

## UTICAJ KONCEPTA INDUSTRIJE 4.0 NA TRANSFORMACIJU SAVREMENOG OBRAZOVANJA

Mijodrag Milošević<sup>1</sup>, Marko Zagoričnik<sup>2</sup>, Dejan Lukić<sup>3</sup>, Aco Antić<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

<sup>1</sup>mido@uns.ac.rs, <sup>2</sup>zagoricnik@uns.ac.rs, <sup>3</sup>lukicd@uns.ac.rs, <sup>4</sup>antica@uns.ac.rs

**Kratak sadržaj:** Digitalizacija i primena inteligentnih metoda u proizvodnji je potreba današnje industrije. Tehnološki procesi u industriji se trenutno transformišu od masovne ka prilagođenoj, odnosno personalizovanoj proizvodnji. Brzi napredak u proizvodnim i informacionim tehnologijama i njihova primena u industriji doprinosi povećanju produktivnosti. Izraz Industrija 4.0 označava četvrtu industrijsku revoluciju koja je definisana kao novi nivo organizacije i kontrole nad celokupnim lancem vrednosti životnog ciklusa proizvoda i usmerena je na sve individualizovanje zahteve kupaca. Industrija 4.0 odnosi se na integraciju ljudi u proizvodnju kako bi se proizvodni proces kontinualno poboljšavao uz smanjenje troškova i vremena. U skladu sa novim tehnologijama, prisutna je i transformacija u savremenom obrazovanju, sa ciljem efikasne edukacije kadrova koji se susreću sa izazovima nove ere u industrijalizaciji. Obrazovanje 4.0 predstavlja novi obrazovni sistem koji je orijentisan na primenu digitalnih tehnologija kroz personalizovano obrazovanje.

**Ključne reči:** Industrija 4.0, I4.0 tehnologije, Obrazovanje 4.0, Inovacije

## IMPACT OF THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT ON THE TRANSFORMATION OF MODERN EDUCATION

**Abstract:** Digitization and application of intelligent methods in production is a need of today's industry. Manufacturing processes in industry are currently being transformed from mass to adapted, pre-personalized production. Rapid advances in manufacturing and information technologies and their application in industry contribute to increased productivity. The term Industry 4.0 means the fourth industrial revolution, which is defined as a new level of organization and control over the entire value chain of the product life cycle and is focused on increasingly individualized customer requirements. Industry 4.0 refers to the integration of people into production in order to continuously improve the production process while reducing costs and time. In line with new technologies, there is a transformation in modern education, with the aim of effective education of staff who face the challenges of the new era in industrialization. Education 4.0 is a new education system that is oriented towards the application of digital technologies through personalized education.

**Key Words:** Industry 4.0, I4.0 technologies, Education 4.0, Innovations

### 1. UVOD

Savremeni razvoj industrije traje već nekoliko vekova, a u toku je era Industrije 4.0. Četvrtu industrijsku revoluciju karakteriše proizvodnja pomoću kibernetiko-fizičkih sistema (CPS), zasnovanih na integraciji podataka i znanja. Glavne uloge CPS su da ispune dinamične zahteve proizvodnje i da poboljšaju efikasnost, kao i stepen iskorišćenja čitave industrije. Industrija 4.0 obuhvata brojne tehnologije koje su uključene u horizontalnu i vertikalnu integraciju, uključujući radiofrekventnu identifikaciju (RFID), internet stvari (IoT), proizvodnju zasnovanu na oblaku (*Cloud manufacturing*), i mnoge druge. Glavna razlika između Industrije 4.0 i računarom integrisane proizvodnje (CIM) je briga o ljudskoj ulozi u proizvodnom okruženju. Industrija 4.0 ima važnu ulogu za integraciju radnika u proizvodni proces, nasuprot CIM koncepta gde se potencira proizvodnja bez neposrednog učešća čoveka.

Model Industrije 4.0 promoviše povezivanje fizičkih komponenti kao što su senzori, uređaji i mašine, kako jednih sa drugima, tako i sa Internetom. Proizvodni proces je podeljen na male jedinice između kojih se razmenjuju i dele informacije o uzastopnim koracima procesa, što doprinosi povećanju fleksibilnosti i smanjenju složenosti koordinacije. Cilj Industrije 4.0 je postizanje višeg nivoa operativne efikasnosti i produktivnosti, kao i višeg nivoa automatizacije. Glavne karakteristike Industrije 4.0 su digitalizacija, optimizacija i prilagođavanje prema zahtevima proizvodnje; automatizacija i fleksibilnost; interakcija čoveka i mašine (HMI); automatizovana razmena podataka i komunikacija. Ove karakteristike ne samo da su visoko povezane sa internet tehnologijama i naprednim inteligentnim algoritmima, već ukazuju i na to da je Industrija 4.0 proces stvaranja nove vrednosti i upravljanja znanjem [1,2]. Isto tako, u skladu sa novim tehnologijama obuhvaćenih ovom koncepcijom, neophodno je konstantno usavršavanje i unapređenje obrazovanja.

## 2. OSNOVNE TEHNOLOGIJE INDUSTRIJE 4.0

Industrija 4.0 obuhvata niz tehnologija koje su se razvijene i usavršavane u proteklim decenijama. Neprestano se razvijaju nove tehnologije koje se kontinualno uključuju u ovu koncepciju. Uvođenje novih tehnologija u industriji je kompleksan proces, zahteva značajne troškove implementacije i vreme, ali pre svega znanje, pa je zbog toga veoma važan adekvatan i efikasan obrazovni proces.

### 2.1 Industrijski internet stvari

Postoje brojne definicije interneta stvari (IoT), ali u industrijskoj primeni se pod ovim pojmom podrazumevaju različite vrste „pametnih“ komponenti, uređaja ili objekata koje su ugrađene u kibernetско-fizičke sisteme (CPS). Ovi „pametni objekti“ zahtevaju minimalnu intervenciju ljudi da bi se podaci generisali, razmenjivali i obrađivali. Najčešće su u vezi sa daljinskim prikupljanjem i analizom podataka, a poseduju i upravljačke sposobnosti. Kada se ova tehnologija primenjuje u industrijskom okruženju onda govorimo o industrijskom internetu stvari (IIoT) koji se odnosi na međusobno povezane senzore, instrumente i druge industrijske uređaje i objekte, umrežene zajedno sa industrijskim aplikacijama, uključujući proizvodnju i upravljanje energijom, *slika 1*.



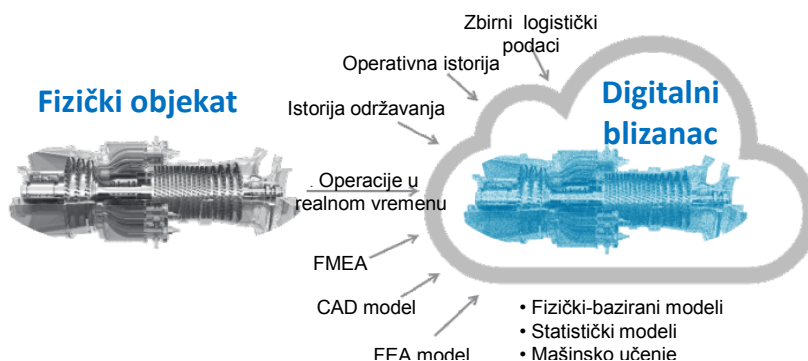
*Slika 1. Industrijski internet stvari (IIoT)*

Definicija IIoT bi mogla da se formuliše kao: Sistem koji sadrži umrežene pametne objekte, kibernetско-fizička sredstva, povezane generičke informacione tehnologije i računarske platforme u oblaku. Ovaj sistem omogućava inteligentan, autonoman pristup i komunikaciju u realnom vremenu, kao i prikupljanje, analizu i razmenu informacija o procesu, proizvodnji i/ili uslugama u industrijskom okruženju, kako bi se optimizovala ukupna vrednost proizvodnje. Ova vrednost može da uključuje efikasniju isporuku proizvoda ili usluga, povećanje produktivnosti, smanjenje troškova rada, smanjenje potrošnje energije i smanjenje ciklusa izrade do isporuke [3].

### 2.2 Digitalni bliznac

Na osnovu nivoa integracije podataka između fizičkog i digitalnog modela mogu se klasifikovati tri kategorije digitalnih reprezentata:

1. **Digitalni model** je digitalni prikaz postojećeg ili planiranog fizičkog objekta koji ne koristi bilo kakav oblik automatizovane razmene podataka između fizičkog i digitalnog objekta.
2. **Digitalna senka** definisana je automatizovanim, jednosmernim protokom podataka između stanja postojećeg fizičkog objekta i digitalnog objekta.
3. **Digitalni bliznac** je slučaj kada su protoci podataka između postojećeg fizičkog objekta i digitalnog objekta u potpunosti integrisani u oba smera [4].



*Slika 2. Digitalni bliznac proizvoda kao fizičkog objekta*

Digitalni blizanac (DT) u svom izvornom obliku je opisan kao digitalna informaciona konstrukcija o fizičkom sistemu, stvorena kao poseban entitet i povezana sa konkretnim fizičkim sistemom. Digitalni reprezent treba optimalno da obuhvati sve informacije o sistemu koje bi se mogle potencijalno dobiti detaljnom inspekcijom u stvarnom svetu. Digitalni blizanac u industrijskom okruženju, u svojoj osnovi, opisuje i „imitira“ proizvod, *slika 2*, dok najnovija dostignuća omogućavaju da i procesi (obrađa, proizvodnja, itd.) takođe budu reprodukovani u virtuelnom svetu. Osnovni smisao tehnologije digitalnog blizanca je mogućnost davanja različitih informacija o fizičkom objektu u konzistentnom formatu. Digitalni blizanci su više nego podaci jer uključuju i algoritme koji opisuju ponašanje njihovog uparenog realnog objekta i odlučuju o promenama u proizvodnom sistemu na osnovu realnih obrađenih podataka.

### 2.3 Proširena stvarnost

Proširenu stvarnost (AR) predstavlja neposredni ili indirektni prikaz fizičkog okruženja u stvarnom svetu koji je poboljšán/dopunjen dodavanjem virtuelnih računarskih informacija. AR je interaktivna tehnologija u 3D formatu i kombinuje stvarne i virtuelne objekte. Proširena stvarnost ima za cilj da pomogne korisniku tako što virtuelne informacije prikazuje, ne samo u neposrednom korisničko okruženje, već omogućuje i bilo koji indirektni pogled na okruženje u stvarnom svetu. AR poboljšava percepciju i interakciju korisnika sa stvarnim svetom.

Dok tehnologija virtualne stvarnosti (VR) ili virtuelno okruženje, u potpunosti prebacuje korisnika u virtualni svet bez uvida u stvarni svet, AR tehnologija pojačava osećaj stvarnosti kombinujući virtuelne objekte sa stvarnim svetom u realnom vremenu. AR se takođe može koristiti za pojačavanje čula korisnika senzorskom supstitucijom, pomoću audio ili vizuelnih signala. Virtuelni objekti integrisani u stvarno okruženje prikazuju informacije koje korisnik ne može direktno registrovati svojim čulima. Informacije koje prenose virtuelni objekti mogu npr. pomoći radniku pri obavljanju aktivnosti u proizvodnom procesu. AR se može primeniti u održavanju postrojenja, pružanju informacija o stanju mašina, pohabanosti alata, neophodnom servisiranju opreme i dr. Postoje brojne oblasti primene AR tehnologije, kao što su medicinska vizualizacija, planiranje kretanja robota, obrazovanje, itd. [5].

### 2.4 Veliki podaci

Pod intenzivnim porastom količine globalnih podataka, termin veliki podaci (Big Data) se koristi za opisivanje ogromnih skupova podataka. Brz razvoj računarskih i informacionih tehnologija i primena koncepcije interneta stvari dodatno podstiču nagli rast broja generisanih podataka. U poređenju s tradicionalnim skupovima podataka, veliki podaci obično uključuju setove nestrukturiranih podataka kojima je potrebna dublja analiza u realnom vremenu. Pored toga, veliki podaci takođe donose nove mogućnosti za otkrivanje novih vrednosti, pomažu nam da steknemo dubinsko razumevanje skrivenih međurelacija, a takođe donose i nove izazove u pogledu efikasnog organizovanja i upravljanja takvim skupovima podataka.

Računarstvo u oblaku obezbeđuje pristup izvorima podataka, kao i njihovo beleženje i zaštitu. Senzori prikupljaju i prenose podatke koji se smeštaju, obrađuju i analiziraju u oblaku. Takvi podaci, u pogledu obima, veličine, međusobnih relacija i brzine generisanja, daleko nadmašuju kapacitete IT arhitekture i infrastrukture postojećih preduzeća. Zahtevi analize u realnom vremenu, takođe, u velikoj meri prevazilaze raspoložive računarske kapacitete u kompanijama. Podaci su veoma važan resurs u proizvodnom okruženju koji se može uporediti sa materijalnim dobrima i ljudskim kapitalom. Veliki podaci imaju sve veći potencijal u stvaranju vrednosti za preduzeća i potrošače [6].

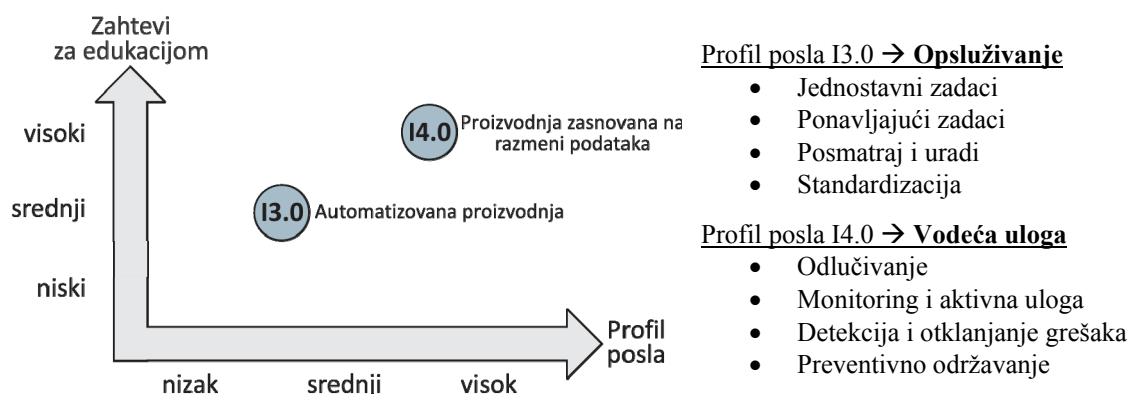
## 3. OBRAZOVANJE ZA INDUSTRIJU 4.0

Obrazovanje za Industriju 4.0 je orijentisano na inteligentno povezivanje mašinstva, elektronike i softvera, *slika 3*. Zbog toga je neophodno u ove integrisane inženjerske oblasti definisati nove prilaze u radu i razmišljanju što podrazumeva i primenu novih pristupa u obrazovanju [7].



Slika 3. Integracija inženjerskih oblasti u Industriji 4.0

Obrazovanje 4.0 je novi obrazovni sistem baziran na iskustvu pri čemu se koriste digitalne tehnologije kroz personalizovano obrazovanje. Ovaj sistem, koji je predviđen za obuku i edukaciju novih generacija u cilju potreba Industrije 4.0, predstavlja spoj novih tehnologija, individualnosti i učenja otkrivanjem (*Discovery learning*). Sa Obrazovanjem 4.0, učenje postaje nezavisno od vremena i prostora. Teorijski deo obrazovanja se stiče u digitalnom okruženju, a kroz praktične aktivnosti se pretvara u iskustvo iz stvarnog okruženja. Primenom posebnih alata studentima je omogućeno personalizovano učenje, prilagođeno njihovim mogućnostima. Nastavnicima je omogućeno konstantno pojedinačno praćenje i vrednovanje rezultata studenata, na osnovu kojih se formiraju personalizovane smernice i različiti putevi do istog cilja. Na ovaj način se obezbeđuje fleksibilnost učenja, za razliku od tradicionalnih metoda obrazovanja koji primenjuje isti model za sve. Pored toga, Obrazovanje 4.0 podrazumeva primenu stečenog znanja na digitalnom, virtuelnom projektnom modelu, umesto pisanja rešenja na papiru. Zadaci su, pre svega, fokusirani na tumačenje podataka dobijenih iz odgovarajućih operacija i biće neophodno sticanje kompetencija iz oblasti postavljanja, upravljanja, razvoja, prikupljanja, obrade i tumačenja podataka. Prilikom ocenjivanja uzima se u obzir ceo obrazovni period, studenti sudeluju u formiranju studijskih programa, dok nastavnici imaju ključnu ulogu kao mentori, a ne samo kao distributera znanja.



Slika 4. Zahtevi za tehnički obučanim radnicima u Industriji 4.0

Od pojave koncepta Industrije 4.0, mnoge obrazovne institucije u svetu počele su da ispunjavaju zahteve Obrazovanja 4.0. Razlog za to je potreba za stvaranjem naprednih radnika i stručnjaka sa neophodnim kompetencijama u eri nove industrijalizacije. Na slici 4 su prikazani uporedni nivoi zahteva za edukacijom i profila posla radnika u Industriji 4.0 u odnosu na prethodnu industrijsku revoluciju [7].

#### 4. ZAKLJUČAK

Industrija 4.0 predstavlja velik iskorak u personalizaciji proizvodnje i primenjiva je na skoro sve aspekte industrije. Ova koncepcija obuhvata niz tehnologija koje se kontinualno razvijaju i usavršavaju, od kojih su neke prikazane u ovom radu. Uporedo sa napredovanjem nove industrijske revolucije, neophodno je usavršavati kadrove koji moraju biti adekvatno tehnički obučeni i posedovati odgovarajuće tehničke i socijalne kompetencije vezane za područje Industrije 4.0. Iz tog razloga je neophodna transformacija savremenog obrazovanja na sistem Obrazovanje 4.0. Ovaj koncept obrazovanja se oslanja na digitalne tehnologije i menja tradicionalne metode i pristupe u obrazovanju. Brojne svetske obrazovne institucije se prilagođavaju zahtevima koji su definisani Obrazovanjem 4.0.

#### 5. LITERATURA

- [1] Tessaleno Devezas, João Leitão, Askar Sarygulov, *Industry 4.0*, Springer, 2017.
- [2] Mijodrag Milošević, Dejan Lukić, Mića Đurđev, Jovan Vukman, *Digital Transformation of Manufacturing Towards Industry 4.0 Concept*, IOP Conference Series, Materials Science and Engineering, 749(1), 2019.
- [3] Hugh Boyes, Bil Hallaq, Joe Cunningham, Tim Watson, *The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework*, Computers in Industry, vol.101, Elsevier, 2018.
- [4] Sebastian Haag, Reiner Anderl, *Digital twin – Proof of concept*, Manufacturing Letters, vol.15, Elsevier, 2018.
- [5] Julie Carmigniani, Borko Furht, Marco Anisetti, Paolo Ceravolo, Ernesto Damiani, Misa Ivkovic, *Augmented reality technologies, systems and applications*, Multimedia Tools and Applications, vol. 51, Springer, 2011.
- [6] Biljana Chroneos Krasavac, Jasna Soldić Aleksić, Goran Petković, *Fenomen 'big data' - uticaj na poslovno i javno okruženje*, Industrija, vol. 44, br.2, 2016.
- [7] Festo didaktika: *Industry 4.0 at Festo*, www.festo-didactic.com, januar 2021.

**Zahvalnica:** Ovaj rad je podržan od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost kroz projekat broj 142-451-3173/2020: "Primena metoda pametne proizvodnje u Industriji 4.0", kao i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja kroz projekat broj 451-03-68/2020-14/200156: "Inovativna naučna i umetnička istraživanja iz domena delatnosti FTN-a".