima kako bi, zajedno sa zaposlenima, izvršavali operacije i doprineli stvaranju finalnog proizvoda [7]. Kako koboti zahtevaju poseban pristup izvršenju zadataka, ali i čovekovo poverenje, autori će kroz ovaj rad prikazati koji su preduslovi efektivne saradnje čoveka i robota, u smislu veština i znanja koji su neophodni za stvaranje simbioze između ova dva aktera.

Kako bi autori uspešno odgovorili na postavljeni zadatak, struktura rada je sledeća: drugo poglavlje predstavlja šta su kolaborativni roboti i kako oni funkcionišu, treće poglavlje predstavlja neophodne veštine i znanje, kako za uspostavljanje poverenja čoveka ka robotu, tako i za izvršavanje standardizovanih operacija, dok četvrto poglavlje prikazuje glavne zaključke rada, nedostatke rada, kao i pravce budućih istraživanja.

2. KOLABORATIVNI ROBOTI

Kolaborativni roboti predstavljaju industrijske robote koji su namenjeni za saradnju sa ljudima [8]. Osim toga što mogu da budu prisutni u hardverskom obliku, mogu da budu prisutni i u obliku softvera – softverski roboti

(softboti) [9], [10]. Za razliku od klasičnih industrijskih robota, kolaborativni roboti sadrže sigurnosne funkcionalnosti koje im omogućavaju direktnu interakciju sa ljudima, kao i fizički kontakt i ne zahteva postavljanje sigurnosnih ograda između čoveka i robota [7], [11]. U poređenju sa drugim tehnologijama Industrije 4.0 i Industrije 5.0, kolaborativni roboti predstavljaju inovativna rešenja za smanjenje ergonomske probleme i povećanje produktivnosti u proizvodnji [7]. Jačanjem njihove autonomnosti, povećava se broj zadataka koji može da im se delegira [12].

Ideja je da robot i čovek istovremeno izvršavaju svoje poslovne zadatke, kako bi kreirali novu, dodatnu vrednost za svaki pojedinačni proizvod [11]. Istovremeno izvršavanje zadataka je omogućeno kroz 5C model koji obuhvata koegzistenciju (eng. *coexistence*), kooperaciju (eng. *cooperation*), kolaboraciju (eng. *collaboration*), saosećanje (eng. *compassion*) i koevoluciju (eng. *coevolution*).

Kolaborativni roboti su programirani na način koji omogućava izvršavanje operacija koje su nebezbedne, ponavljajuće ili zahtevne za čoveka, dok se čovek fokusira na kognitivno zahtevne ili kreativne radne zadatke koji doprinose personalizaciji proizvoda [13]. Personalizacija proizvoda predstavlja rezultat sinergetskog efekta koji nastaje prilikom saradnje čoveka i robota [12]. Osim programiranja robota, potrebno je i njegovo treniranje, kako bi robot samostalno mogao da predvidi pokrete i namere čoveka, ali i reaguje u nepredvidivim situacijama [14].

Simbioza čoveka i robota je, u duhu Industrije 5.0, stekla naziv Rezilijentni operator 5.0 [15]. Rezilijentnost predstavlja sposobnost brzog prilagođavanja nepredviđenim situacijama uz adekvatno odgovaranje na novonastale izazove, kao i vraćanje u prvobitno stanje nakon što su nepredviđene okolnosti prevaziđene [16]. Rezilijentni operator 5.0 pokriva dva aspekta rezilijentnosti – samorezilijentnost i sistemsku rezilijentnost [14], [15]. Samorezilijentnost se odnosi na jačanje ranjivih tačaka zaposlenih koji rade sa kobotima, dok se sistemska rezilijentnost odnosi na jačanje svih postojećih simbioza čoveka i robota kako bi se postigli što efikasniji rezultati rada [10], [13].

3. NEOPHODNE VEŠTINE I ZNANJA

Kako bi se uspostavila uspešna saradnja između čoveka i robota, potrebno je, pre svega, uspostaviti poverenje [7]. Roboti koji svojim izgledom podsećaju na ljude, odnosno koji su antropomorfni, bolje su prihvaćeni od strane ljudi, nego klasični roboti [8]. Nemogućnost kritičkog i kreativnog razmišljanja o ljudima predstavlja jedan od glavnih izazova za uspostavljanje poverenja čoveka ka robotu [17]. Ovaj izazov može da se prevaziđe treniranjem autonomnih robota da razumeju i predvide ljudske interese i potrebe [14]. Na stvaranje poverenja utiče i kako se zaposleni osećaju u novom okruženju, kako se odluke donosi, ko ih donosi i kako se formira simbioza čoveka i robota [12].

Za efikasnu saradnju čoveka i mašine, odnosno robota, potrebno je da čovek vlada veštinama kritičkog razmišljanja, rešavanja problema i prilagodljivosti, dok mašina, odnosno robot doprinosi preciznošću, brzinom i izvršavanjem ponavljajućih zadataka [18]. Kombinovanjem ljudske inteligencije i sposobnosti rešavanja problema sa preciznošću i brzinom mašine, postiže se dinamično i interaktivno radno okruženje [18].

Iako su ljudske veštine pretežno klasifikovane kao meke jer se odnose na ličnost i karakter zaposlenog, a ne na konkretna tehnička znanja, one svakako nisu manje važne naspram veština kojima robot doprinosi. Pored već pomenutih veština, čovek treba da vlada komunikacijom i liderstvom [19]. Digitalne veštine koje se odnose na upotrebu digitalnih tehnologija, a posebno na analizu i razumevanje podataka takođe predstavljaju veštine potrebne za saradnju čoveka sa robotom [20]. Pored digitalnih veština, važan je i zeleni, održiv način razmišljanja koji u obzir uzima efekte koje poslovanje ima na životnu sredinu, sa ciljem da se negativni efekti smanje ili u potpunosti uklone [21].

Cilj sticanja veština i znanja potrebnih za upotrebu robota i saradnju sa njima jeste razumevanje principa na kojima rade kako bi se smanjio stepen nesigurnosti i straha [22]. Obuka čoveka za rad sa kolaborativnim robotima može da se izvodi kroz simulacije, upotrebom veštačke realnosti i proširene realnosti, dok se roboti treniraju za rad sa ljudima kroz mašinsko učenje i veštačku inteligenciju [6]. Na ovaj način mogu da se simuliraju nebezbedne situacije i obuke za izvođenje specifičnih zadataka, u toku kojih se prikupljaju osetljivi podaci koji služe za treniranje robota [6]. Kako bi se prikupljeni podaci zaštitili i analizirali, potrebno je znanje u oblasti velikih podataka i sajber bezbednosti [23]. Upotreba ovih tehnologija dovodi do jedinstvenog iskustva učenja, gde je sam put učenja definisan za svakog učenika posebno, u skladu sa identifikovanim potrebama [24]. Samim tim, osim veština i znanja potrebnih za efikasno funkcionisanje Rezilijentnog operatera 5.0, potrebne su dodatne veštine i znanje koje omogućavaju obučavanje ljudi i treniranje robota, a koje se odnose na programiranje i upotrebu naprednih digitalnih tehnologija [25].

4. ZAKLJUČAK

Pojava Industrije 5.0 je stvorila nove prilike za zaposlenje i nove radne pozicije. Iako su neke od njih nejasne i ne mogu tačno da se utvrde, neke su već definisane i implementirane. Takvu radnu poziciju predstavlja i Rezilijentni operator 5.0 koji podrazumeva saradnju čoveka i robota. Kako bi čovek i robot uspešno sarađivali, potrebno je da se ovlada novim veštinama i znanjima.

Znanja i veštine mogu da se podele na one koje su usmerene ka čoveku i one koje su usmerene ka robotu. Čovekove veštine i znanja se pretežno odnose na meke veštine, kao što su komunikacija, liderstvo, kritičko razmišljanje, rešavanje problema, prilagodljivost, kreativnost i brzo reagovanje. Međutim, potrebno je da se usvoje i

tvrdе vеštine koje se odnose na analizu, razumevanje i upotrebu podataka, kao i upotrebu raznih digitalnih tehnologija, kako bi se obuke čoveka i treniranje robota za saradnju sa čovekom uspešno realizovali. Kako bi se ove vеštine razvile na pravi način, potrebno je imati dobru osnovu koja se odnosi na znanja koja idu u skladu sa njima. U okviru Industrije 5.0 i rada sa kolaborativnim robotima, naglasak se stavlja na personalizovane puteve učenja, gde zaposleni uče da sarađuju sa robotima kroz upotrebu virtuelne realnosti i proširene realnosti. Za vreme ovih simulacija se prikupljaju podaci koji se kasnije koriste za treniranje robota, kako bi roboti bili spremni za rad sa čovekom i kako bi bili upoznati sa njegovim potrebama i namerama.

Kako bi se roboti uspešno programirali i trenirali, potrebno je vladanje znanjem i vеštinama u oblasti mašinskog učenja, vеštačke inteligencije, ali i velikim podacima i sajber bezbednosti, kako bi se prikupljeni podaci uspešno zaštitili.

Nedostatak ovog rada ogleda se u tome što je fokusiran samo na tehnologiju kolaborativnih robota. Buduća istraživanja bi trebalo da pokriju i rad čoveka sa drugim tehnologijama, poput proširene realnosti, virtuelne realnosti i vеštačke inteligencije. Takođe, buduća istraživanja bi trebalo da identifikuju i definišu buduća radna mesta koja nastaju kao odgovor na potrebe Industrije 5.0

5. ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (br. ugovora: 451-03-65/2024-03/200156) i Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu kroz projekat „Naučnoistraživački i umetničkoistraživački rad istraživača u nastavnim i saradničkim zvanjima Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu“ (br: 01-3394/1).

6. LITERATURA

- [1] X. Xu, Y. Lu, B. Vogel-Heuser, and L. Wang, 'Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception', *J. Manuf. Syst.*, vol. 61, pp. 530–535, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.
- [2] D. Slavic *et al.*, 'Towards Human-Centric Digital Services: A Development Framework', in *Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Volatile, Uncertain, Complex, and Ambiguous Environments*, vol. 732, M. Thürer, R. Riedel, G. Von Cieminski, and D. Romero, Eds., in IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 732. , Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 184–197. doi: 10.1007/978-3-031-71637-9_13.
- [3] A. Adel, 'Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas', *J. Cloud Comput.*, vol. 11, no. 1, p. 40, Sep. 2022, doi: 10.1186/s13677-022-00314-5.
- [4] A. Argilovski, E. Vasilevska, O. Tuteski, B. Kusigerski, B. Jovanoski, and M. Tomov, 'Bridging the Gap: Qualitative Comparative Analysis of Industry 4.0 And Industry 5.0', *Mech Eng*, 2023.
- [5] K. Briken, J. Moore, D. Scholarios, E. Rose, and A. Sherlock, 'Industry 5 and the Human in Human-Centric Manufacturing', *Sensors*, vol. 23, no. 14, p. 6416, Jul. 2023, doi: 10.3390/s23146416.
- [6] M. C. Zizic, M. Mladineo, N. Gjeldum, and L. Celent, 'From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology', *Energies*, vol. 15, no. 14, p. 5221, Jul. 2022, doi: 10.3390/en15145221.
- [7] S. Liao, L. Lin, and Q. Chen, 'Research on the acceptance of collaborative robots for the industry 5.0 era -- The mediating effect of perceived competence and the moderating effect of robot use self-efficacy', *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 95, p. 103455, May 2023, doi: 10.1016/j.ergon.2023.103455.
- [8] M. Doyle-Kent and P. Kopacek, 'Adoption of Collaborative Robotics in Industry 5.0. An Irish industry case study', *IFAC-Pap.*, vol. 54, no. 13, pp. 413–418, 2021, doi: 10.1016/j.ifacol.2021.10.483.
- [9] R. J. Rabelo, S. P. Zambiasi, and D. Romero, 'Softbots 4.0: Supporting Cyber-Physical Social Systems in Smart Production Management', *Int. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 14, no. 1, pp. 63–94, Mar. 2023, doi: 10.24867/IJIE-2023-1-325.
- [10] L. P. Zambiasi, R. J. Rabelo, S. P. Zambiasi, and R. Lizot, 'Supporting Resilient Operator 5.0: An Augmented Softbot Approach', in *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing and Logistics Systems: Turning Ideas into Action*, vol. 664, D. Y. Kim, G. Von Cieminski, and D. Romero, Eds., in IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 664. , Cham: Springer Nature Switzerland, 2022, pp. 494–502. doi: 10.1007/978-3-031-16411-8_57.
- [11] K. A. Demir, G. Döven, and B. Sezen, 'Industry 5.0 and Human-Robot Co-working', *Procedia Comput. Sci.*, vol. 158, pp. 688–695, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.104.
- [12] J. Pizoń and A. Gola, 'Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions', *Machines*, vol. 11, no. 2, p. 203, Feb. 2023, doi: 10.3390/machines11020203.
- [13] B. Alenljung, J. Lindblom, M. Zaragoza-Sundqvist, and A. Hanna, 'Towards a Framework of Human-Robot Interaction Strategies from an Operator 5.0 Perspective', in *Advances in Transdisciplinary Engineering*, A. Thomas, L. Murphy, W. Morris, V. Dispenza, and D. Jones, Eds., IOS Press, 2023. doi: 10.3233/ATDE230905.

- [14] I. Yitmen, A. Almusaed, and S. Alizadehsalehi, ‘Investigating the Causal Relationships among Enablers of the Construction 5.0 Paradigm: Integration of Operator 5.0 and Society 5.0 with Human-Centricity, Sustainability, and Resilience’, *Sustainability*, vol. 15, no. 11, p. 9105, Jun. 2023, doi: 10.3390/su15119105.
- [15] D. Romero and J. Stahre, ‘Towards The Resilient Operator 5.0: The Future of Work in Smart Resilient Manufacturing Systems’, *Procedia CIRP*, vol. 104, pp. 1089–1094, 2021, doi: 10.1016/j.procir.2021.11.183.
- [16] B. Lalić, U. Marjanović, S. Rakić, D. Slavić, and M. Miloradov, ‘The Resilience Level of Manufacturing Firms in the Republic of Serbia’, in *19th International Scientific Conference on Industrial Systems*, Faculty of Technical Sciences, 2023, pp. 28–33. doi: 10.24867/IS-2023-T1.1-6_03241.
- [17] M. Cioch, M. Kulisz, and Ł. Kański, ‘Implementing AI Collaborative Robots in Manufacturing – Modeling Enterprise Challenges in Industry 5.0 with Fuzzy Logic’, *Adv. Sci. Technol. Res. J.*, vol. 18, no. 7, pp. 229–238, Nov. 2024, doi: 10.12913/22998624/192833.
- [18] W. A. A. Cotta, S. I. Lopes, and R. F. Vassallo, ‘Towards the Cognitive Factory in Industry 5.0: From Concept to Implementation’, *Smart Cities*, vol. 6, no. 4, pp. 1901–1921, Aug. 2023, doi: 10.3390/smartcities6040088.
- [19] B. Mazur and A. Walczyna, ‘Sustainable Development Competences of Engineering Students in Light of the Industry 5.0 Concept’, *Sustainability*, vol. 14, no. 12, p. 7233, Jun. 2022, doi: 10.3390/su14127233.
- [20] M. Al-Emran and M. A. Al-Sharafi, ‘Revolutionizing Education with Industry 5.0: Challenges and Future Research Agendas’, *Int. J. Inf. Technol. Lang. Stud.*, vol. 6, no. 3, pp. 1–5, Dec. 2022.
- [21] J. Rosak-Szyrocka, S. A. Apostu, J. A. Turi, and A. Tanveer, ‘University 4.0 Sustainable Development in the Way of Society 5.0’, 2022.
- [22] C. Akturk, T. Talan, and C. C. Cerasi, ‘Education 4.0 and University 4.0 from Society 5.0 Perspective’, in *2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Ruzomberok, Slovakia: IEEE, Sep. 2022, pp. 577–582. doi: 10.1109/ACIT54803.2022.9913099.
- [23] N. Nelufule, T. Singano, K. Masemola, D. Shadung, B. Nkwe, and J. Mokoena, ‘An Adaptive Digital Forensic Framework for the Evolving Digital Landscape in Industry 4.0 and 5.0’, in *2024 2nd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)*, Bengaluru, India: IEEE, Jan. 2024, pp. 1686–1693. doi: 10.1109/IDCIoT59759.2024.10467482.
- [24] S. Ahmad, S. Umirzakova, G. Mujtaba, M. S. Amin, and T. Whangbo, ‘Education 5.0: Requirements, Enabling Technologies, and Future Directions’, Jul. 28, 2023, *arXiv*: arXiv:2307.15846. Accessed: Dec. 28, 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2307.15846>
- [25] J. Alves, T. M. Lima, and P. D. Gaspar, ‘Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review’, *Processes*, vol. 11, no. 1, p. 193, Jan. 2023, doi: 10.3390/pr11010193.