

**42. JUPITER KONFERENCIJA**  
sa međunarodnim učešćem

**42<sup>nd</sup> JUPITER CONFERENCE**  
with foreign participants

# **ZBORNİK RADOVA** **PROCEEDINGS**



**UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET**

**UNIVERSITY OF BELGRADE**  
**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**

Beograd, oktobar 2020.

## **42. JUPITER KONFERENCIJA**

# **ZBORNİK RADOVA PROCEEDINGS**



35. simpozijum  
**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG  
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA**

29. simpozijum  
**CAD/CAM**

38. simpozijum  
**NU – ROBOTI –FTS**

44. simpozijum  
**UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U  
INDUSTRIJI PRERADE METALA**

22. simpozijum  
**MENADŽMENT KVALITETOM**

Organizator:

**UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET**

Beograd, oktobar 2020. godine

## **42. JUPITER KONFERENCIJA**

### **ZBORNİK RADOVA**

Organizator i izdavač:

**UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET**

Adresa:

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija

Tel: 011-3370341, Fax: 011-3370364

**El. pošta: [jupiter@mas.bg.ac.rs](mailto:jupiter@mas.bg.ac.rs)**

Odobreno za štampu odlukom Dekana

br. 21/2020 od 29.09.2020.

Tehnički urednici:

Prof. dr Bojan Babić

Prof. dr Saša Živanović

Doc. dr Mihajlo Popović

Beograd, oktobar 2020.

---

Tiraž: 100 primeraka

Štampa: **Planeta print,**

11000 Beograd, Igora Vasiljeva 33r, tel.: 011 650 6564

**ISBN 978-86-6060-055-6**

## 42. JUPITER KONFERENCIJA

### PROGRAMSKI I NAUČNI ODBOR

**Predsednik:**

**Prof. dr Ljubodrag Tanović**, Mašinski fakultet Beograd

**Članovi:** Prof. dr Slavko Arsovski, MF Kragujevac • Prof. dr Bojan Babić, MF Beograd • Prof. dr Božica Bojović, MF Beograd • mr Goran Vujačić, VŽŠ Beograd • Prof. dr Miloš Glavonjić, MF Beograd • Prof. dr Dragan Milutinović, MF Beograd • Prof. dr Saša Živanović, MF Beograd • Prof. dr Milan Zeljković, FTN Novi Sad • Prof. dr Milisav Kalajdžić, MF Beograd • Prof. dr Pavel Kovač, FTN Novi Sad • Prof. dr Miodrag Lazić, MF Kragujevac • Prof. dr Ljubomir Lukić, MF Kraljevo • Prof. dr Živana Jakovljević, MF Beograd • Prof. dr Vidosav Majstorović, MF Beograd • Prof. dr Pavao Bojanić MF Beograd • Prof. dr Zoran Miljković, MF Beograd • Prof. dr Radivoje Mitrović, MF Beograd • Prof. dr Bogdan Nedić, MF Kragujevac • Prof. dr Petar Petrović, MF Beograd • Prof. dr Miroslav Pilipović, MF Beograd • Prof. dr Radovan Puzović, MF Beograd • Prof. dr Slobodan Tabaković, FTN Novi Sad • Prof. dr Velimir Todić, FTN Novi Sad • Prof. dr Miroslav Trajanović, MF Niš • Prof. dr Saša Ranđelović, MF Niš • Prof. dr Ilija Ćosić, FTN Novi Sad • dr Nebojša Čović, Beograd • Prof. dr Emilia Assenova (Bugarska) • Prof. dr Vladimir I Averchenkov (Rusija) • Prof. dr Nikolai I. Bobir (Ukrajina) • Prof. dr Konstantin D. Bouzakis (Grčka) • Prof. dr Radomir Vukasojević (Crna Gora) • Prof. dr Milan Vukčević (Crna Gora) • Prof. dr Dušan Golubović (BiH) • Prof. dr Kornel Ehmann (SAD) • Prof. dr Alexander Janac (Slovačka) • Prof. dr Vid Jovišević (BiH) • Prof. dr Simo Jokanović (BiH) • Prof. dr Milija Krajišnik (BiH) • Prof. dr Michael I Kheifetz (Belorusija) • Prof. dr Sergey A. Klimenko (Ukrajina) • Prof. dr Radovan Kovačević (SAD) • Prof. dr Andrey A. Kutin (Rusija) • Prof. dr Peter P. Melnichuk (Ukrajina) • Prof. dr Nicolae Negut (Rumunija) • Prof. dr Stanislaw Pytko (Poljska) • Prof. dr Sreten Savićević (Crna Gora) • Prof. dr Mirko Soković (Slovenija) • Prof. dr Victor K. Starkov (Rusija) • Prof. dr Goran Putnik (Portugalija)

### ORGANIZACIONI ODBOR

**Predsednik:**

**Prof. dr Bojan Babić**, Mašinski fakultet Beograd

**Sekretar:**

Prof. dr Saša Živanović, Mašinski fakultet Beograd

**Članovi:**

Doc. dr Branko Kokotović, MF Beograd • Doc. dr Nikola Slavković, MF Beograd • Doc. dr Goran Mladenović, MF Beograd • Doc. dr Mihajlo Popović, MF Beograd • Doc. dr Slavenko Stojadinović, MF Beograd • Doc. dr Milica Petrović, MF Beograd • Doc. dr Miloš Pjević, MF Beograd • Asist. Dušan Nedeljković, MF Beograd • Asist. Nikola Vorkapić, MF Beograd

## ZAHVALNICA

Organizacioni odbor **42. JUPITER KONFERENCIJE** se najsrdahnije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su ličnim angažovanjem i konstruktivnim delovanjem pomogli u organizovanju ove konferencije, naročito:



**CPS-CAD Professional Systems**

<https://www.cadpro.co.rs/>



**INMOLD INMOLD PLAST d.o.o.**

<https://www.inmold-ltd.com/>



**Meusburger Georg GmbH & Co KG**

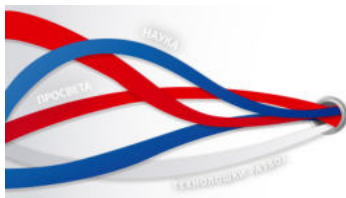
<https://www.meusburger.com/SR/RS/index>



**Key IT d.o.o.**

<http://www.keyit.co.rs/>

Posebno se zahvaljujemo pokroviteljima:



Министарство просвете,  
науке и технолошког развоја



**Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja  
Vlade Republike Srbije**

<http://www.mpn.gov.rs/>



**Istraživačko razvojni institut LOLA d.o.o.**

<https://www.li.rs/>

## PREDGOVOR

JUPITER Konferencija prikazuje značajne rezultate istraživanja ostvarene u prethodne dve godine. Ovogodišnja XLII JUPITER Konferencija je prilika da se sagledaju trendovi u domenu nauke, obrazovanja i industrije u Republici Srbiji u kontekstu koncepta Industrija 4.0. Industrija 4.0 označava promenu paradigme u proizvodnim kompanijama i njihovim lancima snabdevanja. Dok su procesi proizvodnje i logistike, koji su centralno upravljani sada već deo prošlosti, procesi budućnosti više su poput organizma koji se samostalno organizuje kroz umrežavanje svih uključenih strana.

Ubrzani tehnološki razvoj i digitalna transformacija industrije dovode do značajnih promena na tržištu rada. Industrija 4.0, u kojoj autonomni sajber-fizički sistemi nadgledaju fizičke procese i donose odluke, nije potrebna radna, nego stručna snaga. To traži i potpuno nov pristup obrazovanju – posebno u oblasti inženjerskih nauka

Centar za nove tehnologije - naučni i tehnološki poligon za generisanje novih ideja, koncepta i proizvoda je jedan od nosioca stvaranja tehnoloških platformi Republike Srbije.

Na Konferenciji će biti izloženo 33 rada autora iz Srbije i inostranstva.

Ministarstvo prosvete nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i Lola institut su finansijskom podrškom omogućili organizovanje ove konferencije kao podršku naporima za unapređenje obrazovanja i nauke u oblasti proizvodnog mašinstva.

U ime organizacionog odbora posebno se zahvaljujem svim domaćim i stranim autorima, kao i članovima recenzentskog tima na izvršenim recenzijama.

Dobro došli na XLII JUPITER Konferenciju.

U Beogradu, 6. oktobar 2020.

Prof. dr Bojan Babić

Spisak svih radova na JUPITER Konferenciji  
po prezimenu prvog autora

<b>Бабић, Б., Вишић Ј., Ђермановић А.</b> ДИГИТАЛНИ БЛИЗАНЦИ У ПАМЕТНОЈ ПРОИЗВОДЊИ И ИНДУСТРИЈИ 4.0 .....	1.1
<b>Baltić, M., Peković, O., Svorcan, J., Kovačević, A.</b> METODE PROIZVODNJE KOMPOZITNIH LOPATICA VETROTURBINA SA HORIZONTALNOM OSOM OBRATANJA .....	3.73
<b>Blanuša, V., Zeljković, M., Živković, A.</b> UTICAJ KINEMATSKE VISKOZNOSTI MAZIVA NA GENERISANU TOPLOTU SKLOPA GLAVNOG VRETENA .....	3.22
<b>Gostimirović, M., Pavkov, B., Rodić, D., Sekulić, M.</b> APLIKACIJA ZA MODELIRANJE I IZBOR MERODAVNIH REŽIMA OBRADJE PRI STRUGANJU .....	3.29
<b>Hasan, M.S., Vorkapić, M., Ivanov, T., Kovačević, A.</b> PREDIKCIJA BRZINE NA 3D ŠTAMPAČU PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA .....	2.7
<b>Jakovljević, Ž., Nedeljković, D., Ševarlić, F., Puzović, R.</b> KOMUNIKACIJA IZMEĐU PROIZVODNIH RESURSA KORIŠĆENJEM OPC-UA STANDARDA .....	4.1
<b>Jovančićević, L., Popović, M., Pjević, M., Tanović Lj.</b> EKSPERIMENTALNA IDENTIFIKACIJA UGLA ELASTIČNOG VRAĆANJA KOD ŠIREG SPEKTRA MATERIJALA .....	3.35
<b>Јовичић, М.</b> О ЖИВОТУ И ДЕЛУ ПРОФ. ДР ВЛАДИМИРА Б. ШОЛАЈЕ .....	UR
<b>Kalabić R., Popović M., Pjević, M., Mladenović, G., Tanović Lj.</b> ISTRAŽIVANJE UTICAJA PARAMETARA OBRADJE NA POKAZATELJE KVALITETA PRI OBRADI REZANJEM POLIMERA .....	3.41
<b>Kovačević, A., Ivanov, T., Simonović, A., Vorkapić, M.</b> POVEĆANJE PRECIZNOSTI IZRADE 3D ŠTAMPANIH DELOVA PRIMENOM ITERATIVNE METODE .....	2.13
<b>Kurbegović, R., Janjić, M., Vukčević, M., Đurović, D.</b> UTICAJ PARAMETARA OBRADJE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM NA ODSTUPANJE PREDNJE LINIJE REZA .....	3.81
<b>Lazarević, D., Nedić, B., Mišić M., Šarkoćević Ž., Čamagić, I.</b> TAČNOST OBRADJE VREtenASTIM GLODALOM U FUNKCIJI ŠIRINE REZANJA .....	3.88
<b>Lukić, N., Petrović, P. B., Matijašević L.</b> KONCEPTUALNI ASPEKTI KRUTOSTI KONFIGURACIONOG PROSTORA NULE RELEVANTNI ZA PROCES ROBOTIZOVANOG SPAJANJA .....	3.94
<b>Matijašević, L., Petrović, P., Lukić, N.</b> PODAKTUIRANI SISTEMI ZA ROBOTSKO HVATANJE I MANIPULACIJU OBJEKTIMA U TEHNOLOGIJI ROBOTSKJE MONTAŽE – RAZVOJ CMSysLab ROBOTSKJE ŠAKE .....	3.100
<b>Miljković, K., Petrović, M.M., Jovanović, R.</b> PRÍLOG RAZVOJU INTELIGENTNOG UPRAVLJANJA SERVO MOTORAJEDNOSMERNE STRUJE PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA .....	4.24
<b>Mitrović, R.</b> INDUSTRIJA 4.0 - NOVA PARADIGMA U PROIZVODNIM KOMPANIJAMA I OBRAZOVANJU .....	UR
<b>Mladenović, G., Tanović, Lj., Milovanović, M., Popović, M., Puzović, R., Pjević, M.</b> RAZVOJ SISTEMA ZA AUTOMATSKO PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE PREDOBRADE DELOVA SA SLOŽENIM POVRŠINAMA .....	2.1

<b>Mladenović, C., Zeljković, M., Košarac, A.</b> DEFINISANJE KARTE STABILNOSTI OBRADNOG SISTEMA PRIMENOM FREKVENTNE ANALIZE SIGNALA VIBRACIJA .....	3.47
<b>Nedeljković, D., Jakovljević, Ž., Miljković, Z.</b> KLASIFIKACIJA SLIKE ZASNOVANA NA PRIMENI KONVOLUCIONIH NEURONSKIH MREŽA .....	4.13
<b>Nedić, B., Đurić, S., Baralić, J.</b> MONITORING OBRADNE REZANJEM ANALIZOM SIGNALA OTPORA REZANJA .....	4.36
<b>Popović, V.</b> REFORMA FINANSIRANJA I ORGANIZACIJE NAUKE U REPUBLICI SRBIJI .....	UR.
<b>Sredanović, B., Borojević, S., Čiča, Đ., Tešić, S.</b> AUTOMATIZACIJA PROJEKTOVANJA PROIZVODA PRIMJENOM CAD PROGRAMSKIH SISTEMA NOVE GENERACIJE .....	2.20
<b>Stefanović, Lj., Milutinović, M., Movrin, D., Vilotić, M., Skakun P., Vilotić, D., Dačević, N. Randelović, S</b> PRIMENA ADITIVNIH TEHNOLOGIJA U IZRADI MALOSERIJSKIH ALATA ZA INJEKCIONO PRESOVANJE .....	3.53
<b>Svorcan, J., Peković, O., Tanović, D., Hasan, M.S.</b> ODREĐIVANJE MODIFIKOVANOG PROFILA BRZINE POMOĆU PRORAČUNA OPSTRUJAVANJA I VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA.....	2.27
<b>Tabaković, S., Zeljković, M., Hadžistević, M</b> ODREĐIVANJE GREŠAKA POZICIONIRANJA NUMERIČKI UPRAVLJANIH MAŠINA ALATKI PRIMENOM KRUŽNOG TESTA PREMA ISO230-4.....	3.61
<b>Tanović D., Svorcan J., Peković O., Hasan M.S.</b> ANALIZA PERFORMANSI VETROTURBINE SA RAZLIČITIM AEROPROFILIMA.....	2.33
<b>Tanović, Lj., Živanović, S., Puzović, R., Kokotović, B., Popović, M., Slavković, N., Mladenović, G., Stojadinović, S., Pjević, M., Vorkapić, N.</b> RAZVOJ NOVE GENERACIJE DOMAĆIH OBRADNIH SISTEMA REZULTATI ISTRAŽIVANJA ZA 2019. GODINU .....	3.1
<b>Tešić, S., Zeljković, M., Mladenović, C., Grujić, J.</b> UTICAJ REŽIMA REZANJA NA POSTOJANOST ALATA KOD GLODANJA BIOKOMPATIBILNOG ČELIKA 316LVM.....	3.67
<b>Vasilić, G., Živanović, S.</b> UTICAJ REZOLUCIJE RAVANSKOG PARALELNOG MEHANIZMA NA TAČNOST KOMPLEKSNE MAŠINE ALATKE ZA PROCES OBRADNE SEČENJA ŽICOM.....	3.106
<b>Васильевић, П., Шћеповић, М., Стојадиновић, С., Пузовић, Р.</b> ПЛАНИРАЊЕ КОНТРОЛЕ КВАЛИТЕТА ПРОИЗВОДА У СОФТВЕРУ ОПЕРА МЕС.....	5.1
<b>Vidaković, J., Stepanić, P., Dimić, Z., Rakić, A.</b> SIMULACIJA SISTEMA UPRAVLJANJA UREĐAJA ZA PROSTORNU DEZORIJENTACIJU PILOTA.....	3.116
<b>Vorkapić, M., Simonović, A., Čočkal, D., Đorđević D.</b> IMPLEMENTACIJA ADITIVNE PROIZVODNJE U LEAN KONCEPT .....	4.42
<b>Vorkapić, N., Živanović, S., Kokotović, B., Slavković, N., Dimić, Z.</b> PROGRAMIRANJE TROOSNIH NU GLODALICA SA DVE TRANSLATORNE I JEDNOM OBRTNOM OSOM .....	3.122
<b>Zeljković, M., Tabaković, S.</b> PROIZVODNO MAŠINSTVO POČETKOM XXI VEKA .....	UR
<b>Živanović, S., Vorkapić, N., Slavković, N., Kokotović, B.</b> ANALIZA PRIMENE NOVOG METODA PROGRAMIRANJA CNC STRUGOVA PRIMENOM STEP-NC PROTOKOLA .....	3.129
<b>Živojinović, D., Svorcan J., Baltić, M., Simonović, A.</b> KUTIJA ELEKTRONIKE – STRUKTURNA ANALIZA I IZRADA.....	2.41



**SPISAK AUTORA**  
**LIST OF AUTHORS**

BABIĆ, B.  
BALTIĆ, M.  
BARALIĆ, J.  
BLANUŠA, V.  
BOROJEVIĆ, S.  
ČAMAGIĆ, I.  
ČIČA, Đ.  
ĆOČKALO, D.  
DAČEVIĆ, N.  
ĐERMANOVIĆ A.  
DIMIĆ, Z.  
ĐORĐEVIĆ D.  
ĐURIĆ, S.  
ĐUROVIĆ, D.  
GOSTIMIROVIĆ, M.  
GRUJIĆ, J.  
HADŽISTEVIĆ, M  
HASAN M.S.  
HASAN, M.S.  
IVANOV, T.  
JAKOVLJEVIĆ, Ž.  
JANJIĆ, M.  
JOVANČIĆEVIĆ, L.  
JOVANOVIĆ, R.  
JOVIČIĆ, M.  
KALABIĆ R.  
KOKOTOVIĆ, B.  
KOŠARAC, A.  
KOVAČEVIĆ, A.  
KURBEGOVIĆ, R.

LAZAREVIĆ, D.  
LUKIĆ, N.  
MATIJAŠEVIĆ L.  
MATIJAŠEVIĆ, L.  
MILJKOVIĆ, K.  
MILJKOVIĆ, Z.  
MILOVANOVIĆ, M.  
MILUTINOVIĆ, M.  
MIŠIĆ M.  
MITROVIĆ, R.  
MLAĐENOVIĆ, C.  
MLADENOVIĆ, G.  
MOVRIN, D.  
NEDELJKOVIĆ, D.  
NEDIĆ, B.  
PAVKOV, B.  
PEKOVIĆ O.  
PEKOVIĆ, O.  
PETROVIĆ, M.M.  
PETROVIĆ, P.  
PETROVIĆ, P. B.  
PJEVIĆ, M.  
POPOVIĆ M.  
POPOVIĆ, M.  
POPOVIĆ, V.  
PUZOVIĆ, R.  
RAKIĆ, A.  
RANĐELOVIĆ, S  
RODIĆ, D.  
ŠARKOČEVIĆ Ž.

ŠČEPOVIĆ, M.  
SEKULIĆ, M.  
ŠEVARLIĆ, F.  
SIMONOVIĆ, A.  
SKAKUN P.  
SLAVKOVIĆ, N.  
SREDANOVIĆ, B.  
STEFANOVIĆ, LJ.  
STEPANIĆ, P.  
STOJADINOVIĆ, S.  
SVORCAN, J.  
TABAKOVIĆ, S.  
TANOVIĆ D.  
TANOVIĆ LJ.  
TANOVIĆ, D.  
TANOVIĆ, LJ.  
TEŠIĆ, S.  
VASILIĆ, G.  
VASILJEVIĆ, P.  
VIDAKOVIĆ, J.  
VILOTIĆ, D.  
VILOTIĆ, M.  
VIŠIĆ J.  
VORKAPIĆ, M.  
VORKAPIĆ, N.  
VUKČEVIĆ, M.  
ZELJKOVIĆ, M.  
ŽIVANOVIĆ, S.  
ŽIVKOVIĆ, A.  
ŽIVOJINOVIĆ, D.

**42. JUPITER KONFERENCIJA**  
sa međunarodnim učešćem

42<sup>nd</sup> JUPITER CONFERENCE  
with foreign participants

**ZBORNİK RADOVA**  
**PROCEEDINGS**



**29. simpozijum**

**CAD/CAM**

Beograd, oktobar 2020.

## CAD/CAM

<b>Mladenović, G., Tanović, Lj., Milovanović, M., Popović, M., Puzović, R., Pjević, M.</b> RAZVOJ SISTEMA ZA AUTOMATSKO PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE PREDOBRADE DELOVA SA SLOŽENIM POVRŠINAMA.....	2.1
<b>Hasan, M.S., Vorkapić, M., Ivanov, T., Kovačević, A.</b> PREDIKCIJA BRZINE NA 3D ŠTAMPAČU PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA .....	2.7
<b>Kovačević, A., Ivanov, T., Simonović, A., Vorkapić, M.</b> POVEĆANJE PRECIZNOSTI IZRADA 3D ŠTAMPANIH DELOVA PRIMENOM ITERATIVNE METODE.....	2.13
<b>Sredanović, B., Borojević, S., Čiča, Đ., Tešić, S.</b> AUTOMATIZACIJA PROJEKTOVANJA PROIZVODA PRIMJENOM CAD PROGRAMSKIH SISTEMA NOVE GENERACIJE .....	2.20
<b>Svorcan, J., Peković, O., Tanović, D., Hasan, M.S.</b> ODREĐIVANJE MODIFIKOVANOG PROFILA BRZINE POMOĆU PRORAČUNA OPSTRUJAVANJA I VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA.....	2.27
<b>Tanović D., Svorcan J., Peković O., Hasan M.S.</b> ANALIZA PERFORMANSI VETROTURBINE SA RAZLIČITIM AEROPROFILIMA.....	2.33
<b>Živojinović, D., Svorcan J., Baltić, M., Simonović, A.</b> KUTIJA ELEKTRONIKE – STRUKTURNA ANALIZA I IZRADA.....	2.41

← NAZAD



Hasan, M.S.<sup>1)</sup>, Vorkapić, M.<sup>2)</sup>, Ivanov, T.<sup>1)</sup>, Kovačević, A.<sup>1)</sup>

## PREDIKCIJA BRZINE NA 3D ŠTAMPAČU PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA<sup>3)</sup>

### Rezime

*Rezime: U ovom radu, izvršena je analiza i predikcija brzina štampe u eksploatacionim uslovima. Postoje odstupanja zadane brzine na štampaču od proračunate stvarne vrednosti. S tim u vezi, postoji i razlika u vremenima izrade. Ovde je posmatrana brzina kao ravnomerno pravolinijsko kretanja brizgaljke. Zato, VNM je poslužila za predikciju Vsr, sa promenom ulaznih parametara. Za rezultate predikcije brzine dobili smo zadovoljavajuću vrednost regresionog koeficijenta 0.9999 sa ukupnom MAPE greškom koja iznosi 1,84%. Mreža bi se mogla koristiti za obradu, predviđanje i optimizaciju prosečne brzine mlaznice i ostalih procesnih parametara.*

*Ključne reči: Aditivna proizvodnja, ABS, Brizgaljka, Brzina ispisa, Veštačke neuronske mreže*

### 1. UVOD

Tehnologija aditivne proizvodnje se koristi kod maloserijske proizvodnje i najveću primenu ima u vazduhoplovnoj i automobilske industriji, kao i u medicini [1]. Razvoj velikoserijske i masovne proizvodnje zavisi od obima razvoja tehnologije aditivne proizvodnje [2]. Tehnologija omogućava brzu i ekonomičnu izradu elemenata i veoma je prilagodljiva novonastalim prilikama [3] Primenom aditivne tehnologije delovi se realizuju prema digitalnom prikazu i time su isključeni mašinska obrada, kovanje i livenje [4].

Aditivna proizvodnja (AP) predstavlja proizvodnju u kojoj se elementi/modeli izrađuju na principu dodavanja materijala po slojevima, na osnovu CAD datoteke [5]. Dakle, model predstavlja niz slojeva rastopljenog materijala koji se brzo hladi i očvršćava. AP se u mnogome razlikuje od uobičajenih metoda proizvodnje. Suštinske razlike se odnose na upotrebu materijala, ukupno vreme za obradu/izradu, potrošnju energije, kvalitet dobijenih površina, smanjenje fizičkog otpada, smanjenje upotrebe većeg broja alata i uticaj proizvodnje na životnu sredinu. AP se najviše koristi za proizvodnju prototipova, modela, komponenti i delova uz upotrebu različitih materijala: plastika, metal, keramika, staklo i kompozit [6].

Od termoplastičnih materijala najzastupljeniji su akrilonitril butadien stiro (ABS) i poliaktička kiselina (PLA). Odabir i poznavanje materijala je veoma bitan korak pre nego se krene u štampanje [7]. Pri tome, mehanička svojstva materijala su značajna i variraju, naročito kada se radi o štampi u x,y ili z pravcu.

U ovom radu za izradu modela korišćen je ABS materijal. To je netoksična plastika i ima primenu u industriji ambalaže [8], medicini i stomatologiji [9], automobilske i elektro industriji [10]. Takođe, ABS se primenjuje za injekciono livenje, kao i livenje u kalupu [11]. ABS postaje tečan na temperaturi od 210°C. Prirodno se hladi na sobnoj temperaturi. U ohlađenom stanju model ima temperaturnu otpornost do 110°C (<https://vexmatech.com/abs-material.html>).

### 2. ADITIVNA TEHNOLOGIJA – 3D ŠTAMPA

Aditivna tehnologija, ili tehnologija 3D štampe, dozvoljava da se izvrše izmene na modelu. Sve izmene se realizuju pomoću nekog od CAD programa. CAD model na računaru kasnije se realizuje kao 3D objekat na štampaču [12]. Tehnologija 3D štampe uključuje topljenje termoplastičnog materijala kroz zagrejanu brizgaljku. Materijal ili čvrsti filament (1) preko zupčastih valjaka ubacuje se u vodiču (2) i prolazi kroz grejač

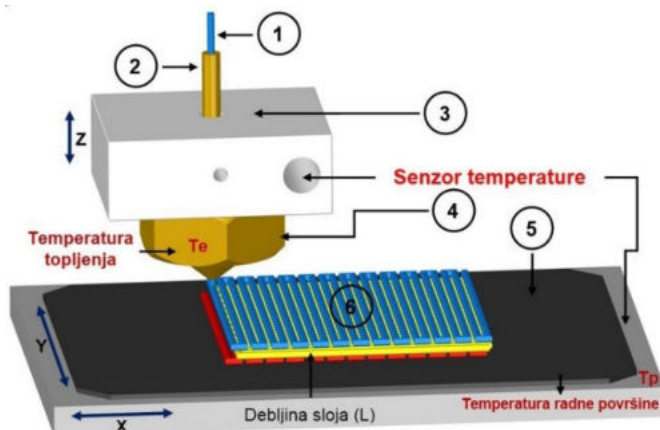
<sup>1)</sup> Mohammad Sakib Hasan, doktorand, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, dr Toni Ivanov, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, ([tivanov@mas.bg.ac.rs](mailto:tivanov@mas.bg.ac.rs)),

Aleksandar Kovačević, doktorand, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, ([akovacevic@mas.bg.ac.rs](mailto:akovacevic@mas.bg.ac.rs)),

<sup>2)</sup> dr Miloš Vorkapić, Univerzitet u Beogradu, NU IHTM - Centar za mikroelektronske tehnologije, ([worcky@nanosys.ihtm.bg.ac.rs](mailto:worcky@nanosys.ihtm.bg.ac.rs));

<sup>3)</sup> Rad je finansiran od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj, Republika Srbija

(3), gde se topi na definisanoj temperaturi. Tako istopljeni materijal prolazi kroz brizgaljku (4) nakon čega izlazi i dodiruje radnu površinu (5). Formirane rastopljene niti se lepe za podlogu, a zatim se hlade i očvršćuju u vidu gotovog sloja u xy ravni (6), videti sliku 1. Prvi sloj je važan, zbog procesa hlađenja da ne bi došlo do deformacije modela.



*Slika 1. Prikaz 3D štampe u izradi modela*

Kada je formiran prvi sloj u xy ravni, brizgaljka se podiže u pravcu z ose prema zadatoj visini sloja (H) i počinje formiranje sledećeg sloja, definisane debljine (L), koji se stapa sa predhodnim i ciklus se ponavlja sve dok se ne dobije gotov model [13]. Definisani razmak između brizgaljke i podloge iznosi 0,1 mm. Ukoliko se razmak povećava rastopljeni materijal (filament) ne može da se lepi pravilno na podlogu štampača i takav deo vremenom postaje labav i lako se odvaja [14]. U slučaju zadavanja visokih temperatura može doći do rastapanja predhodno formiranog sloja što na kraju dovodi do netačnosti u dimenzijama realizovanog modela.

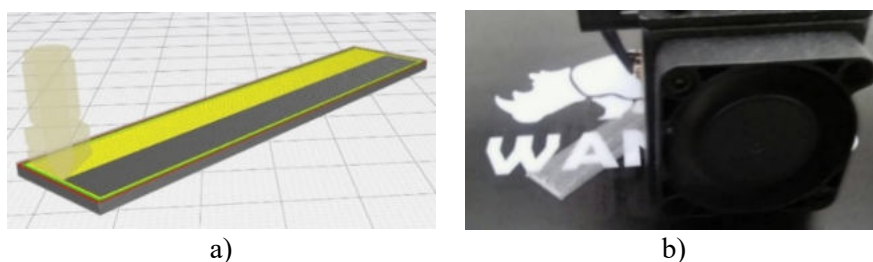
Prilikom formiranja slojeva veoma važnu ulogu igraju: temperatura topljenja ( $T_e$ ) i temperatura radne površine ( $T_p$ ). Najčešći problem pri 3D štampanju predstavlja začepljenje brizgaljke, a ono se javlja usled mešanja raznorodnih materijala i očvršćavanja materijala na zidove kanala i spoljne površine brizgaljke.

U našem slučaju, ABS omekšava na temperaturi od 200°C, zatim postaje tečan na temperaturi od 230°C i na kraju procesa se ohladi [15]. Ovde postoji rizik, da hlađenje po slojevima nije linearno, što na kraju daje nepravilan oblik i netačnu geometriju. Proces hlađenja treba da bude kontrolisan, tj. hlađenje da bude sporo i postepeno [16]. Da bi se pričvrstio prvi sloj i formirali naredni slojevi potrebno je da se obezbedi temperatura radne površine od 65°C do 80°C.

### 3. POSTUPAK IZRADE UZORKA

U ovom radu, realizovani je modeli dimenzija 80x14x2mm. Upotrebljen je ABS materijal i pri tome je izrađeno tri uzorka na osnovu zadatih parametara: debljina sloja 0,4 mm, orijentacija ispune [0/90], gustina ispune 100%, temperatura brizgaljke 234°C i temperatura radne površine 73°C. Svi uzorci izrađeni su na 3D štampaču WANHAO duplikator i3 plus. Za realizaciju modela podešeno je visina sloja 0,1mm, jer je dokazano da na ovoj visini ABS obezbeđuje dobru vezu među slojevima [17]. Prema Bose i dr. [18], za postizanje što bolje rezolucije na 3D štampačima, potreban je odabir parametara, pravilna orijentacija modela i kontrola štampe po slojevima.

Izgled radne površine grafičkog okruženja Ultimaker Cura, kao i relaizacoja modela na 3D štampaču, prikazano je na slici 2. Za realizaciju uzoraka upotrebljen je ABS material.



*Slika 2. Postupak realizacije uzorka: a) virtuelni model, b) stvarni model*

#### 4. ODREĐIVANJE I PREDIKCIJA BRZINA KOD 3D ŠTAMPE

Veštačka neuronska mreža osmisljena je kao numerički model inspirisan modelom obrade informacija po principu rada ljudskog mozga. Vršiti se obrada velikog broja podataka koji koriste za učenje, memorisanje i generalizaciju. Svaka mreža sastoji se od velikog broja čvorova (ili nodus-a) koji sačinjavaju arhitekturu jedne mreže i čine osnovne procesne elemente koji su međusobno povezani nekom korelacijom. Inspiracija za postavku neuronskih mreža je ljudski mozak, a obrada informacija ide preko neurona.

Za neuronske mreže koristi se naziv „veštačke” (skraćeno VNM), a njeni gradivni elementi nazivaju se neuroni [19]. Svaki čvor je povezan sa drugim i sa samim sobom, a grupa čvorova sačinjava sloj. Glavni sloj je ulazni, a poslednji izlazni sloj. Između ulaznog i izlaznog sloja mogu biti postavljeni i dodatni slojevi, koji se nazivaju „skriveni”. Dakle, svaki neuron ima svoj težinski doprinos.

Prenos signala ulaza obavlja aktivaciona funkcija, a ona može da bude: step, rampa, uni/bipolarna sigmoidalna funkcija. Najčešće se primenjuje sigmoidalna funkcija. Za procenu performace mreže uglavnom se koristi procentualna greška, koja pokazuje razliku vrednosti eksperimentalno dobijenih i predviđenih na osnovu VNM modela. Poznato je da se srednja kvadratna greška smanjuje sa brojem ponovljenih obuka/treninga [20].

U ovom radu, vršena je analiza i predikcija brzina štampe u eksploatacionim uslovima. Primećeno je da postoje odstupanja zadate brzine na štampaču od proračunate stvarne vrednosti. S tim u vezi, postoji i razlika u vremenima izrade. Ovde je posmatrana brzina kao ravnomerno pravolinijsko kretanja brizgaljke pri ispisu ravne linije u jednom sloju. Vreme za realizaciju modela zavisi od složenosti modela i postavljenih parametara. Softversko određivanje vremena može da predstavlja prepreku u realizaciji modela jer ono zahteva više vremena u zavisnosti od primene [21].

Razmatrana su tri slučaja ispisa rastopljenog materijala na 0%,50% i 75% realizovanog modela. U tabeli 1, dati su ulazni parametri na osnovu koje je izvršena VNM analiza.

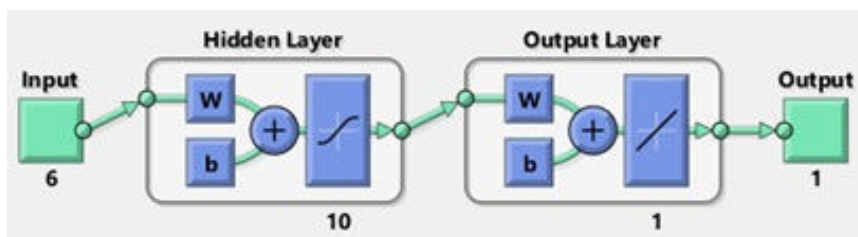
**Tabela 1.** Početni parametri za analizu

Uzorak	Brzina brizgaljke $V_p$ [mm/s]	Brzina sistema $V_t$ [mm/s]	Programirano vreme $t_c$ [s]	Realno vreme $t_r$ [s]
I	50	50	780	828
II	70	50	540	619
III	90	50	420	509

#### 5. REZULTATI I DISKUSIJA ISTRAŽIVANJA

VNM model je izgrađen u cilju uspostavljanja korelacije između procesnih parametara i merene izlazne veličine. Ulazni parametri mreže su:  $V_p$  (brzina brizgaljke),  $V_t$  (brzina sistema),  $t_c$  (programirano vreme),  $t_r$  (ukupno vreme izrade modela),  $t$  (vreme ispisa jedne niti sloja), % (procentuana realizacija modela). Korišćen je međusloj, a kao izlaz posmatrana je srednja brzina kretanja brizgaljke ( $V_{sr}$ ). VNM model je dizajniran korišćenjem softverskog paketa Matlab, Neural Network Toolbox-a i MPL (multi-layer perception) modela za predskazivanje [22]. MLP arhitektura je dizajnirana od ulaznog sloja, međusloja i izlaznog sloja.

Formirana VNM struktura sastoji se od 6 ulaznih nodusa (procesne:  $V_p$ ,  $V_t$ ,  $t_c$ ,  $t_r$ ,  $t$ , %) i jednog izlaznog  $V_{sr}$ . Međusloj se sastoji od 10 neurona i koristi hiperboličku sigmoidalnu funkciju transfera. Arhitektura mreže prikazana je na slici 4.



**Slika 4.** Arhitektura formirane mreže sa varijacijom neurona u međusloju

U tabeli 2, dat je prikaz pomenutih ulaznih veličina kao i izlazna veličina. Na osnovu srednjih greški, u ovom slučaju srednje kvadratne grške (MSE - Mean Squared Error) i determinističkog koeficijenta (R)

određena su odstupanja predikcije za setove podataka za trening, validaciju i testiranje, a to je prikazano u tabeli 3. Ukupna greška predikcije je urađena na osnovu odstupanja eksperimentalnih i predviđenih vrednosti za posmatrani izlaz ( $V_{sr}$ ) preko srednje apsolutne procentualne greške (MAPE) Za naš postavljene sistem ona iznosi 1.83%.

**Tabela 2.** Početni parametri za analizu

$V_p$	$V_t$	$t_c$	$t_r$	$t$	%	$V_{sr}$
50	50	780	828	3.15	0	0.508
50	50	780	828	3.13	0	0.511
50	50	780	828	3.15	0	0.508
50	50	780	828	3.14	0	0.51
50	50	780	828	3.12	0	0.5130
50	50	780	828	3.12	50	0.5130
50	50	780	828	3.08	50	0.5190
50	50	780	828	3.10	50	0.5160
50	50	780	828	3.09	50	0.5180
50	50	780	828	3.09	50	0.5180
50	50	780	828	3.09	75	0.5180
50	50	780	828	3.11	75	0.5140
50	50	780	828	3.10	75	0.5160
50	50	780	828	3.09	75	0.5180
50	50	780	828	3.07	75	0.5210
70	50	540	619	2.18	0	0.5242
70	50	540	619	2.08	0	0.5495
70	50	540	619	2.06	0	0.5548
70	50	540	619	2.08	0	0.5495
70	50	540	619	2.09	0	0.5468
70	50	540	619	2.12	50	0.5391
70	50	540	619	2.06	50	0.5548
70	50	540	619	2.19	50	0.5219
70	50	540	619	2.17	50	0.5267
70	50	540	619	2.09	50	0.5468
70	50	540	619	2.16	75	0.5291
70	50	540	619	2.20	75	0.5195
70	50	540	619	2.19	75	0.5219
70	50	540	619	2.18	75	0.5242
70	50	540	619	2.17	75	0.5267
90	50	420	510	1.70	0	0.5229
90	50	420	510	1.69	0	0.5260
90	50	420	510	1.67	0	0.5323
90	50	420	510	1.71	0	0.5198
90	50	420	510	1.71	0	0.5198
90	50	420	510	1.68	50	0.5291
90	50	420	510	1.65	50	0.5387
90	50	420	510	1.66	50	0.5355
90	50	420	510	1.71	50	0.5198
90	50	420	510	1.65	50	0.5387
90	50	420	510	1.71	75	0.5198
90	50	420	510	1.72	75	0.5168
90	50	420	510	1.70	75	0.5229
90	50	420	510	1.69	75	0.5260
90	50	420	510	1.74	75	0.5109

Performanse VNM sa različitim konfiguracijama i algoritmima treninga procenjuju se pomoću linearnog koeficijenta korelacije (R), srednje kvadratne greške (MSE). Regresioni koeficijent (R), predstavlja vezu između izlaza i cilja.

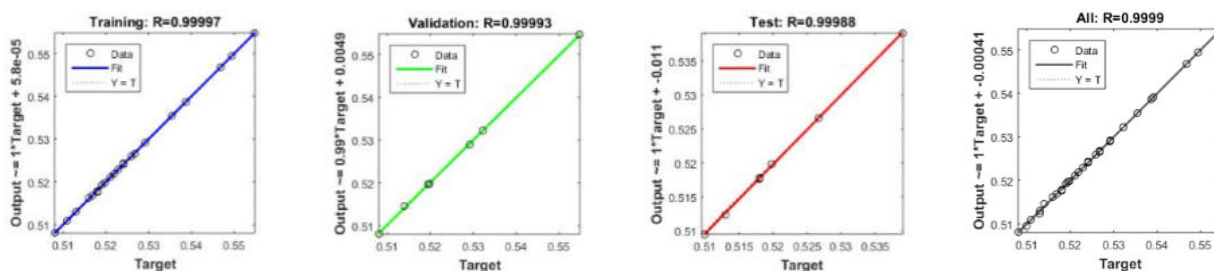
Vrednost 1 ukazuje na blisku korelaciju i idealno poklapanje, dok vrednost 0 ukazuje da nema korelacije ili je nasumično postavljena. Podaci su podeljeni u tri grupe, odnosno 70 % podataka je odabrano za učenje mreže (treniranje), 15% za validaciju i 15% za testiranje.

**Tabela 3.** MSE i R za setove podataka

Primer	MSE	R
Trening	9.06670e-9	9.99970e-1
Validacija	5.08361e-8	9.99925e-1
Testiranje	1.04785e-7	9.99884e-1

Gde su: N - ukupan broj experimentalnih podataka; Vsri - experimentalna izlazna promenljiva; Vsrpi - predvidjena izlazna promenljiva; Vsr' - srednja vrednost predvidjene promenljive izlaza. Regresioni koeficijen iznosi 0.9999, Na osnovu ovih vrednosti, zaključujemo da se VNM model može da se koristi za procenu izlaza ( $V_{sr}$ ) sa varijacijom ulaznih varijabli.

VNM može da se koristi u izboru optimalnih procesnih parametara, predikciji nove vrednosti izlaza. Na osnovu naučenog ponašanja sistema iz prošlosti, možemo da generišemo nove vrednosti u budućnosti i time redukujemo broj eksperimenata. Na osnovu izloženog, VNM služi za predikciju Vsr, sa promenom ulaznih parametara. Rezultati eksperimenta i predikcije, sa greskom za svaki uzorak i ukupnom MAPE greskom koja iznosi 1,84%, dati su na slici 5.



*Slika 4. Arhitektura formirane mreže sa varijacijom neurona u međusloju*

## 6. ZAKLJUČAK

Sa asperkta produktivnosti proizvodnje i kvaliteta, aditivna proizvodnje ima dosta problema. Ona je fokusirana na pojedinačnu ili maloserijsku proizvodnju. Međutim, 3D tehnologijom moguće je: izvršiti brzu promenu na postojećem proizvodu, izvršiti eksperimente na postojećem dizajnu i omogućiti prilagođavanje organizacije konceptu brze izrade prototipova. U radu se pretpostavljalo da proces štampanja uzoraka ide savršeno, tj. bez ikakvih grešaka. Promena brzine brizgaljke ili greške u sistemima za pozicioniranje mogu da prouzrokuju anomalije na delovima/modelima. S obzirom da na većini 3D štampača nema informacije o radu sistema tokom eksploatacije, može se konstatovati da nije došlo do greške: element nije pomeren tokom procesa štampanja, nije došlo do promene temperature ili prvi sloj se nije pravilno prilepio na podlogu. To ispravljanje grešaka čini sistem veoma komplikovanim.

Zato primenom VNM dobili smo vrednosti regresionog koeficijenta koji ukazuje da je veza ulaznih podataka sa posmatranim izlazom zadovoljavajuća i dali mreža može da se koristi za obradu, predikciju i optimizaciju kako za srednju brzine brizgaljke tako i za ostale procesne promenljive. U daljem istraživanju, potrebno je da se formira novi paket podataka, iskoristiti razvijeni model, a zatim naknadno da se testira rad mreže sa novim veličinama. Greške predviđanja su male, ali model je odgovarajući za predikciju srednje (eksploatacione) brzine brizgaljke.

## 6. LITERATURA

- [1.] Lu, B., Li, D. Tian, X.: *Development trends in additive manufacturing and 3D printing*. Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 85-89, 2015.
- [2.] Hague, R., Campbell, I., Dickens, P.: *Implications on design of rapid manufacturing*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 217, No. 1, pp. 25-30, 2003.
- [3.] Chen, R. K., Jin, Y. A., Wensman, J., Shih, A.: *Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses-a review*. Additive Manufacturing, Vol. 12, pp. 77-89, 2016.
- [4.] Shah, R. and Ward, P.T.: *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance*. Journal of operations management, Vol. 21, No. 2, pp. 129-149, 2003.



- [5.] Sun, Z., Tan, X., Tor, S. B., Yeong, W. Y.: *Selective laser melting of stainless steel 316L with low porosity and high build rates*. Materials and Design, Vol. 104, pp. 197-204, 2016.
- [6.] Lyons, B.: *Additive manufacturing in aerospace: Examples and research outlook*. Bridge, Vol. 44, No. 3, pp. 13-19, 2014.
- [7.] Lanzetta, M. and Sachs, E.: *Improved surface finish in 3D printing using bimodal powder distribution*, Rapid Prototyping Journal, Vol. 9, No. 3, pp. 157-166, 2003.
- [8.] Zelený, P., Šafka, J., Elkina, I.: *The mechanical characteristics of 3D printed parts according to the build orientation*. Applied Mechanics and Materials, Vol. 474, pp. 381-386, 2014.
- [9.] Wong, J. Y.: *3D printing applications for space missions*. Aerospace medicine and human performance, Vol. 87, No. 6, pp. 580-582, 2016.
- [10.] Zhou, S., Zhang, S., Chen, Q.: *Vehicle ABS Equipped with an EMB System Based on the Slip Ratio Control*. Transactions of FAMENA, 43(SI-1), 1-12, 2019.
- [11.] Padzi, M. M., Bazin, M. M., Muhamad, W. M. W.: *Fatigue Characteristics of 3D Printed Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*. Materials Science and Engineering Conference Series, Vol. 269, No. 1, pp. 012060, 2017.
- [12.] Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., Garrett, B.: *Could 3D printing change the world? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing*. Atlantic Council, Washington DC 2011.
- [13.] Tian, X., Liu, T., Yang, C., Wang, Q., Li, D.: *Interface and performance of 3D printed continuous carbon fiber reinforced PLA composites*. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. Vol. 88, pp. 198-205, 2016.
- [14.] Rao, P. K., Liu, J. P., Roberson, D., Kong, Z. J., Williams, C.: *Online real-time quality monitoring in additive manufacturing processes using heterogeneous sensors*. Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol 137, No. 6, 2015.
- [15.] Shah, J., Snider, B., Clarke, T., Kozutsky, S., Lacki, M., Hosseini, A.: *Large-scale 3D printers for additive manufacturing: design considerations and challenges*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Vol. 104, No. 9-12, pp. 3679-3693, 2019.
- [16.] Taj, S.: *Applying lean assessment tools in Chinese hi-tech industries*. Management Decision, Vol. 43, No. 4, pp. 628-643, 2005.
- [17.] Guessasma, S., Nouri, H., Roger, F.: *Microstructural and mechanical implications of microscaled assembly in droplet-based multi-material additive manufacturing*", Polymers, Vol. 9 No. 12, pp. 372, 2017.
- [18.] Bose, S., Vahabzadeh, S. and Bandyopadhyay, A. Bone tissue engineering using 3D printing. *Materials today*, Vol. 16, No. 12, pp. 496-504, 2013.
- [19.] Tapia, G., Elwany, A. H., Sang, H.: *Prediction of porosity in metal-based additive manufacturing using spatial Gaussian process models*. Additive Manufacturing, Vol. 12, pp. 282-290, 2016.
- [20.] Mukherjee, T., Zhang, W., DebRoy, T.: *An improved prediction of residual stresses and distortion in additive manufacturing*. Computational Materials Science, Vol 126, pp. 360-372, 2017.
- [21.] Brajlilh T, Valentan B, Balic J, Drstvenssek I.: *Speed and accuracy evaluation of additive manufacturing machines*. Rapid Prototyp Journal, Vol. 17, No. 1, pp. 64-75, 2011.
- [22.] Wu, H., Yu, Z., Wang, Y.: *Experimental study of the process failure diagnosis in additive manufacturing based on acoustic emission*. Measurement, Vol. 136, pp. 445-453, 2019.

**Mohammad Sakib Hasan, Miloš Vorkapić, Toni Ivanov, Aleksandar Simonović**

## **SPEED PREDICTION ON 3D PRINTERS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IMPLEMENTATION**

**Abstract:** *In this paper, an analysis and printing speed prediction in exploitation conditions performed. There are set speed deviations of the on the printer from the calculated actual value. In this regard, there is also a difference in manufacturing times. Here, speed viewed as a uniform perpendicular nozzle motion. Therefore, the VNM used the Vsr prediction, with the input parameters changing. For the speed prediction results, we received a satisfactory regression coefficient value of 0.9999 with a total MAPE error of 1.84%. The network could be use for processing, prediction and, nozzle average speed optimization and other process parameters*

**Key words:** *Additive manufacturing, ABS, Print speed, Artificial neural network*

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

658.5:004.384(082)(0.034.2)  
004.896(082)(0.034.2)  
621.7/.9-52(082)(0.034.2)  
007.52:658.5(082)(0.034.2)  
005.6(082)(0.034.2)

ZBORNIK radova [Elektronski izvor] = Proceedings / [35. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala [i] 29. simpozijum CAD/CAM [i] 38. simpozijum NU - ROBOTI - FTS [i] 44. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala [i] 22. simpozijum Menadžment kvalitetom [sve u okviru]] 42. Jupiter konferencija sa međunarodnim učešćem = 42nd Jupiter Conference with foreign participants, Beograd, oktobar 2020. ; [organizator] Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet = [organizer] University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering. - Beograd : Univerzitet, Mašinski fakultet, 2020 (Beograd : Planeta print). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa nasl. strane dokumenta. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 100. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-6060-055-6

1. Јупитер конференција са међународним учешћем (42 ; 2020 ; Београд) 2. Симпозијум CIM у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала (35 ; 2020 ; Београд) 3. Симпозијум CAD/CAM (29 ; 2020 ; Београд) 4. Симпозијум NU - ROBOTI - FTS (38 ; 2020 ; Београд) 5. Симпозијум Управљање производњом у индустрији прераде метала (44 ; 2020 ; Београд) 6. Симпозијум Менаџмент квалитетом (22 ; 2020 ; Београд)  
а) CIM системи -- Зборници б) CAD/CAM системи -- Зборници в) Махине алатке -- Нумеричко управљање -- Зборници г) Роботи -- Зборници д) Флексибилни технолошки системи -- Зборници њ) Металоперађивачка индустрија -- Управљање -- Зборници е) Управљање квалитетом -- Зборници

COBISS.SR-ID 21917449