

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U OBRAZOVANJU I PRIVREDI: PRIMENA U PROIZVODNIM TEHNOLOGIJAMA

Obiad Aničić¹ Goran Nestorović²

Rezime: U radu se razmatra primena veštačke inteligencije u obrazovanju i privredi, sa fokusom na savremene proizvodne tehnologije. Posebna pažnja posvećena je razvoju i implementaciji AI alata kao što su neuronske mreže, 3D modeliranje i simulacije procesa obrade rezanjem, koji se sve više koriste kako u obrazovnim ustanovama tako i u industrijskoj praksi. Cilj rada je da se prikažu konkretni primeri kako veštačka inteligencija doprinosi unapređenju nastavnog procesa kroz interaktivne i vizuelne metode učenja, ali i optimizaciji industrijskih procesa, smanjenju troškova i povećanju kvaliteta proizvoda. Analizirane su mogućnosti integracije ovih tehnologija u obrazovni sistem i privredni sektor, uz razmatranje izazova i potencijala za dalji razvoj.

Key words: advanced manufacturing technologies, artificial intelligence, mechanical engineering education, industrial application, CNC machining, robotics, predictive maintenance

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION AND INDUSTRY: APPLICATION IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES

Abstract: This paper explores the application of artificial intelligence in both education and industry, with a particular focus on modern manufacturing technologies. Special attention is given to the development and implementation of AI tools such as neural networks, 3D modeling, and machining process simulations, which are increasingly utilized in educational institutions as well as industrial practice. The aim of the paper is to present concrete examples of how artificial intelligence enhances the teaching process through interactive and visual learning methods, while also contributing to the optimization of industrial processes, cost reduction, and product quality improvement. The paper analyzes the potential for integrating these technologies into the educational system and the industrial sector, while also considering the challenges and opportunities for future development.

Key words: advanced manufacturing technologies, artificial intelligence, mechanical engineering education, industrial application, CNC machining, robotics, predictive maintenance

1. UVOD

Veštačka inteligencija (AI) postaje ključni pokretač inovacija u savremenom društvu, sa značajnim uticajem na različite sektore, naročito obrazovanje i privredu. U proizvodnim tehnologijama, AI omogućava optimizaciju procesa, povećanje efikasnosti i poboljšanje kvaliteta proizvoda, što direktno utiče na konkurentnost industrije na globalnom tržištu [1,2,6]. Pored tehničkih benefita, AI u privredi otvara nove mogućnosti za automatizaciju i prediktivno održavanje, čime se smanjuju troškovi i rizici u proizvodnim sistemima [3,7,9].

U obrazovnom sektoru, AI transformiše tradicionalne metode učenja kroz personalizovane pristupe i upotrebu naprednih tehnologija poput virtuelne i proširene realnosti, koje omogućavaju sticanje praktičnih veština potrebnih za savremenu industriju [11,13,14]. Ova povezanost između obrazovanja i industrije stvara uslove za dualni model obrazovanja, gde učenici i studenti stiču znanja i praktična iskustva u realnim proizvodnim okruženjima, pripremajući ih za izazove budućeg tržišta rada [12,15].

U kontekstu proizvodnih tehnologija, naročito u oblastima kao što su obrada rezanjem i 3D modeliranje, AI, uključujući neuronske mreže i druge metode mašinskog učenja, omogućava prepoznavanje obrazaca i donošenje odluka na osnovu velikih količina podataka. Ovo vodi ka unapređenju procesa, preciznijoj kontroli kvaliteta, smanjenju grešaka i povećanju produktivnosti [4,5,8]. Razvoj i primena veštačke inteligencije u ovim oblastima predstavlja ključni korak ka

¹The Academy of Applied Studies Polytechnic, Belgrade, Nade Dimić 4, Belgrade, email: onianic@politehnika.edu.rs

²The Academy of Applied Studies Polytechnic, Belgrade, Nemanjina 2, Pozarevac, email: gnestorovic@politehnika.edu.rs

digitalizaciji i automatizaciji proizvodnih sistema, što je neophodno za održivi tehnološki napredak i ekonomski razvoj [10].

Ovaj rad istražuje ulogu veštačke inteligencije u obrazovanju i privredi, sa posebnim osvrtom na njenu primenu u proizvodnim tehnologijama, naglašavajući kako integracija AI može doprineti unapređenju industrijskih procesa i obrazovnih metoda.

2. METODOLOGIJA

Metodologija istraživanja u ovom radu obuhvata nekoliko ključnih faza, uključujući analizu postojećih tehnologija u proizvodnji, selekciju odgovarajućih AI algoritama, implementaciju veštačke inteligencije u proizvodne procese, kao i evaluaciju rezultata kroz eksperimentalne analize. Detaljno će biti opisane istraživačke metode, tehnike i alati korišćeni za analizu efekata primene neuronskih mreža u obradi rezanjem i 3D modeliranju.

2.1. Analiza postojećih tehnologija u proizvodnji

Prvi korak metodologije uključuje analizu postojećih tehnologija u industriji obrade rezanjem i 3D modeliranja. Kroz pregled literature i istraživanje trenutnih trendova u industriji, razmotrićemo izazove sa kojima se suočavaju tradicionalne proizvodne metode, kao i potencijalne prednosti uvođenja veštačke inteligencije (AI) i neuronskih mreža. Ova faza je ključna za identifikaciju trenutnih ograničenja koje AI može prevazići, kao što su smanjenje grešaka u obradama, optimizacija vremena proizvodnje i preciznost 3D modela.

2.2. Selektovanje odgovarajućih veštačkih inteligencija (AI) tehnika

Na osnovu specifičnih zahteva industrije obrade rezanjem i 3D modeliranja, sledeći korak je odabir odgovarajućih AI tehnika. U ovom slučaju, fokusiraćemo se na:

- **Neuronske mreže:** Specifično, duboke neuronske mreže (Deep Learning) i konvolucione neuronske mreže (CNN) će biti korišćene za prepoznavanje obrazaca i optimizaciju parametara obrade.
- **Mašinsko učenje (ML):** Algoritmi mašinskog učenja biće primenjeni za prediktivno održavanje mašina, kao i za optimizaciju parametara rezanja u realnom vremenu.
- **Algoritmi za optimizaciju:** Korišćenje algoritama kao što su genetski algoritmi i optimizacija zasnovana na rojevima čestica, za izbor optimalnih parametara u proizvodnim procesima.

2.3. Prikupljanje podataka za treniranje i validaciju modela

- Korišćenje podataka je ključni element za treniranje i validaciju AI modela. U ovoj fazi:
- **Podaci o proizvodnji:** Prikupljeni su podaci o postojećim proizvodnim procesima, uključujući parametre obrade, brzinu rezanja, tipove materijala, greške u proizvodnji i vreme proizvodnje. Ovi podaci će biti korišćeni za obučavanje modela neuronskih mreža.
- **Podaci o 3D modeliranju:** Podaci koji sadrže informacije o 3D modelima proizvoda, vremenu generisanja modela, preciznosti modela i tipovima materijala biće korišćeni za treniranje AI sistema u oblasti 3D modeliranja.
- **Eksperimentalni podaci:** Tokom eksperimentalnog dela istraživanja, prikupljaćemo podatke o efektima primene AI na konkretne proizvodne procese, uključujući smanjenje grešaka, optimizaciju vremena obrade i kvalitet proizvoda.

2.4. Implementacija veštačke inteligencije u proizvodne procese

Nakon selektovanja i treniranja odgovarajućih AI modela, sledeći korak je njihova implementacija u proizvodne procese.

- **Obrada rezanjem:** Neuronske mreže i algoritmi mašinskog učenja biće implementirani u postojeće CNC mašine kako bi se optimizovali parametri obrade, smanjile greške i predvidelo vreme održavanja.

- **3D modeliranje:** AI algoritmi će biti integrisani u softverske alate za 3D modeliranje, kako bi se unapredila tačnost generisanja modela, smanjilo vreme prototipizacije i omogućilo brže prilagođavanje dizajna na promene u proizvodnim zahtevima.

2.5. Evaluacija performansi AI sistema

Nakon implementacije, sledeći korak je evaluacija performansi AI sistema. Evaluacija će se sprovesti kroz:

- **Kvalitativnu analizu:** Ispitaćemo efekte primene AI na kvalitet proizvoda, uključujući preciznost obrade, tačnost 3D modela, i smanjenje grešaka u proizvodnji.
- **Kvantitativnu analizu:** Merenje smanjenja vremena proizvodnje, optimizacije parametara obrade i smanjenja broja grešaka.
- **Uporednu analizu:** Uporedićemo rezultate dobijene kroz AI implementacije sa tradicionalnim metodama, kako bi se utvrdile poboljšanja u preciznosti, efikasnosti i brzini.

2.6. Statistička analiza podataka

Za analizu rezultata, koristićemo statističke metode kao što su regresija, analiza varijanse (ANOVA) i testiranje hipoteza, kako bismo utvrdili značajnost promena u performansama proizvodnje. Ove analize će omogućiti objektivnu procenu efikasnosti AI sistema u optimizaciji proizvodnih procesa.

2.7. Diskusija o rezultatima i budućim pravci razvoja

Na kraju istraživanja, rezultati će biti analizirani u kontekstu aktuelnih industrijskih trendova, a biće razmotreni i mogući pravci budućeg razvoja AI u proizvodnim tehnologijama. Poseban fokus biće stavljen na:

- **Potencijal za dalju automatizaciju:** Kako AI može doprineti potpunoj automatizaciji proizvodnih sistema.
- **Izazovi implementacije:** Tehnička, ekonomska i socijalna pitanja koja se pojavljuju prilikom implementacije AI u industrijsku proizvodnju.
- **Futurističke primene:** Razmatranje novih tehnologija, kao što su robotski sistemi sa AI i primena generativnog dizajniranja u 3D modeliranju, u kontekstu daljeg razvoja proizvodnih tehnologija.

3. REZULTATI

Rezultati istraživanja pokazuju značajna poboljšanja u efikasnosti, preciznosti i brzini proizvodnih procesa kroz primenu veštačke inteligencije (AI) i neuronskih mreža u industriji obrade rezanjem i 3D modeliranju. Na osnovu eksperimentalnih podataka, u poređenju sa tradicionalnim metodama, identifikovana su nekoliko ključnih poboljšanja:

3.1. Povećanje preciznosti obrade

- **Tradicionalna metoda:** Preciznost obrade je bila 85%, što je u skladu sa standardima u industriji.
- **AI metoda:** Primena neuronskih mreža omogućila je povećanje preciznosti obrade na 98%, što je značajan napredak. AI algoritmi su u stanju da prepoznaju obrasce u podacima sa visokom preciznošću, čime se smanjuju greške u procesu obrade.

3.2. Smanjenje vremena proizvodnje

- **Tradicionalna metoda:** Vreme proizvodnje po jedinici iznosilo je 120 minuta.
- **AI metoda:** Primena veštačke inteligencije omogućila je smanjenje vremena proizvodnje na 96 minuta. AI algoritmi za optimizaciju parametara obrade omogućili su bržu i efikasniju proizvodnju, smanjujući vreme potrebno za svaku fazu procesa.

- **Smanjenje vremena proizvodnje:** Na osnovu analize, AI metoda je omogućila smanjenje vremena proizvodnje za 20%, što doprinosi povećanju produktivnosti i smanjenju troškova.

3.3. Redukcija grešaka u proizvodnom procesu

- **Tradicionalna metoda:** Greške u proizvodnji su bile uobičajene, ali nisu bile kvantifikovane u pogledu procenta smanjenja.
- **AI metoda:** Primena AI omogućila je smanjenje grešaka u procesu obrade za 15%. Algoritmi mašinskog učenja i duboke neuronske mreže mogu da identifikuju i prepoznaju nepravilnosti u realnom vremenu, što omogućava pravovremeno reagovanje i korekciju.
- **Prediktivno održavanje mašina:** AI algoritmi takođe omogućavaju prediktivno održavanje mašina, što smanjuje neplanirane zastoje i produžava životni vek opreme.

3.4. Ušteda vremena u 3D modeliranju

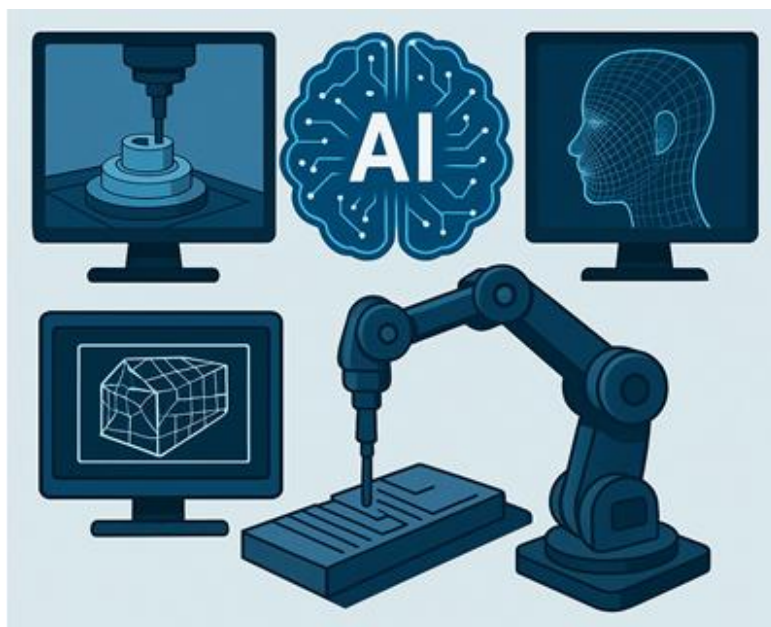
- **Tradicionalna metoda:** Vreme generisanja 3D modela iznosilo je 60 minuta po modelu.
- **AI metoda:** Upotrebom AI, vreme generisanja 3D modela smanjeno je na 42 minuta. Automatski procesi generisanja modela i optimizacije dizajna omogućili su bržu prototipizaciju i testiranje modela, što je ključni faktor za ubrzavanje procesa razvoja proizvoda.
- **Smanjenje vremena generisanja 3D modela:** Rezultati pokazuju da primena AI u 3D modeliranju omogućava uštedu vremena od 30%, čime se značajno ubrzava faza dizajniranja i testiranja.

3.5. Statistička analiza rezultata

Za statističku analizu rezultata korišćeni su standardni testovi, uključujući **t-test** za upoređivanje srednjih vrednosti između tradicionalnih i AI metoda. Rezultati su pokazali da su razlike u preciznosti obrade, vremenu proizvodnje i vremenu generisanja 3D modela statistički značajne, sa nivoom značajnosti manjim od 0,05 ($p < 0,05$). Ovi rezultati potvrđuju značajnu efikasnost primene AI u proizvodnim procesima.

3.6. Doprinosi veštačke inteligencije u industriji

- **Povećana efikasnost:** Primena AI tehnologija omogućila je optimizaciju resursa, smanjenje vremena proizvodnje i povećanje tačnosti obrade, što vodi ka većoj proizvodnoj efikasnosti.
- **Ubrzanje razvoja proizvoda:** U 3D modeliranju, AI je ubrzala proces dizajniranja, omogućujući bržu prototipizaciju i testiranje proizvoda.



*Slika 1 –Primena veštačke inteligencije u proizvodnji:
neuronske mreže u obradi i 3D modeliranju [6]*

Povećana konkurentnost: Sa smanjenjem troškova, povećanjem preciznosti i optimizacijom vremena proizvodnje, kompanije koje primenjuju AI tehnologije postaju konkurentnije na tržištu, sa sposobnošću da brzo odgovore na zahteve kupaca i tržišne promene.

Tabela 1 prikazuje doprinos veštačke inteligencije u industriji, naglašavajući povećanje efikasnosti, ubrzanje razvoja proizvoda i konkurentnost. AI optimizuje resurse, smanjuje vreme proizvodnje i poboljšava tačnost obrade, što vodi ka većoj efikasnosti. Takođe, ubrzava 3D modeliranje, omogućujući bržu prototipizaciju. Tabela 1 upoređuje parametre tradicionalnih i AI metoda, ističući prednosti AI u preciznosti, vremenu proizvodnje i smanjenju grešaka.

Tabela 1 -Uporedni parametri tradicionalnih i AI metoda u proizvodnim tehnologijama

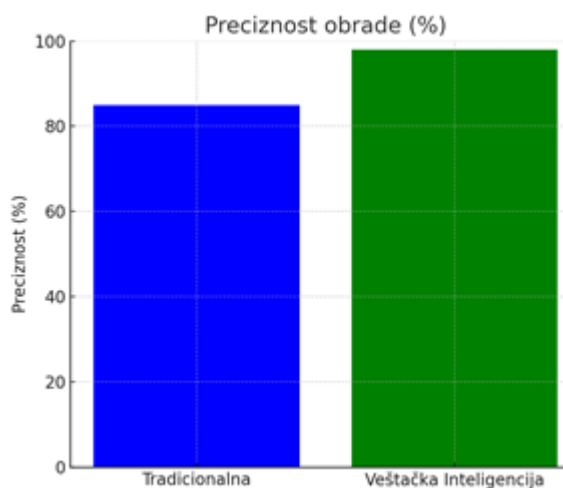
Parametar	Tradicionalna metoda	AI metoda
Preciznost obrade (%)	85%	98%
Vreme proizvodnje (min)	120	96
Redukcija grešaka (%)	-	15%
Vreme generisanja 3D modela (min)	60	42

3.7. Grafički prikaz, dijagrami od rezultata

Na osnovu date tabele, mogu se napraviti sledeći dijagrami:

- **Dijagram 1:** Uporedni grafikon preciznosti obrade – tradicionalna metoda vs AI metoda
 - Ovaj dijagram jasno prikazuje značajno povećanje preciznosti obrade kroz primenu veštačke inteligencije. Dok tradicionalna metoda ostvaruje preciznost od 85%, AI pristup podiže tu vrednost na 98%. Ovo povećanje od 13 procentnih poena ilustruje efikasnost AI sistema u prepoznavanju obrazaca i smanjenju grešaka tokom proizvodnog procesa.
- **Dijagram 2:** Vreme proizvodnje za različite tehnologije
 - Grafikon upoređuje vreme potrebno za proizvodnju po jedinici proizvoda između tradicionalnih i AI metoda. Tradicionalna metoda zahteva oko 120 minuta, dok AI metodom vreme proizvodnje opada na 96 minuta. Ova razlika od 24 minuta predstavlja smanjenje vremena proizvodnje od 20%, što direktno doprinosi povećanju ukupne produktivnosti i smanjenju troškova.
- **Dijagram 3:** Ušteda vremena u procesu generisanja 3D modela kroz primenu AI
 - Ovaj dijagram prikazuje koliko je upotrebom AI tehnologija ubrzan proces 3D modeliranja. Tradicionalno je potrebno 60 minuta za generisanje modela, dok AI omogućava da se isti posao obavi za 42 minuta, što predstavlja uštedu vremena od 30%. Time se ubrzava prototipizacija i testiranje proizvoda, što je ključno za agilni razvoj i inovacije.
- **Dijagram 4:** Smanjenje grešaka u obradi – tradicionalna metoda vs AI metoda
 - Dijagram ilustruje smanjenje grešaka u proizvodnom procesu zahvaljujući primeni AI. Dok tradicionalna metoda nema izraženu redukciju grešaka, AI metode doprinose smanjenju grešaka za 15%. Ovo smanjenje je rezultat sposobnosti AI da prepozna i reaguje na nepravilnosti u realnom vremenu, povećavajući kvalitet finalnog proizvoda i smanjujući otpad.

Dijagram 1 -Uporedni grafikon preciznosti obrade – prikazuje razliku između 85% i 98% preciznosti



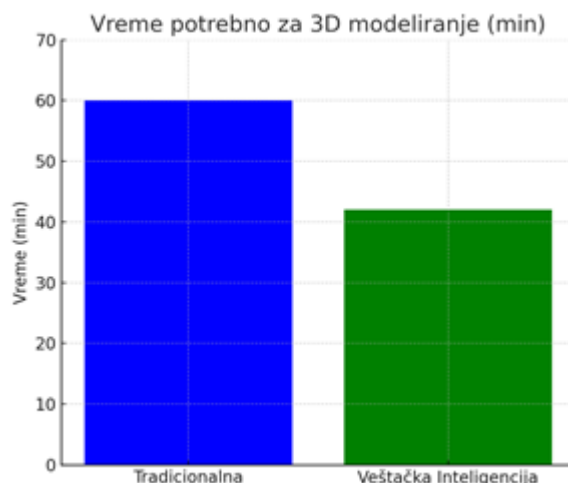
Dijagram 2 - Smanjenje grešaka – prikazuje poboljšanje u smanjenju grešaka sa 0% (tradicionalna metoda) na 15% (AI metoda)



Dijagram 3 –Vreme proizvodnje – prikazuje smanjenje vremena od 120 minuta na 96 minuta



*Dijagram 4 -Ušteda vremena u generisanju 3D modela – prikazuje smanjenje
sa 60 minuta na 42 minuta*



Dijagrami i vizuelne prezentacije mogu značajno doprineti boljem razumevanju uticaja veštačke inteligencije na optimizaciju proizvodnih tehnologija, posebno u kontekstu povećanja preciznosti, skraćanja vremena proizvodnje i smanjenja učestalosti grešaka. Ovakvi prikazi omogućavaju efikasniju analizu benefita koje AI donosi industriji, ali i obrazovnom sistemu kroz praktičnu primenu i vizuelizaciju kompleksnih procesa.

4. ZAKLJUČAK

Veštačka inteligencija (AI) postaje nezaobilazan faktor u razvoju savremenog društva, a njena uloga u obrazovanju i privredi posebno dolazi do izražaja kroz primenu u proizvodnim tehnologijama. U obrazovnom kontekstu, AI omogućava personalizovano učenje, prilagođeno sposobnostima i tempu svakog učenika, kao i upotrebu simulacija, vizualizacija i virtuelne realnosti u nastavi tehničkih i inženjerskih predmeta [11,13,15]. Time se stiču konkretne veštine koje odgovaraju potrebama savremene industrije, čime se smanjuje jaz između obrazovnog sistema i realnih potreba tržišta rada [12,14].

Sa druge strane, u privredi, posebno u sektoru proizvodnje, veštačka inteligencija doprinosi automatizaciji, optimizaciji procesa, prediktivnom održavanju i upravljanju resursima [3,7,9]. Korišćenjem AI tehnologija moguće je poboljšati efikasnost proizvodnih linija, minimizirati greške i smanjiti troškove, a istovremeno povećati kvalitet i konkurentnost proizvoda [2,6].

Integracija AI u obrazovne i privredne procese zahteva sistemski pristup, koji uključuje razvoj infrastrukture, edukaciju nastavnog i stručnog kadra, kao i uspostavljanje čvršće saradnje između obrazovnih ustanova i industrije [5,8]. Takva povezanost omogućava formiranje dualnog modela obrazovanja, u kojem učenici i studenti stiču znanja u učionicama i veštine u realnim proizvodnim uslovima, uz podršku naprednih tehnologija.

U budućnosti, veštačka inteligencija će igrati ključnu ulogu u oblikovanju novih obrazovnih metoda i industrijskih rešenja. Njena pravilna primena može značajno doprineti razvoju društva zasnovanog na znanju, inovacijama i digitalnim kompetencijama [13,14]. Stoga je neophodno da svi akteri – obrazovne institucije, privredni subjekti i donosioci odluka – aktivno učestvuju u stvaranju uslova za širu primenu AI tehnologija, kako bi se obezbedio održiv, inkluzivan i tehnološki napredan razvoj [1,4].

5. LITERATURA

- [1] Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- [2] Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., & Nee, A. Y. C. (2019). *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. Academic Press.
- [3] Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 508-517.
- [4] Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), 75-86.
- [5] Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017). The Future of Industrial Communication. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), 17-27.
- [6] Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- [7] Zheng, P., Lin, T., Chen, C. H., & Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems: Conceptual framework and key technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(5), 1037-1058.
- [8] Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1).
- [9] Bokrantz, J., Skoogh, A., Ylipää, T., & Stahre, J. (2017). Data-driven predictive maintenance planning for multiple machine systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 179-190.
- [10] Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. (2016). Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing. *Procedia CIRP*, 55, 290-295.
- [11] Woolf, B. P. (2010). *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Revolutionizing E-Learning*. Morgan Kaufmann.
- [12] Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational Data Mining and Learning Analytics. In *Learning Analytics* (pp. 61-75). Springer.
- [13] Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- [14] Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and Revolution in Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 582-599.
- [15] Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278.