

Ž. Knok, C. Kovač\*

# ISPITIVANJE ČIMBENIKA U RADNOM OKOLIŠU UZ PRIMJENU UMJETNE INTELIGENCIJE

UDK 331.45:004.8  
PRIMLJENO: 14.2.2019.  
PRIHVAĆENO: 2.10.2019.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



**SAŽETAK:** *S obzirom na obveze poslodavca koje proizlaze iz Zakona o zaštiti na radu, a s ciljem unapređenja sigurnosti i zaštite zdravlja radnika, u ovome radu prezentirani su rezultati na osnovi reguliranog postupka ispitivanja radnog okoliša administrativnih radnih mjesta i mogućnost primjene umjetne inteligencije s metodom neizrazite (fuzzy) logike. U radu su odabrana dva fizikalna čimbenika ispitivanja radnog okoliša, električno osvjetljenje i brzina strujanja zraka, na kojima se prezentira cijeli postupak obrade prikupljenih rezultata ispitivanja kroz neizrazitu logiku. Mogućnosti metode neizrazite logike koja se koristi u ovome radu nalazi primjenu kod ispitivanja radnog okoliša, kako po pojedinim radnim mjestima tako i za kompletnu tvrtku. Na taj način prikupljeni i obrađeni rezultati ispitivanja radnog okoliša pomažu u određivanju tendencije rezultata i mogu poslužiti kao orijentacija i pomoć u izradi plana mjera za smanjenje rizika i poboljšanje sustava zaštite zdravlja i sigurnosti na radu u pojedinom poslovnom sustavu.*

**Ključne riječi:** *neizrazita logika, radni okoliš, umjetna inteligencija*

## UVOD

U radu se prikazuje primjena umjetne inteligencije u postupku ispitivanja čimbenika radnog okoliša, osobito brzine strujanja zraka i električnog osvjetljenja, prisutnih pri obavljanju administrativnih poslova u odnosu prema normativima koji proizlaze iz područja koje regulira Zakon o zaštiti na radu.

Problematika radnog okoliša sagledava se počevši od važećih zakonskih i podzakonskih propisa kao i priznatih pravila zaštite na radu te pravila struke. U skladu s važećim propisima nije značajno samo osigurati sigurne uvjete za rad na strojevima i uređajima, već treba voditi računa o mikroklimatskim parametrima radnog okoliša kao i o kvaliteti zraka kao značajnim ergonomskim

čimbenicima. Mikroklimatski uvjeti radnog prostora su jedna od najvažnijih pretpostavki čovjekova zdravlja i zadovoljstva na radnom mjestu.

Kako bi se postigli mikroklimatski uvjeti koji su primjereni čovjeku, primjenjuju se određene tehničke i zaštitne mjere koje se poduzimaju nakon izvršenih ispitivanja te konvencionalne obrade prikupljenih podataka ili uz uporabu inteligentnih sustava.

## ISPITIVANJE RADNOG OKOLIŠA

Pravilnikom o ispitivanju radnog okoliša utvrđuje se obveza, načini i postupci ispitivanja radnog okoliša, rokovi ispitivanja te sadržaj i način izdavanja zapisnika o ispitivanju radnog okoliša.

Ispitivanje u radnom okolišu obuhvaća:

1. ispitivanja fizikalnih čimbenika (temperatura, relativna vlažnost i brzina strujanja zraka, osvjetljenost, buka i vibracije)

\*Mr. sc. Željko Knok, v. predavač, (zknok@mev.hr), Međimursko veleučilište u Čakovcu, Ul. bana Josipa Jelačića 22, 40000 Čakovec, Cvetan Kovač, bacc. ing. sec., bacc. ing. traff., (cvetan.kovac@posta.hr), HP-Hrvatska pošta d.d., Ured za korporativnu sigurnost, Jurišićeva 13, 10000 Zagreb.

2. ispitivanja kemijskih čimbenika (koncentracija plinova, para, prašina i aerosola)
3. ispitivanja bioloških čimbenika.

Prema odredbama spomenutog Pravilnika pod ispitivanjem se smatra provođenje postupka mjerenja čimbenika u radnom okolišu prema važećim normama te uspoređivanje i ocjena dobivenih rezultata mjerenja s dopuštenim vrijednostima izloženosti pojedinim štetnostima prema propisima odnosno normama s područja zaštite zdravlja na radu.

### Rokovi ispitivanja radnog okoliša

Svaki poslodavac dužan je na propisani način osigurati ispitivanje radnog okoliša u sljedećim slučajevima:

1. kada radni postupak utječe na temperaturu, vlažnost i brzinu strujanja zraka,
2. kada je pri radu potrebno osigurati odgovarajuću razinu osvijetljenosti,
3. kada u radnom postupku nastaje buka ili vibracije,
4. kada u radnom postupku nastaju plinovi, pare, prašine ili aerosoli,
5. kada je moguća prisutnost bioloških štetnosti (agensa) korištenih pri radu izvan primarne fizičke izolacije.

Ispitivanja se obavljaju:

1. odmah nakon što su nastali uvjeti, odnosno promjene zbog kojih je ispitivanje obvezno
2. na temelju rješenja inspektora rada ili
3. periodički u rokovima koji ne mogu biti dulji od tri godine ako posebnim propisom nije drukčije određeno.

## INTELEKTNI SUSTAVI I UMJETNA INTELEKCIJA

Glavna razlika kod konvencionalne i obrade podataka umjetnom inteligencijom ogleda se u tome što se konvencionalna obrada zasniva na

algoritmima i brojevima, a obrada zasnovana na umjetnoj inteligenciji na simboličkoj obradi i heuristici (Bašić et al., 2011.).

Prednosti umjetne inteligencije mogu se uočiti kroz pomoć u rješavanju zadataka, pomoć pri obradi s nekompletnim i nejasnim podacima, pomoć pri obradi velike količine podataka, povećanje produktivnosti i sl. Područja primjene umjetne inteligencije mogu biti kod prepoznavanja teksta, razumijevanja govora, obrade na osnovi neuronskih mreža, neizrazite logike, genetskih algoritama, hibridnih sustava i sl. (Bašić et al., 2011.).

### Klasični i neizraziti skupovi

„Klasičnom“ skupu, pripadnost objekta egzaktne je određena: ili je objekt izvan ili je unutar skupa. Uzma se da je X skup i neka su njegovi elementi x.

$$f_A(x): X \rightarrow 0,1 \quad [1]$$

Ovo prikazuje da je skup X sastavljen od dva elementa. Za bilo koji element x skupa X, karakteristična funkcija  $f_A(x)$  je jednaka 1, ako je x element od skupa. Ako je  $f_A(x)$  jednak 0, tada x nije element skupa.

$$f_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{za } x \in A \\ 0, & \text{za } x \notin A \end{cases} \quad [2]$$

Neizraziti skup može se definirati kao skup s nejasnim granicama. Neizraziti skup X je definiran funkcijom  $\mu_A(x)$  zvanom funkcijom članstva skupa A. Ako  $\{0,1\}$  zamijeni sa  $[0,1]$ , tada skup A dopušta kontinuitet mogućih izbora:

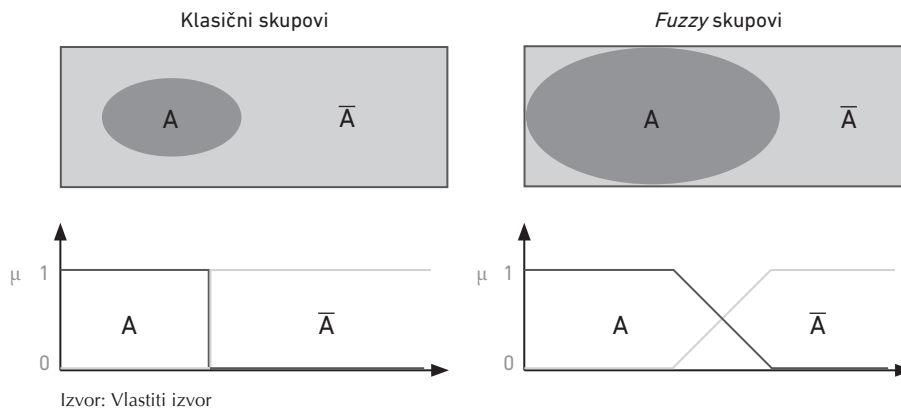
$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad [3]$$

Za bilo koji element x, skupa X funkcija članstva jednaka je stupnju kojem je x element skupa. Vrijednost između 0 i 1 predstavlja stupanj članstva koji se također zove vrijednost elementa x u skupu, i to:

$$\mu_A(x) = 1 \text{ za } x \text{ koji potpuno pripada skupu}$$

$$\mu_A(x) = 0 \text{ za } x \text{ koji ne pripada skupu}$$

$$0 < \mu_A(x) < 1 \text{ za } x \text{ koji djelomično pripada skupu.}$$



Izvor: Vlastiti izvor

Slika 1. Usporedba klasičnih i neizrazitih skupova

Figure 1. Comparison of classic vs. fuzzy sets

Na slici 1. prikazan je  $\mu$  - stupanj pripadnosti (mjera članstva). Neizraziti skupovi su generalizirana verzija klasičnog matematičkog koncepta skupa.

### Neizrazita logika (fuzzy logika)

Neizrazita logika nije logika koja je nejasna, nego logika koja se koristi da bi se objasnila nejasnoća. Pri razumijevanju rastuće upotrebe neizrazite logike važno je razjasniti što znači termin neizrazita logika. Neizrazita logika može se promatrati kao dva različita značenja. Neizrazita logika je logički sustav u užem smislu i predstavlja proširenje više vrijednosne logike. Međutim, i u svojoj najužoj definiciji, kako po konceptu tako i u sadržaju, neizrazita logika se razlikuje od tradicionalnih više vrijednosnih logičkih sustava (Avdagić, 2009.).

Modeliranje neizrazitog sustava podrazumijeva rad s nepreciznim konceptima i nepreciznim međuzavisnostima.

Primjena neizrazite logike značajno je porasla posljednjih godina. Primjenjuje se u ekonomiji, marketingu, sustavima za podršku odlučivanju, ekspertnim sustavima, biologiji, meteorologiji, politici, pa postoji i izgledna mogućnost da se koristi i u sustavima zaštite zdravlja i sigurnosti na radu.

Zahvaljujući razvoju računala i komercijalnih softvera, moguća je njezina primjena na bilo koji kompleksni sustav koji se može kvalitativno opisati, a ogleda se u:

- upravljanju - najrasprostranjenija kategorija, osobito u industrijskim aplikacijama,
- zaključivanju - ekspertni sustavi dijagnoze, planiranja i predikcije,
- kvantitativnoj analizi.

### Usporedba s klasičnom logikom

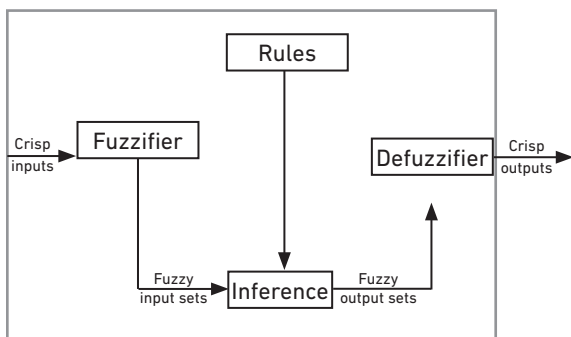
Klasična logika koristi samo dvije vrijednosti: istinu i laž. Ta logika ne može predstavljati nederčene koncepte, dok je kod neizrazite logike osnovna ideja da element pripada nejasnom setu s nekim stupnjem članstva. Na taj način svaka tvrdnja nije ni apsolutno točna ni apsolutno netočna, već je u nekom stupnju točna ili netočna.

### Blok-dijagram neizrazitog sustava s bazom znanja

Neizraziti sustav za zaključivanje (*engl. fuzzy inference system, FIS*) je sustav za „računanje“ koji raspolaže s više koncepata znanja. Ti koncepti znanja su: teorija neizrazitih skupova, neizrazitih ako-onda (*if-then*) pravila i neizrazito zaključivanje.

Struktura neizrazitog sustava za zaključivanje sastoji se od baze pravila, rječnika i mehanizama za zaključivanje. Baza pravila sastoji se od neizrazitih pravila.

U rječniku su definirane funkcije pripadnosti koje se koriste uz neizrazita pravila. Mehanizam za zaključivanje pomoću parametara daje zaključak. Postoji više vrsta modela neizrazitog sustava za zaključivanje, a to su: *Mamdani* i *Sugeno*.



Izvor: (Boumella, N., Figueroa, J. C., Iqbal, S., 2012.)

Slika 2. Blok-dijagram neizrazitog sustava

Figure 2. Scheme showing a fuzzy system

### Sustav neizrazitog zaključivanja

Neizrazito zaključivanje je proces formuliranja preslikavanja određenog ulaza na izlaz pomoću neizrazite logike. Mapiranje zatim daje osnove iz kojih se mogu izvesti odluke ili uočavati uzorci. Proces neizrazitog zaključivanja uključuje: funkcije pripadnosti, logičke operacije i ako-onda pravila (*if-then*); (Avdagić, 2009.).

### Sažetak ako-onda (*if-then*) pravila

Tumačenje ako-onda pravila je proces od tri dijela:

- Neizrazita obrada ulaza:** dodijeliti svim neizrazitim izjavama u premisi stupanj pripadnosti između 0 i 1. Ako postoji samo jedan dio premise, onda je to stupanj podrške za pravilo.
- Primijeniti neizrazite logičke operatore na više dijelova premise:** ako postoji više dijelova premise, primjenjuju se neizraziti logički operatori i dobiva se jedinstven broj između 0 i 1. To je stupanj podrške za pravilo.
- Primijeniti metodu implikacije:** koristiti stupanj podrške za cijelo pravilo kako bi se oblikovao izlazni neizraziti skup. Zaključak neizrazitog pravila dodjeljuje cijeli neizraziti skup izlazu. Ovaj skup predstavljen je funkcijom pripadnosti koja označava kvalitetu zaključka. Ako je premise samo djelomično točna (tj. dodijeljena joj je vrijednost manja od 1), onda je izlaz neizraziti skup odrezan u skladu s metodom implikacije.

U načelu, samo jedno pravilo nije dostatno. Potrebna su dva ili više pravila koja isključuju jedno drugo. Izlaz svakog pravila je neizraziti skup. Izlazni neizraziti skupovi za svako pravilo se potom agregiraju u jedinstven izlazni neizraziti skup. Na kraju je rezultirajući neizraziti skup potrebno pretvoriti u jedinstven broj.

## REZULTATI ISPITIVANJA RADNOG OKOLIŠA NA ADMINISTRATIVNIM RADNIM MJESTIMA

Nakon provedenih ispitivanja radnog okoliša na administrativnim radnim mjestima sastavljen je zapisnik o ispitivanju radnog okoliša. Izvadak zapisnika prikazan je u Tablici 1.

Ispitivanje radnog okoliša provela je ovlaštena osoba kojoj je izdano rješenje o ovlaštenju za obavljanje ispitivanja radnog okoliša. Ispitivanje je izvršeno određenog dana na lokaciji ispitivanja, a sva mjerenja su izvršena kod uobičajenih uvjeta rada, u dnevnoj smjeni (od 8,00 do 9,30 sati) pri vanjskoj temperaturi 16 °C, uz uporabu odgovarajuće i propisane mjerne i ispitne opreme.

Tablica 1. Izvadak iz zapisnika o ispitivanju radnog okoliša

Table 1. An excerpt from a report on working environment investigation

Redni broj	Mjerno mjesto	3. Brzina strujanja zraka			4. El. osvjetljenje		
		Izmjerena vrijednost [m/s]	Zahtjev prema normi [m/s]	Ocjena - zadovoljava	Izmjerena vrijednost [lx]	Zahtjev prema normi [lx]	Ocjena - zadovoljava
1.	I	0,20	0,2	DA	535	500	DA
2.	II	0,10	0,2	DA	513	500	DA
3.	III	0,10	0,2	DA	534	500	DA
4.	IV	0,21	0,2	NE	498	500	NE
5.	V	0,10	0,2	DA	522	500	DA

Izvor: vlastiti izvor

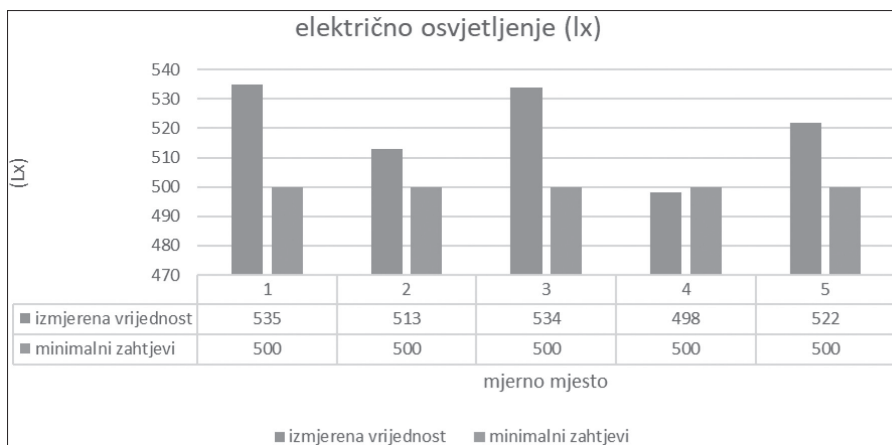
### Konvencionalni prikaz rezultata ispitivanja radnog okoliša

Nakon provedenih ispitivanja radnog okoliša na administrativnim radnim mjestima dobiveni su rezultati obrađeni korištenjem konvencionalnog prikaza (tablični prikaz i grafikon) o električnom osvjetljenju i brzini strujanja zraka te su prikazani na slikama 3 i 4.

Usporedbom podataka o izmjerenim i dopuštenim vrijednostima štetnosti u radnom okolišu, električno osvjetljenje, možemo ustvrditi da I, II,

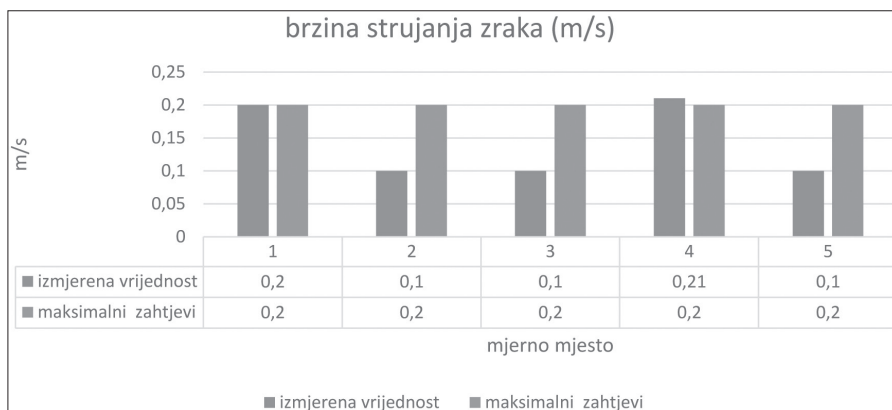
III i V mjerno mjesto/radni prostor zadovoljavaju te su usklađeni sa zahtjevom, dok mjerno mjesto/radni prostor broj IV ne zadovoljava i nije usklađen sa zahtjevanom normom.

Usporedbom podataka o izmjerenim i dopuštenim vrijednostima štetnosti u radnom okolišu (brzina strujanja zraka) može se ustvrditi da I, II, III i V mjerno mjesto/radni prostor zadovoljavaju te su usklađeni sa zahtjevom, dok mjerno mjesto/radni prostor broj IV ne zadovoljava i nije usklađeno sa zahtjevanom normom.



Izvor: vlastiti izvor

Slika 3. Primjena konvencionalnog prikaza o električnom osvjetljenju  
Figure 3. Application of conventional data on lighting



Izvor: vlastiti izvor

Slika 4. Primjena konvencionalnog prikaza o brzini strujanja zraka  
Figure 4. Application of conventional data on air current speed

### Prikaz rezultata ispitivanja radnog okoliša uporabom neizrazite logike

Nakon provedenih ispitivanja radnog okoliša na administrativnim radnim mjestima dobivene rezultate moguće je obraditi korištenjem neizrazite logike prema modelu prikazanom na slici 5.

Dakle, uz primjenu modela neizrazite logike, (slika 5), a na primjeru mjernog mjesta/radni prostor broj III može se prema pravilu ako-onda utvrditi: ako je **električno osvjetljenje zadovoljavajuće** i **strujanje zraka zadovoljavajuće**, onda je **radni okoliš zadovoljavajući**.

Naime, uvidom u podatke prikazane u Tablici 1. razvidno je da je na mjernom mjestu/radnom prostoru broj III kod električnog osvjetljenja utvrđena stvarna izmjerena vrijednost 534 lx, što predstavlja odstupanje od 34 lx od minimalne zahtjevane norme 500 lx, zbog čega je razvrstano u zadovoljavajuće područje.

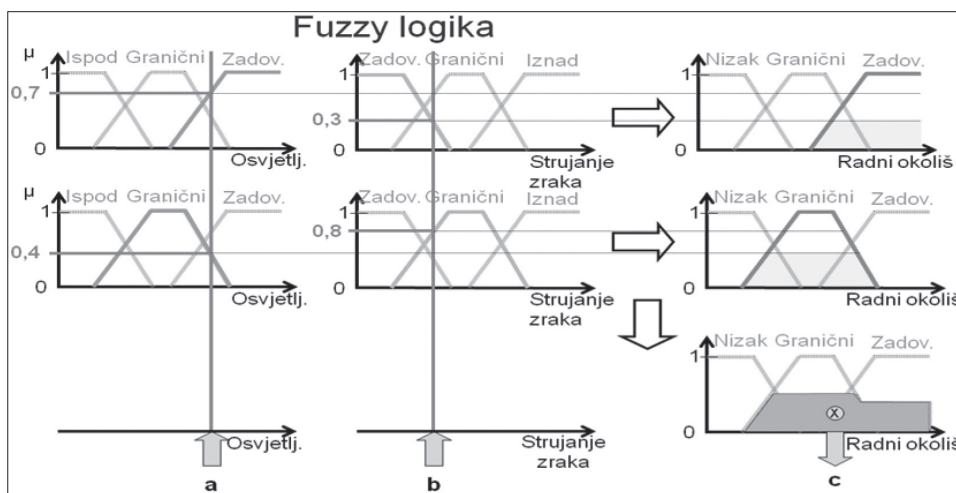
Istovremeno, prema pravilu ako-onda za mjesto/radni prostor broj IV. može se utvrditi: ako je **električno osvjetljenje granično** i **strujanje zraka granično**, onda je **radni okoliš granični**.

Uvidom u podatke prikazane u Tablici 1 očit je da je na mjernom mjestu/radnom prostoru broj IV kod električnog osvjetljenja utvrđena stvarna izmjerena vrijednost 498 lx, što predstavlja odstupanje od svega 2 lx od minimalne zahtjevane norme 500 lx, zbog čega je primjenom neizrazitog sustava zaključivanja razvrstano u granično područje. Istovremeno obradom i klasičnim prikazom spomenutih vrijednosti razvrstano je u područje – ne zadovoljava.

Prema istom modelu, primjenom neizrazitog sustava zaključivanja, za mjesto/radni prostor broj IV kod strujanja zraka utvrđena je stvarna izmjerena vrijednost 0,21 m/s, što predstavlja odstupanje od svega 0,01 m/s od maksimalne zahtjevane norme 0,20 m/s, zbog čega je razvrstano u granično područje. Istovremeno obradom i klasičnim prikazom spomenutih vrijednosti razvrstano je u područje – ne zadovoljava.

### ZAKLJUČAK

Sigurnost i zaštitu zdravlja na radu karakteriziraju interdisciplinarna i multidisciplinarna obilježja te je zbog toga moguće učinkovito primijeniti umjetnu inteligenciju, poštujući i ostvarujući



Izvor: vlastiti izvor

Slika 5. Primjena modela neizrazite logike  
Figure 5. Application of the fuzzy logic model

pri tome načela postizanja, osiguranja, kontrole, nadzora i unapređivanja sigurnosti i zaštite zdravlja na radu (*Filipović, 2018.*).

U cilju povećanja učinkovitosti u praćenju i ocjenjivanju rezultata mjerenja u procesu ispitivanja radnog okoliša u skladu s odredbama provedbenih propisa u području zaštite na radu, poželjno je usmjeravanje ka uvođenju umjetne inteligencije u pojedine segmente ispitivanja i mjerenja kao i prikaza rezultata provedenih ispitivanja, s ciljem smanjenja troškova, poticanja kreativnosti i originalnosti ispitivača i izvješća te snalaženja u rješavanju problema i smanjenja omaški u procesima procjene rizika.

Rezultati ispitivanja radnog okoliša prikazani u ovom radu uz primjenu inteligentnih sustava i umjetne inteligencije dobra su polazna osnova na kojoj je moguće temeljiti buduća detaljna istraživanja na temu unapređivanja sustava zaštite na radu uz primjenu inteligentnih sustava i umjetne inteligencije.

## LITERATURA

Avdagić, Z.: *Fuzzy logika u inženjerskim aplikacijama*, Elektrotehnički fakultet, Sarajevo, 2009.

Bašić, B., Čupić, M. i Šnajder, J.: *Umjetne neuronske mreže*, Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i inteligentne sustave, Zagreb, 2011.

Boumella, N., Figueroa, J. C., Iqbal, S.: *Enhancing Fuzzy Controllers Using Generalized Ort-*

*hogonality Principle*. 2012. Dostupno na: <https://www.intechopen.com/books/fuzzy-controllers-recent-advances-in-theory-and-applications/enhancing-fuzzy-controllers-using-generalized-orthogonality-principle>. Pristupljeno 1.2.2019

Filipović, A.: Primjena umjetne inteligencije u sigurnosti i zaštiti zdravlja na radu, *Zbornik rado-va VII. međunarodnog stručno-znanstvenog skupa Zaštita na radu i zaštita zdravlja*, Veleučilište u Karlovcu, 2018. str. 84-89.

Gregorić, M., Knok, Ž., Tkalec, Z.: Ocjenjivanje uspješnosti studenata u visokom obrazovanju za poduzetništvo putem primjene modularnih inteligentnih sustava, *Obrazovanje za poduzetništvo - E4E*, vol. 5, 2015., 2. Dostupno na: [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=220136](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=220136), Pristupljeno: 1.2.2019.

Mišljenčević, D., Maršić, I.: *Umjetna inteligencija*, Školska knjiga, Zagreb, 1991.

Russel, S., Norvig, P.: *Artificial Intelligence - A modern approach*, Prentice Hall, New York, 2003.

*Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša*, N.N., br. 16/16.

*Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada*, N.N., br. 29/13., 71/14.

*Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave*, N.N., br. 145/04., 46/08., 30/09.

*Zakon o zaštiti na radu*, N.N., br. 71/14., 118/14., 94/18., 96/18.

### **APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE PROCESS OF TESTING FACTORS IN THE WORKING ENVIRONMENT**

*SUMMARY: The paper is guided by the obligation of employers, derived from the Labour Protection Act, to improve the safety and health of workers. The results are based on a regulated work environment test procedure and the ability to apply artificial intelligence using the fuzzy logic method. Artificial intelligence can help in cases where the data are not strictly specified, and our goal is to indicate a large or partial aberration from the standard values. Two factors have been selected in the paper that present the processing through fuzzy logic. The possibilities of the fuzzy logic method used in this paper are the application of tapping both individual work places and companies as a whole. The results obtained help in determining the tendencies and serve as orientation in introducing improvements in safety and health at work. Ultimately, the measured values have to be checked later and brought to standardized frames.*

**Key words:** *fuzzy logic, working environment, artificial intelligence*

*Professional paper  
Received: 2019-02-14  
Accepted: 2019-10-02*