

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

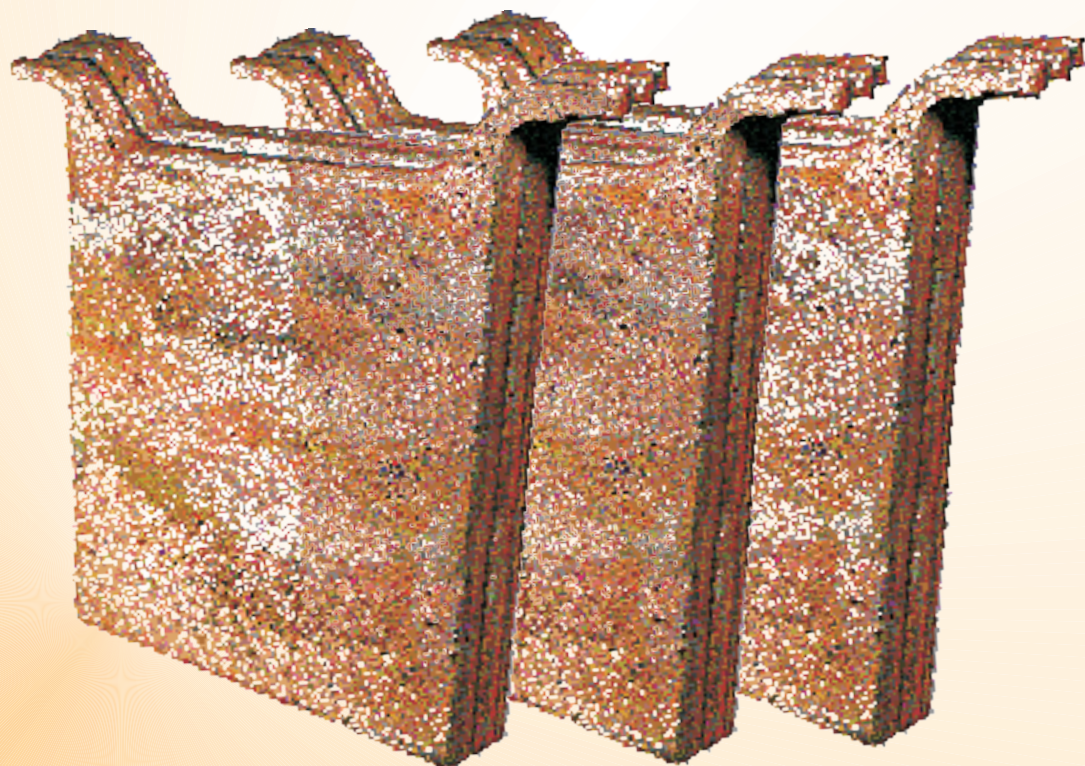


Cu

UDC 669.3
ISSN 0351-0212

Broj 1 Volumen 39 2014

BAKAR COPPER



BAKAR je časopis baziran na bogatoj tradiciji stručnog i naučnog rada ne samo iz oblasti dobijanja i prerade bakra, već i iz oblasti obojene i crne metalurgije, tehnologije, nanotehnologije, hemije, pripreme mineralnih sirovina, zaštite životne sredine, energetske efikasnosti, i primenjene informatike i povezanih srodnih oblasti.

Izlazi dva puta godišnje još od 1968. godine.

Glavni i odgovorni urednik

Dr Milenko Ljubojev, *naučni savetnik,*
redovni član IAS
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
E-mail: milenko.ljubojev@irmbor.co.rs
Tel. 030/454-110

Zamenik glavnog i odgovornog urednika

Dr Ana Kostov, *naučni savetnik,*
dopisni član IAS
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
E-mail: ana.kostov@irmbor.co.rs
Tel. 030/454-108

Urednik

Vesna Marjanović, *dipl.inž.*

Prevodilac

Nevenka Vukašinović, *prof.*

Tehnički urednik

Suzana Cvetković, *teh.*

Priprema za štampu

Vesna Simić, *teh.*

Štampa

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Tiraž: 100 primeraka

Internet adresa

www.irmbor.co.rs

Izdavanje časopisa finansijski podržavaju

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog
razvoja Republike Srbije
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

ISSN 0351-0212

Indeksiranje časopisa u SCIndeksu i u ISI.

Nacionalni časopis kategorije M52

Izdavač

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
19210 Bor, Zeleni bulevar 35
E-mail: institut@irmbor.co.rs
Tel. 030/436-826

Sva prava zadržana.

Uredivački odbor

Dr Vlastimir Trujić, *naučni savetnik*
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Prof. dr Milan Antonijević, *red. prof.*
Tehnički fakultet Bor
Dr Mile Bugarin, *naučni savetnik*
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Prof. dr Tatjana Volkov Husović, *vanr. prof.*
Tehnološko-metalurški fakultet Beograd
Doc. dr Milica Gvozdenović, *docent*
Tehnološko-metalurški fakultet Beograd
Doc. dr Mile Dimitrijević, *docent*
Tehnički fakultet Bor
Prof. dr Dragana Živković, *red. prof.*
Tehnički fakultet Bor
Prof. dr Nedeljko Magdalinović, *red. prof.*
Fakultet za menadžment Zaječar
Dr Lidija Mančić, *viši naučni saradnik*
Institut tehničkih nauka SANU
Prof. dr Desimir Marković, *red. prof.*
Tehnički fakultet Bor
Dr Aleksandra Milosavljević, *naučni saradnik*
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Prof. dr Duško Minić, *red. prof.*
Fakultet tehničkih nauka Kosovska Mitrovica
Dr Milanče Mitovski
RTB - Bor Grupa
Dr Miroslav Sokić, *viši naučni saradnik*
Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih
mineralnih sirovina Beograd
Dr Jasmina Stevanović, *naučni savetnik*
Institut za hemiju, tehnologiju i
metalurgiju Beograd
Dr Srećko Stopić
RWTH Aachen, IME Aachen, Nemačka
Dr Nadežda Talijan, *naučni savetnik*
Institut za hemiju, tehnologiju i
metalurgiju Beograd
Dr Viša Tasić, *viši naučni saradnik*
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Prof. dr Vasyl Tomashyk, *red. prof.*
Ukrajinska nacionalna akademija nauka,
Institut za poluprovodničku fiziku Kijev
Dr Dejan Trifunović, *naučni saradnik*
Tehnološko-metalurški fakultet Beograd

COPPER is a journal based on the rich tradition of expert and scientific work not only in the field of copper production and treatment, but also in the field of non-ferrous and ferrous metallurgy, technology, nanotechnology, chemistry, mineral processing, ecology, energy efficiency, applied informatic, as well as related fields of science. Since 1968, published twice a year.

Editor-in-Chief

Ph.D. Milenko Ljubojev, *Principal Research Fellow,*
full member of ECS
Mining and Metallurgy Institute Bor
E-mail: milenko.ljubojev@irmbor.co.rs
Phone: +38130/454-110

Co-Editor

Ph.D. Ana Kostov, *Principal Research Fellow,*
corresponding member of ECS
Mining and Metallurgy Institute Bor
E-mail: ana.kostov@irmbor.co.rs
Phone: +38130/454-108

Editor

Vesna Marjanović, *B.Eng.*

English Translation

Nevenka Vukašinović

Technical Editor

Suzana Cvetković

Preprinting

Vesna Simić

Printed in

Mining and Metallurgy Institute Bor

Circulation: 100 copies

Web site

www.irmbor.co.rs

COPPER is financially supported by

The Ministry of Education, Science and
Technological Development of the Republic Serbia
Mining and Metallurgy Institute Bor

ISSN 0351-0212

Journal indexing in SCIndex and ISI.

National Scientific Journal categorization M52

Published by

Mining and Metallurgy Institute Bor
19210 Bor, Zeleni bulevar 35
E-mail: institut@irmbor.co.rs
Phone: +38130/436-826

All rights reserved.

Editorial Board

Ph.D. Vlastimir Trujić, *Principal Research Fellow*
Mining and Metallurgy Institute Bor
Prof.Ph.D. Milan Antonijević
Technical Faculty Bor
Ph.D. Mile Bugarin, *Principal Research Fellow*
Mining and Metallurgy Institute Bor
Prof.Ph.D. Tatjana Volkov Husović
Faculty of Technology and Metallurgy Belgrade
Ph.D. Milica Gvozdenović
Faculty of Technology and Metallurgy Belgrade
Ph.D. Mile Dimitrijević
Technical Faculty Bor
Prof.Ph.D. Dragana Živković
Technical Faculty Bor
Prof.Ph.D. Nedeljko Magdalinović
Faculty of Management Zaječar
Ph.D. Lidija Mančić, *Senior Research Associate*
Institute of Technical Science of SASA
Prof.Ph.D. Desimir Marković
Technical Faculty Bor
Ph.D. Aleksandra Milosavljević, *Research Associate*
Mining and Metallurgy Institute Bor
Prof.Ph.D. Duško Minić
Faculty of Technical Sciences Kosovska
Mitrovica
Ph.D. Milanče Mitovski
RTB – Bor Group
Ph.D. Miroslav Sokić, *Senior Research Associate*
Institute for Technology of Nuclear and Other
Raw Materials Beograd
Ph.D. Jasmina Stevanović, *Principal Research Fellow*
Institute of Chemistry, Technology and
Metallurgy Belgrade
Ph.D. Srećko Stopić
RWTH Aachen, IME Aachen, Germany
Ph.D. Nadežda Talijan, *Principal Research Fellow*
Institute of Chemistry, Technology and
Metallurgy Belgrade
Ph.D. Viša Tasić, *Senior Research Associate*
Mining and Metallurgy Institute Bor
Prof.Ph.D. Vasyl Tomashyk,
Institute for Semiconductor Physics of
National of Sciences of Ukraine Kyiv
Ph.D. Dejan Trifunović, *Research Associate*
Faculty of Technology and Metallurgy Belgrade

UDK: 536.7:669.3/.871/.24(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Materijali

**TERMODINAMIČKA ANALIZA Cu-Ga-Ni SISTEMA
KORIŠĆENJEM RKM MODELA**

**THERMODYNAMIC ANALYSIS OF Cu-Ga-Ni SYSTEM
USING RKM MODEL**

Lidija Gomidželović¹, Emina Požega¹, Ana Kostov¹, Vesna Krstić¹
E-mail: lgomidzelovic@yahoo.com

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Zeleni bulevar 35, 19210 Bor, Srbija

Izvod

U radu su prezentovani rezultati termodinamičke analize legura u sistemu Cu-Ga-Ni. U okviru termodinamičke analize, korišćena je Redlich-Kister-Muggianu metoda predviđanja (RKM), u izabranim presecima iz ugla bakra, galijuma i nikla sa molskim odnosom druge dve komponente koji je iznosio 1:3, 1:1 i 3:1, na osnovu čega su određene vrednosti integralne molarne ekscesne Gibbsove energije i aktivnosti svih prisutnih komponenti u temperaturnom intervalu od 1373K do 1973K.

Ključne reči: termodinamika, RKM model, Cu-Ga-Ni sistem

Abstract

The results of thermodynamic analysis of alloys in ternary system Cu-Ga-Ni are been presented in these work. Thermodynamic analysis was carried out by applying Redlich-Kister-Muggianu method in sections from Cu, Ga and Ni corner, respectively, with following ratios 1:3, 1:1, 3:1 in the temperature interval from 1373K to 1973K. Values of integral excess Gibbs energy and activity of each component were calculated.

Keywords: thermodynamics, RKM model, Cu-Ga-Ni system

UVOD

Termodinamičke osobine su oduvek imale važno mesto u istraživanju metalnih sistema. U prošlosti su ove osobine bile uglavnom ispitivane eksperimentalno, ali su istraživači razvijali različite modele koji bi mogli da omogućće predviđanje termodinamičkih osobina multikomponentnih sistema na osnovu poznatih karakteristika binarnih sistema koji ulaze u njihov sastav, a sve u cilju smanjenja troškova istraživanja i ubrzanja procesa istraživanja. Za proračun

termodinamičkih osobina multikomponentnih sistema razvijeni su različiti modeli, kao što su: Toop [1], Muggianu [2], opšti model rastvora [3-6], itd.

U ovom radu za proračun termodinamičkih osobina trojnog sistema Cu-Ga-Ni je iskorišćen Redlich-Kister-Muggianu model [7].

Trojni Cu-Ga-Ni sistem ima teorijski i tehnički značaj zbog toga što se ovaj tip legura koristi u razvoju novih materijala za konekciju mikroelektronskih uređaja [8]. Prisustvo legure Cu-Ga-Ni je detektovano prilikom ispitivanja bezolovnih lemova proizvedenih metodom difuznog lemljenja [9]. Osim toga, ovaj trojni sistem je osnova za formiranje multikomponentnih legura koje pamte oblik kao što su Ni-Cu-Mn-Ga [10, 11] i Ni-Mn-Fe-Cu-Ga [12].

Uprkos svemu tome, u literaturi nisu dostupni podaci o ternodinamičkim osobinama trojnog Cu-Ga-Ni sistema, iako je taj tip podataka ključan prilikom istraživanja faznog dijagrama i razumevanja kompleksnih procesa koji sa dešavaju prilikom korišćenja materijala na bazi galijuma u procesu lemljenja.

TEORIJSKE OSNOVE

Za predviđanje termodinamičkih osobina ispitivanog trojnog sistema upotrebljen je Redlich-Kister-Muggianu model [7].

Osnovna jednačina Redlich-Kister-Muggianu modela [7] za trojni sistem glasi:

$$\begin{aligned} \Delta G^E = & x_1 \cdot x_2 [L_{12}^0 + (x_1 - x_2) \cdot L_{12}^1 + (x_1 - x_2)^2 \cdot L_{12}^2 + \dots] + x_2 \cdot x_3 [L_{23}^0 + \\ & (x_2 - x_3) \cdot L_{23}^1 + (x_2 - x_3)^2 \cdot L_{23}^2 + \dots] + x_1 \cdot x_3 [L_{13}^0 + (x_1 - x_3) \cdot L_{13}^1 \\ & + (x_1 - x_3)^2 \cdot L_{13}^2 + \dots] + L_{123} \cdot x_1 x_2 x_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Prilikom proračuna je usvojeno da je vrednost ternarnog interakcionog parametra L_{123} jednaka nuli, odnosno zanemarene su sve ternarne međuatomske reakcije zbog nedostatka odgovarajućih eksperimentalnih podataka za ispitivane trojnih sistema.

U prethodno navedenoj jednačini, ΔG^E i ΔG_{ij}^E odgovaraju integralnim molarnim eksces Gibbsovim energijama za ternarni i binarne sisteme, respektivno, dok x_1 , x_2 , x_3 odgovaraju molarnim udelima komponenti ispitivanog ternarnog sistema.

Parcijalne termodinamičke veličine za bakar, galijum i nikel su proračunate prema jednačinama:

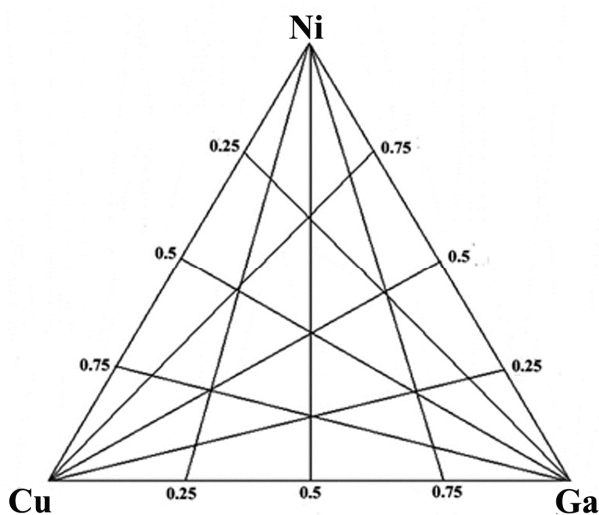
$$G_i^E = G^E + (1 - x_i) \left(\partial G^E / \partial x_i \right) = RT \ln \gamma_i \quad (2)$$

i

$$a_i = x_i \gamma_i \quad (3)$$

REZULTATI I DISKUSIJA

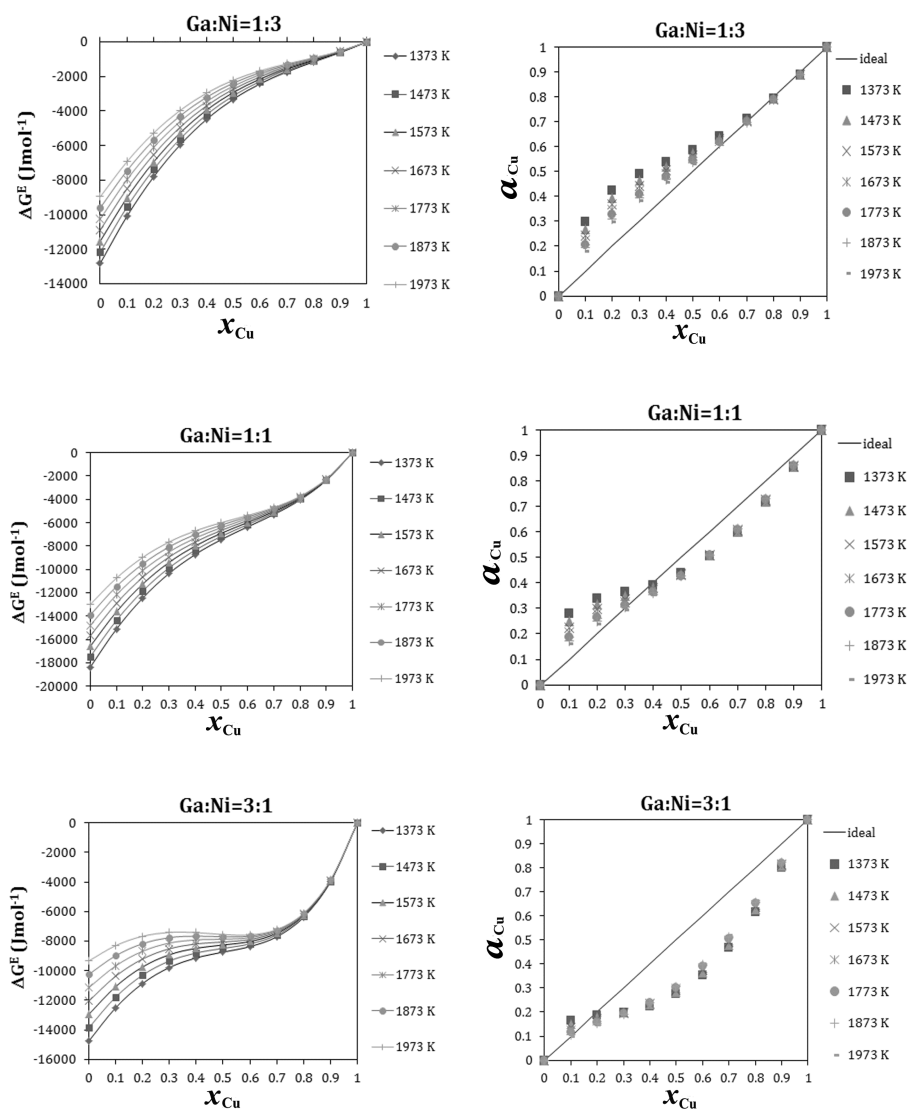
Iz koncentracionog područja trojnog sistema Cu-Ga-Ni izabrani su preseki prikazani na slici 1 i izvršeno je termodinamičko predviđanje korišćenjem RKM metode [7] pri sadržaju treće komponente $x_i = 0, 0.1 - 0.9, 1$ u temperaturnom intervalu 1373 - 1973 K. Kao polazni podaci za proračun poslužili su Redlich-Kister parametri preuzeti iz literature i navedeni u tabeli 1. Vrednosti integralne ekscesne Gibbsove energije i aktivnosti, dobijene na ovaj način, prikazane su na slici 2, 3 i 4 respektivno.



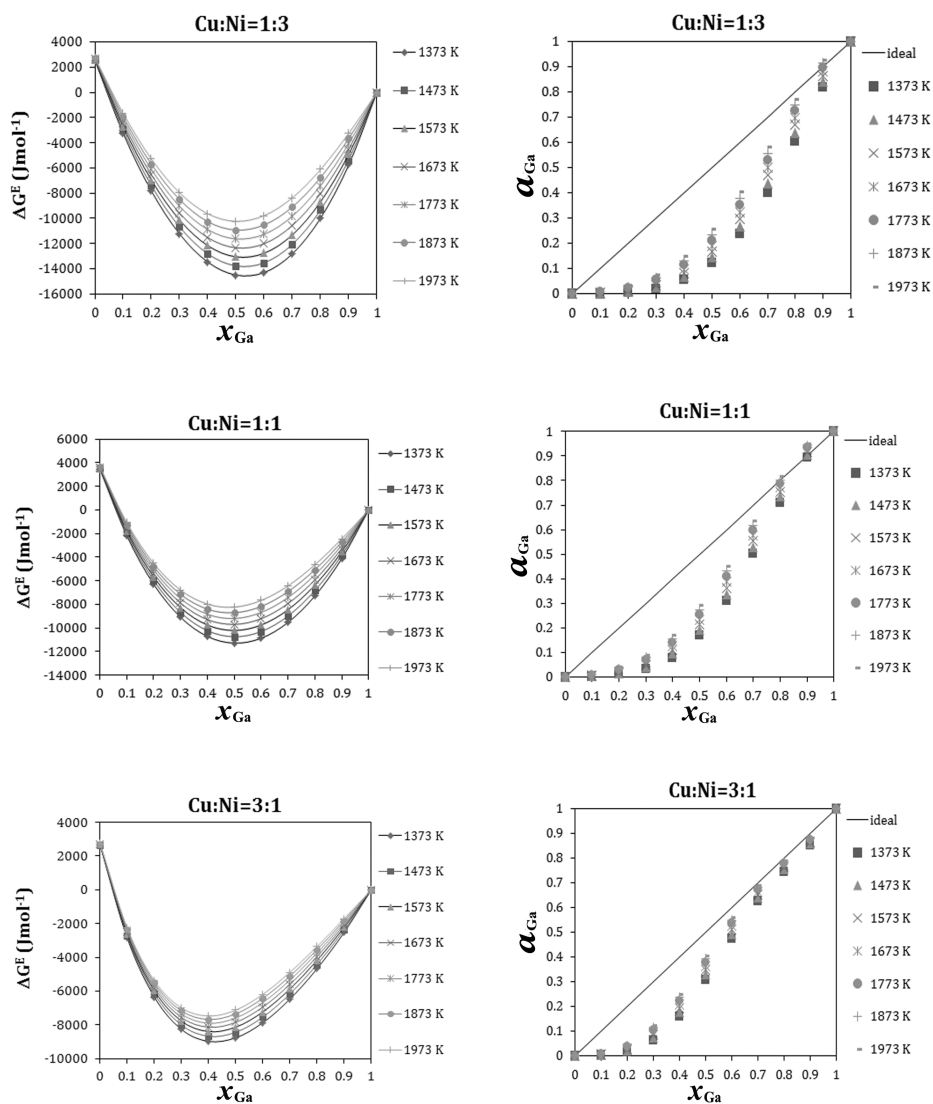
Sl. 1. Šematski prikaz ispitivanih koncentracionih područja trojnog Cu-Ga-Ni sistema

Tabela 1. Redlich-Kister parametri za konstitutivne binarne sisteme

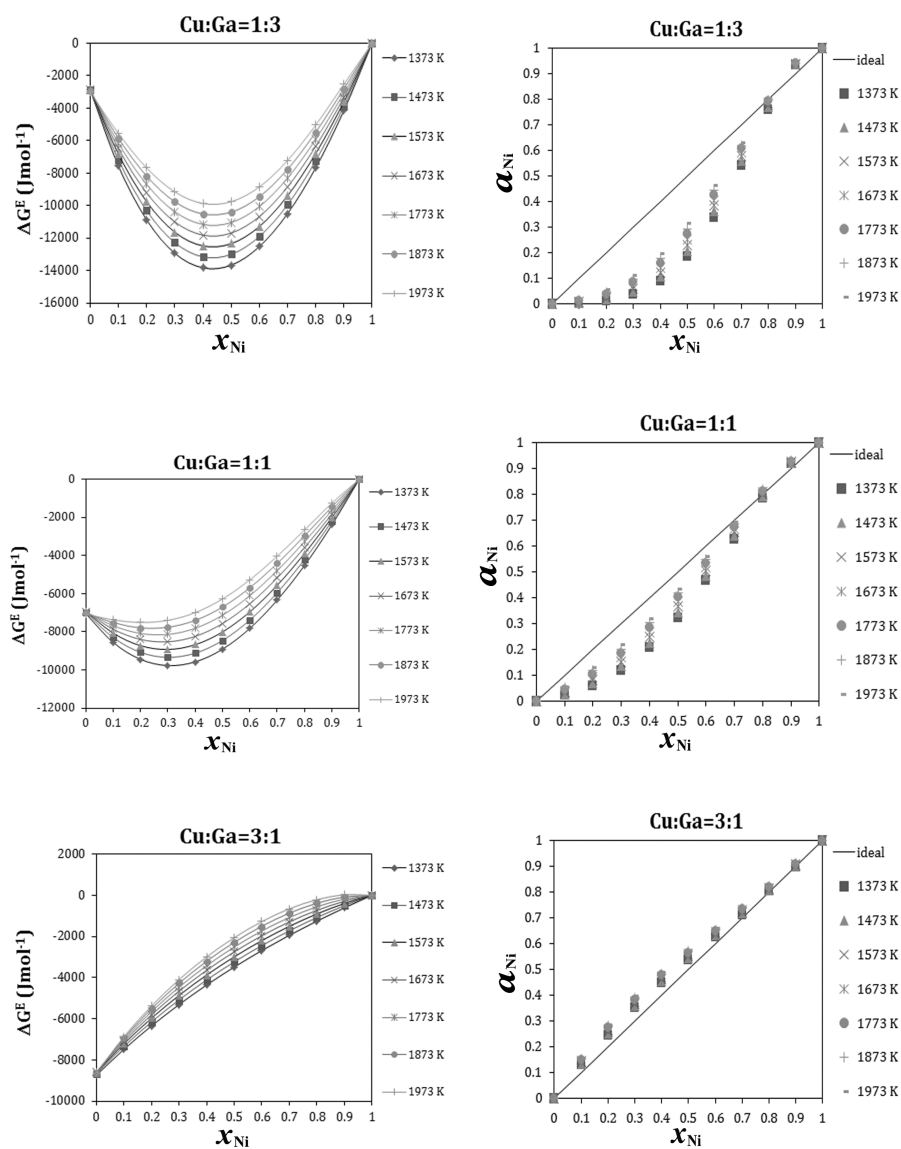
System ij	$L^0_{ij}(T)$	$L^1_{ij}(T)$	$L^2_{ij}(T)$
Cu-Ga [13]	$-58110.5+154.5439*T-18.3753*T*\ln T$	$-33884.7+1.9151*T$	-11256.9
Ga-Ni [14]	$-122488.59+35.72*T$	$-29685+14*T$	$-30751.9+22.1*T$
Cu-Ni [15]	$12048.61+1.29893*T$	$-1861.61+0.94201*T$	0



Sl. 2. Integralna ekscena Gibbsova energija i aktivnost za ternarni sistem Cu-Ga-Ni na temperaturama 1373-1973 K prema metodi RKM-a, preseki iz uglja bakra



Sl. 3. Integralna ekscesna Gibbsova energija i aktivnost za ternarni sistem Cu-Ga-Ni na temperaturama 1373-1973 K prema metodi RKM-a, preseci iz ugla galijuma



Sl. 4. Integralna ekscena Gibbsova energija i aktivnost za ternarni sistem Cu-Ga-Ni na temperaturama 1373-1973 K prema metodi RKM-a, preseki iz ugla nikla

ZAKLJUČAK

Termodinamička analiza trojnog sistema Cu-Ga-Ni izvršena je korišćenjem Redlich-Kister-Muggianu metoda. Vrednosti integralne ekscerne Gibbsove energije dobijene RKM modelom za sve preseke, za raspon temperatura od 1373 - 1973 K, su negativne, sa minimalnim vrednostima koje u presecima iz ugla bakra dosežu do -18 kJ/mol, dok je u presecima iz ugla nikla i galijuma opseg vrednosti između 2 kJ/mol i -16 kJ/mol.

Vrednosti aktivnosti galijuma dobijene proračunom pokazuju negativno odstupanje od Raoult-ovog zakona u celom području koncentracija. Nasuprot tome, aktivnost bakra pokazuje pozitivno odstupanje od Raoult-ovog zakona za presek Ga:Ni=1:3, promenljiv karakter odstupanja za presek Ga:Ni=1:1 (gde sa porastom sadržaja bakra odstupanje prelazi iz pozitivnog u negativno na $x_{Cu}=0.4$) i negativan karakter odstupanja za presek Ga:Ni=3:1.

Aktivnost nikla negativno odstupa od Raoult-ovog zakona, osim u preseku Cu:Ga=3:1 gde je odstupanje blago pozitivno.

Rezultati prezentovani u ovom radu upotpunjavaju poznavanje termodinamičkih osobina legura Cu-Ga-Ni trojnog sistema, uzimajući u obzir da je termodinamika ovog sistema do sada veoma slabo istražena.

ZAHVALNOST

Autori su zahvalni na finansijskoj podršci Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za projekte TR34005: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“ i ON172037: „Savremeni višekomponentni metalni sistemi i nanostrukturni materijali sa različitim funkcionalnim svojstvima“.

LITERATURA

- [1] G. W. Toop, Trans. Met. Soc. AIME, 233 (1965) 850–854.
- [2] Y. M. Muggianu, M. Gambino, J. P. Bross, J. Chimie Physique, 72 (1975) 83–88.
- [3] K. C. Chou, Calphad, 19 (1995) 315–325.
- [4] K. C. Chou, S. K. Wei, Metall. Mater. Trans. B, 28 (1997) 439–445.
- [5] K. C. Chou, G. H. Zhang, J. Solution Chem., 39 (2010) 1200–1212.
- [6] D. Živković, Y. Du, N. Talijan, A. Kostov, Lj. Balanović, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 22 (2012) 3059–3065.

-
- [7] O. Redlich, A.T. Kister, *Ind. Eng. Chem.*, 24 (1948) 345 – 348.
 - [8] D.F. Baldwin, R.D. Deshmukh, C.S. Hau, *IEEE Trans. Compon. Packag. Technol.*, 23 (2000) 360 – 366
 - [9] S. Sommadossi, H. E. Troiani, A. F. Guillermet, *J Mater Sci.*, 42 (2007) 9707–9712.
 - [10] J. Wang, P. Li, C. Jiang, *Intermetallics* 34 (2013) 14–17.
 - [11] Y. Li, J. Wang, C. Jiang, *Mater. Sci. Eng., A*, 528 (2011) 6907–6911.
 - [12] M. Khan, B. Gautam, A. Pathak, I. Dubenko, S. Stadler, N. Ali, *J. Phys.: Condens. Matter.*, 20 (2008) 505206 (6pp).
 - [13] J. B. Li, L. N. Ji, J. K. Liang, Y. Zhang, J. Luo, C. R. Li, G. H. Rao, *Calphad*, 32 (2008) 447–453.
 - [14] W. Y. Yuan, Z. Y. Qiao, H. Ipsen, G. Eriksson, *J. Phase Equilib.* 25 (1) (2004) 68–74.
 - [15] S. an May, *Calphad*, 16 (3) (1992) 255–260.

UDK: 669...5:621.791.3:669.22./872/.6(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Materijali

EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEM Ag-In-Sn

ECOLOGICAL LEAD-FREE SOLDER Ag-In-Sn

Aleksandra Milosavljević¹, Ana Kostov¹, Radiša Todorović¹

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

E-mail: aleksandra.milosavljevic@irmbor.co.rs

ana.kostov@irmbor.co.rs

Izvod

Iako su direktive Evropske Unije o zaštiti životne sredine, kao WEEE i RoHS direktive, sprovedene još u 2003. godini, olovni lemovi se još uvek upotrebljavaju u Srbiji. U cilju poštovanja evropskih i svetskih direktiva i zakona, neophodno je da se smanji količina toksičnih elemenata i da se uspostavi proizvodnja lemova bez olova i kadmijuma. U ovom radu je predstavljena bezolovna legura koja se koristi za proizvodnju ekoloških lemova sa različitim aplikacijama.

Ključne reči: ekološki bezolovni lem, srebro, indijum, kalaj

Abstract

Although the European Union's directive about environment protection as WEEE and RoHS have been carried out in 2003, lead solders are still in used in Serbia. In the aim to respect the European and world directives and laws, it is necessary to reduce a quantity of toxic element and to establish lead and cadmium free solders in production. In this paper it was presented lead-free alloy, which are used for ecological solders manufacturing and various applications.

Keywords: ecological lead-free solder, silver, indium, tin

1. UVOD

Svetska elektronska industrija koristi velike količine lemova na bazi olova. Međutim zbog svoje toksičnosti olovo predstavlja veliku pretnju životnoj sredini. Početkom dvadeset prvog veka, Kongres SAD-a je pokrenuo inicijativu da se olovo zameni drugim, manje štetnim metalima [1]. U Evropi i Japanu ova ideja je ne samo prihvaćena, nego i proširena. Prema WEEE direktivi, u Evropi iz upotrebe do 2010. godine treba izbaciti olovo, kadmijum, šestovalenti hrom i neke organske toksične supstance [1].

Iz tog razloga, u projektu koje finansira Evropska Unija u okviru IPA programa prekogranične saradnje Rumunija–Republika Srbija [2], se pristupilo razvoju novih ekoloških lemnih materijala koji ne sadrže toksične elemente i istovremeno ispunjavaju mnogobrojne uslove u pogledu mehaničkih i električnih osobina, korozione postojanosti i ekonomske isplativosti.

Obzirom da je cilj pronalaženja optimalne zamene za lemове koji sadrže olovo i kadmijum, proizvedeni ekološki lemovi moraju biti po osobinama slični standardnim lemovima, uz što manja odstupanja i odgovarajuću ekonomsku isplativost.

U ovom radu prikazan je osvojeni novi ekološki lemn materijal AgInSn, čije će karakteristike biti izložene u daljem tekstu.

2. PROBLEMATIKA I STANJE U OBLASTI RAZVOJA BEZOLOVNIH LEMOVA

Jedan od aktuelnih svetskih trendova poslednjih godina je tzv. lead-free pokret, obzirom na važeće zakonske regulative (WEEE, RoHS i sl.) koje se odnose na ograničene koncentracije toksičnih elemenata [1]. Među tim elementima čiji sadržaj treba ograničiti na minimalno dozvoljene koncentracije, nalazi se i olovo, koje je u širokoj upotrebi u industriji, posebno elektronskoj kao sastavni deo lemova [3]. Iz tih razloga neophodno je pronaći alternativu već postojećim lemovima na bazi olova i kalaja, koja će obuhvatiti zadovoljavajuću kombinaciju elemenata u vidu novog ekološkog lema. Takvi novi ekološki lemovi treba da pored ekološkog aspekta zadovolje i niz drugih osobina koje su od nepobitne važnosti za primenu u praksi, kao i ekonomsku isplativost.

Najširu primenu u oblasti niskotopivih lemova ima olovno-kalajni lem, prvenstveno zbog niske temperature topljenja, kvašljivosti, pouzdanosti i ekonomske isplativosti. Iz tih razloga veoma je teško odabrati adekvatnu zamenu, tj. leguru koja će u potpunosti moći da zameni ovaj standardni lem i da pri tom ima odgovarajuće osobine.

Naime, veliki broj bezolovnih legura (od kojih su neke patentirane) nalazi primenu u određenim oblastima elektronske industrije, ali uz izvesna ograničenja: visoka cena u odnosu na standardni lem, visoka temperatura topljenja, što povlači izvesne promene sadašnje tehnologije ili nedovoljna pouzdanost lema. Ono što se sa sigurnošću može tvrditi jeste da primenu nalaze kalajni lemovi sa dodatkom srebra, bakra, indijuma, zlata, itd. [4]

Bezolovne legure koje se u svetu najviše primenjuju su legure koja nalaze primenu u elektronici je Sn-In-Ag [5]. Najpoznatija od tih legura je Indalloy 227 (Sn77,2In20Ag2,8). Prema ispitivanjima Indium Corporation of America, Delphi

Delco Electronic Systems i drugih, kao moguće rešenje navode se legure sastava Sn(71,5–91,9)In(4,8–25,9)Ag(2,6–3,3), sa ili bez dodatka četvrtog elementa [5].

U oblasti niskotopivih lemova, od posebnog interesa su i lemovi na bazi kalaja sa dodatkom indijuma, srebra, bakra, i dr., pri čemu je posebna pažnja usmerena na što niži sadržaj indijuma u leguri sa aspekta ekonomske isplativosti, a sa druge strane dovoljno visok kako bi snizio tačku topljenja.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U okviru novih lemnih bezolovnih legura, u okviru istraživanja niskotopivih bezolovnih lemova u okviru projekta [2] od selektovane Ag-In-Sn legure čiji je sadržaj kalaja iznad 50%, a indijuma 10 do 30%, izabrani su sledeći sastavi legura dati u tabeli 1.

Tabela 1. Sastavi odabranih Ag-In-Sn legura

Legura	X_i			% at			% mas		
	Sn	In	Ag	Sn	In	Ag	Sn	In	Ag
L1	0,5	0,35	0,15	50	35	15	51,29	34,73	13,98
L2	0,6	0,28	0,12	60	28	12	61,23	27,64	11,13
L3	0,7	0,21	0,09	70	21	9	71,07	20,63	8,30
L4	0,8	0,14	0,06	80	14	6	80,81	13,68	5,51
L5	0,9	0,07	0,03	90	7	3	90,45	6,81	2,74

Tehnologija proizvodnje odabranog lema obuhvatila je sledeće faze: izradu predlegura, konstrukciju određene dimenzije profila, analizu potrebnih parametara livenja i definisanje adekvatnih tehnoloških rešenja, definisanje pokrivnih sredstava i dinamike legiranja, definisanje minimalno potrebne količine livene žice za proces plastične deformacije, poluindustrijski eksperiment, ispitivanje izlivenih ingota i profila (hemijska, metalografska, mehanička, fizička i tehnološka), definisanje termomehaničkog režima plastične deformacije i izbor mašina, ispitivanje gotovih proizvoda, analizu rezultata i ponavljanje eksperimenata sa eventualnom korekcijom uočenih nedostataka.

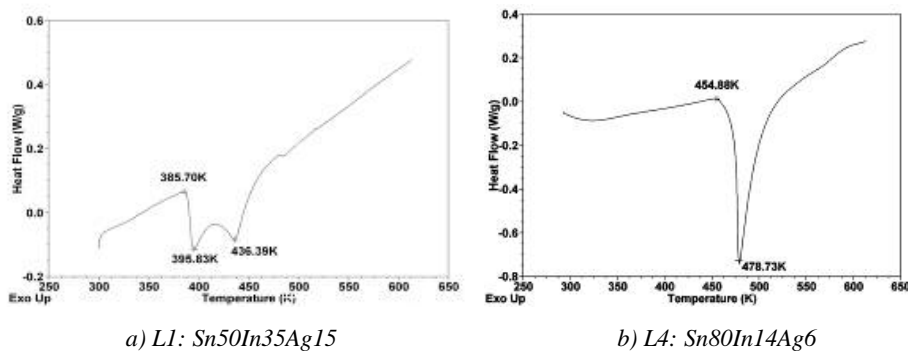
Predlegure odabranih sastava izrađene su od čistih metala (99,99%), pretapanjem u elektrootpornoj peći. Uzorci legure zadatog sastava su potom pravljene topljenjem predlegura u indukcionoj peći, u atmosferi vazduha, do 873 K. Dobijeni uzorci su zatim žareni na temperaturi 473 K sat vremena i hlađeni sa žarnom peći pri brzini hlađenja od 5 K/min. U cilju zaštite od oksidacije u svim slučajevima korišćena je pokrivka od ćumura.

Pripremljeni uzorci selektovanih sastava legura podvrgnuti su termijskim, strukturnim, mehaničkim i električnim ispitivanjima.

DSC analizom u cilju određivanja karakterističnih temperatura faznih transformacija (Tabela 2.) podvrgnute su sve odabrane legure. DSC snimci legura L1 i L3 prikazani su na slici 1.

Tabela 2. Karakteristične temperature za ispitivane Ag-In-Sn legure

Legura	Temperatura, K	
	Početak fazne transformacije	Maksimum pika
L1	386	396 i 436
L2	386	393 i 455
L3	428	465
L4	455	479
L5	470	489



Sl. 1. DSC krive Ag-In-Sn legura

Na osnovu prikazanih rezultata jasno se može videti da postoji razlika između legura sa višim sadržajem indijuma i legura sa nižim i to ne samo u odnosu na tačku topljenja. Generalno, što je veći sadržaj indijuma u leguri, to je niža tačka topljenja. Međutim, kao što se vidi na slici 1a), kod legura sa $In > 27\%$, endotermni pik ima dva maksimuma, što je uslovljeno prisustvom niskotopivih In-Sn jedinjenja u strukturi legure.

Mikrostruktura uzoraka određena je korišćenjem optičke mikroskopije i SEM-EDX analize, pri čemu su uzorci pripremljeni na standardni način, ispolirani i nagriženi. Mikrostruktura Ag-In-Sn legura karakteriše se kalajnom osnovom u koju su uloženi primarni kristali čvrstog rastvora bogatog na Ag i In. Upoređujući snimke ispitivanih Ag-In-Sn legura primećuje se razlika u tamnim konstituentima, što je posledica različitih koncentracija indijuma (slika 2).

Na slici 3 su predstavljeni rezultati optičke mikroskopije, dok su na slici 4 i u tabeli 3 prikazani rezultati SEM-EDX analize, na osnovu kojih se zaključuje da je osnova rastvor bogat na kalaju (tačke 2 i 3), uz prisustvo faze bogate srebrom i indijumom (tačke 1 i 4).

Ekperimentalno dobijeni rezultati u saglasnosti su sa optimiziranim vrednostima dobijenih korišćenjem pandat softvera (slika 5).

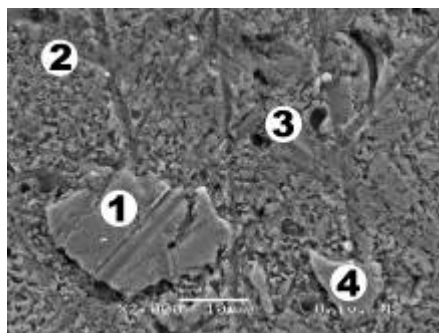


a) Legura L1: Sn50In35Ag15
uvećanje 200x



b) Legura L3: Sn70In21Ag9
uvećanje 125x

Sl. 3. Mikrostruktura Ag-In-Sn legura

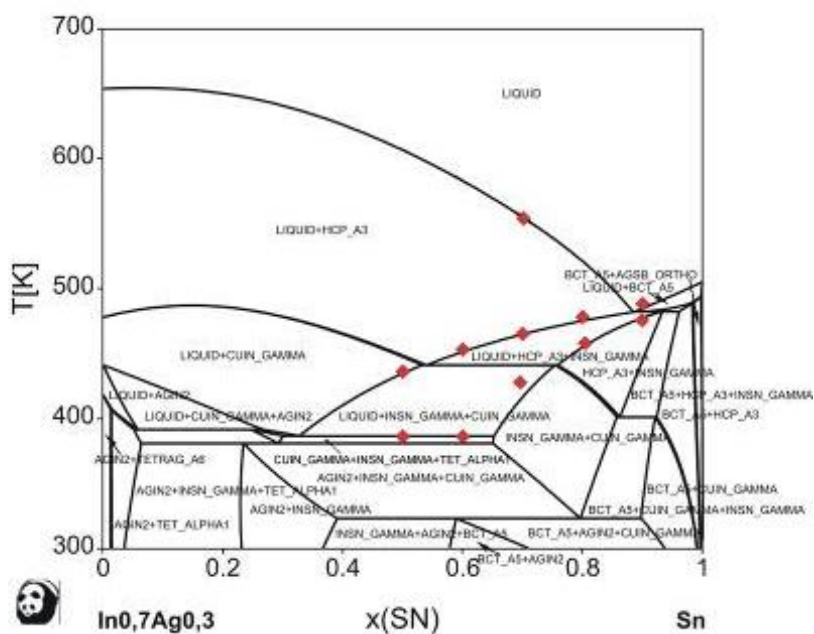


Sl. 4. SEM snimak legure L4 Sn80In14Ag6

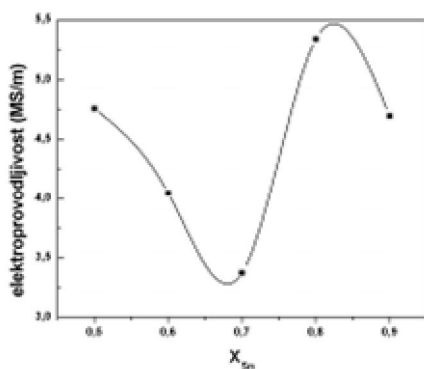
Tabela 3. Raspodela faza (EDX) u leguri L4 Sn80In14Ag6

Spektar	mas%Ag	mas%In	mas%Sn
1	69,58	30,42	
2		14,49	85,51
3		14,62	85,38
4	37,37	23,04	39,59

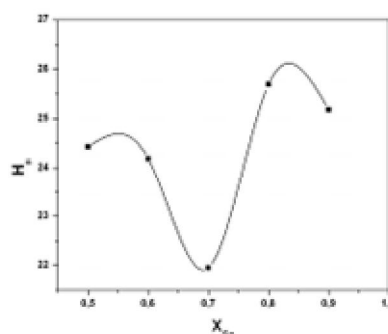
Na osnovu izmerenih vrednosti za elektroprovodljivost i mikrotvrdoću ispitivanih uzoraka, formirani su dijagrami zavisnosti ovih veličina od sastava, što se može videti na slikama 6 i 7. Zavisnosti su gotovo identične jer su uslovljene promenom u strukturi legura, tj. pojavom intermetalnog AgIn₂ jedinjenja.



Sl. 5. Vertikalni presek sistema Ag-In-Sn pri konstantnom molskom odnosu $In:Ag = 7:3$ u poređenju sa eksperimentalnim vrednostima dobijenih DSC metodom



Sl. 6. Elektroprovodljivost Ag-In-Sn legura u zavisnosti od sadržaja Sn u leguri



Sl. 7. Mikrotvrdoća Ag-In-Sn legura u zavisnosti od sadržaja Sn u leguri

4. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultat – novi leمني materijal na bazi indijuma, srebra i kalaja, tipa od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih lemova, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu.

Kao najbitniji aspekt izdvaja se ekološki, obzirom da ispitivana lemnna legura ne sadrži toksične elemente za razliku od lemova koji su kod nas u širokoj upotrebi. Navedena legura je u odnosu na olovne lemове svakako skuplja, ali se njena viša cena može opravdati potrebom za postizanjem odgovarajućih osobina, a i uskladu je sa novim zakonskim regulativama koje su na snagu stupile u Evropskoj Uniji 1. jula 2008. godine.

Sa stanovišta praktične primene, jedan od najbitnijih faktora je temperatura topljenja, jer određuje maksimalnu dozvoljenu temperaturu kojoj proizvod može biti izložen, a što utiče i na mikrostrukturu lemnog spoja, debljinu intermetalnog sloja i broj prisutnih intermetalnih faza.

Takođe, važni faktor sa gledišta optimalnog hemijskog sastava prikazane lemnne legure i njene ekonomske isplativosti, jeste i količina prisutnog indijuma u leguri, koja je dovoljno visoka kako bi obezbedilo sniženje tačke topljenja legure, ali i dovoljno niska kako ne bi došlo do pojave tzv. parcijalnog topljenja legure, što je nepoželjno u praksi.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju na finansijskoj podršci IPA programu prekogranične saradnje Rumunija–Republika Srbija u okviru projekta: Promocija novih ekoloških legura za lemljenje, na bazi obojenih metala iz ruda Rumunsko-Srpske prekogranične oblasti – ECOSOLDER, MIS ETC Code:1409.

LITERATURA

- [1] Official Journal of the European Union, Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, p.24.
- [2] Romania-Republic of Serbia IPA Cross-Border Cooperation Programme, Project title: Promoting new ecologic filler alloys for soldering, based on the non-ferrous ore of the Romanian-Serbian cross border area – ECOSOLDER, MIS ETC Code: 1409, 2013-2014.

- [3] Information on <http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/EWaste>
- [4] A. Milosavljevic, Thermodynamic Investigation and Structural Characterization of Alloys in Ag-In-Sn Ternary System, Master Thesis, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, Serbia, (2006).
- [5] H. S. Liu, C. I. Liu, C. Wang, Z. P. Jin and K. Ishida, J. Electron. Mater., 32 (2003) 81.

UDK: 543.42/.45(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Hemija

**IZRADA JEDNOSTAVNOG SPEKTROFOTOMETRA
OD DELOVA DOSTUPNIH U TRGOVINI**

**BUILDING A SIMPLE SPECTROPHOTOMETER
OUT OF PARTS AVAILABLE IN TRADE STORES**

Stefan Đorđievski¹, Igor Urošević²

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor,
E-mail: stefan.djordjievski@irmbor.co.rs

²Prirodno-matematički fakultet Novi Sad, Departman za hemiju,
biohemiju i zaštitu životne sredine

Izvod

Ovaj rad predstavlja pokušaj da se napravi jednostavan spektrofotometar od delova koji su dostupni u trgovini. Kada se kaže dostupni u trgovini, onda se misli na prodajna mesta koja su dostupna građanstvu, ne na dobavljače koji su specijalizovani za prodaju instrumenata koji se koriste u fizičko-hemijskoj analizi. Kao izvor svetlosti korišćena je volframova lampa čija je svetlost usmeravana sabirnim sočivima. Kao difrakciona rešetka je upotrebljen DVD. Detekcija zračenja je vršena fotootpornikom, a fotostruja je merena multimetrom. Instrument je baždaren pomoću kompaktne fluore-scentne lampe. Primenom ovako izrađenog spektrofotometra postignuti su zadovoljavajući rezultati. Apsorpcioni spektri snimljeni primenom spektrofotometra sopstvene izrade u velikoj meri su slični spektrima snimljenim komercijalnim spektrofotometrom. Snimljene kalibracione krive se pokoravaju Lambert Beerovom zakonu, a koeficijent korelacije je blizak jedinici.

Ključne reči: spektrofotometar sopstvene izrade, DVD, sočiva, fotootpornik, multimetar.

Abstract

This article is an attempt to make a simple spectrophotometer out of parts that are available in trade stores. When it is said they are available in trade stores, it refers to places that are accessible to citizens, not to the suppliers specialized in selling instruments that are used in chemical analysis. Light of the tungsten lamp was directed by pickup lens. DVD was used as a diffraction grating. Detection of radiation was performed by photoresistor. Photocurrents were measured by multimeter. The instrument was calibrated by using compact fluorescent lamp. Satisfactory results were achieved by using spectrophotometer built this way. Absorption spectra recorded by home-made spectrophotometer largely matched the spectra recorded by a commercial spectrophotometer. Calibration curves obey Lambert Beer's law, and correlation coefficient is close to unit.

Keywords: home-made spectrophotometer, DVD, lenses, photoresistor, multimeter.

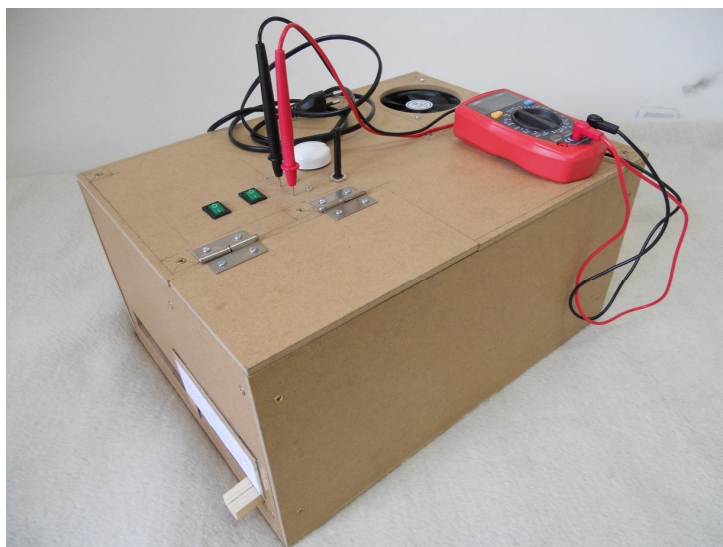
UVOD

U ovom radu je opisana izrada jednostavnog spektrofotometra od delova koji su dostupni u trgovini. Kada se kaže dostupni u trgovini, onda se misli na prodajna mesta koja su dostupna građanstvu, npr. prodavnica široke potrošnje, pijaca ili prodavnica elektronskih komponenti. Pri tom se ne misli na dobavljače koji su specijalizovani za instrumente koji se koriste u fizičko-hemijskoj analizi.

U literaturi je praktično nemoguće naći šemu koja omogućava da se konstruiše jednostavan spektrofotometar. Neki autori su objavili da su konstruisali svoj spektrofotometar, ali detaljnu šemu niko nije prikazao [1,2]. Na internetu se mogu naći uputstva kako napraviti spektroskop od CD-a ili DVD-a, ali niko nije objavio uputstvo za pravljenje spektrofotometra.

Danas je moguće kupiti kvalitetne spektrofotometre visoke rezolucije, tako da izrada ovog spektrofotometra nije naučno otkriće. Ono što je novo i zanimljivo u ovom radu je to što je pokušano da se van fabričkih uslova napravi uređaj koji može u znatnoj meri da se poredi sa fabričkim proizvodima.

Dakle, cilj rada je da se napravi spektrofotometar sopstvene izrade (slika 1) pomoću kojeg će moći da se snimaju apsorpcioni spektri u vidljivom delu spektra, a i da se izvrši kvantitativna analiza na osnovu snimljenih kalibracionih krivi.

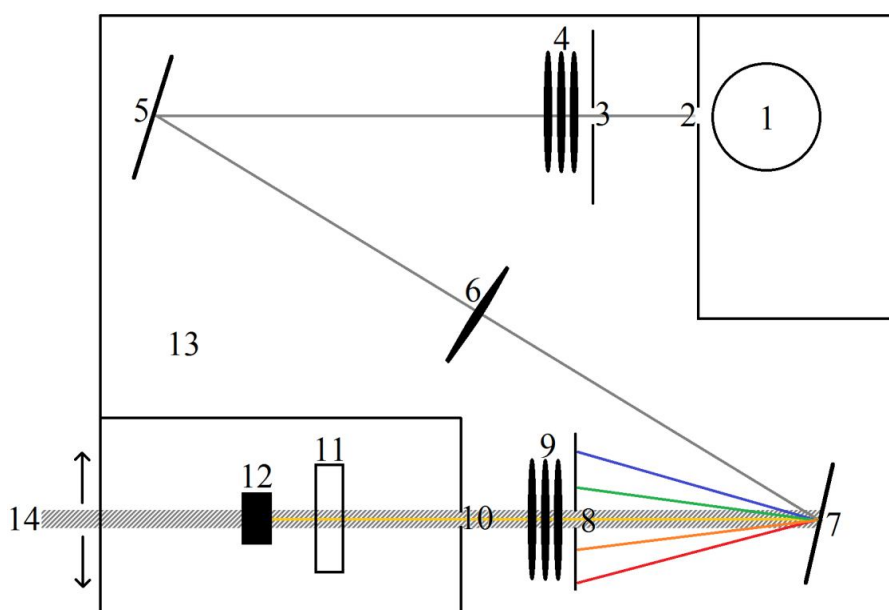


Sl. 1. Spektrofotometar sopstvene izrade

MATERIJAL I METODE RADA

Optička šema

Optička šema spektrofotometra sopstvene izrade je prikazana na slici 2. Raspored komponenata je identičan stvarnom rasporedu i sve dimenzije su proporcionalne stvarnim dimenzijama. Na slici 3 je prikazana fotografija unutrašnjosti spektrofotometra.



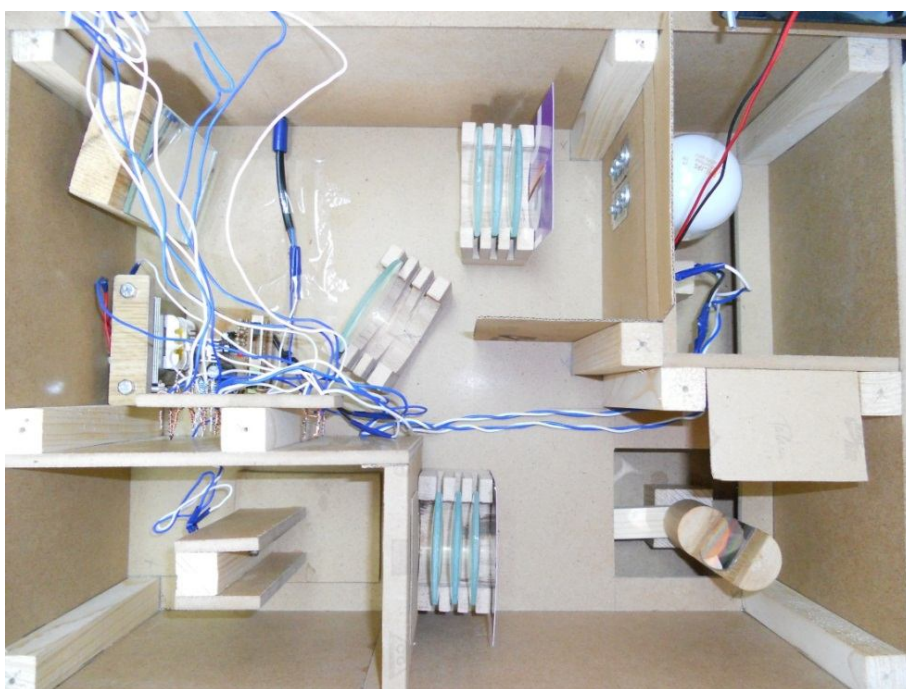
Sl. 2. Optička šema spektrofotometra konstruisanog u ovom radu:

(1) Volframova lampa; (2) Ulazni prorez od žileta; (3) Prorez od kartona;
(4) Sistem od tri sabirna sočiva; (5) Ogledalo; (6) Sabirno sočivo; (7) Difrakciona rešetka (parče DVD-a); (8) Izlazni prorez; (9) Sistem od tri sabirna sočiva; (10) Ulaz u komoru sa kivetom i fotootpornikom; (11) Kiveta; (12) Fotootpornik; (13) Prostor u kome su smeštene elektronske komponente; (14) poluga za izbor talasne dužine.

Najpre je trebalo obezbediti sabirna sočiva odgovarajućih dimenzija i što manje žižne daljine kako bi instrument bio što manjih dimenzija. Od mnogih sočiva koja se mogu kupiti, najviše odgovaraju sočiva prečnika 6 cm i žižne daljine oko 20 cm.

Žižna daljina se može još više smanjiti ako se koristi sistem od više sočiva. Ovde je korišćen sistem od tri sočiva žižne daljine oko 20 cm. Za sistem od tri sočiva žižne daljine 20 cm ekvivalentna žižna daljina je 6,7 cm.

Staklo lampe sa užarenim vlaknom (slika 2, 1) mora biti matirano, kako bi se svetlost ravnomerno emitovala u svim pravcima. Tako se kroz prorez od dva paralelno postavljena žileta (slika 2, 2) ne vidi užarena žica, već je intenzitet svetlosti jednak po celoj dužini proreza. Prorez od dva žileta se ponaša kao novi izvor svetlosti. Širina proreza je oko 1 mm. To je relativno velika širina proreza, što utiče na kvalitet snimljenih spektara. Relativno velika širina proreza je potrebna da bi se obezbedio relativno veliki intenzitet svetlosti koji može da se meri.



Sl. 3. Unutrašnji izgled spektrofotometra sopstvene izrade

Na 6,7 cm od proreza sa žiletima postavljen je nosač za sistem od 3 sočiva (slika 2, 4). Tako se prorez od žileta nalazi u žiži ovog sistema sočiva. Dalje od sočiva svetlost se prostire paralelno. Ispred sistema od tri sočiva je postavljen prorez širine 5 mm koji sužava snop svetlosti. Upravo od širine ovog proreza zavisi moć razdvajanja linija u spektru. Što je prorez uži, uži će biti i opseg talasnih dužina koji je moguće izdvojiti, i samim tim će biti bolji kvalitet snimljenih spektara. I ovaj prorez je relativno velike širine, iz istog razloga kao prorez 2. Na ovom nivou ova širina proreza je dovoljna. Potrebno je mnogo više rada da se usklade intenzitet svetlosti, širine proreza, itd. kako bi se dobili kvalitetniji apsorpcioni spektri.

Od sistema sabirnih sočiva (slika 2, 4) svetlost se prostire paralelno do ogledala gde se reflektuje i usmerava prema sabirnom sočivu (slika 2, 6). Ovo sočivo je udaljeno 20 cm od difrakcione rešetke (slika 2, 7), tako da ono fokusira snop svetlosti na difrakcionu rešetku. Na površini difrakcione rešetke se formira lik proreza sa žiletima.

Kao difrakciona rešetka je korišćeno parče DVD-a. Na DVD-u je binarni zapis podataka urezan u kružnim redovima. Rastojanje između dva susedna reda predstavlja konstantu difrakcione rešetke. Širina ovih ureza je reda veličine talasne dužine vidljive svetlosti (oko 0,8 μm), tako da dolazi do difrakcije svetlosti kada se svetlost odbije od DVD-a. Na zaklonu se pri tom formiraju dva difrakciona maksimuma prvog reda.

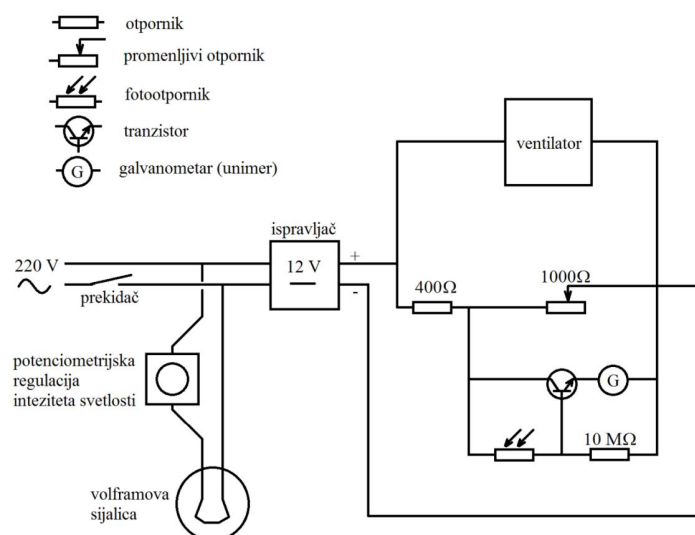
Difrakciona rešetka je fiksirana za valjak koji se okreće pomoću poluge od drveta (slika 2, 14). Osa okretanja valjka mora da bude u ravni difrakcione rešetke. Lik proreza od dva žileta koji se formira na DVD-u mora da se prostire duž ose okretanja valjka. Okretanjem difrakcione rešetke menja se opseg talasnih dužina koji se propušta kroz izlazni prorez.

Od difrakcione rešetke spektar se usmerava prema prorezu (slika 2, 8). Širina proreza je 5 mm, i on propušta određen opseg talasnih dužina (oko 40nm) prema sistemu od tri sočiva (slika 2, 9), dok je ostali deo spektra zadržan na zaklonu.

Sistem od tri sabirna sočiva (slika 2, 9) je postavljen na 13,3 cm od difrakcione rešetke, što odgovara dvostrukoj žižnoj daljini ovog sistema sočiva. To omogućava da se sa druge strane sistema sočiva, takođe na 13,3 cm od sočiva formira lik proreza sa žiletima, samo što će ovoga puta taj lik biti obojen. Boja zavisi od dela spektra koji se propušta kroz prorez. Na mestu gde se formira obojen lik proreza sa žiletima postavlja se fotootpornik (slika 2, 12). Pre nego što zračenje padne na fotootpornik, ono prolazi kroz kivetu sa uzorkom.

ŠEMA ELEKTRIČNOG KOLA

Šema električnog kola koje omogućava merenje inteziteta fotostruje prikazana je na slici 4.



SI. 4. Šema električnog kola

Spektrofotometar se napaja naizmjeničnom električnom strujom iz gradske mreže (220V). Volframova lampa je vezana za potenciometar, pomoću koga se reguliše intezitet svetlosti. Kroz desni deo kola protiče jednosmerna struja, koja se dobija pomoću ispravljača sa transformatorom koji generiše napon od oko 12 V. Ventilator je paralelno povezan sa ostatkom kola jednosmerne struje, tako da on radi pri naponu od 12 V. Ventilator hladi lampu i prostor oko nje. Promenljivi otpornik od $1000\ \Omega$ ima ulogu da reguliše napon u delu kola gde se nalaze tranzistor i fotootpornik. To je ustvari potenciometar pomoću koga se u kolu sa tranzistorom i fotootpornikom podešava napon u opsegu od 0 do 9 V. Ovaj napon je potreban jer se tranzistor na naponu većem od 9 V previše greje i struja protiče kroz kolektor iako je struja na bazi ravna nuli.

Fotoosetljivi materijal fotootpornika je kadmijum-sulfid. Kada svetlost padne na sloj kadmijum-sulfida izbijaju se elektroni i omogućava se provođenje struje. Jednosmerna struja koja prolazi kroz fotootpornik je mala da bi se mogla pouzdano meriti, pa je potrebno da se pojača. Ulogu pojačivača ima tranzistor. Fotootpornik i otpornik od $10\ \text{M}\Omega$ su vezani redno. Za dva redno vezana otpornika, pri konstantnoj struji, veći je napon na krajevima onog otpornika čija je otpornost veća ($U = IR$). Baza tranzistora se vezuje između fotootpornika i otpornika od $10\ \text{M}\Omega$. Tranzistor se polariše direktno, tako da reaguje u odnosu na otpornik od $10\ \text{M}\Omega$. Ovaj deo kola se sada ponaša kao potenciometar. Kada svetlost ne pada na fotootpornik, otpornost fotootpornika je ravna izolatoru (mnogo veća od $10\ \text{M}\Omega$), tako da je napon veći na fotootporniku nego na

otporniku od $10\text{ M}\Omega$, gde je napon skoro jednak nuli. Pošto je tranzistor polarisan u odnosu na otpornik od $10\text{ M}\Omega$, a na njemu je napon nula, tranzistor neće imati na bazi struju koja treba da se pojača. Na galvanometru će prema tome kada je fotootpornik neosvetljen intezitet kolektorske struje biti ravan nuli.

Međutim, kada je fotootpornik osvetljen, on pokazuje otpor od 50 do $100\text{ K}\Omega$, u zavisnosti od inteziteta svetlosti. To je mnogo manje od $10\text{ M}\Omega$, tako da je sada napon veći na otporniku od $10\text{ M}\Omega$. Pošto je sada napon na otporniku od $10\text{ M}\Omega$ merljiv, kroz bazu tranzistora će poteći izvesna struja koja će biti pojačana i izmerena galvanometrom. Intezitet kolektorske struje zavisi od inteziteta svetlosti koja pada na fotootpornik. Što je veći intezitet svetlosti, galvanometar će pokazivati veću struju. Kolektorska struja se na ovaj način može smatrati fotostrujom.

BAŽDARENJE SPEKTROFOTOMETRA

Baždarenje spektrofotometra se vrši pomoću kompaktne fluorescentne lampe („štedljiva sijalica“, CFL). Fluorescentna lampa ima diskontinualan spektar, za razliku od volframove lampe čije usijano vlakno emituje kontinualan spektar u vidljivoj oblasti.

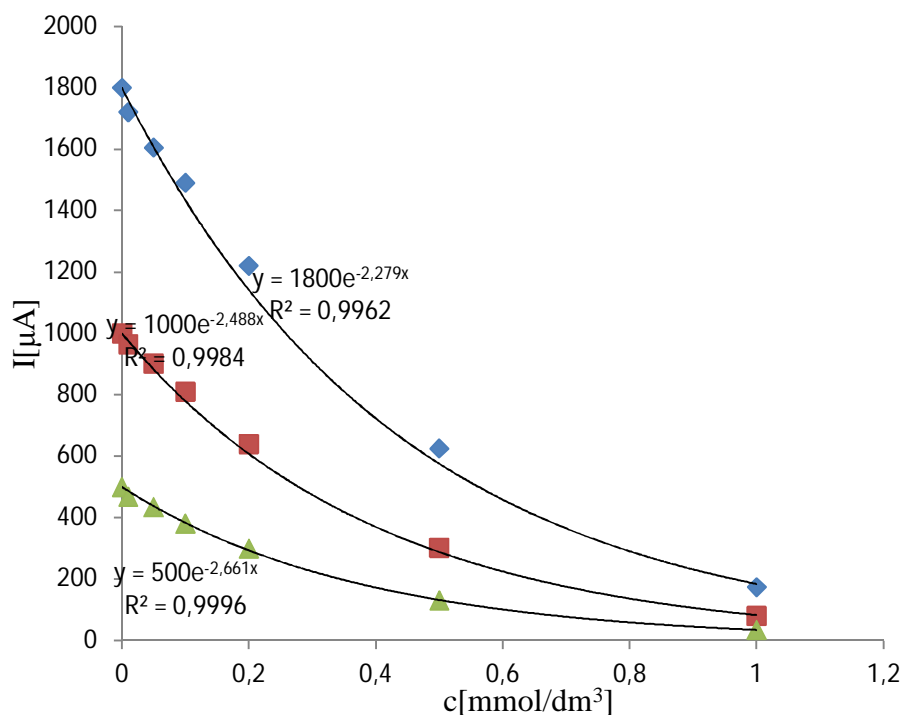
Pri baždarenju se fluorescentna lampa stavlja umesto volframove lampe. Kada se lampa uključi, na zaklonu iza difrakcione rešetke se ne vidi spektar duginih boja, kao što je to slučaj kod volframove lampe, već se vidi nekoliko linija: crvena (612 nm), zelena (546 nm), plava (488 nm) i ljubičasta (435 nm). Željena linija se propušta kroz prorez (slika 2, 8) okretanjem difrakcione rešetke. Difrakciona rešetka se pomera polugom (slika 2, 14) na čijem kraju je skala koja treba da se kalibriše. Svaka linija se propusti kroz prorez i zabeleži se položaj poluge na skali. Svaki obeleženi položaj poluge na skali predstavlja talasnu dužinu propuštene linije u spektru fluorescentne lampe.

Skala talasnih dužina se baždari na sledeći način. Odredi se rastojanje između dva obeležena položaja na skali u milimetrima i ta vrednost se podeli sa rastojanjem u nanometrima, pri čemu se dobija broj milimetara koji odgovara jednom nanometru. Zatim se izračuna koliko milimetara odgovara razlici talasnih dužina od 10, odnosno 50, 100 nm itd. i pomoću lenjira se ucrtta skala talasnih dužina.

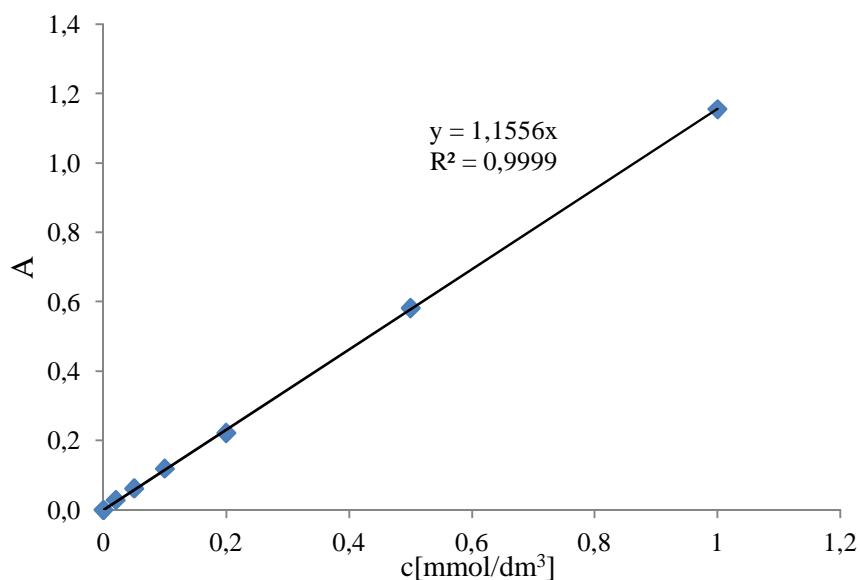
REZULTATI

U cilju izbora optimalnog inteziteta svetlosti pri kome će se snimljene kalibracione krive u najvećoj meri pokoravati Lambert-Beerovom zakonu, potrebno je izvršiti merenja pri nekoliko različitia inteziteta svetlosti. Merena je

apsorbancija serije rastvora kalijum-permanganata pri tri različita inteziteta izvora svetlosti, na talasnoj dužini od 530nm, u kiveti dužine optičkog puta od 0,5 cm. Inteziteti fotostruja za slepe probe su bile 1800 (maksimalni intezitet), 1000 i 500 μA , što odgovara intezitetima upadne svetlosti. Intezitet svetlosti je menjan pomoću potenciometra za lampu, dok je napon u kolu sa fotootpornikom i tranzistorom bio konstantan. Tačke na slici 5 su fitovane eksponencijalnom funkcijom. Pri maksimalnom intezitetu svetlosti volframove lampe (100 W, 220 V), kada je fotostruja slepe probe iznosila 1800 μA , primećeno je malo odstupanje od eksponencijalne funkcije (koeficijent korelacije je 0,9962). Pri intezitetu svetlosti kada je struja slepe probe 500 μA , koeficijent korelacije je najbliži jedinici (0,9996), tako da je ovo optimalan intezitet svetlosti za snimanje obojenh rastvora. Na slici 5 prikazana je zavisnost apsorbancije od koncentracije rastvora kalijum-permanganata, tj odgovarajuća kalibraciona kriva pri optimalnom upadnom intezitetu svetlosti, kada je fotostruja slepe probe 500 μA .

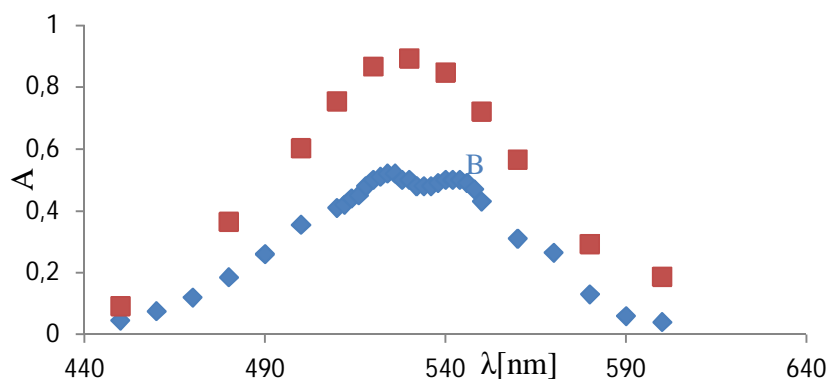


Sl. 5. Zavisnost inteziteta fotostruje od koncentracije rastvora kalijum-permanganata pri tri različita inteziteta svetlosti



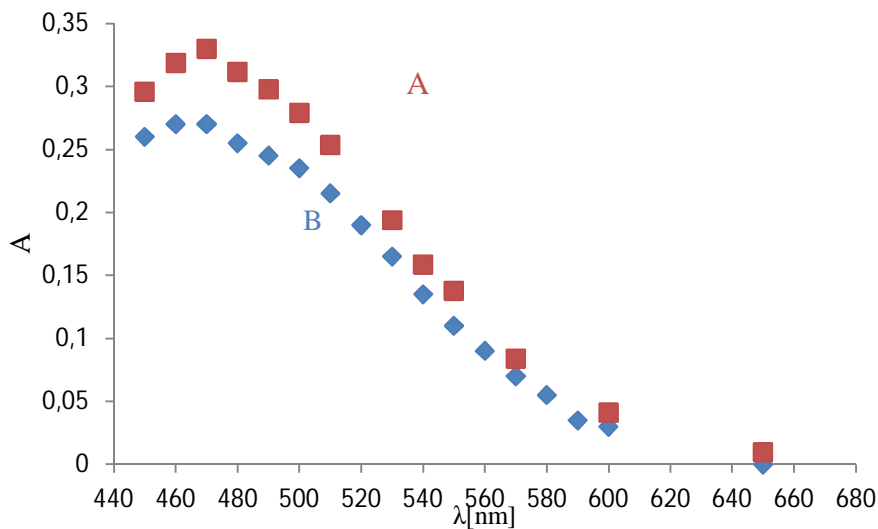
Sl. 6. Zavisnost apsorbancije od koncentracije rastvora kalijum-permanganata pri optimalnom intezitetu svetlosti ($I_0 = 500 \mu A$)

Nakon toga je ispitano da li je spektrofotometar dobro baždaren, tj da li su precizno određeni položaji talasnih dužina. U tom cilju je snimljen apsorpcioni spektar rastvora kalijum-permanganata koncentracije $1,0 \text{ mmol/dm}^3$ na spektrofotometru sopstvene izrade u kiveti dužine optičkog puta od $0,5 \text{ cm}$. Snimljen je i apsorpcioni spektar rastvora kalijum-permanganata koncentracije $0,25 \text{ mmol/dm}^3$ na spektrofotometru SPEKOL-10 „Carl Zeiss“ u kiveti dužine optičkog puta od 1 cm . Vidi se da su maksimumi apsopcije u oba slučaja oko 530 nm . Ovim je dokazano da je baždarenje aparata dobro izvršeno (Sl. 7.).



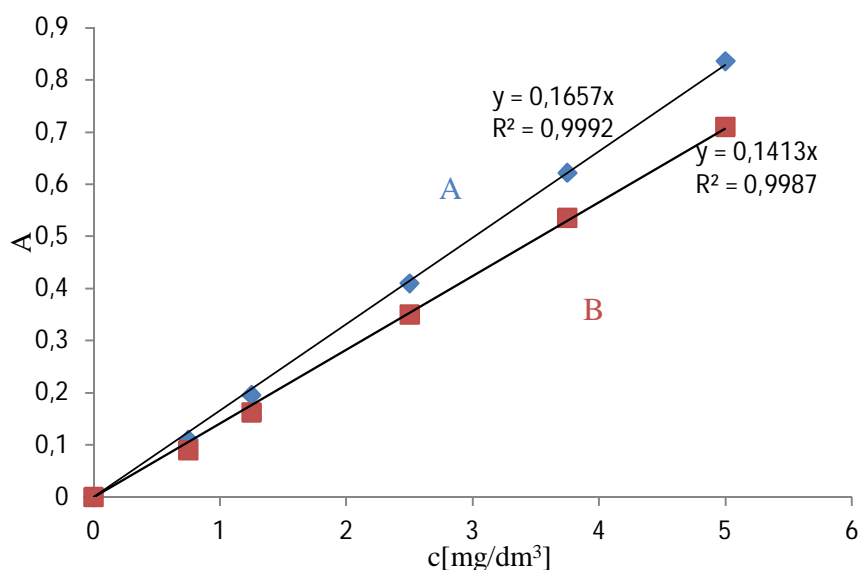
Sl. 7. Apsorpcioni spektar rastvora kalijum-permanganata snimljen spektrofotometrom sopstvene izrade (A) i spektrofotometrom SPEKOL-10 „Carl Zeiss“ (B)

Radi poređenja, snimljen je i apsorpcioni spektar rastvora tiocijanatnog kompleksa gvožđa (III), sa koncentracijom gvožđa od $2,5 \text{ mg/dm}^3$ u kiveti dužine optičkog puta 1 cm, na spektrofotometru sopstvene izrade i na spektrofotometru SPEKOL-10 „Carl Zeiss“. Gvožđe (III) u kiseloj sredini gradi sa tiocijanatnim jonima crveno obojene komplekse različitog sastava. Vidi se da se maksimumi apsorpcije na oba grafika nalaze na oko 470 nm (Sl. 8.).



Sl. 8. Apsorpcioni spektar tiocijanatnog kompleksa gvožđa (III) snimljen spektrofotometrom sopstvene izrade (A) i spektrofotometrom SPEKOL-10 „Carl Zeiss“ (B)

Na kraju, snimljene su kalibracione krive za seriju rastvora tiocijanatnog kompleksa gvožđa(III) na spektrofotometru sopstvene izrade i spektrofotometru SPEKOL-10 „Carl Zeiss“. Snimanje je u oba slučaja vršeno na 470 nm u kiveti dužine optičkog puta od 1 cm. U oba slučaja su dobijene kalibracione krive sa visokim koeficijentom korelacije (Sl. 9.).



Sl. 9. Kalibracione krive za rastvore tiocijanatnog kompleksa gvožđa(III) snimljene spektrofotometrom sopstvene izrade (A) i spektrofotometrom SPEKOL-10 „Carl Zeiss“ (B)

DISKUSIJA

Intezitet struje slepe probe je teško podesiti na željenu vrednost da ona u izvesnoj meri ne osciluje. Na primer, ako se podesi struja slepe probe na $500 \mu\text{A}$, ona će tokom vremena oscilovati u intervalu od $\pm 10 \mu\text{A}$. Na intezitet ovih oscilacija ima uticaj sama konstrukcija aparata, ali i oscilacije napona u grdskoj mreži. Zato je tačnost određivanja jako mala za slabo obojene rastvore. Ako se u spektrofotometar stavi intezivnije obojen rastvor, vrednost očitane fotostruje neće u većoj meri oscilovati. Npr. ako je fotostruja slepe probe $500 \mu\text{A}$, a fotostruja obojenog rastvora $200 \mu\text{A}$, fotostruja obojenog rastvora će oscilovati u intervalu od $\pm 1 \mu\text{A}$. Fotostruje jako obojenih rastvora su bliske nuli (nekoliko mikroampera), tako da je tačnost određivanja jako obojenih rastvora mala, što je i razumljivo.

Zbog relativno velike širine proreza, propušta se relativno širok snop svetlosti koji pada na difrakcionu rešetku. Moć razdvajanja spektralnih linija je zbog toga mala, pa su apsorpcioni spektri lošijeg kvaliteta. Propušta se opseg talasnih dužina od oko 40 nm, tako da se dobija srednja vrednost apsorbancije za talasne dužine iz ovog opsega. Ipak, moguće je uočiti karakteristične maksimume na krivama.

ZAKLJUČAK

Napravljen je spektrofotometar koji može da se poredi sa komercijalnim spektrofotometrima. Apsorpcioni spektri snimljeni spektrofotometrom sopstvene izrade u velikoj meri su slični spektrima snimljenim spektrofotometrom SPEKOL-10 „Carl Zeiss“. Maksimumi apsorpcije se poklapaju, s tim što se na spektrima snimljenim spektrofotometrom sopstvene izrade ne uočavaju neki maksimumi i prevoji koji se uočavaju na spektrima snimljenim spektrofotometrom SPEKOL-10 „Carl Zeiss“. To je zato što spektrofotometar konstruisan u ovom radu izdvaja širok opseg talasnih dužina (oko 40 nm). Snimljene kalibracione krive se pokoravaju Lambert Beerovom zakonu, a koeficijent korelacije je blizak jedinici.

Planira se da se izvrše izvesna poboljšanja. U prvom redu, treba suziti opseg talasnih dužina koji se izdvaja, čime će snimljeni spektri biti boljeg kvaliteta. Potrebno je stabilizovati struju u kolu, kako bi se merenja vršila sa većom preciznošću.

LITERATURA

- [1] Ivanović D. M., Vučić V. M. Fizika II. Elektromagnetika i optika, Beograd, Naučna Knjiga, 1973.
- [2] Todorović M., Đurđević P., Antonijević V. Optičke metode instrumentalne analize, Beograd, Hemijski fakultet, 1993.

UDK: 61.397:681.7(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: *Primenjena industrijska informatika*

**UTICAJ IZBORA CENTRALNE TAČKE LOG-POLARNE
TRANSFORMACIJE NA PROCENU NAGIBA TEKSTA**

**THE EFFECT OF CENTRE POINT DETERMINATION IN
THE LOG-POLAR TRANSFORMATION FOR
THE TEXT SKEW ESTIMATION**

Darko Brodić¹, Valentina Anđelović¹, Zoran N. Milivojević²

¹Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru,
Vojske Jugoslavije 12, 19210 Bor,

²Visoka tehnička škola strukovnih studija,
Aleksandra Medvedeva 20, 18000 Niš

Izvod

U ovom radu prikazana je metoda log-polarne transformacije za procenu nagiba štampanog teksta. Pomoću ove metode originalna i referentna slika se transformišu u log-polar prostor. Zatim se izračunava njihova međukorelacija. Na osnovu date funkcije procenjuje se ugao nagiba teksta. Da bi se ispitao kvalitet navedene metode sproveden je eksperiment koji koristi različite centralne tačke transformacije. Dobijeni rezultati potvrđuju da je metoda log-polarne transformacije pogodna za procenu ugla nagiba teksta.

Ključne reči: *Log-polar transformacija, centralna tačka transformacije, nagib teksta, optičko prepoznavanje karaktera*

Abstract

In this paper a log-polar transformation method for the text skew estimation is presented. This method maps the original and the referent image into the log-polar space. Then, their cross-correlation is calculated. According to cross-correlation function, the text skew is estimated. In order to evaluate the proposed method, the experiment which includes different central transformation points is conducted. The results confirm that the proposed method is suitable for the text skew evaluation.

Keywords: *Log-polar transformation, transformation centre point, text skew, OCR*

¹ E-mail: dbrodic@tf.bor.ac.rs

UVOD

Pojava nagiba teksta u slici je prateći element procesa digitalizacije dokumenata. Svaki nagib teksta veći od 1° može dovesti do značajnih pogreški tokom procesa optičkog prepoznavanja teksta (OCR) [1]. Zbog toga sam proces identifikacije i procene nagiba teksta predstavlja jedan od značajnijih zadataka OCR sistema.

U ovom radu predložena je nova metoda procena nagiba teksta koja koristi kombinaciju log-polarnu transformacije i međukorelacije slika.

LOG-POLARNA TRANSFORMACIJA

Log-polarna transformacija (LPT) predstavlja transformaciju koja vrši konverziju Dekartovih koordinata u logaritamsko-polarnu koordinatu. Pomoću LPT koordinate Dekartovog prostora x i y pretvaraju se u koordinate log-polarnog prostora. Proces teče u dva koraka. U prvom koraku se vrši polarna transformacija koja mapira koordinate x i y u radijus r i ugao θ . Pri tom važi [2]:

$$x = r \cos \theta, \quad (1)$$

$$y = r \sin \theta, \quad (2)$$

U drugom koraku se vrši logaritmiranje radijusa r i dobija ρ :

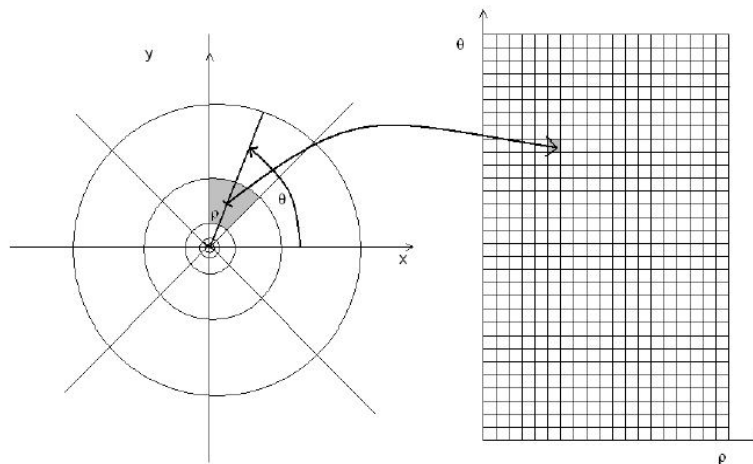
$$\rho = \ln r. \quad (3)$$

Na osnovu jednačina (1), (2) i (3) dobija se formula transformacije [2]:

$$\rho = \ln \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2}, \quad (4)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y - y_c}{x - x_c}, \quad (5)$$

gde je centralna tačka transformacije t predstavljena Dekartovim koordinatama (x_c, y_c) . Znači, na ovaj način se tačke slike zadate Dekartovim koordinatama (x, y) , mapiraju u tačke slike u log-polarnim koordinatama koje označavaju logaritamski radijus i ugaonu poziciju (ρ, θ) . To je ilustrovano na slici 1.



Sl. 1. Transformacija iz Dekartovog u log-polarni prostor

Na slici 1 je prikazana originalna slika kao skup rasterskih oblasti u Dekartovom koordinatnom sistemu. Rasterske oblasti predstavljaju radijuse koncentričnih krugova, od unutrašnjeg ka spolnjem krugu. Na ovaj način date prave dele pun ugao na jednake delove. One transformišu ovaj raster u pravougaonu sliku u log-polar prostoru. Koordinate nove slike u log-polar prostoru su ugao θ i log-radijus ρ .

Prednosti obrade slike u log-polarnom prostoru ogledaju se u sledeće dve karakteristike:

- smanjena količina informacija koja se obrađuje,
- očuvanje oblika slike nezavisno od rotacije ili skaliranja.

Prilikom mapiranja slike iz Dekartovog u log-polarni prostor ostvaruje se nelinearno uzorkovanje koje smanjuje količinu informacija koju poseduje transformisana slika u odnosu na originalnu sliku. Naime, rezolucija uzoraka datih u Dekartovim koordinatama koje se mapiraju u log-polarni prostor veća je oko centralne tačke transformacije i opada eksponencijalno prilikom udaljavanja od nje. Ova osobina predstavlja prednost koja se koristi prilikom prepoznavanja objekata, jer oblast koja zauzima centar transformacije automatski postaje važnija od okolnih područja slike (slično zumiranju). Na ovaj način se smanjuje količina informacija i do 30 puta što značajno olakšava obradu podataka u realnom vremenu.

Uz to, ako se originalna slika rotira ili skalira u odnosu na svoj centar, transformisana slika će sačuvati svoj standardni oblik koji će biti transliran. To

dovodi do nepromenljivosti oblika transformisane slike prilikom rotiranja i skaliranja originalne slike. Navedena prednost omogućava da se upotrebom log-polarnih u odnosu na Dekartove koordinate svaka rotacija i skaliranje u Dekartovim koordinatama prikazuje kao promena ugaonog pravca i logaritamskog radijusa log-polarnih koordinata, odnosno transliranje (vertikalno ili horizontalno pomeranje).

MEĐUKORELACIJA SLIKA

Međusobna korelacija ili skraćeno međukorelacija između slike $f(x, y)$ i jezgra $k(x, y)$ je data kao:

$$CC(x, y) = f(x, y) \circ k(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) k(x+u, y+v) du dv \quad (6)$$

U digitalnom obliku ona ima sledeći oblik:

$$CC(i, j) = f(i, j) \circ k(i, j) = \sum_{k=0}^{W-1} \sum_{l=0}^{H-1} f(k, l) k(i-k, j-l) \quad (7)$$

gde su W i H širina i visina slike, respektivno.

Pogodniji način za implementaciju međukorelacije je dat sa:

$$CC(i, j) = f(i, j) \circ k(i, j) = \sum_{k=-w/2}^{w/2} \sum_{l=-h/2}^{h/2} f(i+k, j+l) k(i, j) \quad (8)$$

gde su w i h širina i visina jezgra k , respektivno.

Korelacija dve slike se koristi kao standardni postupak za izračunavanje stepena njihove sličnosti. Ona je bazirana na Euklidovom kvadratu merenja udaljenosti. Ukoliko su date slike veoma slične, vrednost koeficijenta $CC(i, j)$ se približava vrednosti 1. Za razliku od toga veliko odstupanje između slika približava vrednost datog koeficijenta vrednosti 0. Funkcija međukorelacije data koeficijentom $CC(i, j)$ ima oštre vrhove sa jasno definisanim maksimumom ili minimumom.

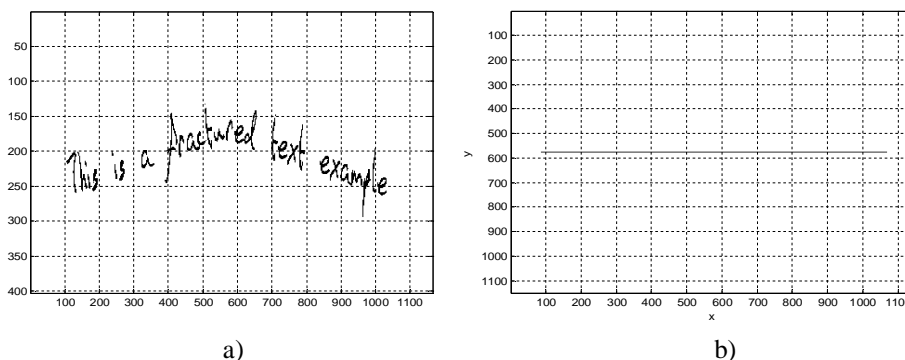
PREDLOŽENI ALGORITAM

Nagib teksta u slici dokumenta predstavlja ugao pod kojim je nagnut tekst u određenoj tački dokumenta u odnosu na x ili y osu. Znači, dati tekst je rotiran u odnosu na neku od osa. Identifikacija rotacije u prostornoj oblasti je komplikovan zadatak. Međutim, rotacija u log-polarnom prostoru se mapira u translaciju.

Translacija u pravcu jedne ose je relativno lako rešiv problem. Pretpostavimo da osim originalne slike sa tekstom imamo i drugu sliku koja sadrži i određeni referentni objekat rotiran u prostornoj oblasti. Njihovom međukorelacijom može se meriti sličnost ugla nagiba teksta i referentnog objekta. Međutim, problem se značajno pojednostavljuje ako mapiramo date slike u log-polarni prostor. U tom slučaju međukorelacija se svodi na procenu translacije u log-polarnom prostoru. Nadalje, izbor slike koja sadrži adekvatan referentni objekat je veoma značajan. U literaturi [3] je kao referentni objekat predložena elipsa zbog toga što ona može efikasno poklopiti određeni tekst. Međutim, elipsa se mora normalizovati u odnosu na dimenzije teksta slike, kako bi međukorelacija dala validne rezultate. Uz to radi jednostavnosti procesa, elipsa se deli na levi i desni deo (levu i desnu polu-elipsu) u odnosu na centralnu tačku transformacije [3]. Na ovaj način, polu-elipse se poklapaju sa originalnom slikom koja sadrži tekst tokom međukorelacije. To dalje omogućava pravilnu procenu nagiba teksta koji se nalazi na levoj i desnoj strani od centralne tačke transformacije. Na ovaj način, navedeni pristup omogućava dobijanje nagiba teksta na levoj i desnoj strani što ga je specifičnost koja ga odvaja od ostalih algoritama za procenu nagiba teksta.

Iz prethodnog navedenoga je jasno da se predloženi algoritam bazira se na kombinaciji log-polarne transformacije i međukorelaciji dve slike: originalne i referentne. Originalna slika sadrži tekst koji se nalazi pod određenim nagibom. Za razliku od toga referentna slika je data u vidu elipse koja se sastoji od leve i desne polu-elipse. Date polu-elipse se pomeraju u rasponu od 0° do 180° . Za procenu sličnosti ove dve slike koristi se međukorelacija. Transformisana slika sa promenljivom rotacijom i skaliranjem u Dekartovom koordinatnom prostoru translira se u log-polarnom prostoru. Zbog toga se međukorelacija slika vrši u log-polarnom prostoru. Predloženi algoritam se sastoji iz sledećih koraka [3]:

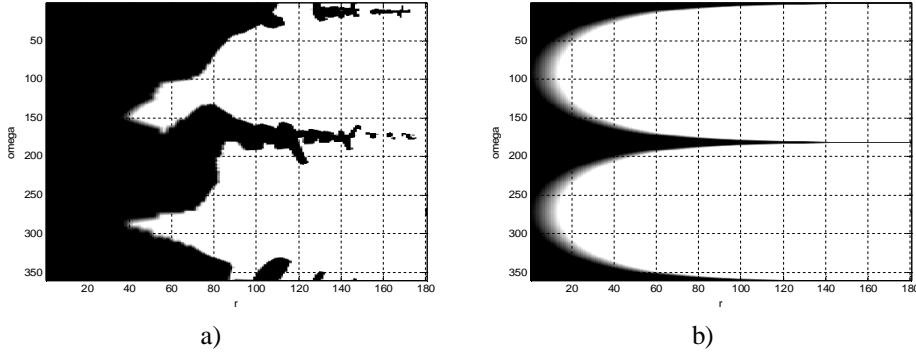
1. Na početku procesa imamo originalnu sliku **T** sa tekstom i referentnu sliku sa tankom elipsom. To je ilustrovano na slici 2.



Sl. 2. a) Originalna slika, b) Slika sa tankom elipsom

2. Zatim se vrši log-polarna transformacija originalne slike **T**. Kao rezultat dobija se transformisana slika **TC** u log-polarnom sistemu.

3. Nakon toga se vrši log-polarna transformaciju referentne slike **R**. Kao rezultat dobija se transformisana referentna slika **RC** u log-polarnom sistemu. Ona predstavlja elipsu mapiranu u log-polarni prostor. Na slici 3 prikazane su originalna i referentna slika u log'polar prostoru.



Sl. 3. a) Originalna slika u log-polar prostoru,
b) Referentna slika u log-polar prostoru

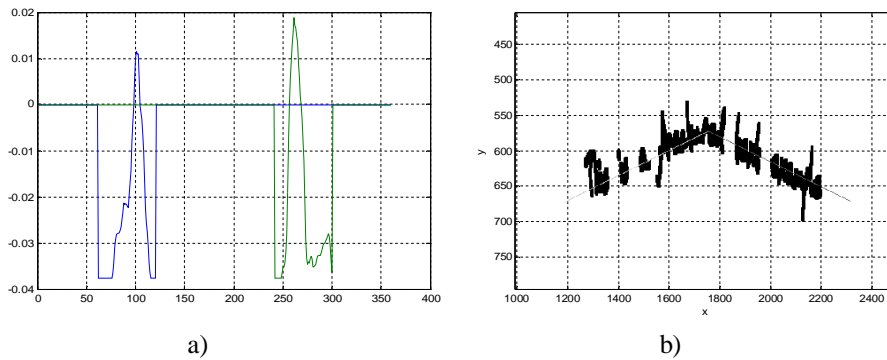
4. Zbog procene mere sličnosti, izračunava se koeficijent međukorelacije između originalne i referentne slike u log-polarnom prostoru.

$$CC(\theta) = C_{coeff}(TC, circshift(RC, \theta)), \quad (9)$$

gde je **RCS** dat kao $circshift(\mathbf{RC}, \theta)$ i $C_{coeff}(\mathbf{TC}, \mathbf{RCS})$ dat kao:

$$C_{coeff} = \frac{\sum_{\rho} \sum_{\theta} (TC_{\rho\theta} - \overline{TC})(RCS_{\rho\theta} - \overline{RCS})}{\sqrt{(\sum_{\rho} \sum_{\theta} (TC_{\rho\theta} - \overline{TC})^2)(\sum_{\rho} \sum_{\theta} (RCS_{\rho\theta} - \overline{RCS})^2)}}. \quad (10)$$

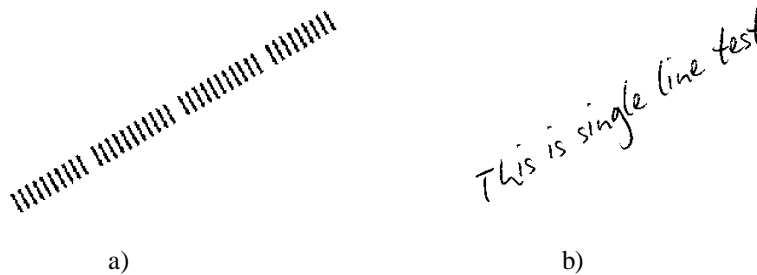
Ako su slike slične, onda će funkcija međukorelacije $CC(\theta)$ težiti ka 1. Kao rezultat datog proračuna dobija se funkcija međukorelacije koja ima dva maksimuma. Oni označavaju procenjeni nagib teksta koji se nalazi na levoj i desnoj strani u odnosu na tačku transformacije. Izgled ove funkcije kao i rezultat koji se ostvaruje njenoim očitavanjem prikazani su na slici 4.



SI. 4. a) CC funkcija, b) Procena nagiba teksta očitavanjem maksimuma funkcije CC

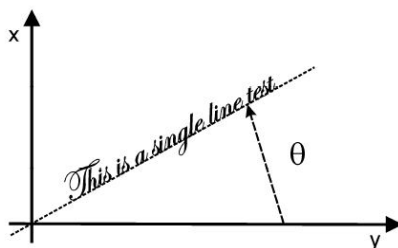
EKSPERIMENT

Osnovni zadatak eksperimenta predstavlja ocena kvaliteta algoritma koji treba da pravilno proceni nagib teksta u slici. U eksperimentu se koriste dva uzorka: tekst u obliku niza velikih slova I, i kratki štampani tekst [4]. Testirani uzorci su dati u rezoluciji od 150 dpi. Primeri datih uzoraka teksta su prikazani na slici 5.



SI. 5. a) Tekst u obliku niza velikih slova I, b) Kratki štampani tekst

Tekst na slikama je rotiran za određeni ugao, koji je označen sa θ . Pri tom se ugao θ kreće u rasponu od 0° do 30° , sa korakom od 5° oko koordinatnog početka. Na slici 6 je dat primer teksta za $\theta = 30^\circ$.



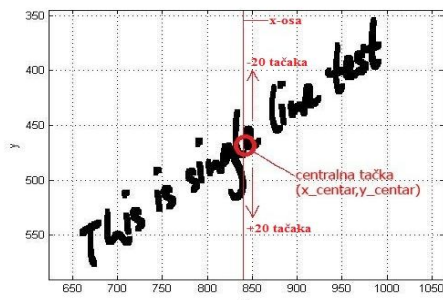
Sl. 6. Primer teksta koji je rotiran za ugao $\theta = 30^\circ$

Kao mera za ocenu kvaliteta algoritma koji vrši identifikaciju nagiba teksta koristi se apsolutna greška:

$$\Delta = |\theta_R - \theta_A|, \quad (11)$$

gde je θ_R nagib referentnog uzorka teksta, a θ_A nagib uzorka teksta dobijen algoritmom.

Međutim, na kvalitet rada algoritma direktno utiče izbor centralne tačke transformacije, odnosno njene koordinate $(x_{\text{centar}}, y_{\text{centar}})$. Uobičajeno se uzima da je centralna tačka transformacije slike **I** sa dimenzijama $M \times N$, data kao centralna tačka slike, odnosno u tom slučaju vredi da je $x_{\text{centar}} = M/2$ i $y_{\text{centar}} = N/2$. U ovom radu je predložen način izbora centralne tačke transformacije iz mikro okoline centralne tačke slike. Zbog toga će biti ispitane sve tačke koje su vertikalno pomerene od centralne tačke slike. Na ovaj način x_{centar} se pomera za $\pm i$ tačaka po x -osi u odnosu na centar slike, pri čemu je $i = 1, \dots, 20$. Pri tom, tačka koja ostvaruje najbolje pogađanje referentne linije predstavlja izbor tačke transformacije. Prema tome, navedenim eksperimentom neophodno je pokazati da postoji tačka transformacije različita od centralne tačke slike koja omogućava algoritmu bolje pogađanje referentne linije teksta. Na slici 7 ilustrovan je slučaj izbora centralne tačke transformacije.



Sl. 7. Način izbora centralne tačke transformacije u lokalnoj okolini centralne tačke slike na primeru teksta koji je rotiran za 30°

REZULTATI I DISKUSIJA

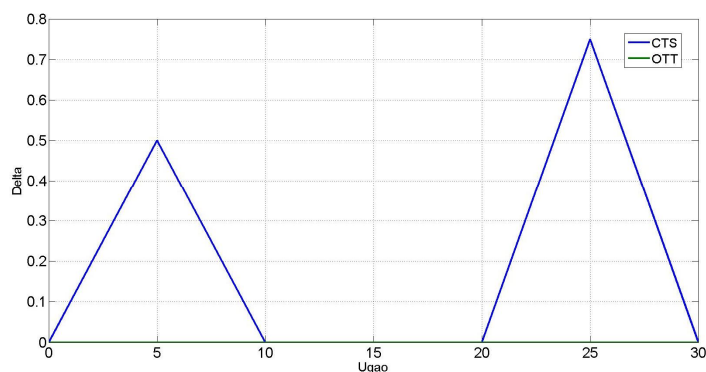
Rezultati su sačinjeni na osnovu ispitivanja uzorka jednolinijskog štampanog teksta datog u rezoluciji od 150 dpi, koji je rotiran u rasponu od 0° do 30° sa korakom od 5° . Pri tom je format preciznosti apsolutne greške određen brojem zakretanja određene polu-elipse u referentnoj slici. Naime, ukoliko je broj jediničnih zakretanja polu-elipse 180, onda u datom polukrugu koji ima 180° preciznost procene apsolutne greške je postavljena na $\Delta p = 1^\circ$. Ukoliko se poveća broj zakretanja polu-elipse na 360 ili 720, onda se preciznost procene apsolutne greške postavlja na 0.5° i 0.25° , respektivno. Sve ovo je urađeno sa ciljem da se ubrza rad algoritma. Rezultati ispitivanja uzoraka teksta u obliku niza velikih slova I i kratkog štampanog teksta dati su u tabeli 1 i 2, respektivno.

Iz tabele 1 se vidi da uvek postoji tačka transformacije u originalnoj slici koja se razlikuje od centralne tačke te slike, a da pri tom ostvaruje kvalitetniju procenu nagiba teksta koja je zasnovana na manjoj apsolutnoj greški. Na slici 8 prikazana je apsolutna greška nagiba teksta za uzorak u obliku velikih slova I prilikom različitog izbora centralne tačke transformacije.

Tabela 1. Izbor centralne tačke transformacije za uzorak teksta u obliku niza velikih slova I

ugao	Tip tačke	Tačka transformacije		Δ		
		x_centar	y_centar	$\Delta p = 1^\circ$	$\Delta p = 0.5^\circ$	$\Delta p = 0.25^\circ$
0	CTS*	394	77	0°	0°	0°
0	OTT**	394	73	0°	0°	0°
5	CTS*	394	77	0°	0.5°	0.5°
5	OTT**	394	81	0°	0°	0°
10	CTS*	394	97	0°	0°	0°
10	OTT**	394	98	0°	0°	0°
15	CTS*	394	124	0°	0°	0°
15	OTT**	394	126	0°	0°	0°
20	CTS*	394	151	0°	0°	0°
20	OTT**	394	149	0°	0°	0°
25	CTS*	394	183	0°	0°	0°
25	OTT**	394	172	0°	0°	0°
30	CTS*	394	212	1°	1°	0.75°
30	OTT**	394	202	0°	0°	0°

*CTS** je centralna tačka originalne slike, *OTT*** je odabrana tačka transformacije



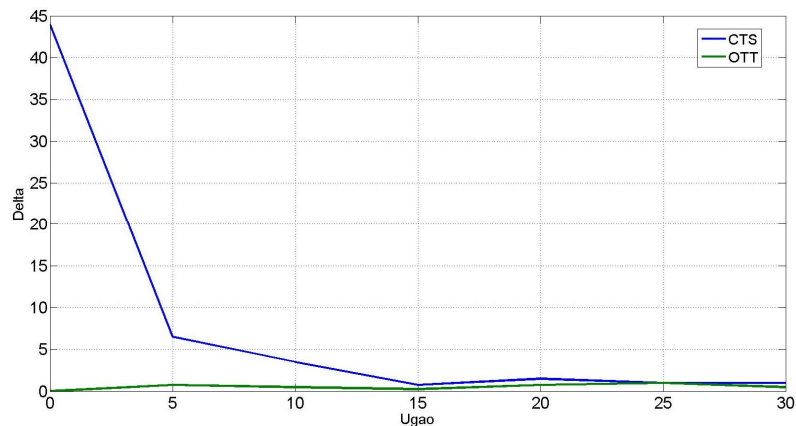
Sl. 8. Apsolutna greška procene nagiba teksta (uzorci slova I) pri $\Delta p = 0.25^\circ$

Iz tabele 2 se vidi da uvek postoji tačka transformacije u originalnoj slici koja se razlikuje od centralne tačke te slike, a da pri tom ostvaruje kvalitetniju procenu nagiba teksta koja je zasnovana na manjoj apsolutnoj greški. Na slici 9 prikazana je apsolutna greška nagiba teksta za uzorak kratkog štampanog teksta prilikom različitog izbora centralne tačke transformacije.

Tabela 2. Izbor centralne tačke transformacije za kratki štampani tekst

ugao	Tip tačke	Tačka transformacije		Δ		
		x_centar	y_centar	$\Delta p = 1^\circ$	$\Delta p = 0.5^\circ$	$\Delta p = 0.25^\circ$
0	CTS*	278	77	44°	44°	44°
0	OTT**	278	96	0°	0°	0°
5	CTS*	273	77	6°	6.5°	6.5°
5	OTT**	273	81	0°	0.5°	0.75°
10	CTS*	259	98	3°	3.5°	3.5°
10	OTT**	259	101	0°	0.5°	0.5°
15	CTS*	266	124	1°	0.5°	0.75°
15	OTT**	266	126	0°	0.5°	0.25°
20	CTS*	267	130	1°	1.5°	1.5°
20	OTT**	267	139	1°	0.5°	0.75°
25	CTS*	264	134	1°	1°	1°
25	OTT**	264	138	1°	1°	1°
30	CTS*	280	156	1°	1°	1°
30	OTT**	280	151	1°	0.5°	0.5°

CTS* je centralna tačka originalne slike, OTT** je odabrana tačka transformacije



Sl. 9. Apsolutna greška procene nagiba teksta (kratki štampani tekst) pri $\Delta p = 0.25^\circ$

Uzorak kratkog štampanog teksta predstavlja realniju situaciju nego što je to slučaj sa uzorkom teksta u obliku niza velikih slova I. Upravo zbog toga se i rezultati iz Tabele 2 u odnosu na Tabelu 1 značajnije razlikuju prilikom izbora CTS i OTT. Iz dobijenih rezultat je jasno da odabir tačke transformacije zavisi od određenih karakteristika teksta u slici koji je podvrgnut analizi, a ne od karakteristika same slike (veličina). Zbog toga je neophodno nastaviti istraživanja kako bi se pronašla adekvatna metodologija za izbor optimalne tačke transformacije koja bi omogućila minimalnu grešku procene nagiba teksta u slici.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan algoritam za procenu ugla nagiba teksta zasnovan na kombinaciji log-polarne transformacije i međukorelacije. Da bi se pojednostavila procena nagiba teksta u slici Međukorelacijom se procenjuje sličnost između teksta u slici i elipse u log-polarnoj oblasti. Vrednost funkcije međukorelacije, odnosno njeni maksimumi daju procenu nagiba teksta levo i desno od centralne tačke transformacije. Pošto izbor centralne tačke log-polarne transformacije značajno utiče na kvalitet procene nagiba teksta, u ovom radu je pored procene nagiba teksta, ispitivano i određivanje načina izbora centralne tačke transformacije.

Za ispitivanje kvaliteta rada algoritma korišćen je idealni štampani tekst i štampani tekst koji oponaša rukom pisani tekst. Navedeni uzorci teksta su dati u rezoluciji od 150 dpi. Rezultati ispitivanja su pokazali da predloženi metod izbora centralne tačke transformacije omogućava poboljšanje kvaliteta procene nagiba teksta.

LITERATURA

- [1] T. Saba, G. Sulong, A. Rehman, „Document Image Analysis: Issues, Comparison of Methods and Remaining Problems“, *Artificial Intelligence Review*, 2011, Vol. 35, No. 2, pp.101-118.
- [2] S. Zokai, G. Wolberg, „Image Registration Using Log-polar Mappings for Recovery of Large-scale Similarity and Projective Transformations“, *IEEE Transaction on Image Processing*, 2005, Vol. 14, No. 10, p. 1422–1434.
- [3] D. Brodić, Z. N. Milivojević, „Log-polar transformation as a tool for text skew estimation“, *Elektronika Ir Elektrotehnika*, 2013, Vol. 19, No. 2, pp. 61-64.
- [4] D. Brodić, D. R. Milivojević, Z. Milivojević, „Basic Test Framework for the Evaluation of Text Line Segmentation and Text Parameter Extraction“, *Sensors*, 2010, Vol. 10, No. 5, pp. 5263–5279.

UDK: 621.389:004.432.2(045)=861

STRUČNI RAD

Oblast: *Primenjena industrijska informatika*

**UPOTREBA MIKROKONTROLERA ZA AKVIZICIJU PODATAKA
I REGULACIJU U INDUSTRIJSKIM PROCESIMA**

**MICROCONTROLLER IN DATA ACQUISITION AND
CONTROL OF INDUSTRIAL PROCESSES**

Darko Brodić¹, Goran Vukša¹, Viša Tasić², Milena Jevtić¹

¹Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru,
Vojske Jugoslavije 12, 19210 Bor

²Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Zeleni Bulevar 35, 19210 Bor

Izvod

U radu je prikazano rešenje za akviziciju podataka i regulaciju nivoa vode u pumpnim postrojenjima koje je bazirano na primeni mikrokontrolera. Hardverska konfiguracija navedenog sistema regulacije sadrži mikrokontroler na Arduino Uno razvojnom sistemu. Opisani sistem regulacije omogućuje PD i PID regulaciju. Softver sistema za regulaciju nivoa vode izrađen je u C# programskom jeziku. Pomoću prikazanog rešenja vrši se nadzor nivoa vode u rezervoaru i upravlja radom pumpe u realnom vremenu.

Ključne reči: *regulacija nivoa, mikrokontroler, monitoring, upravljanje industrijskim procesima.*

Abstract

This paper presents microcontroller based solution for data acquisition and control of the water level in the pumping plants. The hardware configuration of the applied control system includes a microcontroller with the Arduino Uno board. The described control system is based on PD and PID regulation principles. The appropriate control program is created using the C # programming language. The control system enables monitoring and real-time control of water level in the tank by switching the pump.

Keywords: *level control, microcontroller, monitoring, process control*

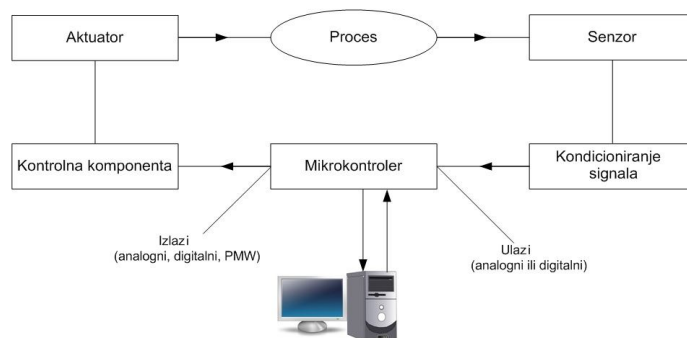
1. UVOD

Upravljanje složenim industrijskim procesima zahteva upotrebu različite opreme, sistema i rešenja koji omogućavaju prikupljanje podataka o procesu, obradu tih podataka i reagovanje na adekvatan način. Upravljanje zahteva potreban broj senzora, regulatora i aktuatora. Pored ovih komponenti, moderni

¹ E-mail: dbrodic@tf.bor.ac.rs

upravljački sistemi sadrže i komunikacioni interfejs za intereakciju sa procesom, koji obuhvata odgovarajući hardver i programe. To omogućava da operatori procesa vrše nadzor i regulaciju stanja sistema, arhiviraju podatke, kreiraju izveštaje i razmenjuju podatke sa drugim sistemima.

Zahvaljujući izuzetno širokom spektru zadataka koje mogu da obave, kao i niskoj ceni, mikrokontroleri imaju značajnu primenu u upravljanju industrijskih procesa. Na slici 1. dat je primer uloge mikrokontrolera u upravljanju industrijskim procesom. U procesnoj industriji mikrokontroleri se uglavnom koriste kao sastavni delovi upravljačkih jedinica PLC (*Programmable Logic Controller*) uređaja.



Sl. 1. Uloga mikrokontrolera u upravljanju industrijskim procesima

2. AKVIZICIJA PODATAKA I REGULACIJA NIVOVA VODE

2.1. Izbor senzora za merenje nivoa

Merenje nivoa predstavlja merenje rastojanja, odnosno debljine sloja materijala. Shodno tome, nivo se izražava u jedinicama dužine. Merenje količine odnosno zapremine tečnog materijala u rezervoaru vrši se na osnovu informacija o nivou. Zapremina rezervoara je data integralnom jednačinom:

$$V = \int_0^h S(h) dh \quad (1)$$

Digitalni nivometri, pored informacije o nivou, mogu da daju i informaciju o zapremini materijala u rezervoaru. Metode merenja nivoa mogu se podeliti u dve grupe:

- Metode detekcije nivoa i
- Kontinualne metode merenja.

Za potrebe merenja nivoa vode u posudi relativno malih dimenzija, u kojoj nivo mora da se održava u zadatim granicama, upotrebljen je detektor nivoa koji radi na principu plovka sa protivtegom. Konstrukcioni parametri plovka proračunavaju se tako da se obezbedi ravnotežno stanje na određenoj dubini:

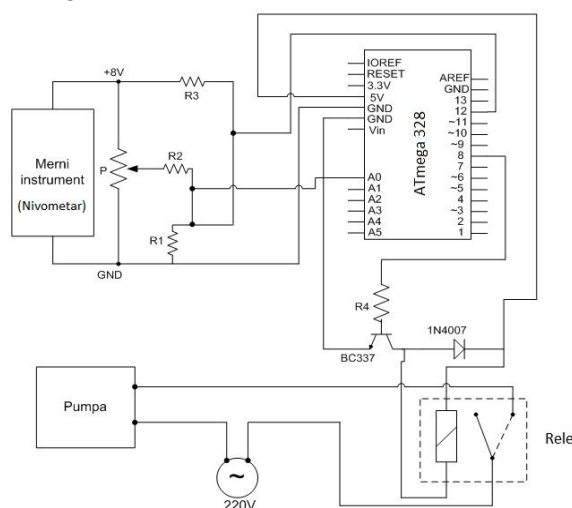
$$F = F_p - Sh_1\rho_t g \quad (2)$$

gde su F i F_p težine protivtega i plovka [N], S površina poprečnog preseka plovka [m^2], h_1 dubina do koje je potopljen plovak [m] i ρ_t gustina tečnosti čiji se nivo meri [kg/m^3]. Sa porastom nivoa tečnosti u rezervoaru na plovak deluje dodatna sila uzgona, pa se protivteg kreće naniže sve dok se ponovo ne uspostavi ravnotežno stanje, definisano uronjenošću plovka na dubinu h_1 . Ova dubina određuje ujedno i minimalnu vrednost merenog nivoa.

Pri merenju nivoa ovakvom vrstom nivometra, neophodno je uzeti u obzir i pojavu histerezisa. U ovom radu vrednost histerezisa je određena eksperimentalno i njen uticaj uključen je u algoritam koji mikrokontroler izvršava [1-3]. Za akviziciju podataka sa Arduino Uno razvojnim sistemom [4], nivometar mora da prikazuje promene nivoa u vidu promena struje ili napona. U našem primeru, promena nivoa uzrokuje promenu otpornosti, odnosno promenu napona koja predstavlja ulazni signal u mikrokontroler na Arduino ploči.

2.2. Hardverska komponenta sistema za regulaciju nivoa vode

Pošto maksimalni napon koji sme da se dovede na ulaz Arduino ploče iznosi 5V, neophodno je tako kondicionirati ulazne signale sa senzora. Promena nivoa pri uključeno/isključeno (on/off) načinu regulacije može da se postigne kontrolom solenoidnog ventila (ukoliko bi se posuda snabdevala vodom direktno iz vodovodne mreže) ili uključivanjem i isključivanjem pumpe. Na slici 2. data je šema sistema regulacije nivoa vode na kojoj je prikazan način povezivanja izabranog nivometra sa mikrokontrolerom na Arduino Uno ploči.



SI. 2. Šematski prikaz regulacije nivoa upotrebom Atmel mikrokotrolera

2.3. Podešavanje parametara regulacije nivoa vode

Upravljanje sistemom regulacije nivoa zasnovano je na principu uključeno/isključeno. Pri tom sistem nema direktnu informaciju o količini vode koja se uliva u posudu, kao ni o količini vode koja iz nje ističe. Zbog toga se regulacija obavlja u funkciji promene nivoa u vremenu. Potrebno je izabrati odgovarajuću kombinaciju regulatora (P, PI, PD ili PID) i odrediti njihove karakteristike.

Primena integralne regulacije u konkretnom slučaju ne zadovoljava. Naime, integralni regulator izaziva određeni preskok preko željene vrednosti, odnosno izaziva oscilacije oko željene vrednosti koje se vremenom smanjuju, dok se željena vrednost ne dostigne. To ne zadovoljava uslove regulacije nivoa vode u posudi gde nivo ne sme da pređe dozvoljenu graničnu vrednost. Sa druge strane, zadatak diferencijalnog regulatora jeste da spreči taj preskok, odnosno da predviđa i spreči buduće greške, tako da primena PD regulacije u ovom slučaju može da obezbedi željena stanja procesa.

Kako bi se odredili parametri PD regulatora sistem se prvo pobuđuje odskočnom funkcijom tako da se obezbedi maksimalna brzina punjenja i pražnjenja. U oba slučaja se meri vreme. Dobijeni rezultati za posudu koja je korišćena u eksperimentu su:

- Za vreme pražnjenja $T_{pr} = 4.20$ min i
- za vreme punjenja $T_{pu} = 1.40$ min.

Pošto su ove vrednosti različite, potrebno je obezbediti i različite karakteristike regulatora za vreme punjenja i pražnjenja posude. Određivanja parametara regulatora vršeno je primenom Zeigler-Nichols-ove metode u otvorenoj povratnoj sprezi [5]. Vreme od slanja upravljačkog signala do pojave promene stanja procesa nakon uključivanja i isključivanja pumpe τ (mrtvo vreme) iznosi približno 1 s. Za određivanje vremenske konstante objekta T_{ob} uzeta je standardna vrednost od 63,2% ukupnog vremena promene stanja procesa [5]. Pri opadanju nivoa T_{ob} iznosi 2.65 min., dok pri porastu nivoa vode, T_{ob} iznosi 0.90 min. Na osnovu toga dobijene karakteristike PD regulatora su:

a) Pri smanjenju nivoa vode u posudi:

$$K_p = \frac{1,2T_{ob}}{\tau K} = 0.318, \quad T_d = 0,5\tau = 0,5, \quad (3)$$

b) Pri porastu nivoa vode u posudi:

$$K_p = \frac{1,2T_{ob}}{\tau K} = 0.108, \quad T_d = 0,5\tau = 0,5. \quad (4)$$

Još jedna bitna karakteristika za regulaciju stanja procesa je i određivanje frekvencije prikupljanja podataka o stanju sistema tj. određivanje vremena

uzorkovanja T_s . Ova frekvencija treba da bude što je moguće viša i obično iznosi:

$$T_s \leq 0,1T_{ob} \quad (5)$$

U našem primeru vreme uzorkovanja pri porastu nivoa vode treba da bude manje ili jednako 5,4 s, dok pri smanjenju nivoa ova vrednost iznosi 15,9 s. Iako češće uzorkovanje ne mora nužno da obezbedi bolje karakteristike regulacije, uvek je sigurnije odabrati da se što češće uzorkuje. Usvojeno je vreme uzorkovanja od 5 s.

Na osnovu prethodno navedenog, vreme do promene stanja pumpe računace se:

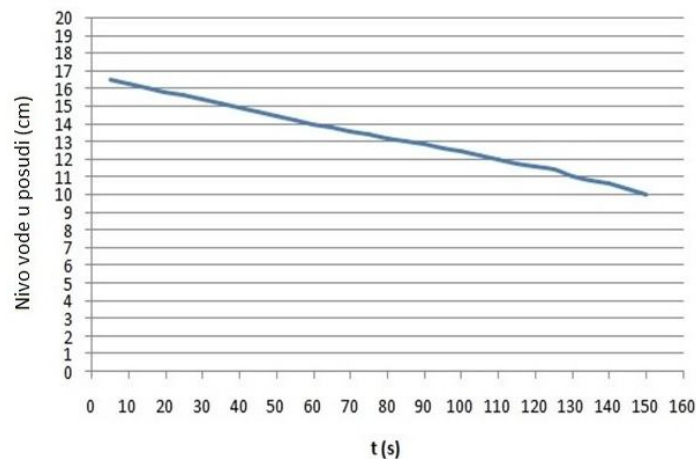
a) pri smanjenju nivoa vode u posudi:

$$T_p = 0,318e(t) + 0,5 * 0,318 \frac{e(t)}{dt} \quad (6)$$

b) pri porastu nivoa vode u posudi:

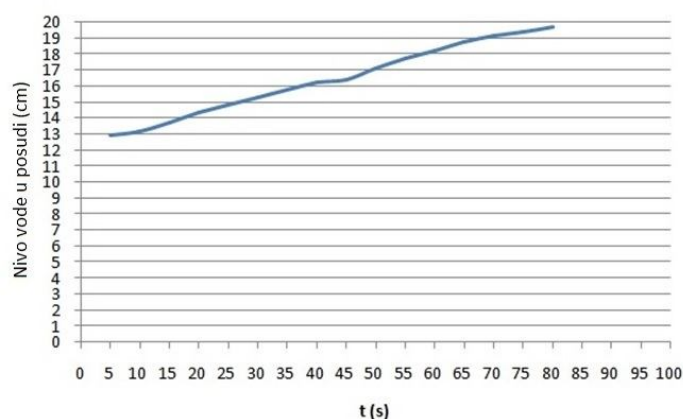
$$T_p = 0,108e(t) + 0,5 * 0,108 \frac{e(t)}{dt}, \quad (7)$$

gde su $e(t)$ greška pri merenju nivoa u određenom trenutku odabira i dt interval vremena odabira u sekundama. Upotrebom relacija (6) – (7) izračunava se iznos vremena do promene stanja pumpe pri svakom trenutku odabira T_s . Kada se zadovolji uslov $T_p \leq T_s$ mikrokontroler će izvršiti promenu stanja pumpe. Grafički prikazi promene stanja nivoa u zavisnosti od vremena koji su dobijeni eksperimentalnom primenom opisanog načina regulacije dati su na slikama 3. (za smanjenje) i 4. (za porast nivoa vode).



Sl. 3. Određivanje vremena do uključanja pumpe pri smanjenju nivoa vode

U našem primeru nivo vode u posudi treba održavati u granicama između 10 i 20 cm. Na slici 3. prikazana je promena nivoa vode u posudi u funkciji vremena kada se posuda prazni. Kada nivo dostigne izmerenu vrednost od 10.1 cm, pumpa će se uključiti. Na slici 4. prikazana je promena nivoa vode u posudi u funkciji vremena kada se posuda puni. Veoma slični rezultati dobijeni su i prilikom većeg broja eksperimentalnih provera rada opisanog sistema regulacije.



Sl. 4. Određivanje vremena do isključenja pumpe pri porastu nivoa vode

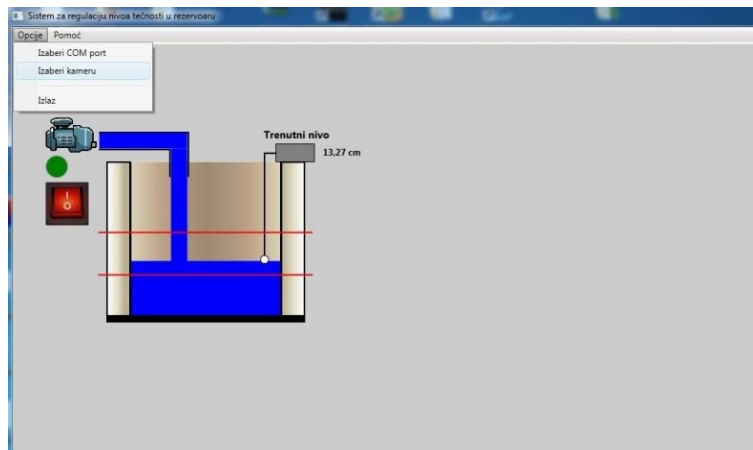
3. PROGRAM ZA NADZOR I REGULACIJU NIVOVA VODE

Programski jezici visokog nivoa poput C++, Java ili C# obezbeđuju relativno jednostavno uspostavljanje komunikacije sa serijskim portovima personalnih računara. Zahvaljujući tome, problem komunikacije između mikrokontrolerskih sistema (Arduino ploča) i SCADA softvera (program za nadzor), rešava se na jednostavan način upotrebom nekog od navedenih programskih jezika [6-9]. Arduino mikrokontrolerski sistem za slanje podataka u memoriju računara preko USB porta koristi funkciju `Serial.print()` dok funkcijom `Serial.read()` čita podatke sa USB porta.

Za programiranje Arduino ploče u MS Windows operativnom sistemu najčešće se koristi Microsoft.Net radno okruženje i C# programski jezik. Zbog toga je za nadzor i regulaciju stanja nivoa vode u posudi izrađen program u C# programskom jeziku. Zadatak ovog programa je da vrši prikaz stanja nivoa u realnom vremenu, kao i da obezbedi mogućnost ručnog uključivanja i isključivanja pumpe preko PC računara. Kako bi se ovo postiglo, kreirane su sledeće klase:

- Kontroler - Zadužena da obezbedi sigurnu komunikaciju sa Arduino pločom i kontrolu podataka. Sadrži kod za pokretanje i zaustavljanje komunikacije, kao i za slanje i primanje podataka.

- Kontrola Rezervoar - Kreira kontrolu na formi, vrši grafički i dinamički prikaz promena stanja sistema i sadrži događaje za slanje podataka kontroleru (Slika 5.).
- Rezervoar - Glavna klasa koja služi da obezbedi komunikaciju između ostalih klasa. Sadrži kod za pokretanje i zaustavljanje prikaza podataka, kreiranje kontrole za prikaz podataka (inicijalizuje klasu KontrolaRezervoar), kod zadužen za čitanje podataka u petlji (pozivanjem klase Kontroler) i kod za čuvanje i prikaz podataka na kontroli za grafički prikaz.



Sl. 5. Osnovni ekran programa za nadzor i kontrolu nivoa vode u posudi

Operater ima mogućnosti uključenja i isključenja pumpe, može da vrši izbor komunikacionog porta na koji je povezana Arduino ploča i izbor USB kamere za video nadzor stanja sistema.

4. ZAKLJUČAK

Upotreba mikrokontrolera je danas izuzetno razvijena u svim oblastima ljudskih delatnosti. Njihova primena u industrijskim procesima obezbeđuje pouzdanost u radu, olakšava rad osoblja za nadzor procesa, pruža dodatnu funkcionalnost i bezbednost. Osavremenjavanje postojećih i izrada novih kontrolnih sistema upotrebom novih tehnologija poput Arduino mikrokontrolerskog sistema i drugih, uz neznatna finansijska ulaganja, može da obezbedi veću isplativost industrijskih procesa. Ovo se postiže kroz smanjivanje troškova održavanja i kvalitetnije karakteristike regulacije. Prednosti ovakvih sistema ogledaju se i u veoma jednostavnoj i jeftinoj nadogradnji. Sistem za regulaciju nivoa vode prikazan u ovom radu može se lako proširiti i primeniti za upotrebu u složenijim sistema za regulaciju nivoa.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnoloski razvoj Republike Srbije kao deo projekta TR33037: Razvoj i primena distribuiranog sistema nadzora i upravljanja potrošnjom električne energije kod velikih potrošača.

LITERATURA

- [1] Peter Spasov: "Microcontroller technology, the 68HC11", 1988
- [2] Raj Kamal: "Microcontrollers: Architecture, Programming, Interfacing and System Design", 2011
- [3] <http://informatika.buzdo.com/s884-mikrokontroler-programiranje.htm>
- [4] <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- [5] E. Huso: "Principi i elementi automatske regulacije", Svjetlost, Sarajevo, 1987
- [6] <http://automatika.rs/baza-znanja/tutorijali/konstrukcija-plc-a.htm>
- [7] "Industrijski sistemi i protokoli - SCADA sistemi", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [8] D. Karabašević, V. Tasić, D. Milivojević: "Univerzalni merni program (SCADA kao rezultat OOP)", Simpozijum YUINFO `2004, Zbornik radova (CD), Kopaonik, Srbija
- [9] National Instruments - "Introduction to Data Acquisition", <http://ni.com>

UDK: 378.1(045)=861

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Oblast: Menadžment

**AKADEMSKE KOMPETENCIJE KAO INDIKATORI
UPRAVLJANJA ZNANJEM - ANALIZA TRENDA PUBLIKOVNIH
NAUČNIH RADOVA NA UNIVERZITETIMA U REGIONU U
PERIODU OD 1982. DO 2013. GODINE**

**ACADEMIC COMPETENCIES AS KNOWLEDGE MANAGEMENT
INDICATORS – ANALYSIS OF SCIENTIFIC PAPERS PUBLICATION
TREND AT UNIVERSITIES IN THE REGION IN PERIOD 1982-2013**

Dragana Živković¹, Nada Štrbac¹, Maja Sibinović¹, Sanja Nikolić¹

¹Univerzitet u Beogradu Tehnički fakultet u Boru, VJ 12, 19210 Bor, Srbija
E-mail: dzivkovic@tf.bor.ac.rs

Izvod

U radu je predstavljena uporedna analiza trenda publikovanih naučnih radova, kao značajnih akademskih kompetencija i indikatora upravljanja znanjem, na primeru tri velika državna univerziteta u regionu, i to Univerziteta u Beogradu (Srbija), Sveučilišta u Zagrebu (Hrvatska) i Univerze v Ljubljani (Slovenija). Pregled je urađen za period proteklih trideset godina - od 1982. godine do polovine 2013. godine, kroz bibliometrijsku analizu korišćenjem SCOPUS-a kao indeksne baze.

***Ključne reči:** akademske kompetencije, upravljanje znanjem, naučni radovi, univerzitet, bibliometrija*

Abstract

Comparative analysis of scientific papers publication trend, as knowledge management indicator for academic competences determination, at main regional state universities - University of Belgrade (Serbia), University of Zagreb (Croatia), and University of Ljubljana (Slovenia), is presented in this paper. The research was done by bibliometric analysis using SCOPUS as selected index-database for the period of last thirty years, from 1982 up to the first half of 2013.

***Keywords:** academic competences, knowledge management, scientific papers, university, bibliometrics*

1. UVOD

Upravljanje znanjem se može definisati kao sistematski pristup poboljšanju i pojednostavljenju procesa razmene, distribucije, stvaranja, usvajanja i

razumevanja znanja koje vodi formiranju odgovarajućih konkurentskih prednosti [1], a može se posmatrati i kao savremeni metod za efektivno postizanje strateških ciljeva kroz prikupljanje, sintezu i razmenu informacija, shvatanja, razmišljanja i iskustava na nivou organizacije [2]. S tim u vezi, glavni aspekti upravljanja znanjem usmereni su na sposobnosti zasnovane na resursima (tehnologija, struktura i kultura) i na znanju (stručnost, učenje, informacije, iskustvo) [3], a osnovni pokazatelji upravljanja znanjem su sticanje znanja, stvaranje znanja, skladištenje znanja, transfer znanja i primena znanja [3].

Kada govorimo o upravljanju znanjem na akademskom nivou, posebno je važno, među svim prethodno pomenutim elementima, izdvojiti difuziju znanja. Glavni cilj akademske zajednice upravo i jeste stvaranje i difuzija znanja kroz nastavu, naučnoistraživački rad i stipendije [4], a tome na prvom mestu doprinose akademske kompetencije. One čine osnovne indikatore upravljanja znanjem na akademskom nivou [5-7], podrazumevajući da se uspešnost nastavnika u edukacionom procesu i transferu znanja zasniva prvenstveno na kvalitetu njegovog naučnog rada. Ispitivanje akademskih kompetencija bitno je podržano bibliometrijskim istraživanjima [3-5], koja predstavljaju standardnu proceduru za analizu akademskih veština kao indikatora upravljanja znanjem na univerzitetima, što je potvrđeno i u literaturi [8-12].

U ovom radu su ispitivane akademske kompetencije kao indikatori za upravljanje znanjem na primeru trenda publikovanja naučnih radova zaposlenih na Univerzitetu u Beogradu (Srbija), Sveučilištu u Zagrebu (Hrvatska) i Univerzi v Ljubljani (Slovenija).

2. METODOLOGIJA

U novije vreme se za proučavanje kvantitativnih aspekata stvaranja, diseminacije i upotrebe znanja, kao i kvantitativnog proučavanja autorstva, izdavanja i citiranja, koristi bibliometrijska analiza [13]. Ovaj značajni alat u upravljanju znanjem iskorišćen je i u ovom radu za pregled literaturnih podataka putem KOBSON-a [14] i indeksne baze SCOPUS [15].

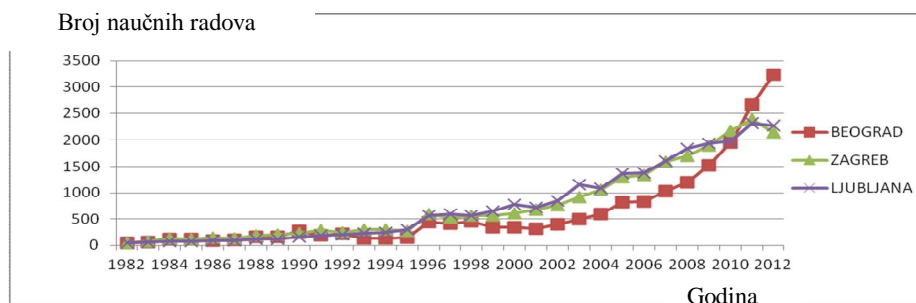
Podaci su sakupljeni početkom jula 2013. godine za tri odabrana univerziteta u regionu – Univerzitet u Beogradu, Sveučilište u Zagrebu i Univerzu v Ljubljani, i to za period od trideset godina – od 1982. do polovine 2013. godine.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Pregled dobijenih rezultata pretrage za period 1982.-2012. godine, koji uključuju ukupni broj naučnih radova publikovanih u međunarodnim časopisima sa impakt faktorom od strane istraživača sa univerziteta u Beogradu, Zagrebu i Ljubljani, dat je u Tabeli 1, a grafička prezentacija na Slici 1.

Tabela 1. Pregled publikovanih naučnih radova u međunarodnim časopisima sa impakt-faktorom za tri ispitivana univerziteta u periodu 1982-2012. god.[12]

Godina	Univerzitet		
	Beograd	Zagreb	Ljubljana
1982.	42	48	44
1983.	56	76	55
1984.	114	124	76
1985.	122	111	76
1986.	93	141	83
1987.	108	131	83
1988.	161	192	119
1989.	151	204	118
1990.	265	226	151
1991.	192	290	179
1992.	213	239	198
1993.	128	301	228
1994.	129	303	239
1995.	143	263	293
1996.	437	591	564
1997.	417	525	596
1998.	458	561	566
1999.	341	559	652
2000.	336	608	773
2001.	314	684	726
2002.	392	756	839
2003.	495	910	1153
2004.	589	1055	1085
2005.	817	1294	1369
2006.	830	1331	1378
2007.	1023	1597	1609
2008.	1197	1696	1836
2009.	1524	1899	1942
2010.	1951	2176	1980
2011.	2661	2384	2315
2012.	3235	2150	2281
Ukupno:	18934	23425	23606

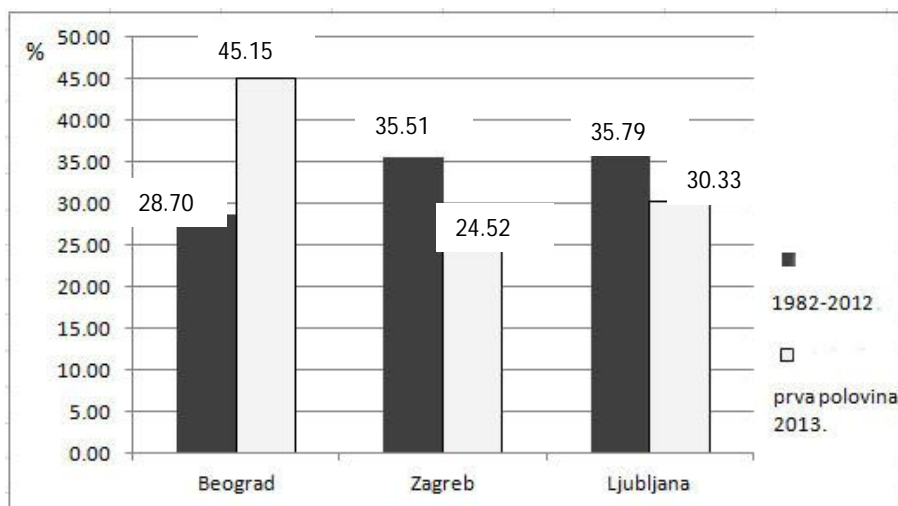


Sl. 1. Trend rasta broja publikovanih naučnih radova u međunarodnim časopisima sa impakt-faktorom za univerzitete u Beogradu, Zagrebu i Ljubljani, period 1982-2012.god. [12]

Najnoviji uporedni rezultati za ispitivana tri univerziteta za prvu polovinu 2013. godine dati su u Tabeli 2. i na Slici 2.

Tabela 2. Broj publikovanih naučnih radova u međunarodnim časopisima sa impakt-faktorom za tri ispitivana univerziteta, period – prva polovina 2013. godine

Univerzitet	Broj publikovanih radova
<i>Beograd</i>	1974
<i>Zagreb</i>	1072
<i>Ljubljana</i>	1326



Sl. 2. Trend rasta broja publikovanih naučnih radova u međunarodnim časopisima sa impakt-faktorom za univerzitete u Beogradu, Zagrebu i Ljubljani, period 1982-2012.god. i prva polovina 2013. godine

Iz opšteg trenda koji se odnosi na ispitivanih trideset godina (Slika 1.), mogu se uočiti tri perioda – period do 1992. godine, period od 1992. godine do 2011. godine, i period posle 2011. godine. U naznačenom prvom periodu do raspada bivše zajedničke države, sva tri univerziteta održavala su ravnomeran trend u publikovanju naučnih radova u međunarodnim časopisima. Period devedesetih donosi blago ‘raslojavanje’ obeleženo skoro duplo većim brojem publikovanih naučnih radova zaposlenih na Univerzi v Ljubljani i Sveučilištu u Zagrebu u odnosu na Univerzitet u Beogradu, dok treći period od zadnjih par godina ukazuje na značajno poboljšanje statusa Univerziteta u Beogradu i vidljiv rastući trend u ovoj oblasti. Ovo se potvrđuje i kroz iskazano procentualno učešće (Tabela 2., Slika 2.), gde se može primetiti da najnoviji rezultati pretrage za prvu polovinu 2013. godine ukazuju na povećanje broja publikovanih radova Univerziteta u Beogradu u poredjenju sa zagrebačkim i ljubljanskim univerzitetom. Ovakav trend je očito u skladu i sa najnovijim pozicioniranjem ispitivana tri univerziteta, koji predstavljaju jedina tri univerziteta u regionu koja se nalaze među petsto najprestižnijih univerziteta u svetu, prema Šangajskoj listi [17].

Publikovanje naučnih radova u međunarodnim časopisima sa impakt faktorom ima jak uticaj na kvalitet akademskih kompetencija, predstavlja snažnu naučnu bazu za kvalitetan savremen nastavni proces, stvara odgovarajuće uslove za dalji razvoj i inovaciju kurikuluma i olakšan proces transfera znanja, i predstavlja ključni indikator upravljanja znanjem na akademskom nivou.

4. ZAKLJUČAK

Za razliku od našeg prethodnog rada [18], u kome je data komparativna analiza akademskih kompetencija kao indikatora upravljanja znanjem na primeru univerziteta u Srbiji, u ovom radu je dat pregled publikovanih radova u međunarodnim časopisima u periodu od 1982-2013. godine za tri univerziteta u regionu - Univerzitet u Beogradu (Srbija), Sveučilište u Zagrebu (Hrvatska) i Univerza v Ljubljani (Slovenija). Uočeno je značajno poboljšanje Univerziteta u Beogradu po ispitivanom pitanju u poslednjih par godina, tako da se tokom 2013. godine ovaj univerzitet nalazi na leaderskoj poziciji u odnosu na druga dva istraživana univerziteta, a što je obeleženo i pozitivnim skokom na Šangajskoj listi u odnosu na prošlu godinu [17].

REFERENCE

- [1] B. Bergeron: *Essentials of Knowledge Management*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003.
- [2] P.Gottschalk: *Strategic Knowledge Management Technology*, Idea Group Publishing, London, 2005.
- [3] S. Aujirapongpan, P. Vadhanasindhu, A. Chandrachai, P. Cooperat: *VINE*, 40 (2) (2010) 183-203.
- [4] A. P. Volpentesta, A. M. Felicetti: *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 349 (2011) 33-44.
- [5] J. C. Di Perna, R. J. Volpe, S. N. Elliott: *School Psychology Review*, 31 (2002) 298-312.
- [6] S. Kyvik: *The academic researcher role: Higher Education*, 65 (4) (2013) 525-538.
- [7] M. Niculović, D. Živković, D. Manasijević, N. Štrbac: *Educational Technology Research & Development*, 60 (3) (2012) 547-559.
- [8] D. Živković, A. Mitovski, Ž. Živković: *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 16 (1) (2012) 127-130.
- [9] M. Arsić, N. Milijić, D. Živković, Ž. Živković, Dj. Nikolić: *Serbian Journal of Management*, 7 (1) (2012) 9-24.
- [10] B. Chen, S. Li.: *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 35 (1) (2010) 208-212.
- [11] M. Sibinović, S. Nikolić: *International May Conference on Strategic Management - IMKSM2013*, 24-26. May 2013, Bor (Serbia), Proceedings (Ed.by Ž. Živković and I.Mihajlović), pp.1148.
- [12] D. Živković, N. Štrbac, M. Sibinović, S. Nikolić: *17th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology"*, TMT 2013, Istanbul, Turkey, Year 17, No.1 (2013), Proceedings, pp.517-520 (ISSN 1840-4944).
- [13] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Bibliometrija>
- [14] <http://kobson.nb.rs/kobson.82.html>
- [15] <http://www.scopus.com/home.url>
- [16] http://kobson.nb.rs/indeksne_baze/indeksne_baze/scopus.76.html
- [17] <http://www.shanghairanking.com/>
- [18] D. Živković, M. Sibinović, S. Nikolić, M. Niculović: *Inovacije i razvoj*, 2 (2013) 5-18.

UPUTSTVO AUTORIMA

Časopis BAKAR izlazi dva puta godišnje i objavljuje naučne, stručne i pregledne radove. Za objavljivanje u časopisu prihvataju se isključivo originalni radovi koji nisu prethodno objavljivani i nisu istovremeno podneti za objavljivanje negde drugde. Radovi se anonimno recenziraju od strane recenzenta posle čega uredništvo donosi odluku o objavljivanju. Rad priložen za objavljivanje treba da bude pripremljen prema dole navedenom uputstvu da bi bio uključen u proceduru recenziranja. Neodgovarajuće pripremljeni rukopisi biće vraćeni autoru na doradu.

Obim i font. Rad treba da je napisan na papiru A4 formata (210x297 mm), margine (leva, desna, gornja i donja) sa po 25 mm, u Microsoft Wordu novije verzije, fontom Times New Roman, veličine 12, sa razmakom 1,5 reda, obostrano poravnat prema levoj i desnoj margini. Preporučuje se da celokupni rukopis ne bude manji od 5 strana i ne veći od 10 strana.

Naslov rada treba da je ispisan velikim slovima, bold, na srpskom i na engleskom jeziku. Ispod naslova rada pišu se imena autora i institucija u kojoj rade. Autor rada zadužen za korespondenciju sa uredništvom mora da navede svoju e-mail adresu za kontakt u fusnoti.

Izvod se nalazi na početku rada i treba biti dužine do 200 reči, da sadrži cilj rada, primenjene metode, glavne rezultate i zaključke. Veličina fonta je 10, italic.

Gljučne reči se navode ispod izvoda. Treba da ih bude minimalno 3, a maksimalno 6. Veličina fonta je 10, italic.

Izvod i ključne reči treba da budu date i na engleski jezik.

Osnovni tekst. Radove treba pisati jezgrovito, razumljivim stilom i logičkim redom koji, po pravilu, uključuje uvodni deo s određenjem cilja ili problema rada, opis metodologije, prikaz dobijenih rezultata, kao i diskusiju rezultata sa zaključcima i implikacijama.

Glavni naslovi trebaju biti urađeni sa veličinom fonta 12, bold, sve velika slova i poravnati sa levom marginom.

Podnaslovi se pišu sa veličinom fonta 12, bold, poravnato prema levoj margini, velikim i malim slovima.

Slike i tabele. Svaka ilustracija i tabela moraju biti razumljive i bez čitanja teksta, odnosno, moraju imati redni broj, naslov i legendu (objašnjenje oznaka, šifara, skraćenica i sl.). Tekst se navodi ispod slike, a iznad tabele. Redni brojevi slika i tabela se daju arapskim brojevima.

Reference u tekstu se navode u ugličastim zagradama, na pr. [1,3]. Reference se prilažu na kraju rada na sledeći način:

[1] B.A. Willis, Mineral Processing Technology, Oxford, Pergamon Press, 1979, str. 35. (za poglavlje u knjizi)

[2] H. Ernst, *Research Policy*, 30 (2001) 143–157. (za članak u časopisu)

[3] www: <http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf> (za web dokument)

Navođenje neobjavljenih radova nije poželjno, a ukoliko je neophodno treba navesti što potpunije podatke o izvoru.

Zahvalnost se daje po potrebi, na kraju rada, a treba da sadrži ime institucije koja je finansirala rezultate koji se daju u radu, sa nazivom i brojem projekta; ili ukoliko rad potiče iz magistarske teze ili doktorske disertacije, treba dati naziv teze/disertacije, mesto, godinu i fakultet na kojem je odbranjena. Veličina fonta 10, italic.

Radovi se šalju prevashodno elektronskom poštom ili u drugom elektronskom obliku.

Adresa uredništva je:

Časopis BAKAR

Institut za rudarstvo i metalurgiju

Zeleni bulevar 35, 19210 Bor

E-mail: nti@irmbor.co.rs ; ana.kostov@irmbor.co.rs

Telefon: 030/454-254; 030/454-108

Svim autorima se zahvaljujemo na saradnji.

INSTRUCTIONS FOR THE AUTHORS

COPPER Journal is published twice a year and publishes the scientific, technical and review paper works. Only original works, not previously published and not simultaneously submitted for publications elsewhere, are accepted for publication in the journal. The papers are anonymously reviewed by the reviewers after that the Editorial decided to publish. The submitted work for publication should be prepared according to the instructions below as to be included in the procedure of reviewing. Inadequate prepared manuscripts will be returned to the author for finishing.

Volume and Font Size. The paper needs to be written on A4 paper (210x297 mm), margins (left, right, top and bottom) with each 25 mm, in the Microsoft Word later version, font Times New Roman, size 12, with 1.5 line spacing, justified to the left and right margins. It is recommended that the entire manuscript cannot be less than 5 pages and not exceed 10 pages.

Title of Paper should be written in capital letters, bold, in Serbian and English. Under the title, the names of authors and their affiliations should be written. Corresponding author must provide his/her e-mail address for contact in a footnote.

Abstract is at the beginning of the paper and should be up to 200 words include the aim of the work, the applied methods, the main results and conclusions. The font size is 10, italic.

Keywords are listed below the abstract. They should be minimum 3 and maximum of 6. The font size is 10, italic.

Abstract and Keywords should be also given in English language.

Basic Text. The papers should be written concisely, in understandable style and logical order that, as a rule, including the introduction part with a definition of the aim or problem of the work, a description of the methodology, presentation of the obtained results as well as a discussion of the results with conclusions and implications.

Main Titles should be done with the font size 12, all capital letters and aligned to the left margin.

Subtitles are written with the font size 12, bold, aligned to the left margin, large and small letters.

Figures and Tables. Each figure and table must be understandable without reading the text, i.e., must have a serial number, title and legend (explanation of marks, codes, abbreviations, etc.). The text is stated below the figure and above the table. Serial numbers of figures and tables are given in Arabic numbers.

References in the text are cited in square brackets, e.g. [1,3]. References are enclosed at the end of the paper as follows:

[1] B.A. Willis, Mineral Processing Technology, Oxford, Pergamon Press, 1979, p. 35. (*for the chapter in a book*)

[2] H. Ernst, *Research Policy*, 30 (2001) 143–157. (*for the article in a journal*)

[3] <http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf> (*for web document*)

Citation of the unpublished works is not preferable and, if it is necessary, as much as possible completed data source should be listed.

Acknowledgement is given, as needed, at the end of the paper and should include the name of institution that funded the given results in the paper, with the project title and number; or if the work is resulted from the master thesis or doctoral dissertation, it should give the title of thesis/dissertation, place, year and faculty/university where it was defended. Font size is 10, italic.

The manuscripts are primarily sent by e-mail or in other electronic form.

Editorial Address: Journal COPPER
Mining and Metallurgy Institute Bor
35 Zeleni bulevar, 19210 Bor
E-mail: nti@irmbor.co.rs; ana.kostov@irmbor.co.rs
Telephone: +381 30/454-254; +381 30/454-108

We are thankful for all authors on cooperation.

SADRŽAJ
CONTENS

L. Gomidželović, D. Živković, A. Kostov, E. Požega TERMODINAMIČKA ANALIZA Au-Ga-Sb SISTEMA POMOĆU RKM MODELA THERMODYNAMIC ANALYSIS OF Au-Ga-Sb SYSTEM BY RKM MODEL	1
A. Milosavljević, A. Kostov, R. Todorović EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEM Ag-In-Sn ECOLOGICAL LEAD-FREE SOLDER Ag-In-Sn	9
S. Đorđević, I. Urošević IZRADA JEDNOSTAVNOG SPEKTROFOTOMETRA OD DELOVA DOSTUPNIH U TRGOVINI BUILDING A SIMPLE SPECTROPHOTOMETER OUT OF PARTS AVAILABLE IN TRADE STORES	17
D. Brodić, V. Anđelović, Z. N. Milivojević UTICAJ IZBORA CENTRALNE TAČKE LOG-POLARNE TRANSFORMACIJE NA PROCENU NAGIBA TEKSTA THE EFFECT OF CENTRE POINT DETERMINATION IN THE LOG-POLAR TRANSFORMATION FOR THE TEXT SKEW ESTIMATION	29
D. Brodić, G. Vukša, V. Tasić, M. Jevtić UPOTREBA MIKROKONTROLERA ZA AKVIZICIJU PODATAKA I REGULACIJU U INDUSTRIJSKIM PROCESIMA MICROCONTROLLER IN DATA ACQUISITION AND CONTROL OF INDUSTRIAL PROCESSES	41
D. Živković, N. Štrbac, M. Sibinović, S. Nikolić AKADEMSKE KOMPETENCIJE KAO INDIKATORI UPRAVLJANJA ZNANJEM - ANALIZA TRENDA PUBLIKOVNIH NAUČNIH RADOVA NA UNIVERZITETIMA U REGIONU U PERIODU OD 1982. DO 2013. GODINE ACADEMIC COMPETENCIES AS KNOWLEDGE MANAGEMENT INDICATORS – ANALYSIS OF SCIENTIFIC PAPERS PUBLICATION TREND AT UNIVERSITIES IN THE REGION IN PERIOD 1982-2013	49
