

Факултет: Рударско-геолошки
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
(Назив већа научних области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст.5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Мр Саше (Славиша) Стојадиновића, дипл. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ Мр Саша (Славиша) Стојадиновић, дипл. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„СПРЕГА НЕУРОНСКИХ МРЕЖА И НУМЕРИЧКИХ МОДЕЛА ЗА ДЕФИНИСАЊЕ СИГУРНИХ РАСТОЈАЊА КОД РАЗЛЕТАЊА

КОМАДА ПРИ МИНИРАЊУ“

Научна област: Рударство

Универзитет је дана 04.06.2012. године својим актом под бр. 02 Број: 06-18938/22-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„СПРЕГА НЕУРОНСКИХ МРЕЖА И НУМЕРИЧКИХ МОДЕЛА ЗА ДЕФИНИСАЊЕ СИГУРНИХ РАСТОЈАЊА КОД РАЗЛЕТАЊА

КОМАДА ПРИ МИНИРАЊУ“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата

Мр Саше (Славиша) Стојадиновића, дипл. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 23.05.2013. год. , одлуком факултета под бр. 1/126 , у саставу:

Име и презиме члана комисије

звање

научна област

1. др Никола Лилић, ред. проф. Заштита на раду и заштита животне средине

2. др Иван Обрадовић, ред. проф. Математика и информатика

3. др Радоје Пантовић, ван. проф. Универзитета у Београду – Технички факултет у Бору Рударство и геологија

4. Др Миодраг Денић, доц. Универзитета у Београду-Технички факултет у Бору Рударство и геологија

5.

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 20.06.2013. .

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

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 примедба било.

Проф. др Иван Обрадовић

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 20.06.2013. године, сходно члану 175. став 4. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **мр Саше Стојадиновића**, дипл. инж. рударства, под насловом *"Спрега неуронских мрежа и нумеричких модела за дефинисање сигурних растојања код разлетања комада при минирању"*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 04.06.2012. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - S. Stojadinovic, M. Zikic, R. Pantovic, Prediction of flyrock trajectories for forensic applications using ballistic flight equations. Int J Rock Mech Mining Sci, 48 (7) (2011), 1086 – 94 [ISSN: 1365-1609; IF(2011)=1,272;
 - S. Stojadinović, N. Lilić, R. Pantović, M. Žikić, M. Denić, V. Čokorilo, I. Svrkota, D. Petrović, A new model for determining flyrock drag coefficient. Int J Rock Mech Mining Sci, Vol. 62 (2013) pp. 68–73, [ISSN: 1365-1609; IF(2011)=1,272.
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Никола Лилић, ред. проф.; др Иван Обрадовић, ред. проф.; др Радоје Пантовић, ванр. проф. Универзитета у Београду – Технички факултет у Бору; др Миодраг Денић, доц. Универзитета у Београду – Технички факултет у Бору.
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Д Е К А Н

др Иван Обрадовић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

UNIVERZITET U BEOGRADU
Rudarsko Geološki fakultet
Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta

Predmet: Izveštaj Komisije o urađenoj doktorskoj disertaciji mr Saše Stojadinovića

Odlukom Nastavno-naučnog veća br. 1/126 od 23.05.2013. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Saše Stojadinovića pod nazivom: “Sprega neuronskih mreža i numeričkih modela za definisanje sigurnih rastojanja kod razletanja komada pri miniranju”. Posle pregleda urađene doktorske disertacije i prateće dokumentacije koja nam je dostavljena podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

1. UVOD

1.1. Naslov i obim disertacije

Naslov doktorske disertacije kandidata mr Saše Stojadinovića je „Sprega neuronskih mreža i numeričkih modela za definisanje sigurnih rastojanja kod razletanja komada pri miniranju“. Predmetna disertacija je napisana u obimu od 135 strana sa 14 tabela, 67 slika, 49 literaturnih citata i organizovana je u devet poglavlja.

1.2. Hronologija odobravanja u izradi disertacije

Hronologija odobravanja u procesu izrade doktorske disertacije protekla je sledećom dinamikom:

- Dana 08.03.2012. god. Nastavno - naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta podnet je zahtev za odobrenje teme doktorske disertacije,
- Odlukom Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta br. 1/54 od 22.03.2012. godine imenovana je Komisija za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene teme za izradu doktorske disertacije.
- Odlukom br. 1/65 od 26.04.2012., na sednici Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta, prihvaćen je Izveštaj o naučnoj zasnovanosti predložene teme za izradu doktorske disertacije.
- Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, na sednici održanoj 04.06.2012. godine, donelo je odluku o saglasnosti na predlog teme za izradu doktorske disertacije (br. 06-18938/22-12).
- Nastavno – naučno veće Rudarsko Geološkog fakulteta na sednici održanoj 23.05.2013. godine, odlukom br. 1/126 imenovalo je Komisiju za ocenu i odbranu doktorske disertacije, koja u ovoj formi podnosi svoj Izveštaj.

1.3. Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji pripada polju tehničko-tehnoloških nauka, naučnoj oblasti Rudarsko inženjerstvo.

1.4. Biografski podaci o kandidatu

Kandidat mr Saša Stojadinović, dipl. inž. rudarstva je rođen 31.07.1976. godine u Aleksincu gde je završio osnovnu školu (1991) i Gimnaziju (1995). Studije rudarstva, smer za ELMS na Tehničkom Fakultetu u Boru upisuje 1995. godine a diplomira septembra 2001. godine uspešnom odbranom diplomskog rada pod naslovom „**Izmena tehnologije odlaganja otkrivke u otkopani prostor površinskog kopa Bor**“. Studije završava sa prosečnom ocenom 8,63 i ocenom 10 na diplomskom radu.

Novembra 2001. godine biva angažovan na izvođenju dela vežbi na predmetima Tehnologija površinske eksploatacije i Mašine i uređaji u ELMS, a decembra iste godine zasniva stalni radni odnos na Tehničkom fakultetu u Boru i biva izabran u zvanje asistent-pripravnik.

Juna 2006. godine polaže stručni ispit iz oblasti rudarstva (uverenje broj 4647/R).

Jula 2009. godine uspešno brani magistarsku tezu pod naslovom „**Seizmički efekti miniranja na površinskim kopovima i zaštita objekata od njihovog dejstva**“. Odlukom Izbornog veća Tehničkog fakulteta u Boru novembra 2009. godine biva izabran u zvanje Asistenta.

U toku rada na Fakultetu aktivno učestvuje u naučno istraživačkim projektima Rudarskog odseka i Katedre za površinsku ELMS kao i u izradi i tehničkoj kontroli projekata za potrebe privrede.

Autor je ili koautor većeg broja naučnih radova objavljenih u međunarodnim i nacionalnim časopisima ili saopštenih na nacionalnim i međunarodnim skupovima.

Rešenjem ministra broj 740-05-02228/2010-3 od 07.07.2011. imenovan za sudskog veštaka za oblast rudarstvo i geologija.

Govori engleski jezik i služi se francuskim.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Struktura i sadržaj disertacije

Disertacija je napisana na 135 stranica teksta koji je organizovan u devet poglavlja i to: 1. Uvodna razmatranja, 2. Razletanje komada pri miniranjima na površinskim kopovima, 3. Pregled i analiza dosadašnjih istraživanja, 4. Osnovne postavke neuro-numeričke sprege i teorijska osnova, 5. Terenska istraživanja, 6. Kreiranje i obuka adaptivnih sistema, 7. Implementacija i verifikacija sprege neuronskih mreža i numeričkih modela za definisanje sigurnih rastojanja, 8. Zaključak i 9. Literatura.

2.2. Kratak prikaz pojedinih poglavlja

U prvom poglavlju daju se uvodne napomene o problemu razletanja komada pri miniranjima, govori se o polaznim hipotezama i cilju istraživanja kao i o primenjenim metodama istraživanja.

U okviru drugog poglavlja autor detaljnije obrađuje problem razletanja komada pri miniranju. Poglavlje sadrži osnovne definicije, objašnjenja terminologije koja se koristi u disertaciji kao i pregled domaće i inostrane zakonske regulative koja reguliše problem razletanja komada. U okviru ovog poglavlja autor obrađuje i faktore koji utiču na pojavu razletanja kao i uslove koji dovode do razletanja.

U trećem poglavlju daje se pregled dosadašnjih istraživanja na temu razletanja komada pri miniranju. Pregled dosadašnjih istraživanja počinje sa prvim istraživanjima i prati razvoj istraživanja i različite pristupe. Autor kritički analizira rezultate istraživanja i predložena rešenja i ukazuje na nedostatke kako pojedinačnih pristupa tako i konkretnih rezultata i preporuka.

Četvrto poglavlje daje teorijske osnove predloženog novog pristupa definisanja razletanja komada i sigurnih rastojanja pri miniranju. Autor daje osnovne postavke neuro-numeričke sprege i obrazlaže ciljeve njenog formiranja. U okviru teorijskih osnova numeričkog dela sprege autor objašnjava fizičke zakonitosti balističkog leta razletelih komada, prikazuje način formiranja diferencijalnih balističkih jednačina i definiše načine njihovog rešavanja. U okviru teorijskih osnova neuronskih mreža autor objašnjava principe funkcionisanja neuronskih mreža, tipove mreža i osnovne paradigme treninga mreža. Takođe se daju obrazloženja odluka o izboru konkretnih arhitektura mreža kreiranih u toku rada kao i principi definisanja dozvoljenih grešaka.

U petom poglavlju autor opisuje terenska istraživanja sprovedena u cilju prikupljanja realnih podataka. U okviru ovog poglavlja daje se detaljan opis i specifikacija podataka neophodnih za istraživanje kao i način prikupljanja svakog od navedenih podataka. Posebna pažnja posvećena je metodologiji određivanja početne brzine razletelih komada kao i novom pristupu za definisanje koeficijenta otpora vazduha.

Šesto poglavlje obrađuje načine kreiranja adaptivnih sistema i prikazuje detaljna objašnjenja procesa njihove obuke i validacije. Posebna pažnja poklanja se definisanju dozvoljene greške sistema kao i izboru najboljeg rešenja. Na kraju poglavlja objašnjava se princip pripreme obučanih adaptivnih sistema za dalje korišćenje unutar aplikacija razvijenih nezavisnim softverskim rešenjima.

U sedmom poglavlju autor objašnjava spregu numeričkih modela i neuronskih mreža. Poseban osvrt se daje na način verifikacije predložene neuro-numeričke sprege i na mogućnosti rešavanja različitih inženjerskih problema vezanih za razletanje komada primenom predložene sprege ili njenih pojedinačnih modula. Takođe se definiše i način određivanja sigurnih rastojanja primenom faktora sigurnosti čije je određivanje posebno objašnjeno.

Zaključak daje retrospektivu sprovedenog istraživanja i ističe prednosti neuro-numeričke sprege u odnosu na pristupe koji su sada u primeni. Autor pri tome ističe i određene nedostatke neuro-numeričke sprege ali i načine za njihovo prevazilaženje.

U devetom poglavlju u spisku literature navodi se 49 literaturnih citata uglavnom iz časopisa sa SCI liste. Najveći broj među njima je publikovano u zadnjih nekoliko godina što ukazuje na aktuelnost istraživanja.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost, originalnost i značaj

Razleteli komadi pri miniranju predstavljaju ozbiljnu pretnju po sigurnost ljudstva, mehanizacije i objekata u blizini minskih serija kako u rudarstvu tako i u građevinskoj industriji. Iz tog razloga istraživanja ovog problema ne gube na aktuelnosti ni danas. Numeričko modeliranje pojava i procesa u cilju predviđanja ishoda u novije vreme postaje sve aktuelnije. Takođe, raste popularnost primene adaptivnih sistema u svim granama nauke i tehnike. U tom smislu, i sa aspekta problema koji obrađuje i sa aspekta metodološkog pristupa istraživanju disertacija mr Saše Stojadinovića svakako je savremena.

Originalnost disertacije ogleda se u novom načinu posmatranja veze parametara miniranja i dometa razletelih komada. Naime, autor ukazuje na nedostatke uspostavljanja direktnih zavisnosti parametara miniranja i dometa razletelih komada zbog činjenice da uticaj parametara miniranja na razleteli komad prestaje onog trenutka kada razleteli komad napusti masiv. Od tog trenutka razleteli komad prati balističku putanju i pod uticajem je spoljašnjih sila otpora. Originalnost disertacije leži u činjenici da je autor prepoznao početnu brzinu razletelih komada kao granični, to jest početni parametar leta razletelog komada ali i kao, takođe granični ali konačni, parametar međusobnih interakcija eksploziva i stenske mase. Budući da početna brzina predstavlja parametar preko kojeg je moguće opisati uslove koji vladaju tokom rušenja stenske mase ali i uslove u toku leta razletelih komada logičan je bio zaključak da početna brzina predstavlja vezu parametara miniranja i maksimalnog dometa razletelih komada. Autor je takođe uvideo mogućnost primene adaptivnih sistema za opisivanje interakcija eksploziva i stenske mase kao i primene numeričkog modeliranja za definisanje dometa razletelih komada. Logičan sled i originalni pristup problemu razletanja komada odminirane mase bio je u uspostavljanju veze, odnosno sprege neuronskih mreža i numeričkog modeliranja i kreiranje jedinstvenog prognoznog sistema.

Pristup problemu definisanja koeficijenta otpora vazduha takođe je originalan. Primena ultra-brzih kamera i principa terminalne brzine predstavljaju novi način razmišljanja i za rezultat su imali novi model za određivanje koeficijenta otpora vazduha razletelih komada.

S obzirom na to da ne postoji opšti i univerzalno primenljiv metod za definisanje dometa razletelih komada odminirane mase i sigurnih rastojanja istraživanje prikazano ovom disertacijom ima izuzetan značaj. Iako prikazana sprega za sada predstavlja samo potvrđeni i verifikovani koncept od izuzetnog je značaja to što je dokazano da neuro-numerička sprega može prerasti u univerzalni i opšti prognozni model. Od velikog je značaja i činjenica da

disertacija otvara put novim istraživanjima u ovoj oblasti a sve u cilju povećanja sigurnosti ljudstva, mehanizacije i objekata pri izvođenju minerskih operacija.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U toku izrade ove disertacije korišćeno je 49 literaturnih izvora, uglavnom članaka iz časopisa sa SCI liste novijeg datuma, radova saopštenih na vodećim međunarodnim skupovima iz oblasti miniranja, referentnih knjiga i odgovarajuće zakonske regulative. Korišćena literatura je adekvatna, pokriva izloženu problematiku, savremena je i uglavnom obrađuje radove autora koji obeležavaju ovu oblast svojim referencama i citatima zadnjih desetak godina.

Pored referenci koje obrađuju problematiku razletanja komada sa aspekta sigurnosti i rizika:

Amini H, Gholami R, Monjezi M, Torabi S R, Zadhesh J. Evaluation of flyrock phenomenon due to blasting operation by support vector machine, Neural Comput&Applic, 2010; DOI 10.1007/s00521-011-0631-5

Kecojevic V, Radomsky M. Flyrock phenomena and area security in blasting-related accidents. Safety Science 2005; 43: 739 – 50

Little TN. Flyrock Risk. In: Proceedings EXPLO 2007, Wollongong: AusIMM, 2007. 35 – 43.

Raina A K, Chakraborty A K, More R, Choudhury P B. Design of Factor of Safety based Criterion for Control of Flyrock / Throw and Optimum Fragmentation. IE(I) Journal 2007; MN-87: 13 – 7

Raina A K, Chakraborty A K, Choudhury P B, Siha A. Flyrock danger zone demarcation in opencast mines: a risk based approach. Bull Eng Geol Environ 2011; 70: 163 – 172

Richards A B, Moore A J. Flyrock Control – By Chance or Design in: Proceedings, 30th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, (The International Society of Explosives Engineers: New Orleans, Louisiana, USA),2002

St George J D, Gibson M F L. Estimation of flyrock travel distances: A probabilistic approach, in Proceedings EXPLO 2001, Melbourne: AusIMM, 2001. 245 – 8.

autor je u svom istraživanju analizirao i reference koje obrađuju primenu adaptivnih sistema u oblasti razletanja komada i rešavanje i drugih geotehničkih problema:

Kamali M, Ataei M. Prediction of blast induced ground vibrations in Karoun III power plant and dam: a neural network, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy 2010; 110: 481 – 90

Khandelwal M. Evaluation and prediction of blast-induced ground vibration using support vector machine, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 2010; 47: 509 – 16

Monjezi M, Ahmadi M, Sheikhan M, Bahrami A, Salimi A R. Predicting blast-induced groundvibration using various types of neural networks. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 2010a; 30: 1233 – 6

Monjezi M, Amini H K, Varjani A Y. Prediction of flyrock and backbreak in open pit blasting operation: a neuro-genetic approach. Arab J Geosci.2012; 5: 441–8

Monjezi M, Bahrami A, Varjani A Y, Sayadi A R. Prediction and controlling of flyrock in blasting operation using artificial neural network. Arab J Geosci. 2010b, DOI 10.1007/s12517-009-0091-8

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

Kako je već naglašeno, iako predstavlja ozbiljnu pretnju po sigurnost ljudstva, mehanizacije i objekata problem razletanja komada pri miniranjima se u novije vreme obrađuje sporadično, od strane malog broja istraživača i sa različitim pristupima. Uočeno je da ne postoji jedan univerzalni metod određivanja dometa razletelih komada i definisanja sigurnih rastojanja već se sva dosadašnja istraživanja mogu smatrati studijama slučaja za lokacije na kojima su razvijeni.

U predmetnoj disertaciji definisan je koncept metode za definisanje sigurnih rastojanja koji ima potencijal da preraste u opšti, univerzalno primenljiv model. Razlog tome je, pre svega, primena numeričkih modela baziranih na dinamici leta komada odminirane mase i opštim principima fizike. Sile koje deluju na komad koji prati balističku putanju su svuda iste, nevezano za lokaciju, vreme ili uslove koji na toj lokaciji vladaju.

Sa druge strane nedovoljno su poznate međusobne interakcija radne sredine, dejstva primenjenog eksploziva, konstrukcija minskih serija i uslova koji dovode do pojave razletanja komada. To može dovesti do spekulacija i nagađanja i konačno rezultovati pogrešnom procenom situacije na terenu. Adaptivne sposobnosti inteligentnih sistema i njihove mogućnosti mapiranja skrivenih zavisnosti čine ih idealnim alatom za analizu uslova koji vladaju u minskoj seriji i predikciju pojave razletelih komada. Principi funkcionisanja neuronskih mreža i njihova prilagodljivost lokalnim uslovima takođe su univerzalni i opšte primenljivi.

Sagledavanjem mogućnosti ova dva, pojedinačno univerzalno primenljiva sistema, logični sled je bio njihova sprega u jedinstveni sistem za prognozu dometa razletelih komada i definisanje sigurnih rastojanja. U skladu s tim, sveukupno istraživanje predstavljeno ovim radom, od prikupljanja i obrade podataka, preko definisanja dozvoljenih grešaka i postupaka za utvrđivanje vrednosti pojedinih parametara pa konačno do kreiranja, obuke i validacije adaptivnih sistema imalo je za cilj da dokaže da je moguće ostvariti praktičnu spregu neuronskih mreža i numeričkih modela. Ono što treba naglasiti je postupak verifikacije koji je bio potvrda da prezentovana neuro-numerička sprega pouzdano i sa zadovoljavajućom preciznošću može predvideti pojavu razletanja i domet razletelih komada.

3.4. Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

U cilju definisanja sigurnih rastojanja kod razletanja komada pri miniranju u ovoj disertaciji je kreiran sistem koji je sposoban da, za date ulazne parametre, odgovori na pitanje hoće li doći do razletanja i koliki će biti domet razletelih komada. Sistem u osnovi predstavlja spregu neuronskih mreža i numeričkih modela i čine ga tri osnovne celine, **Klasifikator**, **Prediktor** i **Numerik**.

Prilikom obuke adaptivnih sistema **Klasifikatora** i **Prediktora** korišćen je metod istovremene obuke i validacije. Drugim rečima, adaptivni sistemi su u toku obuke nakon svakih pet iteracija prolazili kroz proces validacije. Za potrebe validacije je iz skupa setova podataka izdvojen validacioni skup podataka koji je činilo 15 % nasumično odabranih setova podataka.

Postupkom validacije izvršena je ocena performansi adaptivnih sistema odnosno vrednost greške koju prave i na osnovu toga su izabrane najbolje varijante. Kako bi se proverile performanse **Klasifikatora** i **Prediktora** i konačno same **Sprege** obezbeđen je i nezavisni skup podataka. Nezavisni skup sadržao je 237 setova ulazno/izlaznih podataka koji odgovaraju bušotinama iz minske serije sa PK Veliki Krivelj. Podaci su unošeni u **Spregu** i rezultati su upoređivani sa realnim vrednostima sa terena. Pri tome se **Sprega** smatrala verifikovanom ukoliko su pojedinačne greške **Klasifikatora**, **Prediktora** i **Numerika** bile manje od prethodno definisanih.

Od 237 bušotina koje je trebalo klasifikovati u one koje će rezultovati razletanjem i one koje neće **Klasifikator** je pogrešno klasifikovao 35 bušotina što iznosi 14,76 %. Odgovarajući setovi podataka uneseni su u **Prediktor** kako bi se rezultati predikcije uporedili sa vrednostima početnih brzina izmerenim na terenu. Pri tome se odstupanje prognoziranih od stvarnih vrednosti kretalo unutar prihvatljive greške od $\pm 10\%$.

Podaci o vrednostima prognoziranih početnih brzina razletelih komada dobijeni **Prediktorom** su uneseni u **Numerik**. Domet razletelih komada je utvrđivan za komad prečnika 250 mm i za ugao izletanja od 40° da bi se definisao maksimalni mogući domet razletelih komada. Pri verifikaciji je postavljen uslov da je **Numerik** verifikovan ukoliko su prognozirani dometi veći od onih izmerenih na terenu. Kako je prilikom primene **Numerika** na konkretne podatke ovaj uslov zadovoljen, verifikacija **Numerika** je ocenjena kao uspešna.

Imajući u vidu da su svi delovi **Sprege** nezavisno verifikovani i sama **Sprega** se može smatrati verifikovanom. Verifikacija je potvrdila da sprege neuronskih mreža i numeričkih modela može, bez obzira na lokaciju primene ili specifične uslove koji na toj lokaciji vladaju, dati odgovor na oba pitanja postavljena na početku istraživanja. **Klasifikator** može, za date parametre minske serije i pojedinačnih bušotina, pouzdano odgovoriti na pitanje hoće li doći do pojave razletanja ili ne. Sa druge strane, **Numerik** u sprezi sa **Prediktorom** daje preciznu prognozu maksimalno mogućih dometa razletelih komada.

3.5. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Urađena doktorska disertacija kao i izrada i učešće u izradi i publikovanju radova (5 radova kategorije M 20 na kojima je prvi autor, 47 radova kategorije M 30, 5 radova kategorije M 50, 13 radova kategorije M 60 kao i 1 rezultat kategorije M 80), učešće na projektima tehnološkog razvoja koje finansira Ministarstvo nauke i prosvete kao i projektima i tehničkim kontrolama projekata za potrebe privrede kandidat mr Saša Stojadinović potvrđuje da je osposobljen za samostalni naučni rad.

Komisija takođe ocenjuje da je kandidat pored nesporne osposobljenosti za samostalni naučni rad, osposobljen i za učešće u timskom radu što je bitna odrednica u savremenom naučno-istraživačkom radu. Dosadašnji naučni rezultati, pre svega publikacije u časopisima sa SCI liste ukazuju da kandidat mr Saša Stojadinović obećava nove naučne rezultate koji će prevazići do sada ostvarene.

4. OSTVARENI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Ostvareni naučni doprinos koji je kandidat mr Saša Stojadinović ostvario kroz ovu doktorsku disertaciju ogleda se u činjenici da kreirana neuro-numerička sprega predstavlja koncept opšteg i univerzalno-primenljivog pristupa definisanju sigurnih rastojanja kod razletanja komada pri miniranjima. Pored toga treba naglasiti da je u okviru doktorske disertacije razvijen i predstavljen novi model za određivanje koeficijenta otpora vazduha razletelih komada što je do sada bila nepoznanica.

Takođe, disertacija autora mr Saše Stojadinovića predstavlja još jedan korak dalje u razvoju primene adaptivnih i inteligentnih sistema u rudarstvu.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Iako su podaci korišćeni u toku izrade disertacije potekli sa tri različita površinska kopa, iz različitih radnih sredina i pri različitim parametrima miniranja, bliskosti fizičko-mehaničkih karakteristika stena, sličnosti u tehnologijama miniranja i karakteristikama primenjenih eksploziva uslovljavaju relativno mali domen primene kreiranih neuronskih mreža. U tom smislu prezentovanu neuro-numeričku spregu treba posmatrati studijom slučaja i konceptom jednog opšteg pristupa problemu razletanja. Iako sprega poseduje sve elemente opšteg i univerzalno primenljivog pristupa, uspešnost njene primene na lokacijama van onih na kojima je razvijana tek treba verifikovati, upravo zbog pomenutog ograničenog domena na kome je primenjena.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi

Rezultati do kojih je kandidat došao pored nesumnjivog naučnog doprinosa su i praktično primenjivi. Aplikacija u formi klasifikatora je lako primenljiva za prognozu pojave razletanja kako za potrebe sprege tako i za potrebe procene rizika od pojave razletanja komada pri miniranjima. Neuro-numerička sprega daje jednostavnu, brzu i preciznu prognozu pojave razletanja i maksimalnog dometa razletelih komada tako da se ljudstvo i mehanizacija mogu pravovremeno povući na sigurna rastojanja. Numerik, kao deo sprege ali i kao nezavisna aplikacija je praktično primenljiv u postupcima forenzičke analize incidenata sa razletanjem komada u cilju utvrđivanja uzroka incidenta. Pored toga, rezultati istraživanja u vidu sprege primenjivi su i u fazi projektovanja parametara miniranja tako da pri eventualnom razletanju domet razletelih komada ne bude veći od nekog predefinisano rastojanja.

4.4. Verifikacija naučnih doprinosa kroz objavljene radove u časopisima

Kvalitet i verifikacija doktorske disertacije u skladu sa pozitivnim zakonskim odredbama u Srbiji i kriterijumima Univerziteta u Beogradu, određuje se " ... najmanje jednim publikovanim radom iz disertacije u časopisima sa SCI liste (sa IF) gde bi kandidat po pravilu trebalo da bude prvi autor". U okviru predmetne doktorske disertacije kandidat mr Saša Stojadinović je do trenutka predavanja disertacije za ocenu i javnu odbranu, publikovao tri rada u časopisima sa IF i to: dva rada u časopisu kategorije M21 i jedan rad u časopisu M23 kao i jedan rad u Zborniku radova sa međunarodnog savetovanja M33. U ovim radovima kandidat je prvi autor. Iz disertacije, kao deo disertacije publikovani su sledeći radovi:

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21)

1. **S. Stojadinovic, M. Zikic, R. Pantovic, Prediction of flyrock trajectories for forensic applications using ballistic flight equations.** Int J Rock Mech Mining Sci, 48 (7) (2011), 1086 – 94 [ISSN: 1365-1609; IF(2011)=1,272; Engineering, geological 6/30].
2. **S. Stojadinović, N. Lilić, R. Pantović, M. Žikić, M. Denić, V. Čokorilo, I. Svrkota, D. Petrović, A new model for determining flyrock drag coefficient.** Int J Rock Mech Mining Sci, Vol. 62 (2013) pp. 68–73, [ISSN: 1365-1609; IF(2011)=1,272; Engineering, geological 6/30].

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

3. **S. Stojadinović, M. Žikić, R. Pantović, A new approach to blasting induced ground vibrations and damage to structures,** Acta Montanistica Slovaca, 16 (4), (2011), 344 – 54 (**M-23**) [ISSN: 1335-1788; IF(2011)=0,084; Mining & Mineral processing 20/23]

Rad na međunarodnom savetovanju (M33)

4. **S. Stojadinović, M. Žikić, R. Pantović, M. Denić, D. Kržanović, Z. Vaduvesković, Flyrock launch velocity insights,** In: Proceedings, The 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, October 1 – 3, Bor, Serbia, 2012, 211 – 4

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

U disertaciji kandidata mr Saše Stojadinovića prikazan je veći broj originalnih rezultata koji čine nadogradnju dosadašnjih rezultata navedenih u literaturi novijeg datuma.

Publikovani rezultati iz disertacije u respektabilnim časopisima sa SCI liste kategorija M21 i M23 na najbolji način potvrđuju nivo ostvarenih rezultata kandidata u ovome radu.

Na osnovu pregledane doktorske disertacije, Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije, zaključuje da urađena doktorska disertacija kandidata mr Saše Stojadinovića ispunjava sve zakonske i ostale uslove za javnu odbranu. Takođe, Komisija zaključuje da je

urađena doktorska disertacija napisana prema svim standardima o naučno-istraživačkom radu kao i da ispunjava sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Standardima za akreditaciju, Statutom Rudarsko-geološkog fakulteta i kriterijumima koje je propisao Univerzitet u Beogradu.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta da prihvati pozitivan izveštaj o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Saše Stojadinovića: „*Sprega neuronskih mreža i numeričkih modela za definisanje sigurnih rastojanja kod razletanja komada pri miniranju*“, 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 Beogradu, jun 2013. godine

K O M I S I J A

1. dr Nikola Lilić, redovni profesor,
2. dr Ivan Obradović, redovni profesor,
3. dr Radoje Pantović, vanredni profesor (Tehnički fakultet Bor)
4. dr Miodrag Denić, docent (Tehnički fakultet Bor)