



6. INTERNACIONALNI NAUČNO-STRUČNI SKUP GRAĐEVINARSTVO - NAUKA I PRAKSA

ŽABLJAK, 7-11. MART 2016.

Marijana Lazarevska¹, Miloš Knežević², Ana Trombeva Gavriloska³, Meri Cvetkovska⁴

FAZI LOGIKA U SISTEMU UPRAVLJANJA GRAĐEVINSKIM PROJEKTIMA

Rezime

Upravljanje građevinskim projektima predstavlja kompleksan proces koji je praćen rizikom, neizvesnošću i nepreciznošću, što je rezultat promenljive prirode građevinarstva. Zbog toga je razvoj determinističkih matematičkih modela za rešavanje različitih tipova problema iz ove oblasti težak i prilično skup zadatak. Upravo zato se i javila ideja za primenu inovativnih metoda i tehnika kojim bi se na jednostavniji način, a ipak uspešno, rešavali problemi tokom upravljanja projektima, a među njima se izdvaja primena fazi logike. U ovom radu prikazane su neke teoretske postavke fazi logike i njena primena u oblasti upravljanja građevinskim projektima.

Cljučne reči

Fazi logika, upravljanje, građevinski projekti, fazi mrežno planiranje

THE USE OF FUZZY LOGIC FOR MANAGEMENT OF CIVIL ENGINEERING PROJECTS

Summary

Management of civil engineering projects represents a complex process that is characterized with significant risk, uncertainty and lack of precision, all of which are a direct result of the changing nature of civil engineering. Due to this, the development of deterministic mathematical models for solving various problems within the area of civil engineering represents a difficult and pretty expensive task. As a result, an idea emerged for using innovative methods and techniques through which in a simpler manner, but still successfully, the solving of problems related to the management of civil engineering projects would be enabled. Among these methods, the use of fuzzy logic particularly stands out. This paper presents the theoretical base of fuzzy logic and its application in the management of civil engineering projects.

Key words

Fuzzy logic, management, civil engineering projects, fuzzy network planning

¹ Assist. Prof., PhD Civ. Eng., Faculty of Civil Engineering, Skopje, Macedonia, marijana@gf.ukim.edu.mk

² Prof., PhD Civ. Eng., Faculty of Civil Engineering, Podgorica, Montenegro, milosknezevis@hotmail.com

³ Assoc. Prof., PhD Civ. Eng., Faculty of Architecture, Skopje, Macedonia, agavriloska@arh.ukim.edu.mk

⁴ Prof., PhD Civ. Eng., Faculty of Civil Engineering, Skopje, Macedonia, cvetkovska@gf.ukim.edu.mk

1. FAZI LOGIKA

Veći broj matematičkih modela koji se upotrebljavaju u građevinarstvu su formulisani za tačno određene varijable i za parametre koji su izraženi upotrebom determinističkih (crisp) brojeva. Upravo ovo vodi prema matematičkoj idealizaciji konkretnih problema. Međutim, iskustvo pokazuje da je realni svet daleko od idealnog. Ovo je rezultat prisustva nesavršenosti i temelji se na činjenicu da je priroda velikog broja događaja u stvari nejasna, verovatna, neodređena, ili jednom rečju, fuzzy.

Zbog toga, kao alternativni način modelovanja neizvesnosti i rizika, uveden je fazi koncept kojim se stvara mogućnost za primenu fazi brojeva kojima se uspešno može predstaviti nejasnost i neodređenost problema. Fundamentalni pristup koji se bazira na primeni fazi tehnologije omogućava napredno i uspešno modelovanje realnih situacija i projekta, čime se savladavaju nedostaci koji su karakteristični za klasične metode modelovanja.

Fazi (fuzzy¹) logika i fazi sistemi, kao potpuno nove pojmove, definisani su 1965. godine od strane profesora Loftija Zadeha. Osnovne koncepte fazi logike Zadeh je objavio u svom radu nazvanom "Fuzzy sets", koji ustvari predstavlja ogromni skok u teoriji sistema [14]. Zadeh postavlja osnove za razvoj jedne nove matematičke teorije fazi sistema kojom se, na matematički formalizovani način, mogu predstaviti i modelovati: nepreciznost, neodređenost, neizvesnost, rasplinitost, subjektivnost itd. Analizirajući složene sisteme, Zadeh je došao do zaključka da, ukoliko složenost sistema prevazilazi određenu granicu, onda je njegovo ponašanje nemoguće opisati pomoću jasnih i tačnih izraza [13, 14]. Složenim problemima se može upravljati samo ako je dozvoljena nepreciznost u opisu i razmišljanju [13, 14]. Osnovni cilj fazi logike je da se približi ljudskom umu i načinu ljudskog razmišljanja i donošenja zaključaka, u uslovima neizvesnosti i približnih informacija. Teorija fazi sistema pomaže u premošćavanju razlika između pravila klasične teorije sistema i načina razmišljanja ljudskog uma. Ona omogućava modelovanje problema i pojava u kojima prevladava neizvesnost, neodređenost, subjektivnost i višeznačnost [14].

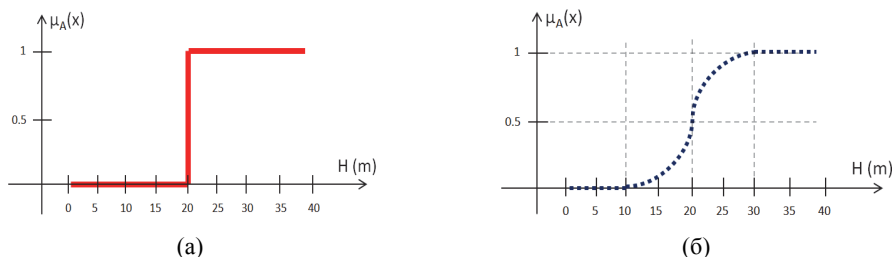
Fazi sistemi predstavljaju generalizaciju klasičnih sistema. Klasični (jasni, "crisp") sistemi se odlikuju jednom jedinom funkcijom pripadanja, odnosno neki element ili pripada ili ne pripada određenom skupu. Za razliku od njih, fazi sistemi se karakterišu mogućnošću za definisanje stepena pripadnosti svakog elementa, odnosno njihova specifičnost je pripadnost sa beskonačno puno različitih funkcija pripadnosti [14].

Fazi sistemi omogućuju modelovanje neodređenosti i neizvesnosti lingvističkih promenljivih. Primeri za lingvističku neodređenost i neizvesnost se sreću veoma često u građevinarstvu. Tako, ako se potraži odgovor na pitanje: koji objekat je visok? Pojam "visok" može se predstaviti numeričkom vrednosti od 20 metara. Klasična teorija sistema bi dala tačno određeni odgovor na ovo pitanje: ukoliko neki objekat ima visinu koja je veća ili jednaka 20 metara, onda on pripada grupi visokih objekata, a ukoliko je njegova visina manja od 20 metara, onda taj objekat pripada grupi niskih objekata. Ali, da li je ovo stvarno tačan odgovor na postavljeno pitanje? Zar objekti visoki 19 metara nisu visoki? Da li je moguće ovakve realne situacije predstaviti toliko strogim pravilima i ograničenjima?

¹ *Pojam fazi (fuzzy) označava nešto nejasno, neprecizno, zamagljeno, neodređeno, nedefinirano.*

Intuitivno, mnogo bliži ljudskom razmišljanju bi bio sledeći odgovor: svaki objekat pripada kategoriji "visokih objekata" sa određenim stepenom pripadnosti. Stepem pripadnosti može i varirati, u zavisnosti od toga ko daje odgovor na postavljeno pitanje. Ipak, funkcija pripadnosti neće biti jednoznačno određena, odnosno, ako se grafički prikaže, ona neće imati stroge ivice, već će biti neka monotona funkcija.

Ukoliko smo saglasni da svi objekti sa visinom manjom od 10 m definitivno ne pripadaju grupi visokih objekata, onda njihov stepen pripadnosti ovom skupu bi imao vrednost 0. Objekti koji su viši od 30 m su definitivno visoki objekti, pa je njihov stepen pripadnosti 1. Ali, objekti sa visinom između 10 m i 30 m takođe pripadaju skupu visokih objekata, s tim da se njihov stepen pripadnosti kreće u granicama između 0 i 1 (slika 10).



Slika 1. Grafički prikaz funkcije pripadnosti $\mu_A(X)$ elementa X u: (a) klasičnom skupu visokih objekata i (b) fazi skupu visokih objekata

Sasvim je jasno da je ovakav pristup definisanju promenljivih i njihovih vrednosti vrlo bliži ljudskom načinu razmišljanja, u poređenju sa klasičnim pristupom definisanja stepena pripadnosti. Upravo je ova ideja bila iskorišćena od strane Zadeha za formulaciju teorije fazi skupova i fazi logike [5, 13, 14].

2. FAZI LOGIKA U SISTEMU UPRAVLJANJA PROJEKTIMA

Fazi logika nalazi svoju primenu u teoriji upravljanja, kvantitativnoj analizi, planiranju, informacionim i ekspertskim sistemima itd., odnosno u svim onim slučajevima kada ne postoji mogućnost za izradu jasnih matematičkih modela ili su isti previše složeni i komplikovani [2, 4, 13, 14].

Inicijativa za korišćenje fazi logike kao inženjerskog alata potiče iz Japana¹. U prošlim decenijama, veliki broj japanskih kompanija je koristio fazi logiku za upravljanje različitim sistemima. Jedinstvenost fazi logike je u tome što ona predstavlja novu paradigmu u inženjerstvu. Poznato je da se inženjeri suočavaju sa dva tipa problema: dobro strukturirani i loše strukturirani problemi. Za prvi tip je jednostavno napraviti matematički

¹ Jedan od nedostataka fazi teorije je sama reč "fuzzy", zato što ona označava nešto nejasno, maglovito, neprecizno, pa predstavlja problem za ljude koji nisu uspeli da shvate suštinu. Odavde proizlazi i često postavljano pitanje: „Kako mogu upravljati nekim projektom korišćenjem metoda koji nije jasan? ". Upravo ovakav način razmišljanja je doprineo maloj popularnosti i primenljivosti fazi logike u velikom broju razvijenih zemalja u Evropi i Americi, za razliku od Japana, gde ljudi uopšte ne razmišljaju o značenju te reči, već jednostavno samo primenjuju fazi logiku. Upravo tamo se i izdvajaju ogromna finansijska sredstva za istraživanja povezanih za primenu fazi logike. S druge strane, Evropa i Amerika ulažu ogromne napore da bi se približili brzini tehnološkog razvoja Japana. [2].

model i isti se može lako iskoristiti. Nasuprot njima, u drugom slučaju, problem je dosta složen i postaje veoma teško, neefikasno ili nemoguće napraviti matematički model. Kod ovakvih tipova problema, neophodna je kompjuterska podrška, ali postoji veoma mali broj kompjuterskih alata koji mogu pomoći u rešavanju istih [2, 4, 13, 14]. Korišćenjem fazi logike, može se predstaviti neprecizno značenje pojmova što donosi izgradnji kvalitetnijih modela koji su bliži ljudskom načinu razmišljanja. Zbog toga, fazi logika je jedan od najmoćnijih alata za rešavanje loše strukturiranih problema. Fazi inženjerstvo predstavlja kombinaciju fazi logike, kao alata, i inženjerstva, kao metodologije. Pokazalo se da je ovakva kombinacija korisna za rešavanje loše strukturiranih problema [2, 4, 13, 14].

Osnovna specifičnost fazi inženjerstva proizlazi iz njegove specifične filozofije koja omogućava kvalitativno predstavljanje problema i njihovo rešavanje primenom fazi logike. Ovaj proces je veoma sličan ljudskom razmišljanju prilikom suočavanja sa složenim problemima. Najveće dostignuće fazi inženjerstva nalazi se u činjenicu što je postignuto razumevanje o nepreciznosti i nejasnoći, i oni su aktivno korišćeni i kao paradigma i kao alat za rešavanje problema. Ovo omogućava kombinaciju makro-analize i mikro-analize, korišćenje prirodnog jezika, primenu pristupa za orijentisanje prema cilju, integraciju ljudskog iskustva i subjektivnosti, i povećavanje ljudske sposobnosti za rešavanje složenih i kompleksnih problema. Jedan od ciljeva fazi inženjerstva je dvosmerna komunikacija između ljudi i kompjutera putem upotrebe prirodnog jezika, što predstavlja bazu za razvoj inteligentnih upravljačkih sistema u budućnosti [2, 4, 13, 14].

Uvođenje fazi teorije od strane Zadeha stvorilo je nove horizonte u različitim naučnim oblastima, među kojima i u građevinarstvu. Zadeh postavlja osnove za razvoj jedne nove matematičke teorije fazi sistema, kojom se matematički formalizovano predstavljaju i modelovaju: nepreciznost, neodređenost, neizvesnost, rasprostranjenost, subjektivnost, itd.

Ipak, potrebno je naglasiti da se fazi logika najčešće ne koristi kao samostalni alat za rešavanje problema, već u kombinaciji sa ostalim metodologijama uključujući genetske algoritme i neuralne mreže, i kao proširenje mogućnosti ekspertskih sistema, pa upravo zato u ovom doktorskom radu biće istražena njena primena u kombinaciji sa neuralnim mrežama.

2.1. FAZI MREŽNO PLANIRANJE

Efikasno i kvalitetno upravljanje i planiranje projektima, u savremenim uslovima, podrazumeva korišćenje kvalitetnih metoda planiranja i upravljanja, među kojima značajno mesto zauzimaju mrežni modeli.

Počeci razvoja mrežnih modela datiraju još u 20-tom veku kada je zabeležena njihova primena za potrebe planiranja i kontrole dugoročnih i složenih problema, ispred svega za projekte vojne prirode. Na početku su se mrežni modeli koristili za planiranje i kontrolu vremena u projektima, a nešto kasnije su se počeli primenjivati i za planiranje i kontrolu troškova i resursa. U savremenom građevinarstvu se ne može zamisliti realizacija niti jednog ozbiljnog projekta bez primene metoda za efikasno i kvalitetno planiranje i kontrolu.

Razvijeni su različiti metodi za upravljanje projektima, odnosno mrežni modeli, od kojih se najviše primenjuju: metoda kritičnog puta (Critical Path Method – CPM) i PERT metoda (Project Evaluation and Review Technique). Obe metode se karakterišu grafičkim

predstavljanjem projekta pomoću odgovarajuće orijentisane mreže sastavljene od osnovnih elemenata kao što su: aktivnosti, događaji, vreme trajanja, troškovi, resursi itd. CPM i PERT metodi se primenjuju za analizu vremena realizacije projekta, ali se uspešno mogu koristiti i za analizu troškova i resursa putem odgovarajućih konceptualnih prilagođavanja i izmena [3, 4].

Razvoj novih mrežnih modela je proizašao iz neophodnosti da se rešavaju problemi koji se ne mogu rešiti pomoću već postojećih tehnika mrežnog planiranja. Karakteristična je pojava dva nova metoda: GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) i VERT (Venture Evaluation and Review Technique) koji su značajni zato što omogućavaju zamenu determinističke strukture mreže sa stohastičkom. Stohastičku mrežu prave aktivnosti i događaji čije vreme trajanje, troškovi i resursi imaju stohastički karakter. Upotrebom GERT metode mogu se analizirati vreme i troškovi u uslovima neizvesnosti, dok VERT metoda uključuje i analizu njihovog izvršavanja [3, 4]. Prednost ovih metoda može se videti u mogućnostima za simulaciju budućih događaja na bazi trenutnih osnova čime se dobija uvid o verovatnoći dešavanja određenog događaja, što je vrlo značajno u procesu planiranja projekata.

Osnovni cilj planiranja je obezbeđivanje ušteta, a da bi se to postiglo, neophodno je tačno određivanje vremena trajanja projekta što direktno zavisi od vremena trajanja svih aktivnosti od kojih je projekat sastavljen. Odavde proizlazi potreba za kvalitetnom procenom vremena trajanja projekta [3, 4]. Planiranje i upravljanje projektima iz oblasti građevinarstva, izraženo putem određivanja vremena trajanja projektnih aktivnosti, izvršava se u uslovima rizika i neizvesnosti. Zbog specifičnosti uslova rada i mnogobrojnih faktora uticaja, vreme trajanje svih tipova građevinskih aktivnosti se ne može tačno definisati. Pojava neizvesnosti i nepreciznosti u vremenu trajanja građevinskih aktivnosti povlači neprecizno određivanje ukupnog vremena trajanja realizacije projekta. Upravo zbog toga, javlja se potreba za primenom drugačijeg pristupa u procesu planiranja i upravljanja projektima.

Primena fazi logike u procesu planiranja i upravljanja građevinskim projektima omogućava analizu vremena trajanja građevinskih aktivnosti u uslovima neizvesnosti i rizika. Osnovna pretpostavka ove metode je da je vreme trajanja aktivnosti izraženo pomoću fazi brojeva. Planiranje u slučajevima kada je vreme trajanja aktivnosti ili kada su troškovi projekta zadani kao fazi brojevi je osobito zgodno za primenu u građevinarstvu, uzimajući u obzir veliku subjektivnost koja se javlja u toku procene građevinske aktivnosti. Na primer, ako je poznato da je vreme potrebno za betoniranje temelja nekog objekta oko 4 dana, onda se isto može predstaviti kao trouglasti fazi broj (2,4,6) ili kao trapezoidni fazi broj (2,3,4,6). Ova procena zavisi od iskustva, znanja i stručnosti planera, i svakako od raspoloživih istorijskih podataka o izvođenju sličnih građevinskih radova, kao i od uslova na terenu [4].

U literaturi se može sresti veliki broj pokušaja upotrebe fazi logike i fazi brojeva u mrežnom planiranju koji datiraju još od 1970. godine [7]. Putem korišćenja fazi teorije umesto teorije verovatnoće razvija se jedna nova, modificirana metoda planiranja, nazvana fazi mrežno planiranje, odnosno fazi metoda kritičnog puta (FCPM – Fuzzy Critical Path Method).

Tokom poslednjih nekoliko decenija razvijeno je nekoliko različitih metoda planiranja koji se baziraju na konceptima fazi teorije [6, 8, 9, 10, 11]. Prva metoda je bila nazvana FPERT (Fuzzy PERT) i predložena od strane Kamburowski-ja (1981.), a bila je karakteristična po tome što je vreme trajanje projekta bilo zadato kao fazi skup sa

odgovarajućim vremenskim prostorom. Dalje je bila razvijena metoda fazi mrežnog planiranja (FNET) od strane Gazdik-a (1983.), i ova metoda je koristila osnovne fazi algebarske operacije za računanje vremena trajanja projektnih aktivnosti i za određivanje ukupnog vremena realizacije projekta i njegovog kritičnog puta. Nasution i Loterapong (1994.) i Moselhi (1996.) su predložili dopunjavanje FNET-a. Nadovežući se na sve ovo McCahon (1993.), Chang (1995.) i Lin i Yao (2003.) su predložili tri metodologije za računanje fazi vremena realizacije projekata. U literaturi se mogu sresti i drugi autori koji su istraživali ovu problematiku i predlagali različite metode za računanje vrednosti najranijih fazi vremenskih termina (računanje unapred) koji su bazirani na osnovnim pravilima iz klasične CPM [6, 8, 9, 10, 11]. Razlike se pojavljuju u načinu računanja najkasnijih vremenskih fazi termina (računanje unazad) zato što ovo računanje dva puta uzima u obzir nepreciznost vremena aktivnosti. U nastavku je dat kratak pregled nekih od autora koji su istraživali ovu problematiku: Kaufmann i Gupta, predložili su računanje unazad koje se bazira na optimističkom fazi oduzimanju; Dubois je proširio metod fazi aritmetičkih operacija kako bi se mogli izračunati fazi najkasniji počeci aktivnosti u mrežnom planu [6, 8, 9, 10, 11]; Nasution se pozvao na simboliku računanja za promenljiva vremena trajanja; McCahon i Lee, Mon, Yao i Lin su predložili metod za računanje saglasno pravilima klasične CPM, ali sa defazifikacijom fazi vreme trajanja [6, 8, 9, 10, 11]; McCahon je predložio računanje približne vrednosti fazi vremenskih rezervi aktivnosti putem njihovih najranijih vremenskih termina [9]; Shankar, Rao i Sireesha, su predložili jednostavan tabelarni metod kao alternativu FCPM-a sa određivanje kritičnog puta, kritičnih aktivnosti i vremenskih rezervi [9]; Rao i Shankar su predložili metodu za leksikografsko sređivanje rangiranja fazi brojeva [6]; Shankar, Sireesha, Rao i Vani su uveli metričko rangiranje fazi brojeva za efikasno određivanje kritičnosti aktivnosti i kritičnog puta [8]; Shankar, Rao i Sireesha, su predložili analitičku metodu za određivanje kritičnog puta sa modificiranom formulom za defazifikaciju trapezoidnih fazi brojeva [9]; Shankar i Saradhi su uveli novi pristup za određivanje najkasnijih fazi vremenskih termina putem izbacivanja negativnih vremena koja se dobijaju drugim metodama [10]; Zielenski i Chanas (2001.) su prezentovali prirodnu generalizaciju kritičnosti fazi vremena trajanja aktivnosti i koristili su pretpostavku da se vreme trajanje svake aktivnosti može predstaviti diskretnom vrednošću, sa intervalom vrednosti ili sa fazi brojevima [7]; Dubois (2003.) je predložio heurističku metodu za računanje mogućih vrednosti najkasnijih termina i vremenskih rezervi i dodeljivao je različit nivo značenja svakoj aktivnosti iz kritičnog puta za slučajno izabranu grupu aktivnosti; Zielenski (2005.) je koristio polinomne algoritme za određivanje intervala najkasnijih početaka; Feng i Jing (2003.) su predložili fazi metodu za kritični put koristeći α -presek [11]; Soltani i Haji (2007.) su uveli novi pristup za određivanje najranijih i najkasnijih fazi vremenskih termina i fazi vremenskih rezervi, odnosno modificirano računanje unazad bazirano na linearnom programiranju [11]; Chen i Hsush (2008.), su definisali najkritičniji put i relativni stepen kritičnosti; Chen je predložio metod za upravljanje vremenom izvršavanja projekata putem definisanja stepena kritičnosti za sve aktivnosti u mrežnom planu [7]; Shahsavari, Modarres i Aryanejad (2010.) su predložili metodu za računanje fazi vremena trajanja i određivanja fazi kritičnog puta pomoću rešavanja modela fazi linearnog programiranja, iskoristivši za to poseban fazi algoritam (FCPMA – Fuzzy Critical Path Method Algorithm) [7]; Sireesha i Shankar (2010.) su predložili metodu za određivanje ukupnih vremenskih rezervi aktivnosti i fazi kritičnog puta bez računanja najranijih i najkasnijih vremenskih termina korišćenjem WCR metode [12]; i drugi.

Pošto rangiranje, odnosno upoređivanje fazi brojeva, ima značajnu i važnu ulogu u procesu planiranja i kontrole projekata, u literaturi se mogu sresti različiti metodi koji su bili predloženi od strane autora koji su istraživali ovu problematiku. Rangiranje fazi brojeva uopšte nije lak zadatak zato što su fazi brojevi predstavljeni putem mogućih funkcija raspodele i mogu da budu međusobno preklapljeni. Samo u prošlih desetak godina je razvijen veliki broj metoda za rangiranje različitih tipova fazi brojeva zato što je, još od samog početka razvoja i primene fazi teorije, počela i analiza i proučavanje problema povezanog sa poređenjem fazi brojeva [6, 8, 11]. Reč je o dosta važnom i složenom problemu koji je bio istraživani od strane velikog broja autora, između kojih se ističu [1]: Chen i Lu (2001.), Shen i Sheng (2004.), Chu i Tsao (2002.), Lee (2004.), Modaressi i Soheil (2001.), Tang (2003.), Tran i Duckstein (2002.), Wang i Kerre (2001.), Detyniecki i Yager (2001.), Soltani i Haji (2007.), Chen i Hsush (2008.), Shankar (2010.), Rao i Shankar (2012.) i ostali. Upoređivanje fazi brojeva se koristi u procesu planiranja, odnosno za računanje najranijih i najkasnijih vremenskih termina (početke i završetke) projektnih aktivnosti.

3. ZAKLJUČAK

Sve veći obim poslova u savremenom građevinarstvu, veliki broj organizacionih jedinica koje učestvuju u realizaciji građevinskih projekata, kao i strogi uslovi i kriterijumi koji moraju biti ispunjeni prilikom projektovanja i građenja građevinskih objekata, predstavljaju bazu za kontinuirano usavršavanje sistema za upravljanje projektima. Zbog toga, razvoj determinističkih matematičkih modela za rešavanje različitih tipova problema iz ove oblasti je težak i prilično skup zadatak. Upravo zato se i javila ideja za primenu inovativnih metoda i tehnika kojim bi se na jednostavniji način, a ipak uspešno, rešavali problemi tokom upravljanja građevinskim projektima, a među njima se izdvaja primena veštačkih neuralnih mreža, fazi logike i fazi-neuralnih mreža.

U savremenom građevinarstvu koriste se naučni interdisciplinarni koncepti koji svoje poreklo imaju u biologiji, matematici, fizici i drugim naučnim disciplinama. Ovakvi pristupi su bazirani na činjenici da je neophodna potreba za razvojnim tehnikama koje imaju sposobnosti prilagođavanja, učenja, prepoznavanja i samoorganizacije. Inteligencija predstavlja sposobnost učenja, razmišljanja, razumevanja, rešavanja problema i donošenja odluka, tj. stvari koje su karakteristične za ljude. Međutim, i pored ljudske sposobnosti za učenje, prilagođavanje i razumevanje, često se javlja i potreba za dopunskim obaveštenjima i informacijama, na osnovu kojih bi mogli da donesemo prave odluke, posebno ako se radi o analizi složenih i kompleksnih problema. Zbog toga, moderno građevinarstvo nastavlja potragu za načinima za uvođenje novih tehnika, baziranih na principima veštačke inteligencije i fazi logike kao primenjene nauke, za stvaranje uslova za donošenje kvalitetnijih odluka u procesu rešavanja složenih problema koji su sve češći u današnjem vremenu, a pojavljuju se u različitim oblastima građevinarstva.

LITERATURA

- [1] Chang Jing-Rong, Cheng Ching-Hsue and Kuo Chen-Yi: "Conceptual procedure for ranking fuzzy numbers based on adaptive two-dimensions dominance", *Soft Comput* (2006) 10: 94-103, DOI 10.1007/s00500-004-0429-9, 2005
- [2] Hellman M.: "Fuzzy logic introduction", University of Rennes, France
- [3] Konjovic Z. and Obradovic Gj.: "Fuzzy logika-radni materijal", Fakultet tehnickih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2004
- [4] Kurić K.: "Izrada planova u graditeljstvu", Gradjevinska knjiga, Beograd, 2011
- [5] Prasevic Z.: "Fuzzy logika", Predavanja doktorske studije, Gradjevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora, 2011
- [6] Rao P. Phani Bushan and Shankar N. Ravi: "Ranking fuzzy numbers with a distance method using circumcenter of centroids and an index of modality", *International journal of Advances in fuzzy systems*, Vol. 2011, Article ID 178308, 2011
- [7] Shahsavari N., Modarres M., Aryanejad Mir. B. and Moghadam R. Tavakoli: "Calculating the project network critical path in uncertainty conditions", *international journal of Engineering and technology*, Vol. 2 (2), pp. 136-140, ISSN: 0975-4024, 2010
- [8] Shankar N. Ravi, Saradhi B. Pardha: "Fuzzy critical path method in interval-valued activity networks", *International journal of Pure and applied sciences and technology*, Vol. 3(2), pp. 72-79, ISSN: 229-6107, 2011
- [9] Shankar N. Ravi, Sireesha V. and Rao P. Phani Bushan: "An analytical method for finding critical path in a fuzzy project network", *International journal of Contemp. Math. Sciences*, Vol. 5, no. 20, pp. 953-962, 2010
- [10] Shankar N. Ravi, Sireesha V., Srinivasa K. and Vani N.: "Fuzzy critical path method based on matrix distance ranking of fuzzy numbers", *International journal of Mathematical analyses*, Vol. 4, no. 20, 995-1006, 2012
- [11] Shankar N. Ravi, Srinivasa K. and Sireesha S.: "A new approach to evaluate characteristics involved in a fuzzy critical path method", *International journal of Advances in fuzzy mathematics*, Vol. 6, no. 2, pp. 217-226, ISSN: 973-533X, 2011
- [12] Sireesha V. and Shankar N. Ravi: "A new approach to find total float time and critical path in a fuzzy project network", *International journal of Engineering science and technology*, Vol. 2(4), pp.600-609, ISSN: 0975-5462, 2010
- [13] Subashic P.: "Fazi logika i neuronske mreze", Tehnicka knjiga, Beogra, 1998
- [14] Zadeh L., King-Su F., Tanaka K. and Shimura M.: "Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes", Academic Press, Inc., United States of America, ISBN: 0-12-775260-9.