

2/2-371

(Број захтева)

01.04.2010

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молим, да сходно члану 46. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата: мр Ивана (Мирољуб) Јовановић

КАНДИДАТ: мр Иван (Мирољуб) Јовановић

пријавио је докторску дисертацију под називом:

РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МОДЕЛА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ САСТАВА ШАРЖЕ ЗА ПИРОМЕТАЛУРШКИ ПРОЦЕС ДОБИЈАЊА БАКРА

Из научне области: инжењерски менаџмент

Универзитет је дана 03. 07. 2009. године својим актом под: Број 612-25/117/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која гласи: **РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МОДЕЛА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ САСТАВА ШАРЖЕ ЗА ПИРОМЕТАЛУРШКИ ПРОЦЕС ДОБИЈАЊА БАКРА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

мр Иван (Мирољуб) Јовановић

(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 11.02. 2010. године, одлуком факултета под бр. VI/4-4/12, у саставу:

Име и презиме члана комисије/	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Живан Живковић	ред. проф.	индустријски менаџмент	Технички факултет у Бору
2. Др Предраг Станимировић	ред. проф.	операциона истраживања	Природно-математички факултет у Нишу
3. Др Иван Михајловић	доцент	индустријски менаџмент	Технички факултет у Бору

Научно-наставно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 25. 03. 2010. године.



ЗА Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

На основу члана 44., 81. и 144. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 25.03.2010. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се Реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата **мр Ивана Јовановића**, дипл. инж. инд. менаџмента, под називом: **"РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МОДЕЛА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ САСТАВА ШАРЖЕ ЗА ПИРОМЕТАЛУРШКИ ПРОЦЕС ДОБИЈАЊА БАКРА"**, који је сачинила Комисија у саставу: др Живан Живковић, ред. проф., Технички факултет у Бору – ментор, др Предраг Станимировић, ред. проф., ПМФ у Нишу и др Иван Михајловић, доц. Технички факултет у Бору.

II Одлуку доставити Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду ради давања сагласности на урађени Реферат.

Доставити:

- ВНО техничких наука Универзитета
- кандидату
- досијеу
- а/а

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН
Проф. др Милан Антонијевић



PRIMLJENO: 25.02.2010			
Org. jed.	Broj	Prilog	Vrednost
	VI-5/21		

Univerzitet u Beogradu
TEHNIČKI FAKULTET U BORU
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: **Izveštaj Komisije o urađenoj doktorskoj disertaciji
mr Ivana Jovanovića**

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, od 11.02.2010 godine, imenovani smo u Komisiju za ocenu i odbranu urađene doktorske disertacije kandidata mr Ivana Jovanovića, diplomiranog inženjera industrijskog menadžmenta pod naslovom: „Razvoj i implementacija modela višekriterijumske optimizacije sastava šarže za pirometalurški proces dobijanja Bakra“. Posle pregleda urađene doktorske disertacije i prateće dokumentacije koja nam je dostavljena podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. UVOD

1.1. Naslov i obim disertacije

Naslov doktorske disertacije je „Razvoj i implementacija modela višekriterijumske optimizacije sastava šarže za pirometalurški proces dobijanja bakra“ koja je napisana na V+141 strana, i sastoji se od šest poglavlja.

1.2. Hronologija odobravanja u izradi disertacije

Hronologija odobravanja i izrade disertacije je protekla sedećom dinamikom:

- Dana 30.03.2009.god. Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru podnet je Zahtev za odobrenje teme za izradu doktorske disertacije.
- Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, br. VI-4/28-3/1 od 09.04.2009. godine, imenovana je Komisija za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije.
- Odlukom broj I/2-744, donetoj na sednici Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru održanoj 2.06.2009. godine, prihvaćen je izveštaj Komisije o naučnoj zasnovanosti predloga teme za izradu doktorske disertacije.
- Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na sednici održanoj 3.07.2009.godine donosi Odluku o saglasnosti na predlog teme doktorske disertacije.

1.3. Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Predmet istraživanja doktorske disertacije pripada tehničko-tehnološkoj naučnoj oblasti, užoj naučnoj oblasti inženjerskog menadžmenta.

1.4. Biografski podaci o kandidatu

Kandidat Ivan Jovanović je rođen 22.VIII 1965. u Pirot, R. Srbija, gde je završio osnovnu i srednju školu. Prvi stepen studija je završio na Elektronskom fakultetu u Nišu, čime je stekao zvanje inženjera elektronike. Četvorogodišnje akademske studije završava 2004. god. na Tehničkom fakultetu u Boru na studijskom programu industrijski menadžment, i time je stekao zvanje diplomiranog inženjera industrijskog menadžmenta. Na istom fakultetu u periodu 2004.-2006. god. završava magistarske studije i stiče zvanje magistar tehničkih nauka za oblast industrijski menadžment. Nakon diplomiranja, 2005. god. izabran je u zvanje asistenta – pripravnika na Tehničkom fakultetu u Boru, a nakon magistriranja 2006. god. izabran je u zvanje asistenta na istom Fakultetu za užu naučnu oblast industrijski menadžment. Za sve svreme izvodi vežbe iz sledećih nastavnih predmeta: Operaciona istraživanja, Teorija sistema, Upravljanje kvalitetom, Preduzetništvo.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Struktura i sadržaj disertacije

Disertacija je napisana na V+141 strana i sastoji se od deset celina i to: Rezime, Sadržaj, šest Glava, Literatura, Indeks pojmova. Naziv Glava je: Uvod, Metodi za rešavanje modela LP, Sastavljanje matematičkih modela za problem mešavine, Implementacija postavljenih matematičkih modela, Pregled numeričkih rezultata, Zaključak. U disertaciji je ilustrovano 34 slika i 82 tabele.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U prvoj glavi se daju uvodne napomene o doktorskoj disertaciji, i to u vezi predmeta istraživanja doktorske disertacije, značaja i složenosti predmeta istraživanja, ciljevima istraživanja, složenosti pojava koje su predmet istraživanja, hipotezama istraživanja i očekivani naučni doprinos, metodama istraživanja. Nakon toga su ukratko date opšte napomene o operacionim istraživanjima i linearnom programiranju.

U drugoj glavi doktorske disertacije se najpre diskutuje o opštem obliku problema linearnog programiranja (LP) i njegovim osnovnim karakteristikama. Zatim su u osnovnim napomenama opisani matematički metodi koji se koriste za rešavanje problema LP, kao što su grafički metod, simpleks metod, dualni metod, primal-dual metod unutrašnje tačke. Nakon toga su naznačeni metodi koji se koriste kod višekriterijumske optimizacije: metod težinskih koeficijenata, hijerarhijski metod, leksikografski metod, metod ε ograničenja, kao i metod ciljnog programiranja. Opisana su i dva metoda za višekriterijumsku analizu, metod ELECTRE i PROMETHEE, pomoću kojih se vrši rangiranje skupa alternativa (koncentrata). Svaki navedeni matematički metod praćen je odgovarajućim citatima literatura, gde se mogu pronaći njihovi detalji. U pretposlednjoj sekciji ove glave naznačene su glavne prednosti simboličke primene programskog jezika MATHEMATICA u odnosi na tradicionalnu

primenu proceduralnih programskih jezika. U poslednjoj sekciji su prikazane mogućnosti programskog paketa MATHEMATICA u ulozi sistema za podršku kod odlučivanja (SPO).

U trećoj glavi je najpre dat opšti pregled literature gde se izučava problem sastava mešavine. Zatim je opisan matematički model problema za oba slučaja: proizvodnja jednog proizvoda od više sirovina i proizvodnja više proizvoda od više sirovina. Nakon toga je opisan problem sastava mešavine koji se javlja u proizvodnji bakra. U posebnim sekcijama je prikazano proširenje poznatog matematičkog modela i njegovo prilagođenje konkretnom zadatku za studiju slučaja RTB Bor. Izrađeni su matematički modeli za tri scenarija. Prvi scenario predstavlja poslovne aktivnosti koje se odvijaju kao lon-poslovi. Drugi scenario, pored lon-poslova, formira nabavnu cenu koncentrata uračunavaju „penale“ za prisustvo štetnih sastojaka u njima. U trećem scenariju se pored lon-poslova i „penala“ za štetne komponente, u nabavnu cenu koncentrata uračunavaju i „bonusi“ za prisustvo sumpora. Sva tri scenarija razrađena su za dva slučaja; u prvom se razmatra 5 različitih tipova koncentrata koji gravitiraju prema topionici bakra u Boru, a u drugom se analizira 14 različitih koncentrata koji su raspoloživi na tržištu. Nakon toga su postavljeni matematički modeli za primenu metoda višekriterijumske optimizacije, bazirani na ograničenjima koja su definisana u predhodnim celinama. Na kraju, definisan je matematički model za višekriterijumsko rangiranje primenom PROMETHEE metode.

Implementacija jednokriterijumskog i višekriterijumskog modela u programskom jeziku MATHEMATICA, upotrebom standardne funkcije *Maximize* iz paketa, je urađena u četvrtoj glavi disertacije. Implementacija je urađena za sva tri scenarija i oba slučaja studije (za 5 i za 14 koncentrata).

Takođe, u cilju implementacije svih scenarija kao i oba slučaja studije, upotrebljena je implementacija primal-dual metoda unutrašnje tačke. Predstavljen je kompletan kôd pomoćnih i glavnih funkcija primal-dual algoritma. Opisani su najvažniji implementacioni detalji. Rezultati dobijeni primenom funkcije *Maximize* su upoređeni sa rezultatima koji su dobijeni implementacijom primal-dual metoda unutrašnje tačke. Ovakvo poređenje rezultata je interesantno zato što je funkcija *Maximize* iz paketa MATHEMATICA bazirana na metodama nelinearnog programiranja, dok je primal-dual metod unutrašnje tačke zasnovan na metodama linearnog programiranja.

Deo rezultata iz ovog poglavlja je verifikovan u naučnom radu koji je prihvaćen za štampu:

P. S. Stanimirović, N. V. Stojković, I. M. Jovanović, *Symbolic implementation of interior point method for linear programming problem*, International Journal of Computer Mathematics, DOI 10.1080/00207160902721789.

Zatim je izvršena implementacija nekih metoda za višekriterijumsku optimizaciju, kao što su metod težinskih koeficijenata, leksikografski metod i metod ciljnog programiranja. Napisana je funkcija kojom se može proveriti da li je dobijeno rešenje Pareto optimalno. Ova implementacija je upotrebljena da se reše neki matematički

modeli višekriterijumske optimizacije kojima se modelira pirometalurški proces dobijanja Bakra. Naime, problem mešavine uopšte, a posebno pirometalurški proces, podrazumevaju međusobno kontradiktorne procese. Preciznije, sa jedne strane tog procesa je težnja za što većim profitom, dok je sa druge strane prisutna ekološka dimenzija problema. U najvećem broju slučajeva ne mogu se dobiti idealna rešenja, već samo Pareto optimalna rešenja. U radu se eksperimentiše sa različitim ciljnim funkcijama kao i sa različitim tipovima ograničenja.

U poslednjoj sekciji ove glave izvršeno je rangiranje koncentrata (alternativa) koje je bazirano na implementaciji PROMETHEE metoda koja se nalazi u softverskom paketu Decision Lab 2000. Na osnovu rezultata rangiranja formirani su linearni matematički modeli čije je optimalno rešenje dobijeno pomoću softverskog paketa LINDO. Ovi rezultati su verifikovani objavljivanjem naučnog rada

Dj. Nikolić, I. Jovanović, I. Mihajlović, Ž. Živković, *Multi-criteria ranking of copper concentrates according to their quality – An element of environmental management in the vicinity of copper – Smelting complex in Bor, Serbia*, Journal of Environmental Management 91 (2009), 509–515.

Rezultati numeričkog eksperimentalnog istraživanja su prikazani u petoj glavi disertacije, koji su dobijeni korišćenjem programskih paketa i tehnika opisanih u prethodnim glavama. Rađena su tri numerička eksperimenta: prvi; kada se u osnovni matematički model uključe i prate ograničenja za bakar, drugi; kada se u osnovni model uključe ograničenja za bakar, sumpor i arsen, i treći; kada se u matematičkom modelu uključe sva ograničenja, i za korisne i za štetne elemente koncentrata. Tabelarnim prikazom ali i velikim brojem grafičkih ilustracija dat je celovit prikaz eksperimentalnih numeričkih rezultata, urađenih za sva tri scenarija i oba slučaja. Takode, predstavljeni su rezultati koji su dobijeni primenom primal-dual metoda unutrašnje tačke, kao i rezultati koji su dobijeni primenom nekih od metoda za višekriterijumsku analizu i ciljno programiranje.

Urađeno je i kompletno rangiranje koncentrata bakra primenom PROMETHEE-GAIA metoda korišćenjem softverskog paketa Decision Lab 2000. Na osnovu rezultata čistih tokova alternativa, korišćenjem metode PROMETHEE V i softverskog paketa LINDO urađena je i optimizacija za oba slučaja studije.

U poslednjoj sekciji ove glave izvršeno je upoređivanje dobijenih rezultata i doneti su odgovarajući zaključci.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost, originalnost i značaj

Problemi sastva mešavine karakteristični su za oblast metalurgije, neorganske tehnologije, u petrohemiji, kod proizvodnje uglja, ali se slični problemi mogu sresti i u drugim privrednim granama. Problem izbora sastava mešavine, u opštem slučaju, svodi se na sledeće: od više vrsta sirovina potrebno je da se proizvede jedan proizvod ili veći broj različitih proizvoda. U sirovinama se nalaze razni elementi (sastojci). Ti elementi svojim prisustvom određuju kvalitet gotovog proizvoda. Pri tome može biti određena

minimalna količina nekih elemenata (za korisne elemente), odnosno maksimalna količina nekih elemenata (za štetne elemente), u gotovom proizvodu. Sirovine koje se koriste za proizvodnju nabavljaju se po različitim cenama, pa se problem svodi na određivanje količina pojedinih sirovina koje će biti upotrebljene za proizvodnju gotovog proizvoda odgovarajućeg kvaliteta, ali tako da profit proizvodnje, predstavljen kao razlika između zarade od prodaje korisnih proizvoda i troškova nabavke sirovina, bude maksimalan.

U disertaciji je razvijen model za dobijanje više proizvoda upotrebom većeg broja koncentrata. Osnovna ideja doktorske disertacije je razvijanje i primena modela jednokriterijumske i višekriterijumske optimizacije za konkretan problem sastava šarže u procesu dobijanja bakra. U ovom slučaju, poznati matematički modeli su prošireni i prilagođeni uvođenjem nekih specifičnih ograničenja koji proizilaze iz procesa proizvodnje. Jedno od takvih ograničenja može da bude minimalni procenat sadržaja bakra u šarži. Naime, standardi u proizvodnji bakra nameću njegovu optimalnu koncentraciju u šarži između 21% i 25%. Može se zahtevati da proizvodni proces bude pokrenut samo ukoliko su uslovi takvog tipa ispunjeni. Osim toga, tehnološki progres u oblasti proizvodnje obojenih metala neminovno je doveo do prekomerne emisije štetnih gasova u atmosferu. Strogo poštovanje standarda neminovno nalaže da se primenjuju novi tehnološki postupci i nove metode sa ciljem da se proizvodnja odvija prema ekološkim normativima. U radu je dokazana polazna pretpostavka da se izborom i mešanjem različitih koncentrata bakra može sastaviti takva šarža koja sadrži manju količinu štetnih sastojaka od propisanih vrednosti. Na ovaj način se daljim, uobičajenim, postupkom dobijanja bakra znatno utiče na smanjenje emisije štetnih gasova u atmosferu. Pored ekološke dimenzije, prilikom sastavljanja modela vodilo se računa i o profitabilnosti proizvodnog procesa, pa je u tom smislu predloženo nekoliko scenarija za nabavku i kupovinu koncentrata na tržištu.

Formirani matematički modeli su rešavani primenom poznatih metoda linearnog programiranja kao što su simpleks metod ili primal-dual metod unutrašnje tačke. U radu su formirani različiti matematički modeli u kojima učestvuje veći broj ciljnih funkcija. Takva istraživanja pripadaju oblasti višekriterijumske optimizacije. Upotrebljeni su različiti metodi višekriterijumske optimizacije, kao što su metod težinskih koeficijenata, leksikografski metod i ciljno programiranje.

Posebna pažnja je posvećena implementaciji razvijenih matematičkih modela linearnog programiranja, pre svega u programskom jeziku MATHEMATICA. Upotrebljeni su i prilagođeni softveri koji su opisani u publikovanim radovima. Pre svega, upotrebljena je implementacija simpleks metoda i primal-dual metoda unutrašnje tačke u programskom jeziku MATHEMATICA. Dobijeni rezultati su upoređeni sa rezultatima koji se dobijaju primenom standardne MATHEMATICA funkcije *Maximize*. Takođe, upotrebljen je i softver za implementaciju metoda višekriterijumske optimizacije. Formirani su matematički modeli za ciljne funkcije koje su dobijene korišćenjem čistih tokova nakon primene PROMETHEE II metoda koja je implementirana u softverskom paketu Decision Lab 2000. Optimizacija je urađena korišćenjem programskog paketa LINDO.

Na osnovu svega rečenog, može se zaključiti da su rezultati dostignuti u disertaciji savremeni i originalni. O tome svedoči i veći broj referentnih jedinica iz kojih su rezultati dobijeni kao i savremeni softverski alati koji se koriste u implementacijama.

Rezultati doktorske disertacije su originalni, kao i implementacija koja je korišćena za sprovođenje numeričkih eksperimenata. Kao takvi, oni predstavljaju značajan teorijski i praktičan doprinos u razvoju naučne misli koja se odnosi na problem sastava mešavine, na probleme jednokriterijumske i višekriterijumske optimizacije kao i na proces višeatributivnog odlučivanja.

Rezultati su dobijeni na osnovu realnih podataka, te su kao takvi primenljivi u privrednoj praksi. Uz manje izmene, dobijeni rezultati se mogu primeniti na proizvoljni problem sastava mešavine.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Disertacija koristi literaturu koja se sastoji od 221 referentne jedinice. Navedena literatura je adekvatna, kompletno pokriva razmatranu problematiku, ali i savremena.

Najvažnije reference, koje su direktno podstakle istraživanja u disertaciji, nalaze se u većem broju radova i monografija koji se odnose na problem mešavine, kao što su:

- [1] U. Sami Sakalli, B. Birgoren, *A spreadsheet-based decision support tool for blending problems in brass casting industry*, Computers & Ind. Engineering **56** (2009), 724–735.
- [2] Chiun-Ming Liu, Hanif D. Sherali, *A coal shipping and blending problem for an electric utility company*, Omega **28** (2000), 433-444.
- [3] J. Lyu, A. Gunasekaran, C. Y. Chen and C. Kao, *A goal programming model for coal blending problem*, Computers & Ind. Enging. **28** (1995) 861-868.
- [4] J. Ristić, L. Tripčeva-Trajkovska, I. Rikaloski, L. Markovska, *Optimization of refinery products blending*, Bulletin of the Chemist and Technologies of Macedonia, **18** (1999), 171-178.
- [5] A. Albadvi, S.K. Chaharsooghi, A. Esfahanipour, *Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE*, European Journal of Operational Research, 177 (2007), 673-683.
- [6] Stojković, N.V., Stanimirović, P.S., Petković, M.D., *Modification and implementation of two-phase simplex method*, International Journal of Computer Mathematics, **86** (2009), 1231-1242.
- [7] Stanimirović, P.S. and Stanimirović, I.P., *Implementation of polynomial multi-objective optimization in MATHEMATICA*, Structural and Multidisciplinary Optimization **36** (2008), 411-428.

3.3. Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

Za uspešnu realizaciju ciljeva istraživanja i potvrđivanja postavljene hipoteze u doktorskoj disertaciji korišćene se opšte i posebne metode logičkog rasuđivanja i naučnog saznanja. Od opštih metoda naučnog istraživanja su korišćene metode: analiza i sinteza, apstrakcija i konkretizacija, generalizacija i specijalizacija, komparacija, induktivno i deduktivno zaključivanje.

Pored opštih metoda istraživanja korišćene su posebne i pojedinačne naučne metode, koje proizilaze iz specifičnosti postavljenog predmeta i cilja istraživanja. Izbor specifičnih naučnih metoda prvenstveno je bio određen činjenicom da postoje tri najopštija alata u rešavanju problema linearnog programiranja: modeli, algoritmi, i kompjuteri i softveri. Korišćene su sledeće metode:

- Matematičko modeliranje. Formiraju se jednokriterijumski i višekriterijumski matematički modeli koji odgovaraju postavljenim zadacima i ciljevima istraživanja. Izrada matematičkih modela u disertaciji je prilagođena konkretnom problemu.
- Numerički eksperiment. Eksperimentalna provera rezultata je vršena na realnim problemima pomoću softvera koji je napisan u cilju rešavanja postavljenih matematičkih problema kao i pomoću softvera koji je dostupan.
- Grafička prezentacija dobijenih rezultata.
- Statistika – statistička obrada dobijenih rezultata.

Za uspešnu realizaciju predmet istraživanja primenjene su i specifične naučne metode:

- Metode linearnog programiranja – simpleks metod, primalno-dualni metod unutrašnje tačke, metodi višekriterijumske optimizacije.
- Upotreba programskog jezika MATHEMATICA. Poznato je da MATHEMATICA pripada grupi primarnih softvera za numerička, simbolička i grafička izračunavanja i vizualizaciju. Ona predstavlja programski jezik vrlo visokog nivoa, koji je adaptivan za različite oblasti primene u matematici. Uključuje aritmetiku proizvoljne preciznosti kao i tačna numerička izračunavanja, simbolička izračunavanja, grafiku, zvuk – sve zajedno integrisano u paket koji je jednostavan za upotrebu.
- Upotreba softverski paketa LINDO i Decision Lab 2000.

3.4. Ocena primenjivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Svi rezultati u doktorskoj disertaciji su inspirisani proizvodnom praksom kao i podacima koji su iz nje dostupni. Na osnovu toga, rezultati dobijeni u disertaciji su primenljivi kako za pirometalurški proces dobijanja bakra tako i za bilo koji proizvodni proces u kome se pojavljuje problem mešavine. Jednokriterijumska i višekriterijumska optimizacija kao i višekriterijumsko rangiranje koje je definisano u radu predstavlja snažan alat za podršku odlučivanja kao i za formiranje optimalnog sastava koncentrata.

3.5. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kroz urađenu doktorsku disertaciju kao i učešćem u naučnim radovima kandidat je pokazao sposobnost za samostalni naučni rad. Komisija smatra da je kandidat osposobljen za samostalan naučni rad kao i za aktivno učešće u timskom radu. Dosadašnji naučno-istraživački rad kandidata mr Ivana Jovanovića pokazao je da je on uspešan naučni radnik i istraživač čiji su kvaliteti verifikovani kroz samostalan ili timski rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Osnovni doprinos ovog rada sastoji se u sledećem:

- Uopšteni su i prilagođeni već postojeći matematički modeli, uzimanjem u obzir različita specifična ograničenja koja se javljaju u konkretnoj proizvodnoj praksi.
- Urađena je implementacija razvijenih matematičkih modela u programskom jeziku MATHEMATICA. Implementacija je specifična jer se bazira na mogućnostima simboličkog procesiranja podataka i upotrebi funkcija višeg reda.
- Zahvaljujući implementaciji, urađen je veliki broj numeričkih eksperimenata, što je omogućilo komparativnu analizu dobijenih numeričkih rezultata za različite vrednosti parametara u matematičkom modelu.
- Urađena je i komparativna analiza rezultata sa rezultatima dobijenim poznatim matematičkim modelima.
- Sastavljeni su višekriterijumski modeli za optimizaciju sastava mešavine.
- Sastavljena su nekoliko scenarija za određivanje nabavne cene koncentrata na tržištu. Time se ostvarila pomoć menadžmentu kod donošenja odluke za njegovu kupovinu.
- Izučavan je problem donošenja odluke u uslovima postojanja većeg broja alternativa kao i većeg broja različito vrednovanih kriterijuma.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Urađenu doktorsku disertaciju karakteriše veliki broj dobijenih rezultata. Realno se očekuje da će rezultati, kako teorijski tako i praktični, biti dopunjeni u budućem radu kandidata.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi

Rezultati do kojih je došao autor su praktični i primenljivi. Realno je očekivati da će rezultati objavljeni u disertaciji kao i u naučnim radovima kandidata naći primenu u proizvodnji.

4.4. Verifikacija naučnih doprinosa kroz objavljene radove u časopisima

Doktorska disertacija je nastala posle višegodišnjeg istraživanja na Tehničkom fakultetu u Boru Univerziteta u Beogradu i Prorodno-matematičkom fakultetu u Nišu, Univerziteta u Nišu. Rad je nastao kao plod višegodišnje međusobne saradnje autora, mentora i ko-mentora. Priloženi materijal je praćen obimnom citiranom literaturom kao i originalnim rezultatima. O tome svedoče dva objavljena rada u vodećim međunarodnim časopisima čiji su rezultati uklopljeni u ovu disertaciju:

1. Dj. Nikolić, **I. Jovanović**, I. Mihajlović, Ž. Živković, *Multi-criteria ranking of copper concentrates according to their quality – An element of environmental management in the vicinity of copper – Smelting complex in Bor, Serbia*, Journal of Environmental Management 91 (2009), 509–515.[ISSN : 0301-4797; **SCI**; **JCR** – IF = 1,794]
2. P. S. Stanimirović, N. V. Stojković, **I. M. Jovanović**, *Symbolic implementation of interior point method for linear programming problem*, International Journal of Computer Mathematics,[ISSN:0020-7160;**JCR**-IF=0,308]
DOI 10.1080/00207160902721789.

Takođe, dva rada koja su proistekla prilikom izrade disertacije se nalaze na recenzijama u vodećim međunarodnim časopisima, sa SCI liste, dok su neki radovi u pripremi.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

U disertaciji kandidata mr Ivana Jovanovića ugrađen je veći broj originalnih rezultata kao i uopštenje nekih poznatih rezultata. Rezultati disertacije su savremeni i primenljivi. Metode koje su primenjene su savremene. Upotrebljen je veći broj softverskih paketa i napisan veći broj originalnih implementacija. To je omogućilo efikasno testiranje napisanih algoritama i matematičkih modela. Urađena doktorska disertacija po predmetu istraživanja, ciljevima, sadržaju i očekivanim naučnim doprinosima, predstavlja značajno uopštenje postojećih rezultata. Tome u prilog govore i rezultati koji su već publikovani kao i oni koji tek treba da budu publikovani iz ove disertacije.

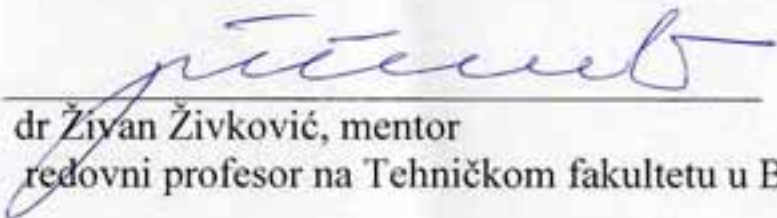
Na osnovu pregledane doktorske disertacije, Komisija za ocenu urađene doktorske disertacije, zaključuje da kandidat mr Ivan Jovanović ispunjava sve zakonske i ostale uslove za odbranu doktorske disertacije. Takođe, Komisija zaključuje da je urađena disertacija napisana prema svim standardima u naučno-istraživačkom radu kao i da

ispunjava sve uslove predviđene Zakonom o viskom obrazovanju, Standardima za akreditaciju kao i Statutom Tehničkog fakulteta u Boru Univerziteta i Beogradu.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da prihvati pozitivan izveštaj o uradjenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Ivana Jovanovića pod nazivom: „*Razvoj i implementacija modela višekriterijumske optimizacije sastava šarže za pirometalurški proces dobijanja Bakra*“, i da isti uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti Tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu , a da nakon toga kandidata pozove na javnu odbranu.

U Boru, 16. 02.2010.godine

POTPISNICI IZVEŠTAJA – KOMISIJA



dr Živan Živković, mentor
redovni profesor na Tehničkom fakultetu u Boru



dr Predrag Stanimirović, ko-mentor
redovni profesor PMF-a u Nišu



dr Ivan Mihajlović, član
docent na Tehničkom fakultetu u Boru