

SAVREMENI PRILAZ U OPTIMIZACIJI TEHNOLOŠKIH PROCESA OBRADE**A MODERN APPROACH TO PROCESS PLANNING OPTIMIZATION**Marko Zagoričnik, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – *Industrija 4.0 je nova industrijska revolucija koja se zasniva na pametnim uređajima, digitalizaciji i umrežavanju. U ovom radu pregledane su neke tehnologije koje čine industriju 4.0, sa naglaskom na proizvodnju pomoću oblaka i mašinsko učenje. Pomoću softvera koji je zasnovan na oblaku, obrađeni su eksperimentalni podaci obrade glodanjem korišćenjem algoritama mašinskog učenja.*

Ključne reči: *Industrija 4.0, Proizvodnja pomoću oblaka, mašinsko učenje*

Abstract – *Industry 4.0 is the new industrial revolution based on smart devices, digitalization and networking. In this paper, some component technologies are reviewed, with accent on cloud manufacturing and machine learning. Using a cloud based software, experimental data from milling is processed with machine learning algorithms.*

Keywords: *Industry 4.0, Cloud Manufacturing, Machine Learning*

1. UVOD

Razvoj novih tehnologija doveo je do nastanka pojma koji se zove Industrija 4.0. Industrija 4.0 je sledeći korak u unapređenju industrije i celokupnog ljudskog društva. Tehnologije I4.0 se ne primenjuju samo na Mašinstvo, nego na sve grane privrede, i društva. Postojanje pametnih domova, pametnih uređaja, pametnih fabrika, inovacije u logistici, medicini, transportu dovešće do brzog napretka kvaliteta života, smanjenja troškova, smanjenja negativnog efekta čovečanstva na životnu sredinu i mnogih drugih indirektnih poboljšanja. Jedna od tehnologija I4.0 jeste Proizvodnja u oblaku.

Oblak je sistem distribuiranih resursa u vidu računarskih resursa, aplikacija, podataka i usluga kojima se može pristupiti preko računara ili čak telefona. Oblak ima jednostavan upravljački interfejs koji omogućava korisniku da ispuni svoje zahteve, bilo da su korišćenje aplikacije za koju nema dovoljno dobar računar ili da želi da proizvede automobil. Microsoft Azure je servis zasnovan na oblaku koji nudi mnoge usluge, između ostalog uslugu Azure ML mašinskog učenja. U ovom servisu urađena je obrada eksperimentalnih podataka dobijenih iz visokobrzinske obrade tankozidih delova od aluminijuma. Obučen je model koji je ručno izrađen od predefinisanih modula bez primene programiranja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mijodrag Milošević.

Rezultati predviđanja modela upoređeni su sa stvarnim vrednostima.

2. INDUSTRIJA 4.0

Izraz Industrija 4.0 označava četvrtu industrijsku revoluciju koja je definisana kao novi nivo organizacije i kontrole nad celokupnim lancem vrednosti životnog ciklusa proizvoda. Ona je usmerena na sve individualizovanije zahteve kupaca. Industrija 4.0 odnosi se na integraciju ljudi u proizvodni proces kako bi se on poboljšavao, i usredsredilo na dodavanje vrednosti i izbegavanje gubitaka [1,2].

Prva industrijska revolucija počela je krajem 18. veka i predstavljaju je postrojenja pokrenuta pomoću snage vodene pare. Druga industrijska revolucija započeta je početkom 20. veka u vidu masovne proizvodnje zasnovane na električnoj energiji. Treća industrijska revolucija počinje 1970-ih i odlikuje se automatizovanom proizvodnjom zasnovanom na elektronici i internet tehnologiji. Trenutno traje četvrta industrijska revolucija, Industrija 4.0, sa karakteristikama proizvodnje pomoću kibernetičko fizičkih sistema (CPS), zasnovanih na integraciji podataka i znanja. Glavne uloge CPS su da ispune dinamične zahteve proizvodnje i da poboljšaju stepen iskorišćenja čitave industrije. Industrija 4.0 obuhvata brojne tehnologije, uključujući: radiofrekvencijsku identifikaciju (RFID), Enterprise Resource Planning (ERP), Internet stvari (IoT), proizvodnju zasnovanu na oblaku (Cloud manufacturing), proširenu stvarnost (VR), tehnologije velikih podataka (Big Data), Mašinsko učenje (Machine Learning) i mnoge druge [1,2].

2.1. Proširena stvarnost (Augmented Reality)

Proširena stvarnost (AR) je definisana kao neposredni ili indirektni prikaz fizičkog okruženja u stvarnom svetu koji je poboljšan/dopunjen dodavanjem virtuelnih računarskih informacija. Proširena stvarnost ima za cilj da pojednostavi život korisnika tako što virtuelne informacije donosi ne samo u njegovo neposredno okruženje, već i bilo koji indirektni pogled na okruženje u stvarnom svetu, kao što je video prenos. AR poboljšava percepciju i interakciju korisnika sa stvarnim svetom. Dok tehnologija virtualne stvarnosti (VR) u potpunosti uroni korisnike u virtualni svet bez da vide stvarni svet, AR tehnologija pojačava osećaj stvarnosti dodajući virtuelne objekte i podstičući stvarni svet u realnom vremenu [3].

2.2. Industrijski internet stvari (IIoT)

Industrijski Internet stvari je sistem koji sadrži umrežene pametne objekte, kibernetičko-fizička sredstva, povezane generišuće informacione tehnologije i računarske platforme u oblaku, koji omogućavaju u realnom vremenu,

inteligentan i autonoman pristup, prikupljanje, analizu, komunikaciju i razmenu informacija o procesu, proizvodu i / ili uslugama u industrijskom okruženju, kako bi se optimizovala ukupna vrednost proizvodnje. Ova vrednost može da uključuje poboljšavanje isporuke proizvoda ili usluga, povećanje produktivnosti, smanjenje troškova rada, smanjenje potrošnje energije i smanjenje ciklusa izrade do isporuke (slika 1) [4].

2.3. Digitalni blizanac (Digital Twin)

Digitalni blizanac u svom izvornom obliku opisan je kao digitalna informativna konstrukcija o fizičkom sistemu, stvorena kao poseban entitet i povezana sa fizičkim sistemom o kojem je reč. Digitalna reprezentacija treba optimalno da obuhvati sve informacije koje se odnose na sistem koje bi se mogle potencijalno dobiti detaljnom inspekcijom u stvarnom svetu. Digitalni blizanac u svom nastanku opisuje imitiranje proizvoda, dok najnovija dostignuća omogućavaju da procesi (obrada, proizvodnja energije itd.) takođe budu reprodukovani u virtualnom svetu. Na osnovu nivoa integracije podataka između fizičkog i digitalnog modela mogu se klasifikovati tri kategorije:

Digitalni model je digitalni prikaz postojećeg ili planiranog fizičkog objekta koji ne koristi bilo kakav oblik automatizovane razmene podataka između fizičkog objekta i digitalnog objekta. Promena stanja fizičkog objekta nema direktan uticaj na digitalni objekt i obrnuto.

Ako postoji automatizovani jednosmerni protok podataka između stanja postojećeg fizičkog objekta i digitalnog objekta, moglo bi se nazvati **Digitalna senka**. Promena stanja fizičkog objekta dovodi do promene stanja digitalnog objekta, ali ne i obrnuto.

Ako su protoci podataka između postojećeg fizičkog objekta i digitalnog objekta u potpunosti integrisani u oba smera, može nazvati **Digitalni blizanac**. U takvoj kombinaciji, digitalni objekt može takođe delovati kao kontrolna instanca fizičkog objekta. Promena stanja fizičkog objekta direktno dovodi do promene stanja digitalnog objekta i obrnuto [5].

2.4. Veliki podaci (Big Data)

Pod eksplozivnim porastom globalnih podataka, termin Big data uglavnom se koristi za opisivanje ogromnih skupova podataka. U poređenju sa tradicionalnim skupovima podataka, veliki podaci obično uključuju mase nestrukturiranih podataka kojima je potrebna veća analiza u stvarnom vremenu. Pored toga, veliki podaci takođe donose nove mogućnosti za otkrivanje novih vrednosti, pomažu nam da steknemo dublje razumevanje skrivenih vrednosti, a takođe donose i nove izazove, na primer, kako efikasno organizovati i upravljati takvim skupovima podataka.

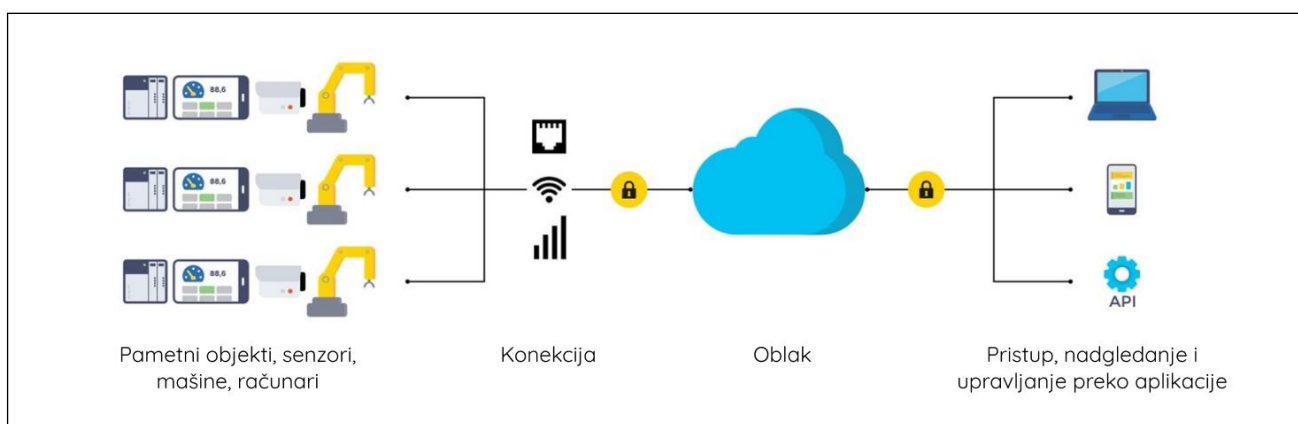
Brz napredak računara i Interneta stvari (IoT) dodatno promovira nagli porast količine podataka. Računarstvo u oblaku obezbeđuje zaštitu i pristup podacima sajtova. U osnovi IoT-a, senzori širom sveta prikupljaju i prenose podatke koji se smeštaju i obrađuju u oblaku. Takvi podaci i u količini i u međusobnim odnosima daleko će nadmašiti kapacitete IT arhitekture i infrastrukture postojećih preduzeća, a njihovi zahtevi u realnom vremenu takođe će u velikoj meri prevazići raspoloživi računarski kapacitet. Rastuća količina podataka uzrokuje problem u načinu skladištenja i upravljanja velikim setovima podataka sa velikim zahtevima za hardverskom i softverskom infrastrukturom.

Karakteristike velikih podataka mogu se sažeti u četiri V, tj. Volume (velika količina), Variety (različiti modaliteti), Velocity (brza generacija) i Value (ogromna vrednost, ali vrlo niska gustina) [6].

2.5. Pametno održavanje (Smart Maintenance)

Pametno održavanje zalaže se za inteligentno upravljanje održavanja usredsređeno na trajno unapređenje. Klasična ulazna kontrola, koja je troškovno orijentisana, zamenjena je izlaznom kontrolom, orijentisana na pouzdanost, dostupnost, održavanje i sigurnost [7]. Važni faktori pametnog održavanja su sledeći:

- Upravljanje podacima
- Upravljanje znanjem
- Kvalifikacija osoblja
- Optimizacija strategije održavanja



Slika 1. Industrijski internet stvari [8]

2.6. Proizvodnja zasnovana na oblaku (cloud Manufacturing)

Proizvodnja u oblaku (CM) je proizvodni model usmeren na kupca koji koristi pristup na zahtev zajedničkoj

kolekciji raznolikih i distribuiranih proizvodnih resursa koji formiraju privremene, konfigurabilne proizvodne linije. Ove linije povećavaju efikasnost, smanjuju troškove životnog ciklusa proizvoda i omogućavaju

optimalno učitavanje resursa kao odgovor na zadatke generisane od promenljive potražnje. CM zahteva saradnju između tri grupe: korisnici, pružaoci aplikacija, i pružaoci fizičkih resursa.

Korisnici su potrošači u CM; ovi pojedinci ili grupe imaju potrebu da nešto naprave, ali ne poseduju mogućnosti da to učine, ili poseduju mogućnosti ali bi stekli konkurentsku prednost korišćenjem CM. Korisnici mogu da se kreću u rasponu od pojedinaca do velikih proizvođača - bilo koja grupa koja ima inženjerske zahteve koji će se koristiti u proizvodnom okruženju mogu učestvovati u CM partnerstvima. Ovi zahtevi, koji opisuju željeni objekt i njegove krajnje uslove, daju se aplikacionom sloju.

Sloj aplikacija odgovoran je za upravljanje svim aspektima CM okruženja i interpretira zahteve korisnika u podatke potrebne za proizvodnju željenih objekata. Na primer, korisnikov željeni proizvod može da zahteva razvoj programa CNC putanje alata - njih bi kreirala aplikacija zasnovana na oblaku. Planiranje proizvodnje i sekvenciranje se može obaviti putem automatizovanih aplikacija koje određuju brojne proizvodne putanje preko kojih bi se mogao postići željeni cilj. Sloj aplikacije je odgovoran za lociranje potrebnih resursa, šaljući ih na odgovarajući posao i upravljanje resursima u slučaju prekida usluge. Aplikacijskim slojem upravljaju i dobavljači aplikacija, koji svoje usluge nude kao posrednik između korisnika i dobavljača resursa za deo profita od proizvoda

Pružaoi fizičkih resursa (PRP) poseduju i upravljaju proizvodnom opremom, uključujući obradne tehnologije, tehnologije završne obrade, tehnologije inspekcije, tehnologije pakovanja i ispitivanja. Pored posedovanja fizičkih resursa, PRP-ovi imaju znanje i iskustvo da koriste ove mašine efikasno. PRP nisu ograničeni geografskim položajem; nego se pridružuju CM samo zbog njihove ekspertize. U celini, PRP mreža predstavlja svaku vrstu proizvodnje dostupne na tržištu, nudeći korisnicima trenutni pristup proizvodnim mogućnostima koje pruža oblak kao usluga. Ulaz u PRP grupu su proizvodni podaci koje kreiraju aplikacije zasnovane na oblaku i izlaz je gotov proizvod u skladu sa korisnikovim zahtevima.

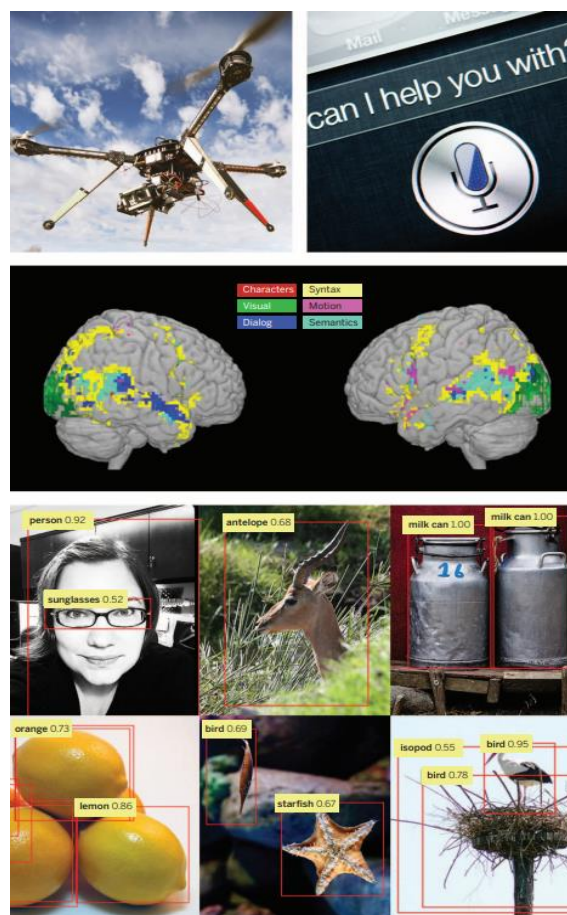
Tehnologije automatizacije i upravljanja omogućice saradnju između fabrika i unutar fabrike u CM okruženjima, omogućavajući mogućnost automatskog izvršavanja proizvodnih zadataka generisanih u oblaku. Pošto se delovi i sklopovi retko proizvode sa jednom opremom, koordinacija i saradnja između mašina biće potrebna kako u pojedinačnim fabrikama tako i među saradujućim fabrikama. Automatizacija i tehnologije upravljačkog sistema su ključne za efikasno usmeravanje poslova kroz potrebne korake obrade do završetka izrade [9].

2.7. Mašinsko učenje (Machine Learning)

Mašinsko učenje je disciplina fokusirana na dva međusobno povezana pitanja: Kako neko može da konstruiše računarske sisteme koji se automatski poboljšavaju kroz iskustvo? I koji su osnovni statističko-informatičko-teoretski zakoni koji regulišu sve sisteme učenja, uključujući računare, ljude i organizacije? Studija mašinskog učenja je važna kako za rešavanje ovih

fundamentalnih naučnih i inženjerskih pitanja, tako i za stvaranje i primenu izuzetno praktičnog računarskog softvera u mnogim oblastima.

Efekat mašinskog učenja je imao velik uticaj i na polje informacione tehnologije i niz industrija koje se bave zahtevnim podacima, kao što su potrošačke usluge, dijagnoza kvarova u složenim sistemima i kontrola logističkih lanaca (slika 2). Uticaj mašinskog učenja se takođe pronalazi i kod empirijskih nauka, od biologije, i kosmologije do društvenih nauka, uspeh u ovim poljima nastao je razvijanjem novih metoda za analizu eksperimentalnih podataka visokog uticaja [10].



Slika 2. Primena mašinskog učenja. Primeri uspešnih primena uključuju robotiku i kontrolu autonomnih vozila (gore levo), obradu govora i prirodnog jezika (gore desno), istraživanje u neuronauci (sredina) i primenu u računarskom tumačenju slika (dole). [10]

3. OPTIMIZACIJA EKSPERIMENTALNIH PODATAKA U ML STUDIJU.

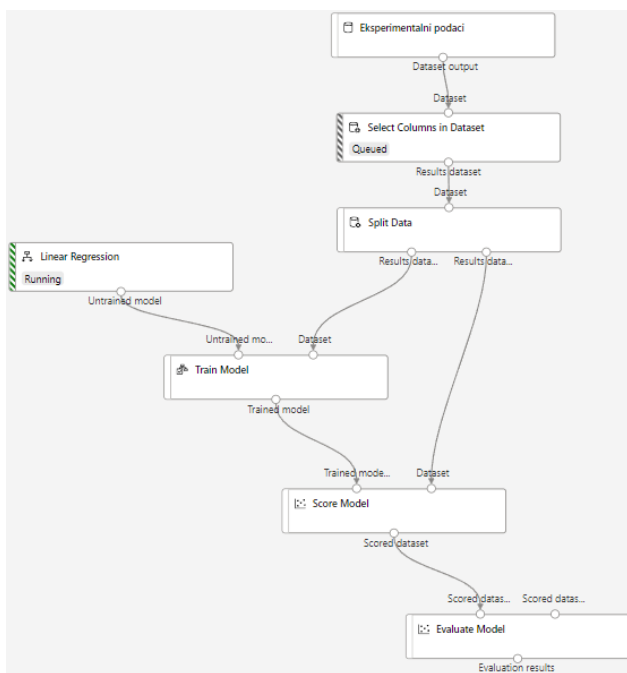
Podaci sa eksperimenta visokobrzinske obrade tankozidnih delova legure aluminijuma [10], su obrađeni u Azure ML studio softveru. Microsoft Azure je softver zasnovan na oblaku koji poseduje mnoštvo servisa između kojih je i servis mašinskog učenja Azure ML.

U ovom softveru treniranje modela mašinskog učenja je vrlo jednostavno. Na radni prostor se unose definisani moduli, koji se povezuju u čvorovima, formirajući nešto poput dijagrama toka, gde svaki član ima definisanu funkciju. Podaci se unose u tabelarnom obliku iz

microsoft excell fajla. Biraju se kolone u podacima koje će da se koriste za obuku modela. Podaci se dele na deo za obuku i deo za ocenu modela, u našem slučaju 80/20%, i ubacuju se u model za obuku. Bira se algoritam mašinskog učenja, u našem slučaju linearna regresija, i rezultati obuke modela se povezuju u modul za ocenjivanje, pa u modul za evaluaciju podataka. Modul za ocenjivanje upoređuje predviđanje sa stvarnim podacima, a modul za evaluaciju izračunava grašku procene. Kada su svi članovi povezani, obuka modela se započinje. Nakon obuke može se oceniti tačnost obučenog modela. Tačnost se može proveriti analizom modula Score model. Na primeru vremena obrade vidi se da je model veoma neprecizan. To je posledica male količine podataka. Red veličina rezultata je isti ali je odstupanje veliko. Primer predviđanja obučenog modela je:

- Za 00:01:10 predviđa 00:00:48
- Za: 00:01:32 predviđa 00:01:09
- Za 00:02:40 predviđa 00:01:37
- Za 00:00:53 predviđa 00:01:25
- Za 00:01:18 predviđa 00:00:59

Izgled strukture za obuku modela prikazan je na slici 3.



Slika 3. Izgled strukture za obuku modela

4. ZAKLJUČAK

Industrija 4.0 je velika oblast koja obuhvata mnogo tehnologija. Svako ko se interesuje inovativnim tehnologijama mogao bi da nađe tehnologiju Industrije 4.0 koja bi ga zainteresovala. Proizvodnja u oblaku je primer evolucije industrije u kojoj više nije potrebno posedovati resurse. Potrebno je samo imati ideju i novac, i uz pomoć novih usluga moguće je proizvoditi mašinske delove sa računara od kuće.

Mašinsko učenje je složena oblast koja nudi elegantna rešenja na komplikovane probleme. Uz pomoć Azure ML i početnik može da se upusti u problematiku mašinskog učenja. Nakon obrade podataka, predviđanja obučenog modela su ocenjena.

Obučeni model je neprecizan usled male količine ulaznih podataka. Modeli mašinskog učenja su napravljeni da izvlače zakone zavisnosti iz skupova podataka koji su mnogostruko veći.

5. LITERATURA

- [1] Saurabh Vaidya, Prashant Ambad, Santosh Bhosle, "Industry 4.0 – A Glimpse", Procedia Manufacturing, vol. 20, Elsevier, 2018
- [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] 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.
- [4] Hugh Boyes, Bil Hallaq, Joe Cunningham, Tim Watson, "The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework", Computers in Industry, vol.101, Elsevier, 2018.
- [5] Sebastian Haag, Reiner Anderl, "Digital twin–Proof of concept", Manufacturing Letters, vol.15, Elsevier, 2018
- [6] Min Chen, Shiwen Mao, Yunhao Liu, "Big Data: A Survey", Mobile Networks and Applications, vol 19, Springer, 2014
- [7] Hubert Biedermann, Alfred Kinz, "Lean smart maintenance-Value Adding, Flexible, and Intelligent Asset Management", BHM, vol.164, 2019
- [8] <https://www.ixon.cloud/knowledge-hub/industrial-internet-of-things-platform-iiot> (pristupljeno u septembru 2021)
- [9] Dazhong Wu, Matthew John Greer, David Rosen, Dirk Schaefer, "Cloud manufacturing: strategic vision and state-of-the-art", Journal of Manufacturing Systems, vol 32, Elsevier, 2013
- [10] Dejan Lukić, Robert Čep, Jovan Vukman, Aco Antić, Mića Đurđev, Mijodrag Milošević, "Multi-Criteria Selection of the Optimal Parameters for High-Speed Machining of Aluminum Alloy Al7075 Thin-Walled Parts", Metals, 2020

Kratka biografija:

Marko Zagoričnik rođen je u Novom Sadu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Proizvodnog Mašinstva odbranio je 2021.god. kontakt: zagor94@outlook.com