UNAPREĐENJE EDAS METODE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA U EVALUACIJI I RANGIRANJU KADROVA

By Anđelka Štilić

WORD COUNT	39124	TIME SUBMITTED	18-FEB-2022 12:53PM
		PAPER ID	82732989

Univerzitet Singidunum
Departman za poslediplomske studije

Doktorski akademski program
Inženjerski sistemi u menadžmentu

Doktorska disertacija

UNAPREĐENJE EDAS METODE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA U EVALUACIJI I RANGIRANJU KADROVA

Mentor:

prof. dr Angelina Njeguš

Student:

Anđelka Štilić, 2014/465051

Beograd, 2022.

UNIVERZITET SINGIDUNUM
DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE
Danijelova 32, Beograd

Kandidat: Anđelka Štilić, master informatičar
Broj ineksa: 2014/465051
Studijski program: Inženjerski sistemi u menadžmentu

Tema:

UNAPREĐENJE EDAS METODE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA U EVALUACIJI I RANGIRANJU KADROVA

Mentor:

Prof. dr Angelina Njeguš
Redovni profesor Univerziteta Singidunum, Beograd

Članovi Komisije:

Prof. dr Milan Milosavljević
Redovni profesor Univerziteta Singidunum, Beograd

Prof. dr Vesna Todorčević
Redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka
Univerzitet u Beogradu

Rezime

Višekriterijumsko odlučivanje kao tema već neko vreme egzistira na naučnoj sceni, ali je poslednjih godina sve zastupljenije i postaje predmet brojnih istraživanja i sve šire primene. U ovoj doktorskoj disertaciji analizirane su oblasti upravljanja ljudskim resursima, osnove teorije odlučivanja i kriterijumi za izbor i rangiranje kandidata za rad u turističkoj privredi. Izvršena je i klasifikacija metoda višekriterijumske analize s osvrtom na primenu *fuzzy* i *rough* skupova u situacijama neodređenosti, neuređenosti i nesigurnosti. Analizirane su klasifikovane metode kako bi se došlo do najadekvatnije metode višekriterijumske analize za rangiranje studenata u smislu zadovoljenja specifičnih zahteva koji proističu iz projekta „Posredovanje u zapošlajvanju studenata“, skraćeno PUZS, odnosno iz baze podataka studenata i potreba donosilaca odluka iz turističke privrede. Detaljno je opisana metoda EDAS koja je izabrana kao pogodna za rad s velikim brojem alternativa i koja svojim pozitivnim PDA i negativnim NDA rastojanjima od srednje vrednosti daje bolji uvid u samu strukturu podataka. Na osnovu uočenih nedostataka koji su se pokazali tokom testiranja metode, a koji se odnose na veliki raspon vrednosti atributa po nekim kriterijumima uz istovremeno mali raspon vrenosti po nekim drugim kriterijumima, urađena je prva ekstenzija metode EDAS u EDAS+. Za rešavanje problema proizašlih iz zahteva poslodavaca, uveden je pojam intervalnih kriterijuma i izrađen je matematički model za transponovanje vrednosti u zadate okvire, kao i implementacija matematičkog modela u EDAS+, čime je dobijena nova ekstenzija EDAS metode – EDAS++. U disertaciji su klasifikovane metode za određivanje težinskih kriterijuma te metode za agregaciju rezultata kada je u pitanju grupno donošenje odluka.

Ključne reči: EDAS, EDAS+, Intervalni kriterijumi, EDAS++.

Abstract

Multicriteria decision-making, as a topic, has existed on the scientific scene for some time, but in recent years it has gained momentum and has become the subject of numerous researches and wider applications. During the doctoral dissertation, the areas of human resource management, basics of decision theory and criteria for the selection and ranking of candidates for work in the tourism industry were analyzed. A classification of multicriteria analysis methods was made with reference to the application of fuzzy and rough sets in situations of vagueness, disorder and uncertainty.Classified methods were analyzed in order to find the most adequate method of multi-criteria analysis for ranking students in terms of meeting specific requirements arising from the project "Mediation in student employment", abbreviated PUZS, more specifically from the student database and the needs of decision makers from the tourism industry. The EDAS method, which was chosen as suitable for working with a large number of alternatives and which, with its positive PDAs and negative NDA distances from the mean, gives a better insight into the data structure itself, is described in detail. Based on the observed shortcomings that were shown during the testing of the method, which was related to the large range of attribute values according to some criteria with a small range of values according to some other criteria, the first extension of the EDAS method in EDAS + was made. A special problem that arose from the requirements of employers, in order to solve it, initiated the introduction of the concept of interval criteria and the development of a mathematical model for transposing values into given frames, as well as the implementation of a mathematical model in EDAS++. The dissertation classifies methods for determining weight criteria and methods for aggregating results when it comes to group decision making.

Keywords: EDAS, EDAS+, Interval criteria, EDAS++.

SADRŽAJ

1 Uvod 7

1.1 Metodološke osnove istraživanja 8

1.1.1 Problem istraživanja 8

1.1.2 Predmet istraživanja 8

1.1.3 Ciljevi i zadaci istraživanja 9

1.1.4 Hipoteze u istraživanju 10

1.1.5 Metode istraživanja 11

1.1.6 Naučna i društvena opravdanost istraživanja 12

1.2 Struktura rada 13

2 Teorijska osnova istraživanja 15

2.1 Upravljanje ljudskim resursima 15

2.2 Teorija odlučivnja 20

2.3 Metode višekriterijmske analize 24

2.3.1 SAW 30

2.3.2 AHP 30

2.3.3 ANP 37

2.3.4 TOPSIS 40

2.3.5 PROMETHEE 42

2.3.6 ARAS 47

2.3.7 EDAS 48

2.3.8 Analiza i izbor MCDM metode 51

2.4 Višekriterijumske metode u uslovima neuređenosti i neodređenosti 56

2.4.1 Fuzzy brojevi 56

2.4.2 ROUGH brojevi 64

2.4.3 Elementi Teorije sivih sistema 67

2.5 Kriterijum i težinski faktori kriterijuma 71

2.5.1 Kriterijumi 71

2.5.2 Težinski faktori i njihovo određivanje 74

2.5.3 Izbor metode za određivanje težine kriterijuma 95

3 Analiza naučnih radova 98

3.1 Pregled literature iz oblasti teorije odlučivanja, višekriterijumske analize i upravljanja ljudskim resursima 98

3.2 Pregled literature iz oblasti višekriterijumske metode EDAS 106

4 Unapređena EDAS metoda 110

4.1 Numerički primer za metodu EDAS 110

4.2 EDAS+ kao rešenje 115

4.3 EDAS++ kao druga ekstenzija modela EDAS 121

4.3.1 Zahtevi iz prakse - intervalni kriterijum kao odgovor 121

4.3.2 EDAS++ KAO ODGOVOR 121

5 Implementacija dvostruke ekstenzije EDAS metode (EDAS++) 132

5.1 Kriterijumi za zapošljavanje u turističkoj privredi 132

5.2 Kriterijumi u projektu: "Posredovanje u zapošljavanju studenata u turističkoj privredi" (PUZS) 134

6 Zaključak 136

Literatura 140

PRILOZI 151

PRILOG A. KORACI PLANIRANJA PROJEKTA 151

PRILOG B.REZULTATI ANKETIRANJA SUBJEKETA TURISTIČKE PRIVREDE 155

Spisak akronima 158

Spisak tabela 161

Spisak slika 163

1 Uvod

Ljudski život se može predstaviti i kao niz situacija u kojima subjekt donosi odluke tako što pravi izbore. Odlučivanje je proces zasnovan na kognitivnim sposobnostima tokom koga se vrši izbor najbolje alternative među nekoliko potencijalnih alternativa ili jedne akcije iz niza mogućih akcija, što je i smisao donošenja odluke (odlučivanja). U metodama donošenja odluka, alternative su identifikovane i odabrane u odnosu na preferencije i poželjnu vrednost donosioca odluke. Mnogi problemi imaju više kriterijuma na osnovu kojih se donosi odluka. Ti kriterijumi su često u konfliktu, a treba ih uzeti u obzir istovremeno.

Harris (2014) definiše odluke kao izbor alternativa, zasnovan na davanju prednosti nekom kriterijumu od strane donosilaca odluke. Donošenje odluke pretpostavlja postojanje barem dve alternative, iako je najčešće reč o većem broju alternativa (alternativnih rešenja) koje je potrebno identifikovati, selektovati, klasifikovati, rangirati.

Izbor osoblja koje može da odgovori poslovnim zahtevima, ali i formulisanje samih zahteva, ključni su faktori poslovnog uspeha. Selekcija kadrova ima svoje istorijske korene. Postoje podaci koji govore da izbor osoblja zasnovan na testiranju potiče iz kineskog ispita za visoke državne službenike. Teng navodi (Teng, 1943) da je 165. godine p.n.e. kineski car Ven od Hana uveo praksu polaganja ispita za izbor činovnika u državnu službu, a da je 605. godine n.e. car Jang iz dinastije Sui uspostavio sistem ispitivanja kandidata za državne službenike na koji su pozivani lokalni talenti. Carska Kina je zadržala razne tradicionalne načine testiranja sve do pada carstva 1911. godine.

Pretpostavlja se da je Hugo Minsterberg (psiholog, koji je dao doprinos razvoju primenjene i industrijske psihologije, 1863-1916) prvi uveo testiranje sposobnosti, kao kriterijum za selekciju kadrova za rad u industrijskom okruženju, kako bi se izabrali najbolji kandidati za posao elektromašinovođe.

Početkom Prvog svetskog rata, američka vojska pokušala je da podigne stepen svoje borbene gotovosti regrutacijom kadrova na osnovu testa sposobnosti. Prve testove inteligencije pod nazivom „Alfa test“ razvila je grupa psihologa na čelu sa Robertom Jerkesom (Yoakum & Yerkes, 1920). Tokom Prvog svetskog rata, na regrutima je primenjeno više od 1,7 miliona testova (Ackerman et al., 2013).

Na osnovu iznetog, ukratko možemo reći da je odlučivanje izuzetno važna kognitivna kategorija, a potreba za izborom adekvatnih kadrova je istorijska kategorija koja s vremenom ne gubi na značaju, već naprotiv, postaje sve važnija.

1.1 Metodološke osnove istraživanja

1.1.1 Problem istraživanja

Realni problemi s kojima se prilikom zapošljavanja suočavaju mladi, visokoobrazovani ljudi su, između ostalih, nepostojanje povezanosti između studenata, fakulteta i matičnih privrednih subjekata koji imaju potrebu za određenim kadrovima. Nakon završetka studija, studenti Visoke turističke škole, iako su tokom prakse bili upućeni na privredne subjekte iz oblasti turizma, najčešće se samostalno snalaze po pitanju zaposlenja. S druge strane, privredni subjekti iz oblasti turizma konkursima reševaju potrebu za popunjavanjem radnih mesta.

Ovako formulisan problem nameće potrebu za pronalaženjem konkretnog rešenja, koje je dato u okviru projekta „Posredovanje u zapošljavanju studenata u turističkoj privredi“, skraćeno PUZS. Rad na Projektu traje paralelno s radom na disertaciji, a sama implementacija PUZS se očekuje nakon odbrane disertacije.

Kako samo formulisanje problema istraživanja na izvestan način podrazumeva kretanje od poznatog ka nepoznatom, tako je i ovde, u toku razvoja projekta došlo do susreta sa „sivom zonom“ – pojavili su se problemi koji se nisu mogli rešiti postojećim naučnim metodama. Na osnovu toga se može pretpostaviti da praksa daje dinamiku nauci samim svojim zahtevima i specifičnostima i da teorijska rešenja koja imaju primenu u praksi, a koja su nastala kao odgovor na potrebe iz prakse, imaju visok stepen adaptacije i evaluacije.

1.1.2 Predmet istraživanja

Rad na projektu „Posredovanje u zapošljavanju studenata Visoke turističke škole u turističkoj privredi“, skraćeno PUZS, pokrenuo je potrebu za detaljnim istraživanjem oblasti višekriterijumske analize.

Predmet teorijskog istraživanja bila je najpre oblast metoda višekriterijumske analize, kako bi se kroz analizu postojećih metoda načinio izbor adekvatne metode za rangiranje u smislu

zadovoljenja specifičnih zahteva koji proističu iz samog projekta, odnosno zahteva donosilaca odluka.

Usledila je analiza metoda za određivanje težinskih faktora, koja je imala za cilj da omogući izbor adekvatne metode koja zadovoljava uslove i zahteve iz prakse.

Analiza metoda odlučivanja u situacijma nizvesnosti i/ili neodređenosti korišćenjem *fuzzy* i *rough* brojeva, teorijska postavka ovih skupova i računske operacije s *fuzzy* i *rough* brojevima, imale su za cilj ispitivanje mogućnosti rešavanja situacija iz prakse u kojima bi iz nedovoljno jasno definisanih kriterijuma proisticale iste takve, nedovoljno definisane vrednosti atributa.

Na kraju, poslednji korak u istraživanju predstavlja pregled literature koja se odnosi na relevantne kriterijume za zapošljavanje u turističkoj privredi.

1.1.3 Ciljevi i zadaci istraživanja

Ciljevi i zadaci istraživanja su sledeći:

- Analiza postojeće naučne literature iz oblasti upravljanja ljudskim resursima, elemenata teorije odlučivanja i *fuzzy* i *rough* skupova;

- Klasifikacija informacija iz naučne literature iz oblasti metoda višekriterijumske analize, metoda određivanja težinskih faktora i kriterijuma za zapošljavanje u turističkoj privredi;

- Analiza zahteva privrednih subjekata i izbor metode višekriterijumske analize kojom bi se adekvatno odgovorilo na njihove zahteve za novim kadrovima;

- Razvoj efikasnog matematičkog modela kojim bi se rešilo pitanje invarijantnosti unutar datog intervala vrednosti atributa po zadatom kriteriijumu;

- Implementacija matematičkog modela intervalnog kriterijuma u izabranu metodu višekriterijumske analize;

- Definisanje i identifikovanje ključnih kriterijuma kojima će se odgovoriti na zahteve privrednih subjekata za zapošljavanjem adekvatnih kadrova;

- Primena predloženog modela/metoda višekriterijumskog odlučivanja/analize u procesu rangiranja i selekcije studenata treba da omogući pouzdanu i efikasnu evaluaciju i izbor kandidata;

- Definisanjem preciznih kriterijuma za utvrđivanje određenih performansi zaposlenih u okviru turističke privrede, sam sistem obrazovanja koji je usmeren ka ovoj privrednoj grani, imao bi priliku da prilagodi svoje studijske programe tržišnim uslovima i da, kroz kontinuiranu interakciju sa privrednim subjektima unapređuje kvalitet nastave;

- Predloženi model višekriterijumskog odlučivanja uticaće na smanjenje stope nezaposlenosti onih studenata koji zadovoljavaju sve kriterijume poslodavaca uključenih u Projekat;

- U situaciji masovne migracije mladih i visokoobrazovanih kadrova, možda najznačajniji društveni cilj projekta posredovanja u zapošljavanju studenata ogleda se u mogućnosti da se, primenom ovog Projekta i njegovim širenjem, taj trend smanji.

1.1.4 Hipoteze u istraživanju

Praksa daje dinamiku nauci samim svojim zahtevima i specifičnostima, a teorijska rešenja koja su nastala kao odgovor na potrebe iz prakse, imaju visok stepen adaptacije i evaulacije. Ovo nije hipoteza već iskustvo iz rada na disertaciji u kojoj su, polazeći od problema, predmeta i ciljeva istraživanja, postavljene sledeće hipoteze:

Opšta hipoteza: Metod višekriterijumske analize koji uzima u obzir konačno mnogo alternativa, pouzdano deluje u situaciji istovremeno veoma velikih i malih raspona vrednosti atributa po pojedinačnim zadatim kriterijumima i koji omogućava invarijantno vrednovanje unutar datog inetrvala – povećaće preciznost samog procesa višekriterijumskog odlučivanja.

H1. Metode višekriterijumske analize koje mogu da uzmu u obzir konačno mnogo alternativa i koje mogu da uzmu u obzir velike raspone vrednosti unutar pojedinačnih kriterijuma, uz istovremeno niske raspone vrednosti kod drugih kriterijuma primenom normalizacije, pozitivno utiču na mogućnost uporedivosti podataka.

H2: Matematički model kojim se omogućava invarijantno vrednovanje unutar datog intervala vrednosti atributa po zadatom kriterijumu daće veće mogućnosti donosiocu odluke prilikom postavljanja kriterijuma za rangiranje.

H3. Metode višekriterijumske analize koje imaju ugrađen matematički model intervalnih kriterijuma pružaju donosiocu odluka relevantnije rezultate rangiranja.

H4: Razvoj informacionog sistema sa implementiranim EDAS ++ algoritmom će pružiti preciznije informacije u posredovanju prilikom zapošljavanja studenata u turističkoj privredi.

Pored navedenih hipoteza, u disertaciji su prisutni i hipotetički stavovi koji se baziraju na visokom stepenu istinitosti, koji proističu iz navedene literature i koje nije potrebno dokazivati:

„Što se više u procesu regrutacije i selekcije kadrova koriste modeli zasnovani na višekriterijumskom odlučivanju, to je proces evaluacije i rangiranja kandidata uspešniji."

„Što su kriterijumi za evaluaciju kandidata koji se bira bolje definisani, to je proces evaluacije i rangiranja kandidata efikasniji."

„Što su bolje određeni težinski faktori kriterijuma, uspešnije je odlučivanje koje se vrši po tim kriterijumima."

1.1.5 Metode istraživanja

U skladu sa predmetom i ciljevima disertacije, tokom rada su korišćene osnovne naučne metode koje se odnose na istraživanje, kao što su: analitička, induktivno-deduktivna, metoda analize i sinteze, a u periodu prikupljanja podataka košrišćene su metode intervjua i anketiranja.

Analitička metoda podrazumeva korišćenje, proučavanje i analizu sadržaja domaće i strane naučne i stručne literature koja je relevantna za teme obuhvaćene disertacijom. Induktivno-deduktivna metoda omogućava sticanje znanja zasnovanog na primeni empirijskih podataka o načinima i različitim pristupima definisanju kriterijuma relevantnih za donošenje odluka u procesu regrutacije i selekcije kadrova u turističkoj privredi, na osnovu kojih se izvode zaključci o uspešnosti i efikasnosti primene predloženog modela zasnovanog na višekriterijumskoj analizi.

Metoda analize podrazumeva put od složenih naučnih pojmova ili pojava koji su tema naučnog interesovanja, ka njihovim elementima i to se, pre svega, odnosi na deskriptivnu analizu, dok eksplikativna analiza nastoji da na osnovu uočenih elemenata objasni širi pojam koji je bio tema analize. Eksplikativna analiza je na tragu onoga što je Hegel podrazumevao – put od posebnog ka opštem ili, sasvim konkretno, izvođenje teorema iz aksioma. Ovaj segment analize na određen način ima u sebi inkorporiranu i sinzetu koja, po definiciji, spaja jednostavne zaključke i sudove u složenije forme (naučnog) mišljenja. Analizom zahteva poslodavaca, učesnika u projektu PUZS, za rasponima indeferentnosti prilikom odlučivanja, nakon raščlanjivanja postojećeg sistema na elemente i uočavanja poveznice između elemenata i zahteva, kao rešenje je

kreiran model intervalnih kriterijuma. Ovaj model predstavlja kvalitativnu sintezu, jer ne daje odgovor samo na partikularni problem, već može imati širu naučnu i praktičnu primenu, a njegovom implementacijom u postojeći model dobio je i praktičnu potvrdu.

Metoda ispitivanja i prikupljanja podataka u konkretnom slučaju odnosi se na proširenje baze podataka o studentima, anketiranje na više nivoa koje, između ostalog, podrazumeva i kreiranje anketnog upitnika, način distribucije i obrade upita. Pored toga, izvesne ulazne informacije dobijaju se i na osnovu panel rasprava s ekspertskim timovima radi određivanja težinskih faktora kriterijuma za rangiranje/selekciju kadrova. Panel rasprave se osim usaglašavanja, koje im je osnovni cilj, javljaju i kao značajan izvor podataka.

1.1.6 Naučna i društvena opravdanost istraživanja

Po jednoj od metodoloških definicija, naučni ciljevi istraživanja mogu biti: opisivanje (naučna deskripcija), naučna klasifikacija (tipologizacija), naučno otkriće, naučno objašnjenje i naučna predikcija.

Ova disertacija ima četiri stepena naučnog nivoa:

- Naučnu deskripciju, koja se odnosi na opisivanje elemenata upravljanja ljudskim resursima, opisivanje osnovnih postulata teorije odlučivanja i opisivanje postavke rada s *fuzzy* i *rough* brojevima;

- Naučnu klasifikaciju, koja se odnosi na metode višekriterijumske analize, metode određivanja težinskih faktora i klasifikaciju kriterijuma za rangiranje kadrova za rad u turističkoj privredi;

- Naučno otkriće se odnosi na dve ekstenzije višekriterijumske metode EDAS i uvođenje intervalnih kriterijuma:

- Naučno objašnjenje se odnosi na matematički model intervalnih kriterijuma unutar višekriterijumske metode EDAS (druga ekstenzija EDAS-a).

Naučna prognoza je data u zaključnoj reči u vidu pretpostavke ili (pozitivnog) očekivanja.

Pored naučne opravdanosti, diseracija pokreće teme koje je čine društveno opravdanom i potrebnom:

- Definisanjem preciznih kriterijuma za određenim kadrovskim performansama zaposlenih u okviru turističke privrede, sam sistem obrazovanja koji je usmeren ka ovoj privrednoj grani imao bi priliku da prilagodi svoje studijske programe tržišnim uslovima i da, kroz kontinuiranu interakciju sa privrednim subjektima unapređuje kvalitet nastave;

- Implementacija PUZS će smanjiti mogućnost da studenti koji zadovoljavaju kriterijume poslodavaca uključenih u ovaj projekat ostanu nezaposleni;

- U današnjoj situaciji kada mladi i visokoobrazovani kadrovi masovno migriraju, možda najznačajniji društveni cilj projekta "Posredovanje u zapošljavanju studenata" predstavlja mogućnost da se njegovom primenom i širenjem na celu univerzitetsku zajednicu, taj trend uspori.

1.2 Struktura rada

Doktorska disertacija se sastoji iz 6 poglavlja.

U uvodnom poglavlju, pored uvodnih napomena, definisani su problem i predmet istraživanja, ciljevi i zadaci istraživanja, hipoteze, metode istraživanja, naučna i društvena opravdanost istraživanja te struktura rada.

Poglavlje pod naslovom „Teorijska osnova istraživanja“ obuhvata podnaslove u kojima se samo opisuju pojedine oblasti kao što su: Upravljanje ljudskim resursima, Teorija odlučivanja i Višekriterijumske metode u uslovima neuređenosti i neodređenosti, a klasifikuju oblasti kao što su: Metode višekriterijumske analize i Metode određivanja težinskih faktora kriterijuma.

U trećem poglavlju pod naslovom „Analiza naučnih radova“ date su dve paralelne tabelarne analize: prva se odnosi na sve radove navedene u okviru poglavlja „Teorijska osnova istraživanja“, a druga na naučne radove koji se odnose isključivo na metodu višekriterijumske analize EDAS.

Četvrto poglavlje pod naslovom „Unapređena EDAS metoda“ je najznačajnije poglavlje u disertaciji, jer sadrži tri naučna doprinosa:

– Korigovanu EDAS metodu (EDAS+) u slučaju kada je raspon vrenosti po određenim kriterijumima nesrazmerno veliki u odnosu na druge kriterijume koji se primenjuju istovremeno;

– Uvođenje pojma intervalnog kriterijuma i matematičkog modela za transponovanje vrednosti iz početne matrice odlučivanje u matricu čije vrednosti zadovoljavaju uslove koje intervalni kriteijumi postavljaju;

– Korigovanu EDAS++ metodu koja predstavlja ekstenziju EDAS+ metode tako što je izvršena implementacija matematičkog modela transponovanja vrednosti na osnovu intervalnih kriterijuma u EDAS+ metodu.

U petom poglavlju „Implementacija dvostruke ekstenzije EDAS metode (EDAS++)“ predstavljena je analiza one naučne literature koja se odnosi na kriterijume zapošljavanja u turističkoj privredi i predstavljen je projekat "Posredovanje u zapošljavanju studenata u turističkoj privredi", skraćeno PUZS.

Sva tri naučna doprinosa opisana u poglavlju četiri su implementirana u ovaj projekat.

U zaključnom poglavlju je dat osvrt na polazne hipoteze i potencijalne smernice naučnog rada u onim oblastima koje su u disertaciji delimično obrađene ili problematizovane.

2 Teorijska osnova istraživanja

2.1 Upravljanje ljudskim resursima

Relativno nov pojam „ljudskih resursa“ - HR (*Human Resources*) prate brojne kritike od momenta njegovog uvođenja. Neki kritičari ga smatraju degradirajućim za ljudske subjekte, jer ih svodi na meru objekata. S druge strane, pristalice ističu da su ljudi prepoznati kao najdragoceniji resurs. Vremenom se značenje pojma ljudskih resursa proširilo, te ono sada ne predstavlja samo ljude, već i njihove ukupne potencijale koji mogu, ali ne moraju biti aktuelizovani. Paralelno s ovim nastankom ovog pojma, razvijena je i grana upravljanja - upravljenje ljudskim resursima, HRM (*Human Resources Menagment*).

Upravljenje ljudskim resursima obuhvata širok dijapazon aktivnosti: od planiranja poslova, traženja kadrova (preventivno i potencijalno praćenje kadrova tokom školovanja), selekcije kandidata koji su se prijavili za određeno radno mesto, do uvođenja u posao, obučavanja kroz specijalističke kurseve ili internog upoznavanja s procesima rada, evaluacije učinka zaposlenih, motivisanja zaposlenih kroz primenu različitih zakonski opravdanih metoda, pa zaključno s predlogom o prestanku saradnje i otkazivanjem ugovora o radu.

Dva osnovna pristupa upravljanju ljudskim resursima su: „tvrdo upravljanje“, gde je radnik resurs, a profit preduzeća jedini cilj i „meko upravljanje“ gde se na zaposlene gleda kao na komparativnu prednost uz sve prisutniju tezu da samo zadovoljan radnik može (i hoće) da dâ svoj maksimum. Nije slučajno što se u savremenim i velikim korporacijama veoma mnogo ulaže u komfor i zdravlje zaposlenih: redovni sistematski pregledi, zdravi obroci u bilo koje vreme, sale za opuštanje i/ili rekreaciju, neformalan način komunikacije i dr. Ovakav vid usmeravanja pažnje na elemente komfora spada u gotovo obavezne elemente u kreativnim industrijama, ali je izvesno da će se i u ostalim privrednim delatnostima krenuti u istom pravcu, jer se motivisanost i zadovoljstvo radnika visoko rangiraju kao faktori produktivnosti.

Negativna demografska kretanja kod nas i na evropskom kontinentu (i šire) uz primarne postulate kapitalističke privrede da je neuspeh (recesija) ne samo ako nema rasta, nego ako nema značajnog procenta rasta - dovodi do potrebe, a u skoroj budućnosti će taj trend biti još aktuelniji, da se HR menadžeri okreću ka obrazovnim ustanovama kako bi na vreme uočili i prepoznali potencijalno „interesantne“ kadrove. Ukoliko se taj proces odvija još u fazi edukacije, HR

menadžeri neće biti samo u situaciji da kvalitetnim profilisanjem obezbede najbolje kadrove, već mogu potencijalne kadrove da upute na sticanje dodatnih veština kako bi poslovni subjekt dobio zaposlenog sa tačno određenim kvalifikacijama.

Tako dolazimo do zaključka da je kritična faza HRM zapravo selekcija kadrova, u kojoj se uglavnom vrši planiranje ljudskih resursa i regrutovanje koje će odrediti input/kvalitet osoblja, (Chien & Cheng, 2005; Štilić, 2019). Danas, u uslovima globalne konkurencije, mnogi akademski istraživači veruju da je izbor kadrova strateška odluka, jer utiče na performanse poslovnog subjekta, kao što su: zadovoljstvo kupaca, inovacije, kvalitet, profitabilnost i konkurentnost (Boran et al., 2011; Delaney & Huselid, 1996). Kompetencija koja se vrednuje prilikom zapošljavanja se sastoji od potrebnih atributa kao, što su: znanje, veštine, tip ličnost i ponašanje, kako bi izabrana osoba mogla na kvalitetan način da ispuni svoju ulogu (Liu et al., 2005).

Štilić i Njeguš (2019a, pp. 505-506) ukazuju na autore koji naglašavaju važnost HRM i potrebu za predefinisanjem kriterijuma: „Kvalifikovani izbor osoblja je glavni cilj procesa selekcije kadrova, ali pre svega predefinisanja kriterijuma na osnovu kojih se vrši rangiranje i selekcija. Kako je kvalifikovano osoblje postalo jedno od neophodnih sredstava i ključni faktor uspeha za poslovne subjekte, HRM treba da utvrdi osnovne kompetencije za svako radno mesto kako bi zaposleni mogao da obavi svoj zadatak na najbolji način (Boran et al., 2011; Güng et al., 2009; Kabak et al., 2012). Kako navode mnogi istraživači, proces selekcije kadrova je usmeren na izbor radnika (kandidata) sa najvećim potencijalom, a na osnovu predefinisanih atributa za popunjavanje slobodnih radnih mesta (Baležentis & Brauers, 2012; Kabak et al., 2012; Zhang & Liu, 2011).“

Izbor kadrova je sastavni deo složenog, višedimenzionalnog aspekta odlučivanja koji je uslovljen raznim spoljašnjim i unutrašnjim faktorima. Od unutrašnjih faktora izdvajaju se: ljudski sud, kognitivno mišljenje, emocionalna inteligencija i sl, a od spoljašnjih različite vrste uslova, kao što su: promene u radnom okruženju, radnom zakonodavstvu, promene u društvu, marketingu, što sve utiče na selekciju i regrutovanje (novo)zaposlenih (Robertson & Smith, 2001; Kabak et al., 2012). Ova složenost nametnula je potrebu za primenom analitičkih metoda kako bi se pojednostavila analiza podataka (alternativa) u roku odlučivanja, kao i samo odlučivanje – rangiranje alternativnih rešenja i pravljenje izbora. Jedan od analitičkih sistema/metoda je višestruko kriterijumsko odlučivanje MCDM (*MultiCriteria Decision Making)*. Ovo je efikasan,

pouzdan i analitički koristan pristup. MCDM se smatra složenim instrumentom odlučivanja DM (*Decision Making*), koji uključuje i kvantitativne i kvalitativne faktore.

Štilić i Njeguš (2019a, p.509) se pozivaju na Saridakis & Cooper (2017) koji ističu da postoji pozitivna veza između upravljanja ljudskim resursima i uspešnosti poslovanja: „Iako se većina studija zasniva na presecima podataka, a samo nekoliko njih koristi kao metod panel ili longitudinalne skupove podataka, u njihovom radu koriste se tehnike metaanalize za procenu efekta odnosa između visokih performansi radne prakse HPVP (*high performance work practices*) i mere učinka zasnovane na dostupnim longitudinalnim studijama. Takođe se ispituje da li je efekat kada je u pitanju kombinacija različitih HPVP ili kod konkretne pojedinačne HPVP, a prati se dejstvo i na operativne performanse, a ne samo finansijske. Rezultati pokazuju da set integrisanih HPVP-a koji se međusobno osnažuju ima jači uticaj na performanse preduzeća nego što je to slučaj kod pojedinačnih HRM praksi i da je ovaj efekat statistički invarijantan u odnosu na operativne i finansijske performanse firme."

Dokazi koji idu u prilog pozitivnom odnosu između HPVP-a i performansi firmi bili su brojni, ali je samo mali broj longitudinalnih studija učestvovao u istraživanju statističke povezanosti između HRM-a i učinka. Longitudinalni podaci predstavljaju takve podatke koji su rezultat ponovljenih merenja, a koji su prikupljeni na jedinkama posmatrane populacije ili na uzorku. Termin *longitudinalno* znači uzdužno i sugeriše da su podaci prikupljani tokom vremena. Iako longitudinalne studije nose više informacija o prirodi na relaciji visoke performanse radne prakse i performansi firme, ne mogu se uzimati kao apsolutna mera jer usled složenosti i potrebnog vremena i novca, često prođe dosta vremena između dva ciklusa prikupljanja podataka i praćenja promena.

S druge strane, Angrave sa saradnicima (2016) dovodi u pitanje neophodnost primene HR analitike kao sredstva koje će osigurati budućnost ljudskih resursa unutar strateškog menadžmenta i pozitivnu transformaciju organizacionog učinka. U tekstu se navodi da ukoliko se stručnjaci za ljudske resurse ne pozabave razvojem potencijala, ali i rešavanjem nedostataka ove nove oblasti i ako se operativno i strateški ne angažuju u pogledu razvoja boljih metoda i pristupa, malo je verovatno da će postojeće prakse za analizu ljudskih resursa doprineti poboljšanju performansi i transformaciji (Štilić, 2019).

Funkcija upravljanja ljudskim resursima zaostaje za drugim funkcionalnim oblastima upravljanja u pogledu usvajanja analitičke tehnologije i analize „velikih podataka“. Suprotno optimističnim predikcijama iz industrijskih izvora, malo je dokaza da se HR analitika razvija u pravcu znanja i sposobnosti koje se moraju posedovati da bi se osigurala budućnost HR-a kao funkcije strateškog upravljanja. Mnogi u HR struci ne razumeju analitiku i nisu vični obradi i korišćenju velikih i kompleksnih setova takozvanih velikih podataka (*big data*) kod kojih nije moguće primenjivati standardne aplikativne softvere. S druge strane, kadrovi koji poznaju analitiku i procese obrade „velikih podataka“ – najčešće nisu stručnjaci za HRM.

Kao rezultat toga, skupe analitičke mogućnosti koje pružaju najnoviji oblici informacionih sistema o ljudskim resursima – HRIS (*Human Resource Information Systems*) ne pružaju strateške mogućnosti za analizu ljudskih resursa. Potreban je drugačiji pristup analizi ljudskih resursa, koji bi trebalo da započne pitanjem – kako se podaci o ljudskim resursima mogu koristiti za kreiranje, korišćenje i zaštitu vrednosti (Štilić, 2019), a zatim da se nastavi u pravcu pronalaženja odgovora na ova pitanja primenom naprednijih oblika longitudinalnog multivarijantnog modelovanja. Rezultati ovog procesa mogu se koristiti za HRIS, kao i za razvoj novih načina merenja, mera i kontrolnih panela u okviru konvencionalnih HRIS analitičkih paketa.

Zavadskas sa saradnicima (2018), kroz pregled literature novijeg datuma, daje prikaz brojnih tehnika donošenja odluka, kako bi se modeliralo kompleksno upravljanje poslovnim procesima. Literatura je obuhvatila 16 odabranih istraživačkih radova, koji se bave prikupljanjem i analizom informacija potrebnih za upravljanje i donošenje odluka u poslovnom okruženju, rešavanjem stvarnih problema predlaganjem jasnih ili neizvesnih modela i tehnika donošenja odluka o višestrukim kriterijumima (MCDM). Teme izložene u ovom radu izazvale su interesovanje istraživača u Aziji i Evropi. Iako su obuhvatale višeatributno odlučivanje MADM (*multi-attribute decision making*) i višeobjektno (višeciljno) odlučivanje MODM (*multi-objectiv decision making*), uglavnom su predloženi MADM pristupi. Zbog toga su se tehnike donošenja odluka s više atributa pokazale kao veoma primenjive na upravljanje procesima poslovnih informacija. Većina pristupa predlaže modele odlučivanja u uslovima nesigurnosti, nedovoljno preciznih podataka i ostalih neodređenosti, te su predložena proširenja metoda donošenja odluka u kombinaciji s Fuzzy teorijom skupova ili Grey analizom.

Gibney i Shang (2007) ukazuju na potrebu za sistematskim pristupom rešavanju problema povezanih sa izborom osoblja, kako bi se u kriterijume ugradile vrednosti organizacije i potrebe

menadžmenta koji donosi odluku. Njihovo istraživanje potvrđuje da je analitički hijerarhijski proces AHP (*analytical hierarchy process*) praktičan, svestran i moćan alat koji eksplicitno identifikuje relevantne faktore, pruža doslednu strukturu i omogućava proces ocenjivanja kandidata. U ovom radu pokazano je kako AHP može pružiti dobro strukturiranu, koherentnu i opravdanu selekcionu praksu. Glavni problem kod uvođenja AHP-a u proces izbora kadrova je postojanje neosnovane predrasude o kompleksnosti metode. U ovoj studiji su članovi odbora, koji nisu bili detaljno obučeni za korišćenje AHP metode, brzo razumeli proces i s lakoćom generisali potrebne matrice.

Mnogi donosioci odluka se oslanjaju na „osećaje“, iako su ti osećaji često i nesvesne predrasude. AHP nudi mogućnost uključivanja i osećanja i intuicije, ali tako što svojom procedurom usmerava na pravilno artikulisanje želja, osećanja, intuicije. Da bi se dobili dodatni uvidi, korisnici AHP-a trebalo bi da koriste analize osetljivosti kako bi uzeli u obzir granične uslove pod kojima svaki model funkcioniše.

Dağdeviren i Yüksel (2008) su u svom radu predstavili i razradili metode koje uključuju međuzavisnost kriterijuma za izbor osoblja. Model se sastoji od algoritma sa devet koraka. Model selekcije osoblja sastoji se od tri faze i ukupno 16 faktora. Broj faza i faktora u modelu mogu se razlikovati u zavisnosti od karakteristika radnog mesta, te je moguće i povećati broj faza i faktora do granice dozvoljene analitičkim mrežnim procesnim modelom. Globalne težine faktora za izbor osoblja procenjuju se putem analitičkog mrežnog procesa. U ovoj studiji je naglašena objektivnost metoda selekcije kadrova.

D'Urso i Masi (2015) navode da informacioni sistemi u oblasti tržišta rada pružaju obilje podataka o potencijalnim kandidatima, koji su od značaja u početnoj fazi donošenja odluka kada se i nameće pitanje – kako napraviti najbolji izbor između više alternativa (Štilić, 2019). Značajnu podršku upravljanju ljudskim resursima pružaju modeli i metode višekriterijumskog odlučivanja MCDM. Kako je polje odlučivanja često puno nejasnih i nedovoljno određenih varijabli, i verovatnoća za nastanak greške usled subjektivnosti je velika, kada je izbor prepušten pojedincu ili grupi koja na osnovu svojih stavova donosi odluku. Evaluacija obrazovnog statusa, profilisanje stručnjaka prema tome ko je pogodan za rad u kompaniji, industriji ili kancelariji, predstavljaju dobre primere za korišćenje Fuzzy logike. Kako je za prethodna pitanja subjektivnost osnovni aspekt, a prisustvo neodređenosti ili nedovoljne preciznosti podataka jesu elementi koji se najbolje

opisuju karakteristikama *Fuzzy* skupa (intervala), MCDM modeli odlučivanja u *Fuzzy* okruženju su dobar izbor.

U svim upravljačkim i analitičkim modelima/metodama, osnovni input je informacija. Kada se radi o modelima koji se odnose na oblasti kao što je HRM, u praksi dolazi do susretanja sa nepotpunim, nejasnim i nepreciznim informacijama, jer je u prirodi ljudskih bića da izraze svoja mišljenja, osećanja i očekivanja na verbalan, a ne na numerički način. Teorija *fuzzy* skupova je uvedena od strane Zadeha (1965), a intuicioni *fuzzy* skup uveo je Atanasov (1994; 1999a; 1999b). Oni predstavljaju korisne alate za prevazilaženje navednog problema. Shodno tome, mnoge podvarijante MCDM metoda se zasnivaju na *fuzzy* okruženju rešavanja problema izbora (zaposlenih). Osim ovih, primenjuju se i druge metode, kao što su: metoda grupnog odlučivanja (*Group Decision Making*) - GDM, zatim razni ekspertski sistemi, kao i veštačka neuralna mreža - NN (*Neural Networks*) koja je iskorak ka veštačkoj inteligenciji.

2.2 Teorija odlučivnja

Teorija odlučivanja je interdisciplinarna oblast kojom se bave filozofi, sociolozi, psiholozi, politikolozi, ekonomisti, matematičari, inženjeri, statističari i informatičari (Štilić, 2019). Postoje različite klasifikacije teorija odlučivanja.

Na osnovu istorijskog kriterijuma, ona se može pratiti kroz nekoliko faza.

U antičkoj fazi, od Sokrata, preko Platona do Aristotela, osnovni kriterijum za donošenje odluke je moralni sud. Dakle, ispravne su one odluke koje prolaze sud etičnosti (moralnosti). Postojala je i povezanost morala i racionalnosti, jer se smatralo da je racionalno biti moralan, pa se stoga, prve naznake teorije odlučivanja mogu svrstati u racionalne.

Tokom XVII veka, sklonost izvesnog francuskog plemića ka kockanju, spojila je francuskog matematičara i pravnika Pjera de Ferma (*Pierre de Fermat*) i francuskog filozofa, matematičara i fizičara Bleza Paskala (*Blaise Pascal*). Pitanje koje im je plemić postavio bilo je obično kockarsko pitanje, ali s obzirom na to da ga je postavio velikanima ne čudi da je pokrenuo raspravu koja će se smatrati začetkom razvoja teorije verovatnoće i teorije igara. Pitanje je glasilo: „Kolika je verovatnoća pojavljivanja najmanje jednog para šestica, ako se dve kockice bace 24 puta.“ Usledila je prepiska između dvojice velikana u vezi sa rešavanjem postavljenog zadatka, čime su postavljene osnove teorije verovatnoće (igara, odlučivanja).

Značajan doprinos razvoju terorije odlučivanja dao je u XVIII veku matematičar i fizičar Danijel Bernuli (*Daniel Bernoulli*) predloživši da se koncept očekivane vrednosti zameni s konceptom očekivane dobiti. Time je zaokružena pionirska faza teorije odlučivanja.

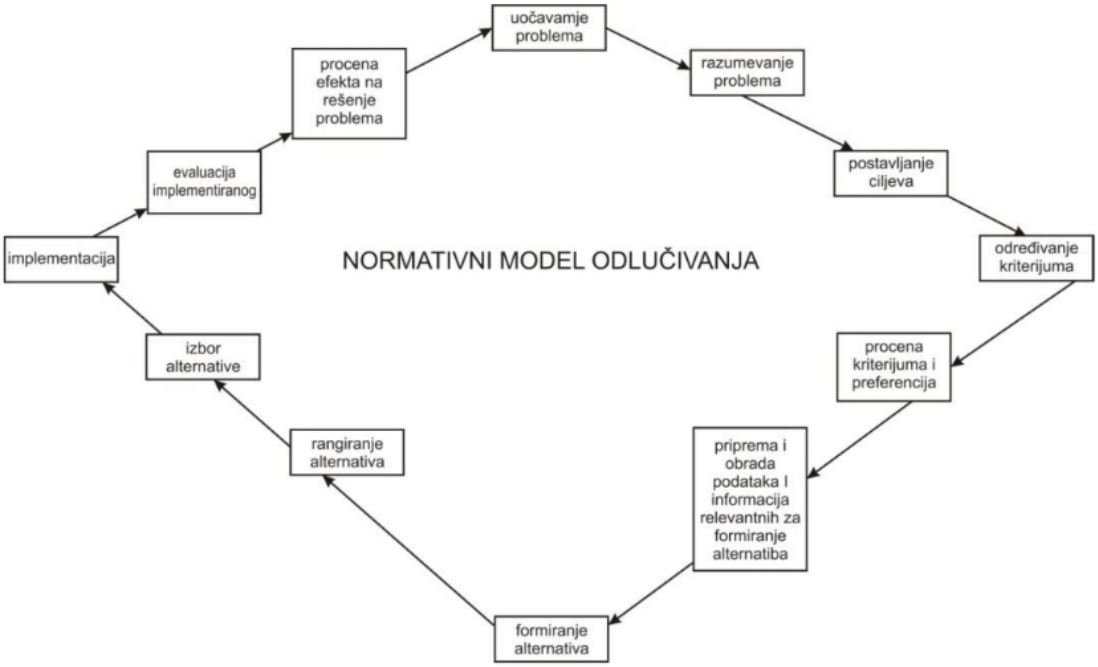
Aksiomatska faza (koja i dalje traje) počinje radovima F. Remzija (Ramsey) iz 1931. godine. Remzi (1990) predlaže osam aksioma na osnovu kojih racionalni donosilac odluka bira između nesigurnih alternativa. Zatim sledi serija istraživanja Džona fon Nojmana i ekonomiste Oskara Morgenšterna koja rezultira knjigom „Teorija igara i ekonomsko ponašanje matematičara“ iz 1944. godine (Neumann & Morgenstern, 2007). Herbert Simon (*Herbert Aleksander Simon Milwaukee)* primio je 1978. godine Nobelovu nagradu za ekonomiju nakon epohalne knjige pod nazivom „Administrativno ponašanje“. On je uveo novi pojam „ograničena racionalnost", koji je postao središte biheviorističke ekonomije i koji apsolutnu (teorijski apsolutnu) racionalnost svodi na racionalnost ograničenu kognitivnim kapacitetima subjekta.

Teorija odlučivanja se razvija uporedo sa razvojem metoda koje je podupiru, ali su neki njeni postulati ostali nepromenjeni. Kriterijume za klasifikaciju, kao i samu klasifikaciju unutar teorije odlučivanja, daje P. Sikavica sa saradnicima (Sikavica et al., 2014). Uzimajući u obzir značaj i dinamiku delovanja i odlučivanja, odluke možemo posmatrati kao: operativne, taktičke i strateške. Ako se, pak, posmatra način odlučivanja, ono može biti intuitivno (ovaj vid se često naziva i biheviorističkim), racionalno – na temelju prosuđivanja (kada se odluke donose na bazi znanja i iskutva), i metodsko – odlučivaje koje se bazira na analitičkim metodama i normativnoj teoriji. Prema količini raspoloživih informacija bitnih za proces donošenja odluke, odlučivanje se može klisifikovati na odlučivanje u uslovima izvesnosti, neizvesnosti ili kombinaciji ovih uslova.

Neizvesnost je vrsta nepoznavanja. To nepoznavanje se kreće od nepoznavanja ciljeva, okolnosti, parametara, pa sve do nepoznavanja same verovatnoće promene bilo kojih od navedenih pojmova. Ono može proisticati iz neobučenosti subjekta, ali i iz stohastičnosti okruženja. U takvim okolnostima (neizvesosti) kriterijumi izbora se, u zavisnosti od pristupa, mogu posmatrati kao: *maksmin* funkcije (kriterijum pesimizma), *maksmaks* funkcije (kriterijum optimizma) ili kriterijum propuštenih dobitaka (Savege-ov kriterijum).

Jedna od šire prihvaćenih klasifikacija u oblasti same teorije odlučivanje je ona koju su predložili De Bel i saradnici (1988). Prema njihovom sagledavanju, teorija odlučivanja može biti: deskriptivna, normativna i preskriptivna.

Deskriptivni pristup odlučivanju DA (*Descriptive approach*) posmatra odlučivanje kao subjektivni proces u kome je akcenat na mehanizmu ličnog donošenja odluke: kako razmišljamo, kako, pod koji uslovima i s kojom motivacijom odlučujemo, koja su ograničenja u procesu odlučivanja. Deskriptovnom teorijom se najčešće bave bihevioralni psiholozi, sociolozi i antropolozi. Pomenuti nobelovac, Herbert A. Simon je postavio najpoznatiju deskriptivnu teoriju odlučivanja (Simon, 1959). Ona polazi od pretpostavki koje su suprotne klasičnoj teoriji očekivane subjektivne koristi SEU (*Subjective expected utility*). Cilj maksimalne korisnosti je ovde zamenjen zadovoljavajućom korisnošću, gde je nivo aspiracija predstavljen kao skup minimalnih zahteva, koji su ujedno i donja granica tolerancije donosioca odluke prilikom izbora jedne od alternativa.



Slika 1 Normativni model odlučivanja

Normativni pristup odlučivanju – NA (*Normative approach*) iz sasvim drugačijeg rakursa posmatra donošenje odluka od subjektivnog pristupa – ovde je fokus interesovanja prebačen na objektivno odlučivanje ili preciznije, na pravila na kojima treba da se zasniva donošenje odluka. Ovom oblašću se bave matematika, statistika i ekonomija, na osnovu teorije racionalnih izbora gde se donisilac odluke posmatra kao savršeno racionano biće uz zanemarivanje svih njegovih kognitivnih, psiholoških i mentalnih slabosti. Zanemarivanjem subjektivnih slabosti, predubeđenja, mitova, dogmi i ostalih psihološkog ograničenja, donisalac (donosioci) odluke se

posmatra kao savršeno racionalan činilac, pa se i ova teorija naziva racionalnom. Kao što etimologija pojma ukazuje, normatovni pristup ima za cilj da utvrdi norme koje donosilac (donosioci) odluke treba da prati kako bi napravio racionalan izbor (uprkos sopstvenim subjektivnim slabostima).

Već pomenuta teorija racionalnog izbora je jedan od osnovnih pravaca razvoja normativnog pristupa, a preostala dva su: teorija igara i teorija korisnosti SEO (*search engine optimization*). SEO je u novije vreme veoma aktuelna veština, a SEO strčnjaci postaju sve traženiji konsultanti na najrazličitijim projektima.

Između ova dva suprotstavljena pristupa − deskriptivnog, u kome se uzimaju u obzir sve subjektivne slabosti donosioca odluke i normativnog, u kome se on posmatra kao idealno racionalno biće, javlja se i treći, preskriptivni pristup odlučivanju – PA (*Prescriptive approach*) u kome je okosnica minimizacija subjektivnih slabosti sa ciljem postizanja najbolje moguće odluke. Ovoj oblasti daju doprinos ekonomisti, matematičari i operacioni istraživači s ciljem da se smanji raskol između teorijskih postavki na kojima se zasniva normativni pristup i prakse koja je osnova deskriptivnog pristupa. Tako se javlja i optimizacija kao posebna grana deskriptivnog pristupa.

Odlučivanje je niz akcija koje predstavljaju podskup skupa akcija koje prate rešavanje problema. Rešavanja problema započinje sagledavanjem problema, definisanjem problema, određivanjem kriterijuma i metoda za njegovo rešavanje i donošenje odluke. Proces odlučivanja započinje sakupljanjem i obradom informacija relevantnih za donošenje odluke, a zatim sledi postavljanje modela, izbor analitičke metode, formiranje alternativa i izbor alternative/a (što predstavlja proces donošenja odluka u užem smislu). Istovremeno, mnoge od navedenih akcija u procesu odlučivanja takođe zahtevaju donošenje odluka, što je svojevrsno donošenje odluka unutar procesa donošenja odluka.

O odlučivanju su Štilić i Njeguš (2019a, p.506) i Štilić (2019) rekli sledeće: „Odlučivanje predstavlja spregnut sistem koji čine: donosilac (donosioci) odluke, kriterijumi na osnovu kojih se donosi odluka, preferencijal tih kriterijuma i, na kraju, skup alternativa koji su zapravo informacije do kojih se došlo različitim vrstama obrade i analize izvornih podataka. Već na početku može se uočiti da odluku može donositi jedan ili više ljudi, da broj kriterijuma varira od jednog do prebrojivo mnogo, da se preferencijali razlikuju kada je u pitanju grupa donosilaca odluke, kao i da se razlikuje broj alternativa koje se uzimaju u razmatranje. Da bi se uopšte govorilo o

odlučivanju, neophodno je imati bar dve alternative i mogućnost (mehanizam) da se napravi izbor između njih".

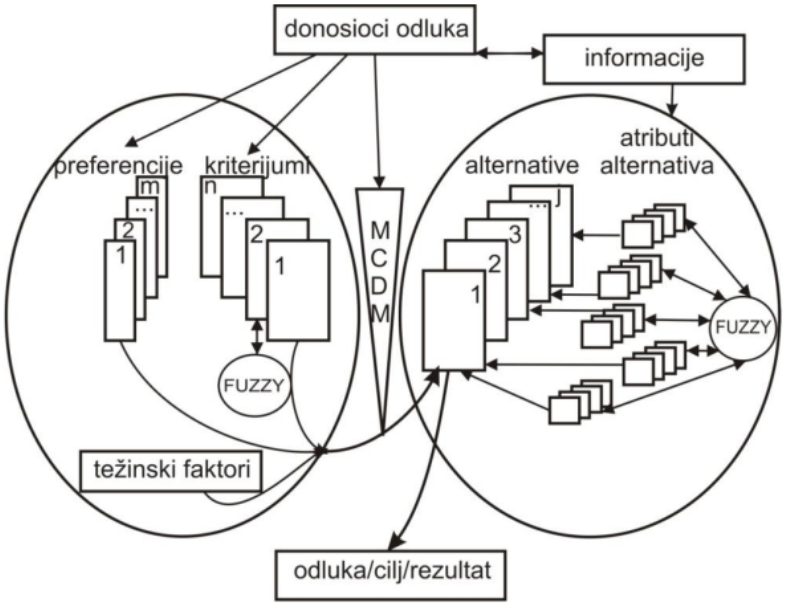
Štilić i Njeguš (2019a, p506) smatraju da „kada u procesu odlučivanja imamo više donosilaca odluka, lakše će se doći do zajedničke liste kriterijuma nego do zajedničkih preferencija. Otuda i kategorija težinskih faktora kao i metoda na osnovu kojih se kod grupnog odlučivanja omogućava da se uzmu u obzir sve pojedinačne preferencije. Kod kompenzacionih metoda se, pri određivanju težina kriterijuma, u obzir uzima celokupan raspon važnosti (uticaja) svakog pojedinačnog kriterijuma. Dobijene težine nemaju apsolutno značenje i ne odražavaju generalne vrednosti, već samo preferencije i prioritete u odnosu na razmatrane varijante. Suprotno tome, u nekompenzacionim metodama prikazuju se globalne vrednosti važnosti kriterijuma".

Razvijen je veći broj tehnika koje se bave situacijama kada je prisutan veći broj donosilaca odluke. U situacijama grupnog odlučivanja, pomoćne tehnike su: *brainstorming* tehnika, poznata i pod nazivom „oluja ideja", gde se kroz raspravu artikulišu suprotstavljeni interesi ili pretpostavke i formulišu zajednički stavovi. Jedna od metoda usaglašavanja različitih mišljenja tokom procesa odlučivanja je i DELFI tehnika o kojoj će biti više reči u poglavlju *2.5.2.5.2*. Odluka se donosi konsenzusom između tima stručnjaka (eksperata) i menadžera. Kada je u pitanju višekriterijumska analiza, Delfi metoda se pre svega koristi za određivanje težinskih faktora. Prosta agregacija suprotstavljenih mišljenja ne daje tako dobre rezultate kao konsenzus ili stanje približno konsenzusu, kada objedinjavanje svih odgovora u jedinstven nosi minimalna odstupanja.

Pored cilja i postojećih alternativa, osnovu svakog odlučivanja čine kriterijumi na osnovu kojih će se evaluirati alternative (alternativna rešenja). O tome više u poglavlju *2.1.12*.

2.3 Metode višekriterijmske analize

Preskriptivni pristup u teoriji odlučivanja, a posebno u oblasti operacionih istraživanja omogućio je razvoj širokog spektra alata i metoda za optimalnu selekciju i izbor ili rangiranje alnetartiva. Tako su „... razvijene mnogobrojne metode i alati pomoću kojih se na validan i kvalitetan način u mnoštvu podataka koje prate svaki potencijalni izbor alternative/cilja, a na osnovu višekriterijumskih zahteva koje ima donosilac (donosioci) odluke, dolazi do optimalne selekcije ..." (Štilić & Njeguš, 2019b).

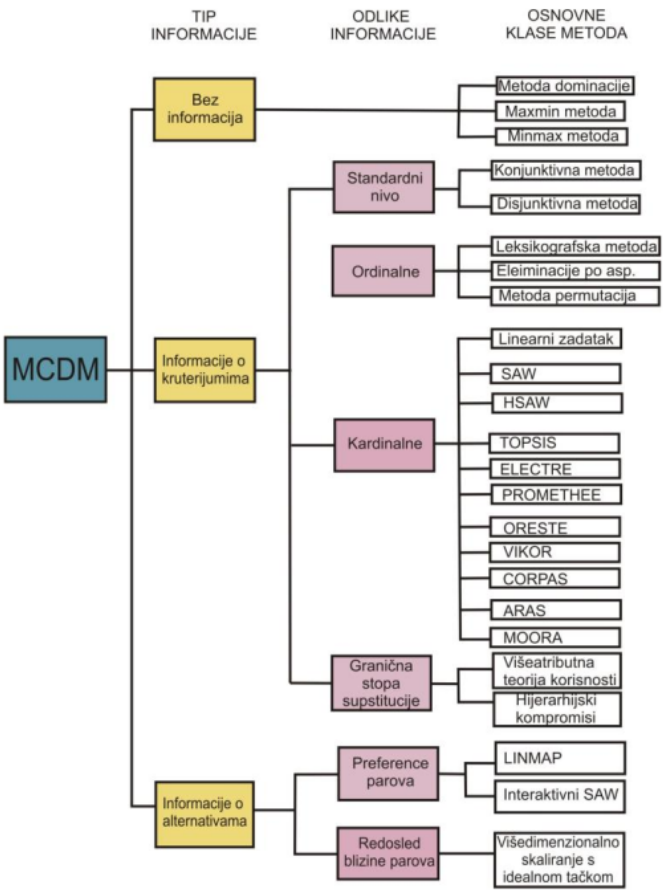


Slika 2 Elementi višekriterijumske analize

Štilić i Njeguš (2019b, p.62) dalje daju klasifikaciju višekriterijumskog odlučivanja kao višeatributnog i višeobjektnog: „Upravo po ovoj dispoziciji: alternativa – cilj, osnovne metode višekriterijumskog odlučivanja MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) dele se na višeobjektno ili višeciljno odlučivanje MODM (*Multi Objective Decision Making*) i višeatributsko odlučivanje MADM (*Multi Atribute Decision Making)*. MCDM se u literaturi pominje i kao višekriterijumska analiza MCDA (*Multi Criteria Decision Analysis*) te iako je striktno gledano MCDM nešto širi pojam od MCDA – odnose se na isto, posebno kada je reč o konkretnim metodama – (Saati & Memariani, 2005). Slično tome i višeobjektno/višeciljno odlučivanje MODM (*Multi* multi Objectiv *Decision Making)* se pominje i kao višeobjektna/višeciljna analiza MODA (*Multi* Objectiv *Decision Analysis)*, a višeatributsko odlučivanje MADM, kao višeatributska analiza MADA (*Multi* multi *Atribute Decision Analysis)*. Dakle, ostaje nam razlika između MODM (MODA) i MADM (MADA): u MADM prostor za odlučivanje je diskretan i proces je fokusiran na to kako odabrati ili rangirati raspoložive alternative koje su date prethodniom analizom koja je rezultirala konačnim brojem alternativa, dok je kod MODM prostor za odlučivanje neprekidan, alternative nisu prethodno date već se konstruišu tokom primene metode, broj alternativa može biti velik, a ciljevi su uglavnom u konfliktu i formulisani su sa jednom ili više funkcija i ograničenja“.

Na osnovu stavova Marler i Aror (2004), Štilić i Njeguš (2019b, pp.62-63) navode: „Najpopularniji MODM metodi su: Metoda ponderisanog globalnog kriterijuma, Metod ponderisanih suma, Leksikografska metoda, Metoda ocenjenih min – max vrednosti, Metoda eksponencijalnog ponderisanog kriterijuma, Ponderisana metoda proizvoda, Metoda programiranja ciljeva, Metoda ograničene objektivne funkcije, Metoda normalnih graničnih preseka i Metoda normalnog ograničenja“.

U najširem smislu, metoda znači način rada. Naziv vuče korene iz grčke reči *μέθοδος*, što znači način, postupak, a danas je prihvaćena definicija de je metoda skup pravila kojim se neki posao optimalno odvija, kako bi se postigao zadati cilj. Kada je u pitanju višekriterijumska analiza, razvijene su mnoge metode koje omogućavaju donošenje odluke ili pravljenje izbora u okolnostim vašestrukih i nekada suprotstavljenih kriterijuma ograničenja (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019a).



Slika 3 Metode višekriterijumskog odlučivanja (Zavadskas et al., 2011)

U opštem slučaju, odlučivanje, primenom metode višekriterijumske analize obuhvata nekoliko koraka: definisanje problema, analizu informacija koje se odnose i na alternative i na kriterijume, određivanje kriterijuma za izbor alternativa, određivanje konačnog broja alternativa ili definisanje uslova pod kojim nešto može biti alternativno rešenje, identifikovanje donosioca odluke ili grupe donosilaca odluke, izbor metode za određivanje težinskih faktora kriterijuma i samo izračunavanje težinskih faktora, te izbora metode višekriterijumske analize.

Od najstarije višeatributne metode (SAW), do poslednjih metoda i/ili njihovih ekstenzija (EDAS++) proteklo je 50 godina rada i proučavanja. Neka stara rešenja opstaju, jer su bazično kvalitetna i višestruko testirana, dok neka nova rešenja kratko žive ili nemaju široku primenu. Soficistiraost i osetljivost novijih metoda ne garantuje nužno i njihov kvalitet po pitanju stabilnosti.

Tabela 1 Metode višekriterijumske analize (Stević, 2018; Štilić & Njeguš 2019b)

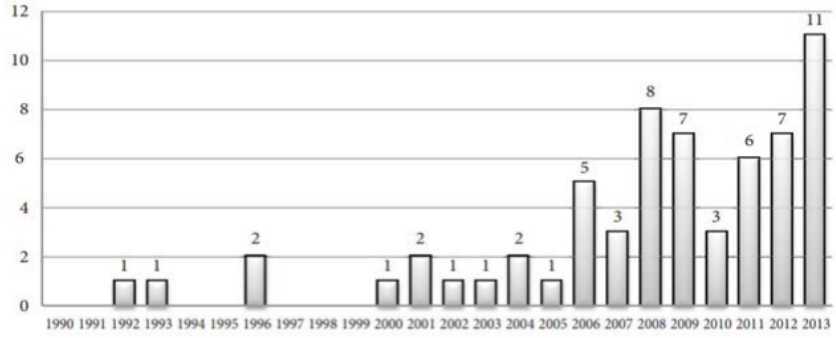
Naziv metode	Autor	Godina nastanka
SAW	MacCrimmon	1968
AHP	Saaty	1980
ANP	Saaty	1980
TOPSIS	Hwang i Yoon	1981
PROMETHEE	Brans i Vincke	1985
ELECTRE	Roy	1991
COPRAS	Zavadskas i DR	1994
Fuzzy AHP	Chang	1996
VIKOR	Opricović	1998
Fuzzy TOPSIS	Chen	2000
MOORA	Brauers i Zavadskas	2006
MULTIMOORA	Brauers i Zavadskas	2010
ARAS	Zavadskas i Turksis	2010
Fuzzy ARAS	Turksis i Zavadskas	2010
MABAC	Pamučar i Ćirović	2015
BWM	Rezai	2015
EDAS	Ghorabaee i dr.	2015

Fuzzy EDAS	Ghorabaee i dr.	2016
MAIRCA	Gigović i dr.	2016
CODAS	Ghorabaee i dr.	2016
EDAS+	Štilić i dr.	2019
EDAS++	Štilić	2020

Ovde su prikazane samo neke, najviše korišćene i specifične metode, a postoji još mnogo podvrsta, npr. PREOMETHEE i ELECTRE imaju više osnovnih verzija, a uvođenjem Fuzzy, Rough i Grey brojeva svaka metoda ima ili može da ima svoju varijantu u tom okruženju (Stević je 2018. razvio razvio grubi EDAS – Rough EDAS).

Štilić i saradnici (2019, p.63) govore o višekriterijumskoj optimizaciji: „Sve višekriterijumske metode pored analitičkog karaktera imaju i svojstva optimizacije odnosno, nazivaju se „mekim“ optimizacionim tehnikama kojima može da se odgovori na dinamičke uslove konfliktnog tipa (više različitih alternativa i kriterijuma od kojih neke treba favorizovati – maksimirati, a neke minimizirati). U ovakvim uslovima rešavanje klasičnim, matematički strogo profilisanim standardnim metodama optimizacije (Linearno programiranje LP, Dinamičko programiranje DP ili Teorija igara) – ne daje zadovoljavajuće rezultate. Otuda se u literaturi, pored termina višekriterijumsko odlučivanje i višekriterijumska analiza, sreće i termin – višekriterijumska optimizacija“.

U grafičkom prikazu koji sledi (Zavadskas et al., 2014) dat je pregled objavljenih knjiga i radova u vezi sa MCDM, zaključno s 2013 godinom.



Slika 4 Broj naučnih publikacija na temu MCDM (Zavadskas et al., 2014)

U poslednjih desetak godina dolazi do unapređenja starih metoda uvođenjem f*uzzy* logike i *rough* brojeva čime se ne menja suština samih metoda, jer njihovoj primeni prethodi proces

fazifikacije numeričkih parametara, zatim sledi primena metode na klasičan način, da bi se kao završni korak primenila defazifikacija rezultata (slično je i sa *rough* numeričkim parametrima).

Jedan kritički rad na temu primene *fuzzy* brojeva u AHP, autora K. Zhü-a (2014), a kasnije i serija objavljenih tekstova istog autora, uneo je pometnju u naučnu zajednicu iako je postavio zanimljiva pitanja i problematizovao određene sfere. Zhü ima primedbe koje se svode na sledeće: *fuzzy* AHP krši glavnu logiku teorije *fuzzy* skupova, aritmetička operacija *fuzzy* AHP krši osnovna načela AHP-a, uključujući uzajamne aksiome i operativno pravilo doslednosti, tabele ocenjivanja u *fuzzy* AHP-u su upitne u odnosu na originalnu Sarijevu skalu od 1 do 9, nemoguće je sprovesti kvalitetnu evaulaciju rezultata.

Kao poseban problem, apostrofira se problem nemogućnsti ispravnog postavljanja *fuzzy* ANP-a, jer u sferi neodređenosti, neodređena je i hijerarhijska ili mrežna struktura, što je okosnica pravilnog postavljanja modela u ANP.

Uskoro je usledila serija naučnih odgovora u kojima su se njegove teze pobijale. Prvi koji je izašao s kritikom K. Zhü-a bili su Michele Fedrizzi i Jana Krejčí (2015) koji su u radu: *A Note on the Paper "Fuzzy Analytic Hierarchy Process: Fallacy of the Popular Methods"* negirali jednu po jednu iznetu tezu.

Kako to nije tema disertacije, ova digresija se može završiti na sledeći način: MCDM je višestruko prisutniji u naučnim radovima nego u procesima odlučivanja u privrednoj praksi. Nesumnjiva korist koju pri odlučivanju nose metode višekriterijumske analize samo se praksom može unapređivati i povratno uticati na teoriju. Istovremeno, nauka treba da pruži podršku praksi, tako što će predikcijom pronaći nove načine za unapređenje procesa odlučivanja i implementirati svoja rešenja umesto što se bazira na zatvorenom sistemu radova i časopisa unutar naučnih krugova.

U nastavku sledi pregled i kratka analiza osnovnih, za sada najviše korišćenih metoda višekriterijumske analize, kao i kratak osvrt na *fuzzy* i *rough* brojeve, njihovu aritmetiku i primenu u MCDM.

Pored metoda višekriterijumske analize koje će ovde biti predstavljene, posebno poglavlje posvećeno je jednoj od novijih metoda višekriterijumske analize – metodi EDAS, koja je primenjena u projekta PUZS i koja je, tokom istraživanja i testiranja, nadograđena u formu EDAS+ i EDAS++.

2.3.1 SAW

Aditivni metod SAW (*Simple Additive Weighting)* je najstariji metod višekriterijumske analize. Veoma je jednostavan i daje dobre rezultate ako se poštuju ograničenja, pre svega, uslov da kriterijumi nisu suprotstavljeni. SAW ima tri koraka od kojih su prva dva načešće početni koraci u svim metodama: formiranje matrice odlučivanja i normalizacija podataka radi uporedivosti. Pored ovih, SAW ima još dva koraka koji se sastoje u primeni vrednosti težinskih faktora kriterijuma na normalizovane vrednosti atributa (množenje vrednosti težinskog faktora sa korespondirajućom vrednošću atributa) i sabiranju otežanih rejtinga (vrednosti atributa su "otežane", data im je težina ili značaj prethodnim korakom) za svaku alternativu.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} w_j \, x_{i,j} \;, i = 1,2,...,n \tag{1}$$

Alternativa čija je vrednost S_i najveća – smatra se najbolje rangiranom alternativom.

Produktni metod SPW (*Simple Product Weighting*) je podvarijanta SAW metode od koje se razlikuje po vrsti otežavanja i agregacije vrednosti atibuta i po tome što ne zahteva prethodnu normalizaciju podataka.

$$S_i = \prod_{j=1}^{m} \left(x_{i,j}\right)^{w_j} \;, i = 1,2,...,n \tag{2}$$

U ovoj metodi, kao i u prethodnoj, najveća vrednost S_i ukazuje na najbolje rangiranu alternativu.

SAW i produktivni SAW (SPW) ne prepoznaju optimizaciju, te ne razlikuju kriterijume za minimiziranje ili maksimiranje kriterijumske funkcije. Praksa primenjivanja SAW metode pokazuje da se maksimiranje podrazumeva. Naravno, moguće je ići i na drugi pristup, minimizaciju kriterijumske funkcije i tada bi najbolje rangirana alternativa bila ona čiji je S_i minimalan. Međutim, pošto SAW i SPW metode ne prepoznaju troškovne kriterijume, potrebno ih je minimizirati, a benefitne istovremeno maksimirati.

2.3.2 AHP

Tomas Saaty je 1980. predstavio metodu analitičko-hijerarhijskog procesa – AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Metoda se bazira na analizi i razlaganju problema na elemente koji seređaju po hijerarhijskom principu. Na najvišem nivou se nalazi cilj, ispod njega slede

kriterijumi, zatim podkriterijumi, a na kraju hijerarhijske lestvice [nalaze] se potencijalna rešenja, odnosno alternative.

Osnovni koraci u AHP metodi podrazumevaju definisanje problema, uspostavljanje hijerarhijske strukture, formiranje matrice odlučivanja u kojoj će se, na osnovu Satijeve skale, određivati odnos između alternativa (atributa), formiranje matrice za upoređivanje parova kriterijuma na osnovu vektora težina koji je izračunat za svaku matricu poređenja alternativa (atributa) po zadatom kriterijumu. Međupostupak koji prati ceo rad je normalizacija matrica. Na kraju sledi proračun kozistentnosti (određenosti) na osnovu indeksa i stepena kozistentnosti. Ukoliko ovaj uslov nije zadovoljen, sledi povratak na neku od prethodnih faza u kojoj je nastala greška. Greška može nastati tokom popunjavanja matrice ili računanja, ali i usled loše postavljenog modela i hijerarhijskih veza. Ukoliko su neki kriterijumi u korelaciji, onda ovo nije najbolji metod i treba pristupiti nekom modelu koji podržava mrežne relacije. Takav metod je Saati razvio 1981. godine, i nazvao ga analitički mrežni proces, ANP (*Analytical Network Process*).



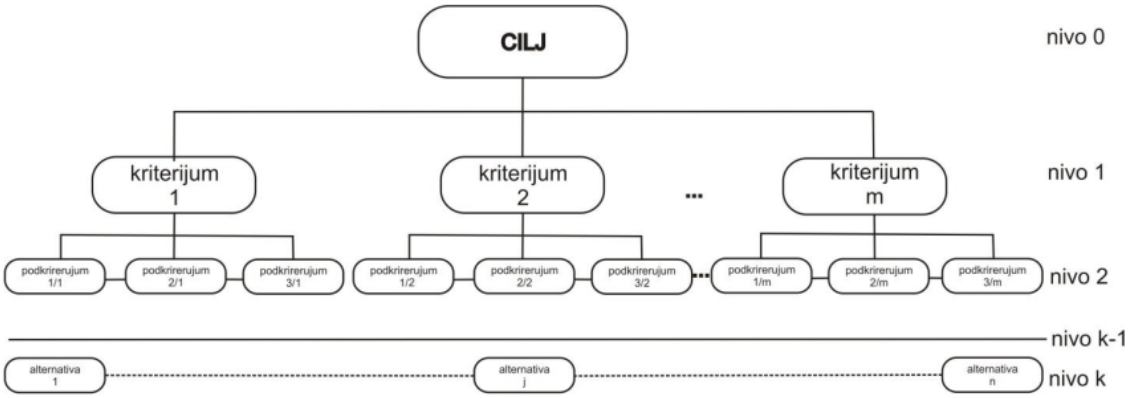
Slika 5 Koraci u primeni AHP

U radovima kreatora AHP metode (Saaty, 1986), date su osnovne aksiomatske postavke:

6

- Aksiom recipročnosti: ako je element A n puta značajniji od elementa B, tada je element B 1/n puta značajniji od elementa A.
- Aksiom homogenosti podataka: isključivo sadržajno uporedivi i metrički uporedivi podaci se mogu porediti (ne mogu se porediti kognitivne osobine deteta od 6 meseci i studenta na master studijama).

- Aksiom zavisnosti: elementi podređenih nivoa mogu se poredisti s elementima nadređenih nivoa, jer od njih i zavise.
- Aksiom očekivanja: jednom uspostavljena hijerarhija ima svoje prioritete i svaka izmena u hijerarhiji pretpostavlja novo računanje prioriteta.



Slika 6 Hijerarhijski elementi u AHP modelu

AHP se zasniva na poređenju parova alternativa (odgovarajućih atributa alternativa) na osnovu postavljenih kriterijuma. Ako je u pitanju n alternativa – striktno gledano imamo sledeći broj poređenja BP:

BP $=\frac{n-(n-1)}{2}=\binom{n}{2}=C_n^2$. Dakle, broj poređenja odgovara broju kombinacija od n elemenata druge klase (n je broj alternativa, a druga klasa proističe iz parnih poređenja, k=2).

Ipak, imajući u vidu pravilo da ako je $a_{i,j}$ = b, onda je $a_{j,i}$ =1/b, gde i, j $\in \{1,2 \ldots n\}$, a b pripada skupu iz Satijeve skale, može se zaključiti da je u praksi postoji manji broj stvarnih poređenja, koja se zamenjuju popunjavanjem ostatka matrice recipročnim vrednostima.

Na sličan način se, po parovima, ocenjuju i sami kriterijumi, na osnovu čega se na kraju određuje vektor težinskih koeficijenata.

Pretpostavka je da stručnjaci određuju odnos alternativa/atributa/kriterijuma prema postavljenoj fundametalnoj Satijevoj skali.

Tabela 2 Vrednosti Satijeve fundamentalne skale (Saaty, 1986)

ZNAČAJ	DEFINICIJA	OBJAŠNJENJE
1	Jednak značaj	Oba elementa jednako doprinose cilju
3	Umerena dominacija	Na osnovu iskustva ili znanja postoji neznatna favorizacija prvog elementa u odnosu na drugi
5	Bitna ili snažna važnost	Na osnovu iskustva ili znanja postoji znatna favorizacija prvog elementa u odnosu na drugi
7	Vrlo jaka važnost	Dominantnost prvog elementa u odnosu na drugi je potvrđena u praksi
9	Izuzetna važnost	Dominantnost najvišeg stepena prvog elementa u odnosu na drugi
2,4,6,8	Srednje vrednosti između dve susedne procene	Potreban je kompromis

Table 1. The fundamental scale

Intensity of importance on an absolute scale	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two activities contribute equally to the objective
3	Moderate importance of one over another	Experience and judgment strongly favor one activity over another
5	Essential or strong importance	Experience and judgment strongly favor one activity over another
7	Very strong importance	An activity is strongly favored and its dominance demonstrated in practice
9	Extreme importance	The evidence favoring one activity over another is of the highest possible order of affirmation
2,4,6,8	Intermediate values between the two adjacent judgments	When compromise is needed
Reciprocals	If activity i has one of the above numbers assigned to it when compared with activity j, then j has the reciprocal value when compared with i	
Rationals	Ratios arising from the scale	If consistency were to be forced by obtaining n numerical values to span the matrix

n the elements being compared are closer together than indicated by the scale, one can use the scale 1.1, 1.2, ..., ill finer, one can use an appropriate even finer refinement.

Slika 7 Vrednosti Satijeve fundamentalne skale (Saaty, 1986)

Rezultati poređenja elemenata na jednom hijerarhijskom nivou, po osnovu jednog kriterijuma, smeštaju se u matrice poređenja (matrice odlučivanja).

Kako a_{ij} nisu apsolutne, već relativne vrednosti, koje proističu iz poređenja svakog para atributa/alternativa na osnovu zadatog kriterijuma i ocene iz Satijeve skale kojom se kvantifikuje

taj odnos, matrica A predstavlja dvodimenzionalni niz relativnih odnosa. Matrica A je kvadratna, jer se uvek međusobno poredi n alternativa/atributa, a dimenzije te matrice su n x n.

$$A=\begin{bmatrix} a_{11}\ a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21}\ a_{a22} \dots a_{2n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{n1}\ a_{n2} \dots a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Na glavnoj dijagonali su uvek jedinice, jer kada se porede atributi sami sa sobom, oni ne proizvode uticaj na odluku/izbor.

Prvo se popunjava gornji deo matrica odlučivanja – deo iznad dijagonale, a zatim se u delu ispod dijagone (koju čine jedinice), unose recipročne vrednosti po pravilu (1).

Ukoliko se u parovima poređenja u gornjem delu matrice porede „slabiji“ $a_{l,m}$ s „jačim“ $a_{m,l}$ atributom, treba staviti odnos 1/c, gde c pripada skupu iz Satijeve skale, a na mestu ispod dijagonale, kada se porede $a_{m,l}$ i $a_{l,m}$, imajući u vidu (1), treba staviti 1/1/c, dakle c. Na primer, ako prvi elent koji se poredi ima umerenu dominaciju u odnosu na drugi element, na mestu a_{12} matrice A bila bi ocena 3, a na mestu a_{21} bi onda stajala recipročna vrednost, u ovom slučaju – 1/3. Ako bi prvi elemnt poređenja bio neznatno manje dominantan u odnosu na drugi – na mestu a_{12} matrice A bila bi ocena 1/3, a na mestu a_{21} bila bi recipročna vrednost $1/\frac{1}{3}$, odnosno 3.

$$A1=\begin{bmatrix} 1\ \ a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21}\ \ 1\ \dots a_{2n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{n1}\ a_{n2} \dots\ \ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$a_{ij} > 0$; $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$; $a_{ii} = 1$; i=1,2,...n gde je n broj kriterijuma.

U slučaju perfektno konzistentnog vrednovanja, matrica A u kojoj se smeštaju rezultati poređenja, bila bi ista kao matrica X:

$$X=\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1}\ \frac{w_1}{w_2} \dots \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1}\ \frac{w_2}{w_2} \dots \frac{w_2}{w_n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \frac{w_n}{w_1}\ \frac{w_n}{w_2} \dots \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (5)$$

gde je w_i relativni težinski koeficijent matričnog elementa i.

Na osnovu pravila matričnog računa (pravilo množenja matrica vektorom), sledi da je:

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

Postoje različiti predlozi kako da se iz matrice A (4), kao bliske aproksimacije matrice X (5), ekstrahuju vrednosti vektora težinskih koeficijenata.

$$W^T = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}, \text{ odnosno } W^T = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Satty je predložio sledeću metodologiju: za matricu A potrebno je da se najpre odredi njena maksimalna sopstvena vrednost – λ_{max}. Nakon toga bi odgovarajući vektor sopstvenih vrednosti matrice A mogao da se uzme kao približno rešenje za vektor vrednosti težinskih koeficijenata, W^T.

Na osnovu Harkerove metode sopstvenih vektora (Harker & Vargas, 1987), vektor W^T se izračunava preko sistema linearnih jednačina njihovim rešavanjem:

$$A * W^T = n * W^T \text{ ili } (A\text{-}nI) * W^T = 0, \text{ odnosno } A * W^T = \lambda max * W^T \quad (8)$$

Da bi sistem ovih jednačina imao rešenje, potreban i dovoljan uslov je da matrica A ima n za sopstvenu vrednost.

Ovo se može primeniti na osnovu teoreme Peron-Frobenius u kojoj se tvrdi da prava kvadratna matrica sa pozitivnim vrednostima ima jedinstvenu najveću realnu sopstvenu vrednost i da odgovarajući sopstveni vektor ima strogo pozitivne komponente.

Prvi korak u ovom izračunavanju je normalizacija podataka na sledeći način:

$$W^T = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} * \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} w_i} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \\ \frac{w_2}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \\ \dots \\ \frac{w_3}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Satty je predložio da se vektor težina dobije i normalizacijom suma po redovima matrice:

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{w_i}{w_j} = w_i \left(\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{w_j} \right), \ \text{i} = 1,...,\text{n} \tag{10}$$

Jedan od načina na koji se može dobiti vektor težinskih koeficijenata je i normalizacija recipročnih vrednosti suma po kolonama.

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{w_j} = \frac{1}{w_j} \left(\sum_{i=1}^{n} w_i \right) \ \text{i} = 1,...,\text{n} \tag{11}$$

Vektor težinskog koeficijenata može se odrediti i normalizacijom geometrijskih sredina (deljenjem sumom geometrijskih sredina), mada to nije čest slučaj.

AHP metoda podrazumeva stalno procenjivanje od strane donosioca odluka, po čemu se ubraja u subjektivne metode. Redundantnost koja je prisutna u AHP metodu čini je neosetljivom na greške ali, s druge strane, ima ugrađen mehanizam kojim se meri stepen nedoslednosti (nekonzistentnosti) u davanju procena. Taj mehanizam je koeficijent konzistentnosti. Stepen konzistentnosti CR (*Consistency Rank*) računa se u nekoliko koraka: najpre se uvodi indeks konzistentnosti CI (*Consistency Index*) (12), zatim se izračunava vektor sopstvenih vrednosti λ, (13) i (14), onda se određuje $\lambda_{max}(15)$, potom računa vrednost CI (12) i na kraju, na osnovu tabele s vrednostima slučajnog indeksa RI (Random Index) izračunava se sam CR (16).

$$\text{CI} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{12}$$

λmax je maksimalna sopstvena vrednost matrice poređenja. Iz samog izraza se vidi da što je λ_{max} bliže broju n, CI će biti manji, a samim tim će konzistentnost biti veća.

$$\begin{bmatrix} a_{11}\ a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21}\ a_{a22} \dots a_{2n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{n1}\ a_{n2} \dots a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix} \tag{13}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{b_1}{w_1} \\ \frac{b_1}{w_1} \\ \dots \\ \frac{b_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \end{bmatrix} \tag{14}$$

Iz (14) sledi da je

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \quad (15)$$

$$\text{CR} = \frac{CI}{RI} \quad (16)$$

Tabela slučajnog indeksa RI izgleda ovako:

Tabela 3 Raspodela stepena konzistentnosti (Saaty, 1986; Saati & Memariani, 2005)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,0	0,0	0,58	0.9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

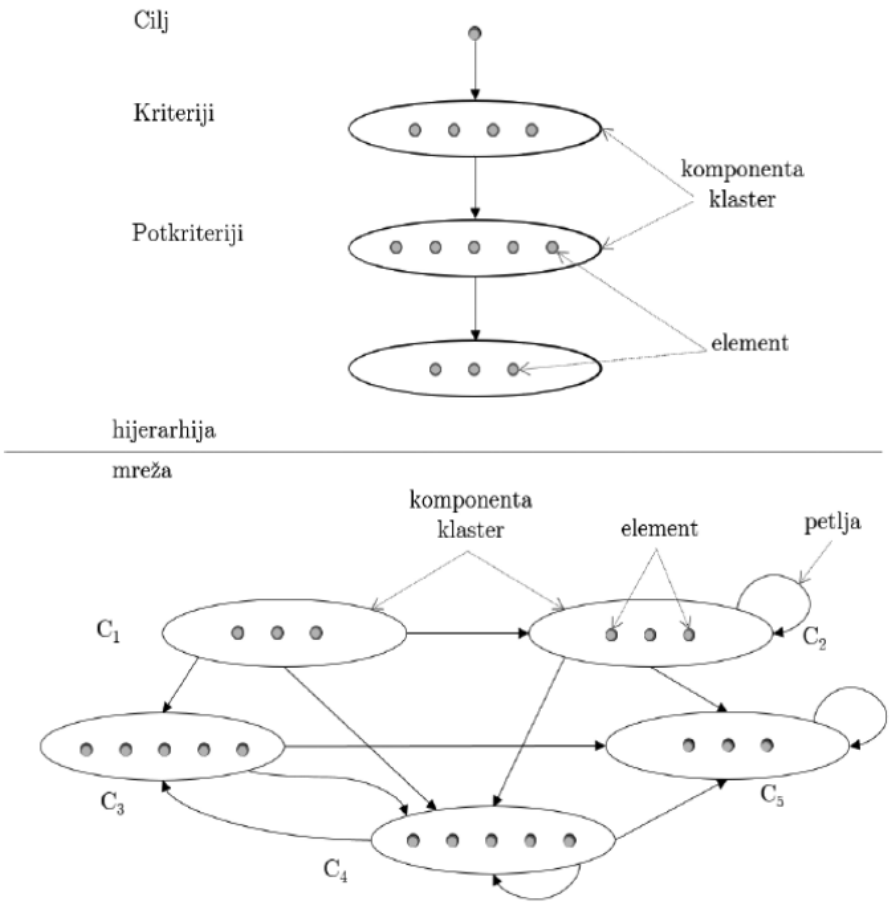
Za svaki $\text{CR} < 0{,}1 \rightarrow$ rezultat se može prihvatiti kao korektan što ne zahteva povratak na prethodne korake u kojima je nastala greška. Granicu od 0,1 treba uzeti uslovno i ona se odnosi na veći broj poređenja (na matricu sa većim brojem dimenzija od 4x4).

AHP se u literaturi pominje kao najčešće primenjivana metoda višekriterijumske analize. Takođe, ona spada u jednu od najviše nadogarđivanih metoda i metoda koje se često kombinuju u hibridnim sistemima odlučivanja. O značaju AHP metode svedoči i to što je na nekoliko međunarodnih naučnih konferencija ona bila i jedina tema, čime se potvrđuje njen naučni fundament, kvalitet i aktuelnost.

2.3.3 ANP

Metoda ANP je nadogradnja metode AHP od strane istog autora T. Satija. Za razliku od hijerarhijske strukture kakvu imamo u AHP metodu, ANP omogućava funkcionalne interakcije između kriterijuma i alternativa posredstvom mrežnog modela sa povratnim vezama. Klasteri ili komponente su „gradivne jedinice mreže“. Postoji nekoliko tipova klastera: izvorni (*source*), prelazni (t*ransient*) i završni (*sink*) klaster. Razlikuju se po strukturi veza: kod izvornog klastera postoje elementi koji zavise od drugih klastera, ali elementi nijednog drugog klastera ne zavise od elemenata izvornog klastera; elementi prelaznog klastera zavise od elemenata drugih klastera; elementi završnog klastera utiču na elemente drugih klastera, ali nijedan element završnog klastera ne zavisi od bilo kog elemanta iz bilo kog drugog klastera.

Na mrežnom dijagramu su elementi klastera prikazani kao čvorovi (ciljevi, kriterijumi i alternative), dok su lukovima i strelicama prikazane zavisnosti koje mogu biti unutrašnje i spoljašnje.



Slika 8 Strukturna razlika između hijerarhije i mreže (Kadoić, 2018)

Unutrašna zavisnost, *inner dependence,* označava da barem jedan element nekog klastera zavisi od najmanje jednog elementa iz istog klastera. Specijalni slučaj unutrašnje zavisnosti je petlja – *loops* koja označava da svaki element klastera zavisi isključivo od sebe samog.

Spoljašnja zavisnost, *outer dependence*, označava da najmanje jedan element klastera zavisi od najmanje jednog elementa drugog klastera.

Mrežni dijagram, koji predstavlja klastere, mora biti povezan i ne može se podeliti na više grafova, jer to isključuje komunikaciju između komponenti/klastera/elemenata.

Izračunavanje težinskih faktora vrši se na sledeći način: nakon što se identifikuju klasteri s pripadajućim kriterijumima, pravi se matrica uticaja među kriterijumima i matrica uticaja među klasterima. Zatim se vrši poređenje po parovima unutar svakog bloka (unutar matrice poređenja za svaki blok) iz čega sledi formiranje netežinske supermatrice – *unweighted supermatrix*.

Na osnovu netežinske matrice i matrice težina po klasterima, njihovim množenjem, dobija se težinska supermatrica – *weighted supermatrix*. Ova matrica se potencira brojem $k, k \to \infty$ čime se dobija granična matrica – *limit matrix* na osnovu koje se računaju konačni prioriteti elemenata u mreži. Ovaj proces nije lako sprovesti, jer se svodi na uzastopno množenje supermatrice samom sobom dok sve kolone matrice ne postanu jednake (što nije uvek moguće).

Kod potenciranja matrice, postoji mogućnost javljanja sledećih slučajeva (o kojima govori i Peron-Frobeniusova teorema):

- težinska supermatrica konvergira u graničnu supermatricu (gde ima jednake vrednosti elemenata po redovima)
- težinska supermatrica je predstavljena s nekoliko graničnih supermatrica koje se smenjuju međusobno.

Prioriteti se u prvom slučaju preuzimaju iz jedne kolone supermatrice ili se u drugom slučaju izračunavaju na osnovu Cezarove sume.

Poslednji korak je mera osetljivosti metode koja predstavlja najkompleksniji deo primene ANP-a. Od njenog nastanka do danas, najveći broj predloga odnosio se na izmenu upravo tog dela.

Kritike koje se u literaturi upućuju na račun ANP, a posredno i AHP metode, odnose se pre svega na Satijevu skalu, odnosno na nedovoljan raspon vrednosti kojima bi se opisla važnost atributa (Lesmes et al., 2009).

Ako za jedan element imamo vrednost 9, a za drugi 3, znači li to da je on toliko malo značajan da ga treba izbaciti iz sistema odlučivanja? Prema aksiomu homogenosti sledi da u takvoj situaciji upoređivanje parova nije poželjno. Sama metoda ipak pruža mogućnost da se kroz postavljanje različitih klastera reši ovaj problem. Jedan element može i dva puta da se nađe u strukturi dva različita klastera gde će u jednom imati dominantnu vrednost, a u drugom će ostali elementi biti dominantniji.

Ipak, ako se izuzme sistemska i već pomenuta kritika (Zhü, 2014), najčešće primedbe odnose se na veliki broj poređenja i stalno prisustvo donosioca odluka čime proces ne može trajno da se automatizuje i prepusti operativnim saradnicima. To ne znači da ne postoji više aktivnih aplikativnih paketa za upotrebu AHP-a, ali podrazumevaju da poređenje parova vrši donisilac (donosioci) odluke.

2.3.4 TOPSIS

Metoda TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), zasniva se na konceptu idealnih alternativa i rastojanju od njih. Najbolje rangirana (izabrana) alternativa treba da ima minimalno rastojanje od idealnog rešenja i maksimalno od onoga što bi se smatralo antiidealnim rešenjem. Ovu metodu su razvili Hwang i Yoon (1981) i ubraja se grupu metoda tzv. idealne tačke. Šta su „najbolje“ i „najgore“ vrednosti atributa (u kojoj meri su približne idealnom ili antiidealnom rešenju) zavisi od toga da li je kriterijum benefitni ili troškovni. Optimizacija se zasniva na izračunavanju „bliskosti“ u geometrijskom smislu.

Matematički model TOPSIS metode sastoji se iz 7 koraka:

Korak 1– formiranje matrice odlučivanja:

$$X = [x_{ij}]_{nxm} \tag{17}$$

Korak 2 – normalizacija matrice odlučivanja:

$$[X] \rightarrow [R], R = [r_{ij}]_{nxm} \tag{18}$$

Ovaj korak se sprovodi primenom vektorske normalizacije na sledeći način:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x^2_{ij}}} \quad j = 1,2,\ldots,m \tag{19}$$

gde je x_{ij} vrednostog j-tog atributa za i-tu alternativu.

Korak 3 – određivanje otežane matrice:

$$[R] \rightarrow [V] \tag{20}$$

koja se dobija množenjem matrice R (18) vektorom (jednodimenzionalnom matricom) $[W]_{1xm}$:

$$[V]_{nxm} = [R]_{nxm} * [W]_{1xm}, \quad (21)$$

gde je $[W]_{1xm}$ vektor sa težinskim faktorima kriterijuma tako da elementi vektora zadovoljavaju sledeći izraz:

$$\sum_{i=1}^{m} w_i = 1 \quad (22)$$

Korak 4 – formiranje idealnog rešenja koje ima najbolje karakteristike po svim kriterijumuma i formiranje antiidealnog rešenja koje ima najlošije karakteristike po svim kriterijumima.

A^+ je rešenje koje ima najbolje karakteristike po svim kriterijumima i nazivamo ga idealnim rešenjem.

$$A^+ = \left\{\left(\begin{matrix}max\\ i\end{matrix} v_{i,j} \parallel j \in \text{kriterij. tipa } max\right) \wedge \left(\begin{matrix}min\\ i\end{matrix} v_{i,j} \parallel j \in \text{kriterij. tipa } mim\right)\right\} \quad (23)$$

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots v_m^+\}, \text{i} = \overline{1,n} \quad (24)$$

A^- je rešenje koje ima sve najlošije karakteristike po svim kriterijumima i nazivamo ga antiidealnim rešenjem.

$$A^- = \left\{\left(\begin{matrix}min\\ i\end{matrix} v_{i,j} \parallel j \in \text{kriterij. tipa } max\right) \wedge \left(\begin{matrix}max\\ i\end{matrix} v_{i,j} \parallel j \in \text{kriterij. tipa } mim\right)\right\} \quad (25)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots v_m^-\}, \text{i} = \overline{1,n} \quad (26)$$

Korak 5 – izračunavanje (euklidske) udaljenosti svake vrednosti alternativa (svakog atributa) od idealnog i antiidealnog rešenja:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(v_{ij} - v_j^+\right)^2} \quad (27)$$

gde je S_i^+ udaljenost i-te alternative od idealnog rešenja

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2} \quad (28)$$

gde je S_i^- udaljenost *i*-te alternative od antiidealnog rešenja.

Korak 6 – izračunavanje relativne bliskosti idealnom rešenju:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}, \text{i=1,2,...,n} \quad (29)$$

Korak 7 – rangiranje alternativa:

Vektor (jednodimenzionalna matrica) C_i, sadrži relativne ocene za svaku alternativu, a opseg njegove vrednosti je:

$$0 \leq C_i \leq 1 \tag{30}$$

Što je vrednost C_i bliža 1, vrednost i-te alternative je bolja, odnosno teži idealnom rešenju. Što je vrednost C_i bliža 0, vrednost te i-te alternative je lošija, odnosno teži antiidealnom rešenju. Sortiranjem vrednosti C_i prema opadajućem kriterijumu, dobija se rangiranje alternativa od najbolje do najlošije (u okviru zadatog cilja, odnosno kriterijuma).

2.3.5 PROMETHEE

Brans i Vincke (1985) razvili su metodu delimičnog (parcijalnog) rangiranja alternativa PROMETHEE I (*Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment of Evaluations*), a nešto kasnije je Jean-Pierre Brans sa saradnicima razvio i metodu PROMETHEE II (Brans et al., 1986) kojom se postiže potpuno (kombinovano) rangiranje alternativa. U saradnji s Bertrand Mareschal-om, Brans je nekoliko godina kasnije predstavio metodu PROMETHEE III pomoću koje se rangiranje alternativa vrši na zadatom intervalu i metodu PROMETHEE IV, koja predstavlja izmenu PROMETHEE III i koja se odnosi na neprekidne skupove.

Primena opšteg slučaja PROMETHEE počinje formiranjem matrice odlučivanja uz pretpostavku da postoje težinski faktori za kriterijume.

Tabela 4 Matrica odlučivanja prikazana u formi tabele (Brans Brans et al.,1986)

	g_1	g_2	g_3	...	g_m
	$\binom{max}{min}$	$\binom{max}{min}$	$\binom{max}{min}$		$\binom{max}{min}$
a_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1m}
a_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2m}
a_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	...	x_{3m}
...	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
a_n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	...	x_{nm}

Težinski faktori kriterijuma označeni su sa:

$$G_i = [g_1, g_2, \dots, g_m], \tag{31}$$

tako da je

$$\sum_{i=1}^{m} g_i = 1 \tag{32}$$

Međutim, ovde se ide korak dalje u modeliranju preferencija od strane donosioca (donosilaca) odluka – omogućava se uvođenje kriterijumske funkcije i funkcije preferencije kojima se ne isključuju težinski faktori, ali se ostavlja prostor za dodatno korigovaje i adekvatnije preslikavanje problema iz realnog sveta.

Kriterijumska funkcija f_i , i = 1,2,...,m formira se za svaki kriterijum posebno, a može imati jedan od šest mogućih oblika datih u tabeli. Na osnovu izabrane kriterijumske funkcije i određivanja njenih parametara p i q kojima se bliže opisuje funkcija preferencije, formira se funkcija preferencije $P_j(a, b)$, tako da važi:

$$0 < P_j(a,b) < 1 \wedge \quad P(a,b) \neq P(b,a) \tag{33}$$

Napomena: atributi a i b su obeležja za atribute iz matrice odlučivanja

$$X = \left[X_{ij}\right]_{nxm} x_{i,j}, \tag{34}$$

gde se u okviru svakog j-tog kriterijuma

$$j=1,2,...,m \tag{35}$$

pravi poređenje binarnih grupa j-te kolone tako da je broj poređenja na nivou j-tog kriterijuma broj varijacija od n elemenata (broj redova – alternativa). Kada imamo m kriterijuma, ukupni broj poređenja se izračunava kao:

$$\text{ukupni broj poređenja} = m * n^2 \tag{36}$$

Alternativa a je bolja od alternative b prema kriterijumskoj funkciji f, ukoliko važi sledeća nejednakost:

$$f(a) < f(b) \tag{37}$$

Sledeća relacija predstavlja intezitet preferencije $P_i(a)$ nad $P_i\ (b)$ (Brans et al.,1986; Brans & Mareschal, 2005):

$$S_i(a, b) = P_i[f_i(a) - f_i(b)]. \tag{38}$$

Iz (38) sledi tabela preferencija (Brans et al.,1986; Brans & Mareschal, 2005):

Tabela 5 Odnos inteziteta preferencija P_i(a) nad P_i (b) (Brans et al.,1986; Brans & Mareschal, 2005)

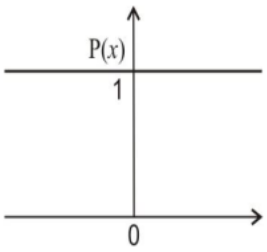
Intezitet preferencije a s rasponom vrednosti od 0 do 1	
Si(a,b) = 0	nema preferencije, indiferencija
Si(a,b) ≈ 0	slaba preferencija $f(a) > f(b)$
Si(a,b) ≈ 1	1 jaka preferencija $f(a) >> f(b)$
Si(a,b) = 1	stroga preferencija $f(a) >>> f(b)$

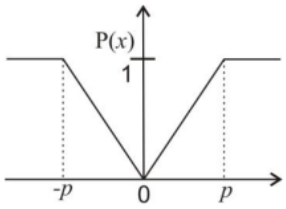
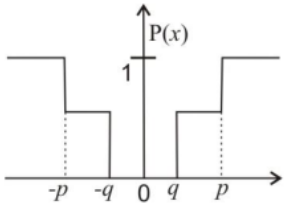
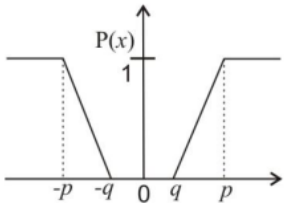
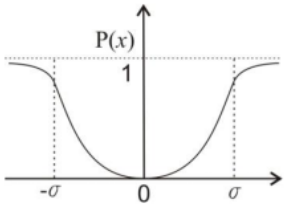
Sve ovo se odnosi na situaciju kada je u pitanju kriterijumska funkcija koju treba maksimirati. Ukoliko je reč o funkciji koju treba minimiziratim onda važi

Relacija $S_i(a,b) = -P_i[f_i(a) - f_i(b)] = P_i[f_i(b) - f_i(a)]$ (39)

Sledeći korak je definisanje funkcije preference za međusobno poređenje alternativa. Razlikuje se šest tipova takvih funkcija:

Tabela 6 Preferencije funkcija (Brans et al., 1986)

Preferencijska funkcija	Tip generalizovanog kriterijuma	Prag
Običan kriterijum $P(a,b) = \begin{cases} 0, ako\ je\ f(a) - f(b) \leq 0 \\ 1, ako\ je\ f(a) - f(b) > 1 \end{cases}$ U ovom slučaju postoji indiferentnost samo ako je $f(a) = f(b)$, u suprotnom DO ima strogu preferenciju za alternativu čija funkcija preferencije ima veću vrednost.		

Kriterijum s linearnom preferencijom $P(a,b) = \begin{cases} 0, & ako\ je\ f(a)-f(b) \le 0 \\ \frac{f(a)-f(b)}{p}, & ako\ je\ 0 < f(a)-f(b) \le p \\ 1, & ako\ je\ f(a)-f(b) > p \end{cases}$ Sve dok je $f(a)-f(b) < \boldsymbol{p}$, preferencija DO linearno raste, a kada $f(a)-f(b) > \boldsymbol{p}$, nastaje stroga preferencija. Potrebno je odrediti samo parametar $\boldsymbol{p}$ kao najnižu vrednost odstupanja parametara.		p
Stepenasti kriterijum $P(a,b) = \begin{cases} 0, & ako\ je\ f(a)-f(b) \le q \\ 1/2, & ako\ je\ 0 < f(a)-f(b) \le p \\ 1, & ako\ je\ f(a)-f(b) > p \end{cases}$ Potrebno je definisati oba praga $\boldsymbol{p}$ i $\boldsymbol{q}$ i ukoliko se $f(a)-f(b)$ nalazi između njih, postoji slaba preferencija.		p q
Kriterijum s linearnom preferencijom i segmentom indiferetnosti $P(a,b) = \begin{cases} 0, & ako\ je\ f(a)-f(b) \le 0 \\ \frac{f(a)-f(b)-p}{p-q}, & ako\ je\ 0 < f(a)-f(b) \le p \\ 1, & ako\ je\ f(a)-f(b) > p \end{cases}$ Potrebno je definisati oba praga $\boldsymbol{p}$ i $\boldsymbol{q}$ i ukoliko se $f(a)-f(b)$ nalazi između njih, postoji slaba preferencija.		p q
Gausov kriterijum preferentnosti $P(a,b) = \begin{cases} 0, & ako\ je\ f(a)-f(b) \le 0 \\ 1-\frac{(f(a)-f(b))^2}{e^{2\sigma^2}}, & ako\ je\ f(a)-f(b) > q \end{cases}$ Ova funkcija (normalne raspodele) daje stabilne rezultate. Potrebno je samo definisati prag $\boldsymbol{\sigma}$.		$\boldsymbol{\sigma}$

U ovoj tabeli, prag ili parametar q predstavlja najveće odstupanje u paru alternativa koji se ocenjuju, a parametra p najmanje ostupanje u ocenjivanju dve alterntive koje se smatraju značajnim. Oba parametra određuje donosilac (donosioci) odluke.

Sledeći korak u metodi PROMETHEE je izbor funkcije preferencije po svakom kriterijumu pojedinačno. Dakle, koliko ima kriterijuma, ima i funkcija preferencije, ali one ne moraju biti istog tipa. Svaka funkcija preferencije može imati jedan od šest ponuđenih oblika u zavisnosti od problema koji se rešava, odnosno kriterijuma na koji se odnosi funkcija preferencije.

Zatim se određuje indeks preferencije π(a,b):

$$\pi(\text{a,b}) = \frac{\sum_{j=1}^{m} w_j P_j(a,b)}{\sum_{j=1}^{m} w_j}, \tag{40}$$

kao i vrednosti ulaznog i izlaznog toka:

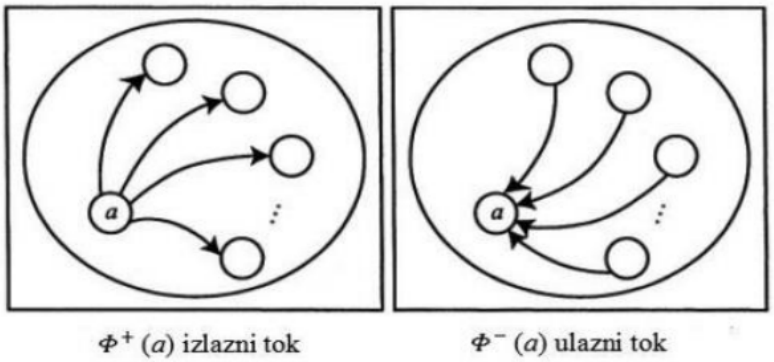
$$\phi^{+}(\text{a}) = \sum_{x \in K} \pi(\text{a}, \text{x}) \tag{41}$$

i

$$\phi^{-}(\text{a}) = \sum_{x \in K} \pi(\text{x}, \text{a}), \tag{42}$$

gde ϕ^{+}(a) pokazuje dominaciju alternative a nad ostalim, a ϕ^{-}(a) slabost alternative a u odnosu na ostale alternative. Potpuni poredak dobija se primenom sledećeg izraza:

$$\phi\ (\text{a}) = \phi^{+}(\text{a}) + \phi^{-}(\text{a}) \tag{43}$$



Slika 9 Izlazni i ulazni tok (Figueira et al., 2005)

Metoda PROMETHEE I se koristi kod delimičnog rangiranja, a PROMETHEE II za dobijanje kompletnog ranga.

2.3.6 ARAS

Metoda ARAS (*A new additive ratio assessment*) je jedna od novijih metoda višekriterijumske analize. Predstavili su je Edmundas Kazimieras Zavadskas i Zenonas Turskis (2010) u radu *„A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making"*. Studija slučaja koja je u ovom radu ilustrovala primenu metode ARAS, bavi se vrednovanjem nekretnina uzimajući u obzir i energetsku efikasnost, pored uobičajenih kriterijuma kao što su: lokacija, kvadratura, arhitektonska estetika.

Specifičnost ARAS metode ogleda se u uvođenju idealne alternative A_0 čije performanse (vrdnosti atributa) definišu donosioci odluka. Ukoliko ne postoji preferencija, ona se definiše kao:

$$x_{0j} = \begin{cases} \max x_{ij}\,; j \in J_{max} \\ \min x_{ij}\,; j \in J_{min} \end{cases} \tag{44}$$

Matematički model ARAS metode sastoji se iz pet koraka:

Prvi korak – formiranje matrice odlučivanja:

$$\mathrm{X} = \left[X_{ij}\right]_{nxm} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \tag{45}$$

Drugi korak – normalizacija matrice odlučivanja i to na sledeći način: ako se optimizacija svodi na maksimiranje vrednosti, onda je:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} x_{ij}}\,, \tag{46}$$

a ukoliko optimizacija podrazumeva minimiziranje vrednosti, onda se primenjuje dvostepenski postupak, najpre:

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^{*}}\,, \tag{47}$$

pa tek onda

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} x_{ij}}\,, \tag{48}$$

čime se dobija normalizovana matrica odlučivanja:

$$\bar{X} = \overline{[X_{ij}]}_{nxm} = \begin{bmatrix} \overline{x_{11}} & \overline{x_{12}} & \overline{x_{13}} & \dots & \overline{x_{1m}} \\ \overline{x_{21}} & \overline{x_{22}} & \overline{x_{23}} & \dots & \overline{x_{2m}} \\ \overline{x_{31}} & \overline{x_{32}} & \overline{x_{33}} & \dots & \overline{x_{3m}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{x_{n1}} & \overline{x_{n2}} & \overline{x_{n3}} & \dots & \overline{x_{nm}} \end{bmatrix} \quad (49)$$

Treći korak – „otežavanje" normalizovane matrice odlučivanja $\bar{X}$, koja se prevodi u $\hat{X}$ tako što se svaki *ij*-ti član matrice pomnoži s odgovarajućom težinom *j*-tog kriterijuma:

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} w_j \text{ , i=1,2,...,n, j=1,2,...,m, } \sum_{j=1}^{m} w_j = 1 \quad (50)$$

Četvrti korak – određivanje funkcije stepena korisnosti vrši se na sledeći način:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} \hat{x}_{ij}, \quad i = 1,2,\dots,n \quad (51)$$

$$S_0 = \sum_{j=1}^{m} \hat{x}_{0j}, \quad i = 1,2,\dots,n \quad (52)$$

Peti korak je završno ocenjivanje (rangiranje) alternativa, koje se obavlja na sledeći način:

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, \text{ i=1,2,...,n} \quad (53)$$

U ovoj metodi, najprihvatljivije rešenje se bazira na stepenu korisnosti S_i, gde je S_0 ukupni indeks performansi idealne alternative, koji najčešće iznosi 1.

ARAS metoda je efektivna i laka višekriterijumska metoda, a sami autori su je dopunili podvarijantama od kojih jedna koristi *fuzzy*, a druga *grey* brojeve. Danas su, osim ARAS metode, u opticaju i ARAS-F i ARAS-G metoda (Zavadskas & Turskis, 2010).

2.3.7 EDAS

EDAS (*Evaluation based on Distance from Average Solution*) metodu je kreirao Ghorabee s grupom saradnika (2015) i ona spada u novije metode višekriterijumske analize. Zasniva se na agregaciji vrednosti dobijenih sabiranjem pozitivnog rastojanja od prosečne vrednosti sa vrednostima koje su dobijene sabiranjem negativnog rastojanja od prosečne vrednosti. Sve vreme se vodi računa o tome da li je tip kriterijuma „prihodni" („benefitni") ili je „rashodni" („troškovni").

Ghorabaee (Ghorabaee et al., 2017) razmatra EDAS metodu u svetlu normalne raspodele podataka. Njegov stav je da postojeće metode obično zahtevaju složene proračune i daju

nefleksibilna rešenja za donošenje odluka. Ovaj autor sugeriše da EDAS metoda može dati optimistična i pesimistična rešenja koja pružaju donosiocima odluka fleksibilnost u konačnoj proceni. Ghorabaee polazi od pretpostavke da vrednosti uspešnog rešavanja problema EDAS metodom slede normalnu distribuciju, što je čini veoma primenjivom u raznim oblastima. Na osnovu važnosti normalne distribucije i obeležja ove distribucije, a samim tim i primenjivosti EDAS-a u rešavanju različitih problema, izvršena je i nadogradnja ovog metoda u stohastički EDAS.

Tokom 2016. i 2017. godine, Ghorabaee sa saradnicima (2016; 2017) proširuje osnovnu EDAS metodu na *fuzzy* EDAS, a Žejko Stević (2018) je postavio model EDAS metode sa *rough* brojevima na primeru vrednovanja dobavljača u lancima snabdevanja.

U kratkom periodu, od trenutka njenog nastanka, metoda EDAS je privukla veliku pažnju naučne javnosti i na različite načine je korišćena i proširivana. Ova metoda će nadalje biti okosnica ove disertacije kako s aspekta performansi modela tako i s aspekta dve ekstenzije koje spadaju u naučne doprinose ove disertacije.

2.3.7.1 Matematički model EDAS metode

EDAS metodu su u svom radu predstavili Ghorabaee i saradnici (2015). Njen matematički model sastoji se iz osam koraka.

Svih osam koraka EDAS metode objavili su Štilić i sardnici (2019):

Korak 1.

Definisanje ključnih kriterijuma i alternativa za rešavanje problema višekriterijumske analize.

Korak 2.

Formiranje matrice odlučivanja:

$$X = \left[X_{ij}\right]_{nxm} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (54)$$

Korak 3.

Određivanje prosečnog rešenja po svakom kriterijumu pojedinačno:

$$\text{AV} = \left[AV_j\right]_{1xm} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} x_{i1}}{n} \; \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{i2}}{n} \; \dots \; \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{im}}{n}\right] = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*] \tag{55}$$

Korak 4.

Formiranje matrice $\left[PDA_{ij}\right]_{nxm}$, gde elementi matrice predstavljaju pozitivno rastojanje od $\left[AV_j\right]_{1xm}$ (element ove matrice označen je sa d_{ij}^{+}) i matrice $\left[NDA_{ij}\right]_{nxm}$, gde elementi matrice predstavljaju negativno rastojanje od $\left[AV_j\right]_{1xm}$ (element ove matrice označen je sa d_{ij}^{-}). Elementi matrica $\left[PDA_{ij}\right]_{nxm}$ i $\left[NDA_{ij}\right]_{nxm}$ računaju se, u zavisnosti od toga da li su kriterijumi „prihodni“ ili „rashodni“, na sledeći način:

$$d_{ij}^{+} = \begin{cases} \frac{max\left(0,\left(x_{ij}-x_j^*\right)\right)}{x_j^*} & ;\text{j} \in \Omega_{max} \\ \frac{max\left(0,\left(x_j^*-x_{ij}\right)\right)}{x_j^*} & ;\text{j} \in \Omega_{min} \end{cases}, \tag{56}$$

gde Ω_{max} predstavlja grupu „prihodnih“ kriterijuma, a Ω_{min} grupu „rashodnih“ kriterijuma

$$d_{ij}^{-} = \begin{cases} \frac{max\left(0,\left(x_j^*-x_{ij}\right)\right)}{x_j^*} & ;\text{j} \in \Omega_{max} \\ \frac{max\left(0,\left(x_{ij}-x_j^*\right)\right)}{x_j^*} & ;\text{j} \in \Omega_{min} \end{cases} \tag{57}$$

Korak 5.

Formiranje jednodimenzionalnih matrica otežanih suma $[SP_i]_{nx1}$ i $[SN_i]_{nx1}$, u kojima elementi predstavljaju rezultat množenja matrica $\left[PDA_{ij}\right]_{nxm}$ i $\left[NDA_{ij}\right]_{nxm}$ sa vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$:

$$[SP_i]_{nx1} = \left[PDA_{ij}\right]_{nxm} * [W]_{mx1} \tag{58}$$

$$[SN_i]_{nx1} = \left[NDA_{ij}\right]_{nxm} * [W]_{mx1} \tag{59}$$

Korak 6.

Normalizacija jednodimenzionalnih matrica $[SP_i]_{nx1}$ i $[SN_i]_{nx1}$ vrši se na sledeći način (normalizovana $[SP_i]_{nx1}$ označava se kao $[NSP_i]_{nx1}$, a normalizovana $[SN_i]_{nx1}$ kao $[NSN_i]_{nx1}$):

$$[NSP_i]_{nx1} = \frac{[SP_i]_{nx1}}{(\max[SP_i]_{nx1})} = \frac{1}{(\max[SP_i]_{nx1})} * [SP_i]_{nx1} \quad (60)$$

$$[NSN_i]_{nx1} = 1 - \frac{[SN_i]_{nx1}}{(\max[SP_i]_{nx1})} = 1 - \frac{1}{(\max[SP_i]_{nx1})} * [SN_i]_{nx1} \quad (61)$$

Korak 7.

Formiranje vektora (jednodimenzionalne matrice) proračuna procene $[AS_i]_{nx1}$, čiji se elementi dobijaju primenom sledeće formule:

$$as_i = \frac{1}{2}(nsp_i + nsn_i), \quad (62)$$

gde su: as_i elementi $[AS_i]_{nx1}$, nsp_i elementi $[NSP_i]_{nx1}$, a nsn_i elementi $[NSN_i]_{nx1}$.

Korak 8.

Ovo je završni korak u kom je dobijeno onoliko AS_i proračuna procene koliko ima alternativa (n), gde je

$$0 \leq AS_i \leq 1 \quad (63)$$

Alternativa s najvećim AS_i jeste najbolje rangirana alternativa (Štilić & Njeguš, pp.64-65).

Ovim korakom se završava proces rangiranja u matematičkom modelu EDAS metode.

2.3.8 Analiza i izbor MCDM metode

Naziv analize SWOT (*Strength, Wekness, Opportunity, Threat*) akronim je od engleskih reči koje u prevodu glase: „snaga“, „slabost“, „mogućnost“ i „opasnost“ i predstavlja dva odvojena para informacija o uticajima koji deluju na sistem koji se analizira. Te informacije se odnose na poreklo uticaja, koji mogu biti unutrašnji i spoljašnji, i kvalitet uticaja, koji mogu biti pozitivni i negativni.

Kao ilustracija izbora višekriterijumske metode EDAS za daljii rad i primenu u projektu PUZS, data je SWOT analiza metoda višekriterijumske analize obuhvaćenih istraživanjem: SAW, AHP (ANP), TOPSIS, PROMETHEE, ARAS i EDAS.

Tabela 7 SWOT analiza

UNUTRAŠNJI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
SPOLJAŠNJI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)

Tabela 8 SWOT analiza SAW metode (Figueira et al, 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski 2014)

SWOT analiza metode SAW	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Metoda se lako razume i jednostavno primenjuje. Upotreba u praksi je dala pozitivne ocene. U odnosu na soficistirane metode, SAW ima dobre performanse. Rang je stabilan pri pravilnoj upotrebi. Izračunavanje je jednostavno i ne zahteva složene računarske programe. Razvijena je aplikativna posrška - u opticaju je niz jednostavnih softverskih rešenja. Postoji mogućnost kompenzacije kod određivanja težine kriterijuma.	Potrebna je normalizacija za rešavanje višedimenzionalnih problema. Nema ugrađen mehanizam za izračunavanje težinskih faktora, već se oni direktno unose. Nije dovoljno osetljiva na vrednosti kriterijuma u poređenju sa metodom TOPSIS. Postoji mogućnost da rezultati ne odgovaraju realnoj situaciji i da su nelogični.
EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Primena kvalitativnog i kvantitativnog tipa kriterijuma. Omogućava izbor različitih modela određivanja težinskih faktora.	Pretnje do sada nisu identifikovane.

Tabela 9 SWOT analiza AHP metode (Figueira et al., 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski, 2014)

SWOT analiza metode AHP	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
AHP metoda je jedna od najstarijih i najčešće korišćenih metoda višekriterijumske analize. Za analizu problema koji se rešava veoma je korisno i samo postavljanje hijerarhije unutar problema. Svaki problem može biti razložen u manje elemente niže hijerarhije. Postojanje koeficijenta konzistencije potpomaže proveri pri korišćenju metode. Široko je rasprostranjena softverska podrška ovoj metodi. Postoje i softverska rešenja koja omogućavaju korisne grafičke prikaze za sagledavanju poblema i rešenja.	Primena je teška zbog složenosti, velikog broja poređenja i vremenski je zahtevna. Mogu se javiti problemi kod postojanja međusobno zavisnih kriterijuma i alternativa – tada je rešenje ANP. Registruje se promena ranga alternativa dodavanjem nove alternative ili kriterijuma. Može da upoređuje ograničeni broj alternativa, u situaciji većeg broja alternativa nije pogodna metoda.
EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Podržava grupno donošenje odluka. Razvojem novih metoda višekriterijumske analize, sve češće se koristi u kombinaciji s drugim metodama za izračunavanje težinskih faktora kriterijuma. Primenjiva je za kvalitativni i kvantitativni tip kriterijuma.	Može doći do promene ranga alternativa. Može doći i do nekonzistentnosti prilikom poređenja i ocene kriterijuma. Satijeva skala pruža vrednosne okvire, ali se vrednosti ocena dodeljuju na osnovu subjektivnog osećaja.

Tabela 10 SWOT analiza TOPSIS metode (Figueira et al., 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski, 2014)

SWOT analiza metode TOPSIS
INTERNI FAKTORI

SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Spada u jednostavnije metode s aspekta znanja i primene. Bazira se na idealnim i antiidealnim rešenjima. Pruža zadovoljavajući okvir u kome se alternative rangiraju. Broj koraka se ne menja s promenom kriterijuma. Primenjiva je i kod većeg broja alternativa i kriterijuma. Numerički iskazan rang alternativa olakšava razumevanje rezultata. Jedna od najboljih metoda za rešavanje problema promene ranga.	Nema sopstveni mehanizam za izračunavanje težinskih faktora, već se oni na drugi način određuju, a u metodi samo primenjuju.
EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Primenjiva je kod tačnih i potpunih informacija. Omogućava kombinovanje preferenci više eksperata ili korišćenje nekog od objektivnih ili hibridnih načina određivanja težina. Primenjiva je bez obzira na tip varijabli.	Nisu identifikovane pretnje.

Tabela 11 SWOT analiza PROMETHEE metode (Figueira et al., 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski, 2014)

SWOT analiza metode PROMETHEE	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Primenjiva je čak i u uslovima kad nedostaju potpune informacije. Postoji softverska podrška metodi sa adekvatnim grafičkim prikazima. Jednostavna za primenu, ne zahteva da se pretpostavlja da su kriterijumi proporcionalni. Rang alternativa je iskazan numeričkom vrednošću što olakšava tumačenje.	Vremenski zahtevna bez primene odgovarajućeg softvera. Prilikom korišćenja više kriterijuma, donosilac odluke teže dobija jasnu sliku problema. Nema mehanizam za izračunavanje težinskih faktora. Oni se direktno unose.

EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Omogućava rad s graničnim vrednostima. PROMETHEE I vrši samo delimično rangiranje a za potpuno rangiranje koristi se PROMETHEE II. Primenljiva za različite varijable.	Može doći do promene ranga alternativa.

Tabela 12 SWOT analiza ARAS metode

SWOT analiza metode ARAS	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Jednostavna metoda za razumevanje i primenu. Veoma slična SAW metodi, osim što je uveden momenat optimalnih performansi i ukupni stepen korisnosti idealne alternative. Spada u novije metode s dobrim odnosom performanse – jednostavnost. Izračunavanje je jednostavno i ne zahteva složene računarske programe.	Neophodna je normalizacija za rešavanje višedimenzionalnih problema. Nema mogućnost izračunavanja težinskih faktora, već se oni direktno unose. Dobijeni rezultati ne moraju da odgovaraju stvarnoj situaciji i mogu da budu nelogični.
EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Primenjiva je kada se raspolaže tačnim i potpunim informacijama. Primenjiva je za kvalitativni i kvantitativni tip kriterijuma, a zahvaljujući nadogradnjama koje su usledile i za rad u stohastičkim uslovima odlučivanja.	Nisu identifikovane pretnje.

Tabela 13 SWOT analiza EDAS metode

SWOT analiza metode EDAS	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Jedna od novijih metoda, koja se kao SAW bazira na srednjoj vrednosti ali drugostepeno, preko razlike PDA I NDA, pozitivnog i negativnog rastojanja od srednje vrednosti. Spada u soficistiranije metode, jer ima dobro kreirane korake za optimizaciju. Veoma je osetljiva na vrednosti atributa. Matematički je konzistentna i moguće je remodelovati matematički model. Rang alternativa se izražava numeričkom vrednošću, čime omogućava dobro praćenje rezultata.	Normalizacija je jedan od kasnijih koraka (korak 6), čiji je cilj da se vrednosti svedu u opseg inetrvala $[0,1]$. Ne poseduje svoj model izračunavanja težinskih faktora.
EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Primenjiva je kada se raspolaže tačnim i potpunim informacijama. Primenljiva za kvalitativni i kvantitativni tip kriterijuma, a zahvaljujući nadogradnjama koje su usledile i za rad u stohastičkim uslovima odlučivanja.	Nisu identifikovane pretnje.

2.4 Višekriterijumske metode u uslovima neuređenosti i neodređenosti

2.4.1 Fuzzy brojevi

Istraživanje vršeno za potrebe izrade doktorske disertacije obuhvatilo je i oblast *fuzzy* i *rough* brojeva i aritmetička pravila koja se na njima primenjuju, jer je ideja bila da se iskazana neodređenost unutar parametara vezanih za projekat PUZS prevaziđe na taj način. Anketiranjem učesnika PUZS, kao i analizom *fuzzy* i *rough* brojeva koji rešavaju neka pitanja neodređenosti došlo se do zaključka da određene metode višekriterijumske analize koje barataju s *Crisp*

brojevima treba prilagoditi potrebama projekta. Ipak, u uslovima kada nedostaju numeričke varijable i kada su neki od atributa dati opisno ili neodređeno, na ekstenziju EDAS++ bi se mogao primeniti postupak koji uključuje *fuzzy* ili *rough* brojeve. To bi bio predmet narednih istraživanja i implementacije – *Fuzzy* EDAS++ ili *Rough* EDAS++.

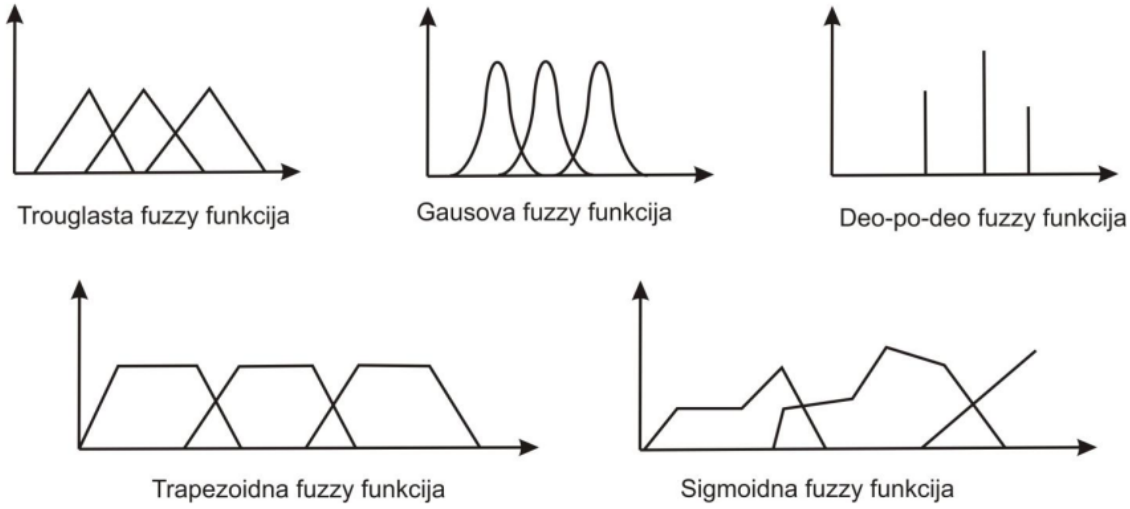
Zadeh je 1965. godine objavio rad pod nazivom *„Fuzzy Sets*"* (zvezdica u naslovu predstavlja napomenu da su rad podržali američka vojska, mornarica i američko ratno vazduhoplovstvo).

Po aksiomima klasične logike, element pripada nekom skupu ili mu ne pripada. Klasični skupovi imaju jasno ograničenu oblast definisanosti, pa odatle proizilazi još jedan naziv koji određuje njihovu prirodu: jasni ili bistri (*crisp*) skupovi. Praktično, nije uvek lako odrediti granice skupa ili, konkretnije - postoje elementi koji nekim svojim delom pripadaju skupu, ali nisu isključivo članovi konkretnog skupa već, zahvaljujući nekim drugim karakteristikama mogu određenim delom pripadati i nekim drugim skupovima. Skupovi koji sadrže takve elemente su dobili atribut magloviti (fuzzy).

Maglovitost/neodređenost je moguće skalirati u rasponu vrednosti od 0 do 1 i tu vrstu skaliranja ne treba mešati s *grey* sistemima. Jednostavan primer neodređene pripadnosti nekom skupu je petak, ako posmatramo skup radnih i skup neradnih dana. Petak je na granici: jednim svojim delom pripada skupu radnih dana, a svojim popodnevnim i večernjim časovima pripada neradnim danima. Skaliranjem pripadnosti, moglo bi se, na primer, reći da petak 0,75 pripada skupu radnih dana, a 0,25 skupu neradnih dana.

Teorija *fuzzy* skupova omogućava stavaranje modela u uslovima stohastičnosti (neuređenosti i neodređenosti). Primena *fuzzy* skupova omogućava donosiocima odluka da efikasno sprovode procese odlučivanja u uslovima nepreciznosti i/ili nedostatka podataka. Liao sa saradnicima (2014) iznosi definiciju prema kojoj je *fuzzy* skup takva klasa objekata koju određuje stepen pripadnosti pojedinih elemenata skaliranih tako da pokazuju procenat učešća tih elemenata u datom skupu. Stepen pripadnosti je u intervalu $[0,1]$, što znači da ako neki element ima skaliranu vrednost 0 kao stepen participacije u skupu, u trenutku donošenja odluke on nije sastavni deo skupa. Analogno tome, skalirana vrednost 1, kao mera participacije u skupu, ukazuje da u trenutku odlučivanja taj elemenat potpuno pripada skupu.

Teorija *fuzzy* skupova za opisivanje elemenata i funkciju pripadnosti koristi trougaone, Gausove, trapezoidne i druge brojeve.



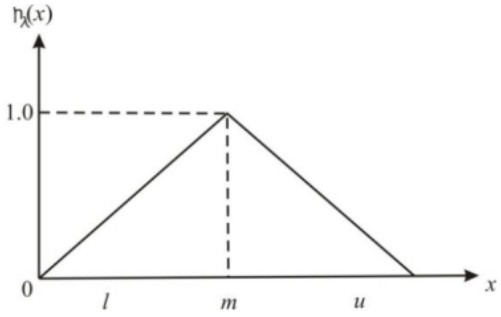
Slika 10 Fuzzy funkcije pripadnosti (Stević, 2018)

2.4.1.1 *Fuzzy* brojevi i računske operacije nad njima

Trougaoni *fuzzy* brojevi označavaju se kao TFN i pišu se u obliku uređenih trojki (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}). Vrednosti (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) redom imaju sledeće značenje: najmanju moguću vrednost, najperspektivniju vrednost i najveću moguću vrednost.

Nekada se i van teorije odlučivanja i metoda višekriterijumske analize koriste *fuzzy* logika i uređene trojke brojeva, npr. u slučajevima kada složene matematičke funkcije zahtevaju kompleksnost prilikom izračunavanja ili kada se korišćenjem TFN pojednostavljuju matematičke operacije nad *fuzzy* skupovima.

Teorija *fuzzy* skupova, FST (*Fuzzy set theory*) primenjuje se u oblasti mrežnog, linearnog i nelinarnog programiranja, ali je glavnu primenu našla kao podrška modelima i metodama odlučivanja, kao i za kontrolu pouzdanosti i kontrolu kvaliteta. Primenjuje se i u situacijama kada se složene pojave ne mogu jednostavno opisati tradicionalnim matematičkim modelima (Mentes & Helvacioglu, 2012).



Slika 11 Trougani fuzzy broj

Fuzzy broj koji pripada skupu realnih brojeva R je trougani fuzzy broj TFN, ako je njegova funkcija sledećeg oblika:

$$\eta_\lambda \backsim R \to [0,1] \quad \eta_\lambda = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l \le x \le m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \le x \le u \end{cases} \tag{64}$$

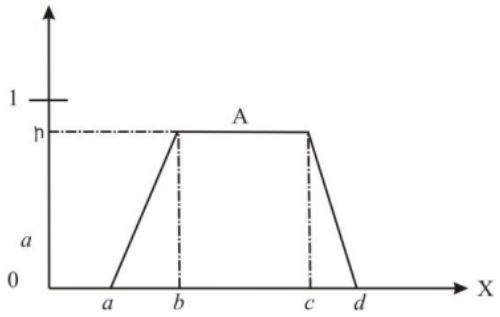
Tabela 14 Osnovne računske radnje dva trougaona TFN (Stević, 2018)

Osnovne računske radnje nad dva trougaona TFN $\check{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ i $\check{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$	
sabiranje	$\check{A}_1 + \check{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$
oduzimanje	$\check{A}_1 - \check{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)$
množenje	$\check{A}_1 \times \check{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \times (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$ (za $l_1 l_2 > 0; m_1 m_2 > 0; m_1 m_2 > 0$)
deljenje	$\frac{\check{A}_1}{\check{A}_2} = \frac{(l_1, m_1, u_1)}{(l_2, m_2, u_2)} = \left(\frac{l_1}{u_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{l_2}\right)$ (za $l_1 l_2 > 0; m_1 m_2 > 0; m_1 m_2 > 0$)
inverzna vrednost	$A^{-1} = (l, m, u)^{-1} = \left(\frac{1}{l}, \frac{1}{m}, \frac{1}{u}\right)$ (za $l_1 l_2 > 0; m_1 m_2 > 0; m_1 m_2 > 0$)

Na kraju rada s trougaonim *fuzzy* brojevima potrebno ih je defazivikovati, prevesti u *crisp* rezultat što se postiže na sledeći način (Kwong & Bai, 2003):

$$A_{crisp} = \left(\frac{(4m+l+u)}{6}\right) \tag{65}$$

Fuzyy brojevi mogu imati "trapezoidni oblik", odnosno mogu biti predstavljeni pomoću uređene četvorke: A=(a, b, c, d).



Slika 12 Trapezasti fuzzy broj (TFN) (Stević, 2018)

Zimmermann (2010) definiše *fuzzy* podskup $\tilde{A}$ u univerzalnom skupu X sledećom funkcijom pripadnosti:

$$\tilde{A}= \left(x, \mu_{\tilde{A}}(x)\right) \parallel x \in X\ , \tag{66}$$

gde $x \in X$ označava elemente koji pripadaju univerzalnom skupu $\tilde{A}(x): X \rightarrow [0,1]$ (Stević, 2018).

Prema Ölçer i Odabaşi (Ölçer & Odabaşi, 2005), *fuzzy* broj je trapezasti *fuzzy* broj TFN $\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3, a_4)$ ako

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \le x \le a_2 \\ 1 & a_3 \le x \le a_4 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3} & \\ 0 & ostalo \end{cases} \tag{67}$$

Svaki c*risp* broj se može prdstavizi kao TFN u obliku $\tilde{K}$= (k,k,k,k)

Prema Chen-u i Hwang-u (1992), ako su $\tilde{A}= (a_1, a_2, a_3, a_4)$ i $\tilde{B}= (b_1, b_2, b_3, b_4)$ pozitivni TFN brojevi, a *k crisp* broj, onda se operacije nad njima vrše po sledećim pravilima:

Tabela 15 Osnovne računske radnje dva trapezasta TFN (Stević, 2018)

Računske operacije s dva trapezasta TFN i jednim krisp brojem $\tilde{A}=(a_1,a_2,a_3,a_4)$ i $\tilde{B}=(b_1,b_2,b_3,b_4)$ su pozitivni TFN brojevi, a k krisp broj	
sabiranje	$\tilde{A}\oplus\tilde{B}=(a_1+b_1,a_2+b_2,a_3+b_3,a_4+b_4)$ $\tilde{A}+k=(a_1+k,a_2+k,a_3+k,a_4+k)$
oduzimanje	$\tilde{A}\ominus\tilde{B}=(a_1-b_4,a_2-b_3,a_3-b_2,a_4-b_1)$ $\tilde{A}-k=(a_1-k,a_2-k,a_3-k,a_4-k)$
množenje	$\tilde{A}\otimes\tilde{B}=(a_1x\,b_1,a_2x\,b_2,a_3x\,b_3,a_4x\,b_4)$ $\tilde{A}xk=(a_1\,x\,k,a_2\,x\,k,a_3x\,k,a_4x\,k)$, $k\geq 0$ $\tilde{A}xk=(a_4\,x\,k,a_3\,x\,k,a_2x\,k,a_1x\,k)$, $k<0$
deljenje	$\tilde{A}\oslash\tilde{B}=(a_1/b_4,a_2/b_3,a_3/b_2,a_4/b_1)$ $\tilde{A}/k=(a_1/k,a_2/k,a_3/k,a_4/k)$, $k>0$ $\tilde{A}/k=(a_4/k,a_3/k,a_2/k,a_1/k)$, <0

Prema Keshavarz Ghorabae i saradnicima (2018), svaki TFN broj $\tilde{A}=(a_1,a_2,a_3,a_4)$ se može defazivikovati u odgovarajući *crisp* broj na sledeći način:

$$k(\tilde{A})=\frac{1}{3}\left(a_1+a_2+a_3+a_4-\frac{a_3x\,a_4-a_1x\,a_2}{(a_3+a_4)-(a_1+a_2)}\right) \quad (68)$$

2.4.1.2 Primeri korišćenja *Fuzzy* logike u MCDM

Osnovni koraci koji se primenjuju u metodama višekriterijemske analize u kojima se koriste *fuzzy* brojevi se u najširem smislu mogu svesti na: unošenje ulaznih podataka (vrednosti ulaznih promenljivih), fazifikacija ulaznih podataka (određivanje stepena pripadnosti odg. *fuzzy*

skupova, računanje vektora), *fuzzy* zaključivanje (operacije nad ulaznim vektorima i *fuzzy* matricama i izračuvanje izlaznih vektora), defazifikacija izlaznih vektora i dobijanje „čistih“ *crisp* vrednosti.

Najveći broj metoda višekriterijumske analize nadograđene su varijantama u kojima se koriste *fuzzy* skupovi. Tako su danas u opticaju: *Fuzzy* AHP, *Fuzzy* TOPSIS, *Fuzzy* WASPAS, *Fuzzy* COPRAS, *Fuzzy* MABAC, *Fuzyy* i sl.

Liang i Wang (1994) razvili su *fuzzy* MCDM metodologiju koja je uključena u dve faze algoritma za rešavanje problema izbora kadrova u *fuzzy* okruženju. Prvo, ovom metodom se agregira lingvistička procena donosioca odluka o subjektivnim kriterijumima, čime se dobija *fuzzy* indeksni skup rangiranih vrednosti. Drugo, razvijena metoda je dala konačne vrednosti rangiranja za procenu podobnosti osoblja na osnovu koje su izabrani najpogodniji kadrovi. Osim toga, algoritam može biti kompjuterizovan. Dakle, donosioci odluka mogu automatski dobiti redosled kandidata, a za donošenje konačne odluke na raspolaganju su *fuzzy* lingvističke procene i ne-*fuzzy* objektivni rezultati testa. U ovom primeru bilo je postavljeno osam kriterijuma: liderstvo, emocionalna postojanost, samopouzdanje, veštine usmene komunikacije, ličnost, opšta sklonost, prethodno iskustvo, razumevanje.

Yaakob i Kawata (1999) proučavali su problem rasporeda radnika u industrijskom okruženju i tom prilikom su koristili *fuzzy* triangularne brojeve (TFNs) i koncept *fuzzy* lingvističkih varijabli. Pratili su i individualnu i grupnu evaluaciju kako bi se pronašla bolja kombinacija i koristili centralne vrednosti TFN za (približno) rangiranje kandidata. Efikasnost predloženog modela pokazana je na dva prmera - rešavanja problema kreiranja radnih okvira za konkretnu proizvodnu liniju. U ovim primerima se razmatralo pet kriterijuma: kvalitet, brzina, vođstvo, profesionalno znanje i samopouzdanje kako bi se pronašao najbolji radnik za odgovarajući posao.

Tsao i Chu (2001) su tvrdili da je predložen metod koji su u članku izneli Liang i Wang (1994) nepouzdan iz dva razloga: prvi, jer su zbirni ponderisani rejtinzi za svaku alternativu dobijeni množenjem prosečnih ocena s prosečnim ponderima (ponderisanim rejtinzima), umesto da se prvo pomnože ocene i ponderi, a onda da se izračunaju proseci na nivou svake alternative; drugi razlog je taj što može da dođe do greške u računanju, jer operacija množenja dva *fuzzy* trougaona broja ne rezultira nužno kao trougaonim brojem.

U cilju eliminacije ova dva nedostatka, Tsao i Chu su razvili poboljašni *fuzzy* MCDM agoritam.

Karsak je 2000. godine razvio MCDM metodu koja je povezana sa TOPSIS metodom. Predložena metoda je predstavljen kroz čiste *fuzzy* podatke kao lingvističke varijable u cilju istovremenog razmatranja subjektivnih i kvantitativnih kriterijuma učinka. Predložena procedura pretpostavlja linearnu skalu za normalizaciju originalnih informacija koje omogućavaju postavljanje vrednosti tačno u intervalu [0, 1] za svaki kriterijum. Karsak je predložio osam kriterijuma za hipotetički primer: rezultati testa sklonosti, rezultati testa procene ličnosti, godišnji zahtev za plate u hiljadama dolara, sposobnost za rukovodeće pozicije, radno iskustvo, veštine usmene komunikacije, kompjuterske veštine, tečno znanje stranog jezika.

Caplado, G. i Zolo, G. (2001) su se fokusirali na pouzdanost rejting skale za procenu osoblja. Oni su nastojali da poboljšaju procenu efikasnosti zaposlenih koji rade u istraživačkom sektoru (CRF) u okviru velike italijanske kompanije FIAT. U prvom koraku, kretanje rejtinga se analizira kako bi se dobile kategorije procene i prototipovi. Oni su u fazi ocenjivanja primenili formulacije zasnovane na rejting metodi koja je je usvojena u kompaniji. U drugom koraku su poboljšali metode ocenjivanja korišćenjem *fuzzy* logike. Predložili su tri seta osobina za izbor kadrova: menadžerske veštine, karakteristike zaposlenog i profesionalne veštine.

Rešenje problema izbora kadrova zasnovan na *fuzzy* AHP (FAHP), koja se primenjuje za procenu najadekvatnijih kadrova, a zasniva na dvostepenom rejtingu (kvantitativnim i kvalitativnim kriterijumima) dali su Güngör et al. (2009). Na osnovu predložene metode, svaki par odgovarajućih informacija se pretvara u trougaone *fuzzy* brojeve za podešavanje *fuzzy* rejtinga. Takođe su uporedili rezultate FAHP metode sa rezultatima dobijenim metodom Yager-ovih ponderisanih ciljeva. Dalje, uveli su praktičnu kompjutersku aplikaciju koja pruža podršku menadžerima u rešavanju problema selekcije kadrova u *fuzzy* okruženju. Problem selekcije se rešava na osnovu tri glavne vrste kriterijuma: opšti, pojedinačni i komplementarni kriterijumi.

F. E. Boran i saradnici (2011) su predložili grupu kriterijuma koji utiču na proces odlučivanja (MCGDM) prilikom rešavanja problema izbora kadrova − TOPSIS metoda u intuicionom *fuzzy* okruženju. Osnovni koncept intuicionog *fuzzy* skupa (IFS) izvorno je uveo Atanasov (Atanassov, 1989), a ovu temu je razradio u još četiri rada (Atanassov, 1994¸ Atanassov 1999a; Atanassov, 1999b, Atanasov 2012).

Intuicuioni *fuzzy* skup (IFS) je generalizacija tradicionalnog *fuzzy* skupa koji je, kako je ranije navedeno, uveo Zadeh (1965). Svaki element u IFS izražava se narednim parom od tri parametra, koji se naziva intuicionistički *fuzzy* broj IFN (*intuitionistic fuzzy sets*) ili intuicionistička *fuzzy* vrednost IFV (*intuitionistic fuzzy values)*. Svaki IFN je okarakterisan kao stepen članstva, stepen ne članstva ili stepen neodlučnosti, uz uslov da je zbir ovih stepena jednak 1. Pretpostavka je da se kriterijumi izražavaju u lingvističkoj formi, a zatim prevode na IFN. Sve pojedinačne odluke i mišljenja kreatora predstavljaju input u intuicionističku matricu *fuzzy* odluka. Zatim je korišćena intuicionistička fuzija operatera ponderisanog usrednjavanja (IFVA) za agregiranje svih mišljenja pojedinaca koji donose odluke. Numerički primeri zapošljavanja menadžera prodaje u proizvodnom preduzeću daju ilustraciju predložene metode za procenu šest kandidata, razmatranje šest kriterijuma i odluku upravljačke grupe. Ovi kriterijumi su: veština usmene komunikacije, opšta sklonost, prethodno iskustvo, spremnost, poverenje i prvi utisak.

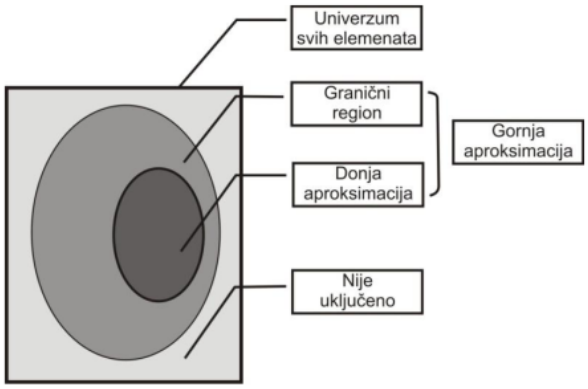
2.4.2 ROUGH brojevi

Uporedo s teorijom *fuzzy* skupova i brojeva, razvijena je i teorija *rough* skupova i brojeva, koju je predstavio Pawlak (1982), a nešto kasnije ju je i detaljnije razradio (Pawlak, 1985). Dok se kod Teorije f*uzzy* skupova, FST, stepen neodređenosti definiše na osnovu pretpostavke, u teoriji grubih skupova sve proističe iz samog podatka, jer se stepen neodređenosti izvodi na osnovu aproksimacije vrednosti samih podataka.

Aproksimacija se svodi na određivanje granične oblasti u kojoj se nalaze objekti, a za koju se ne može jasno tvrditi kom skupu pripada: posmatranom skupu ili njegovom komplementu (Stević, 2018). Dakle, grub skup se može predstaviti pomoću para klasičnih skupova koji predstavljaju njegovu gornju i donju aproksimaciju. Svi objekti iz skupa donje aproksimacije izvesno pripadaju posmatranom skupu, ali se o objektima iz skupa gornje aproksimacije to može tvrditi samo u terminima verovatnoće – da verovatno prpadaju posmatranom skupu. Graničnu oblast grubog skupa predstavlja razlika između gornje i donje aproksimacije. Ako granična oblast nije prazan skup i nema podudaranja između donje i gornje aproksimacije, reč je o grubom skupu, dok je u protivnom reč o običnom skupu objekata. Čupić i Suknović (2010) iznose tezu da je veličina granične oblasti direktno proporcionalana „intezitetu grubosti“ posmatranog skupa.

Pawlak (1982; 1985) navodi da je teorija grubih skupova posebno pogodna za rad sa skupovima koje karakteriše mali broj podataka, usled čega su statističke metode koje mogu da služe kao korisni alati za rešavanje problema, nefunkcionalne.

Teorija grubih skupova bila je tema mnogih naučnih radova, a primenom grubih brojeva bavili su se brojni naučnici, koji su ih implementirali u praksu (Zhai et al., 2008; Song et al., 2013; Zhu et al., 2015; Tiwari et al., 2016).



Slika 13 Koncept grubih skupova (Stević, 2018)

2.4.2.1 Računske operacije s *rough* brojevima

Zhu sa saradnicima (2015) definiše uslove pod kojim se jedan G_q može prikazati kao grubi broj (*rough number*), skraćeno RN. RN $\left(G_q\right)$ je takav broj koji koji je određen svojim odgovarajućim donjim i gornjim limitom.

Posmatramo univerzum U i objekte u njemu. Neka je Y proizvoljan objekat koji pripada U i neka je R skup od t klasa $(G_1; G_2; \ldots; G_t)$. Ako su ove klase definisane tako da je $G_1 < G_2 < \cdots < G_t$, onda $\forall Y \in U, G_q$, $1 \leq q \leq t$, onda su, prema Zhu i saradnicima (Zhu et al., 2015), donja granica – aproksimacija $\left(\underline{Apr}\left(G_q\right)\right)$, gornja granica – aproksimacija $\left(\overline{Apr}G_q\right)$ i granični region (neodređenosti) $\left(Bnd\left(G_q\right)\right)$ definasani na sledeći način:

$$\left(\underline{Apr}\left(G_q\right)\right)=\cup\left\{Y \in U/R(Y) \leq G_q\right\} \tag{69}$$

$$\left(\overline{Apr}\left(G_q\right)\right)=\cup\left\{Y \in U/R(Y) \geq G_q\right\} \tag{70}$$

$$\left(Bnd(G_q)\right)=\cup\{Y \in U/R(Y) \neq G_q\}=\cup\{Y \in U/R(Y) \geq Gq\}=\cup\{Y \in U/R(Y) \leq G_q\} \quad (71)$$

Pod ovim preduslovima, G_q se može prikazati kao grubi broj (*rough number*) $\mathrm{RN}(G_q)$, koji je određen odgovarajućim donjim limitom $\underline{Lim}(G_q)$

$$\underline{Lim}(G_q)=\frac{1}{M_L}\sum R(Y)\ /Y \in \underline{Apr}(G_q) \quad (72)$$

i gornjim limitom

$$\overline{Lim}(G_q)=\frac{1}{M_U}\sum R(Y)\ /Y \in \overline{Apr}(G_q). \quad (73)$$

Tako se grubi broj definiše kao

$$\mathrm{RN}(G_q)=\left[\underline{Lim}(G_q), \overline{Lim}(G_q)\right], \quad (74)$$

gde su M_L *i* M_U objekti koji respektivno pripadaju $\underline{Apr}(G_q)$ i $\overline{Apr}(G_q)$.

Razlika između gornje i donje aproksimacije je grubi granični interval $IRB_{nd}(G_q)$:

$$IRB_{nd}(G_q)=\overline{Lim}(G_q)-\underline{Lim}(G_q)\ . \quad (75)$$

Prema Zhai i saradnicima (2009), operacije nad dva broja u RN obliku $RN(\alpha)=\left[\underline{Lim}(\alpha), \overline{Lim}(\alpha)\right]$ i $RN(\beta)=\left[\underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\beta)\right]$ vrše se na način prikazan u tabeli.

Tabela 16 Računske operacije nad dva broja u RN obliku

Računske operacije nad dva RN: $RN(\alpha)=\left[\underline{Lim}(\alpha), \overline{Lim}(\alpha)\right]$ i $RN(\beta)=\left[\underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\beta)\right]$	
Sabiranje	$RN(\alpha)+\ RN(\beta)=\left[\underline{Lim}(\alpha)+\underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha)+\overline{Lim}(\beta)\right]$
Oduzimanje	$RN(\alpha)+\ RN(\beta)=\left[\underline{Lim}(\alpha)-\overline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha)-\underline{Lim}(\beta)\right]$
Množenje	$RN(\alpha)\ \mathrm{x}\ RN(\beta)=\left[\underline{Lim}(\alpha)\ \mathrm{x}\ \underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha)\ \mathrm{x}\ \overline{Lim}(\beta)\right]$
Deljenje	$RN(\alpha)\div\ RN(\beta)=\left[\underline{Lim}(\alpha)\div\overline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha)\div\underline{Lim}(\beta)\right]$
Skalarno množenje	$\eta\ \mathrm{x}\ RN(\alpha)=\left[\eta\ \mathrm{x}\ \underline{Lim}(\alpha), \eta\ \mathrm{x}\ \overline{Lim}(\alpha)\right]$

U teoriji grubih brojeva nisu potrebni modeli i simulacije, niti se koriste spoljni parametri, već je proces baziran na strukturi samih podataka. Düntsch i Gediga (1998) iznose tvrdnju da podaci govore sami za sebe, sa čime su saglasni i Khoo i Zhai (2001). Oni potvrđuju da je neizvesnost i stepen neizvesnosti zbog koje se uvode RN već sadržana u samim podacima. Zato su u slučajevima postojanja neodređenosti ili sumnje da postoji neodređenost, korišćenjem RN nadopunjene skoro sve metode višekriterijumske analize.

2.4.3 Elementi Teorije sivih sistema

Teorija sivih sistema GST (*Grey System Theory*) pojavila se osamdesetih godina prošlog veka (Deng & Ma, 2010).

U vreme nastanka, privukla je pažnju stručne javnosti kao efikasan odgovor za analizu sistema u kojima su prisutne delimično poznate i delimično nepoznate .

Tabela 17 Aksiomi teorije GST (Stanujkić & Stojanović, 2016)

Aksiomatika teorije sivih sistema	
Aksiom: pravilo informacionih razlika	„Razlika implicira postojanje informacije. Svaki delić informacije mora da ima neku vrstu razlike“;
Aksiom: pravilo nejedinstvenosti	„Rešenje problema sa nekompletnom i neodređenom informacijom nije jedinstveno“;
Aksiom: pravilo minimalne informacije	„Jedna karakteristika teorije sivih sistema je da omogućava najveću i najbolju upotrebu dostupnih minimalnih količina informacija“;
4. Aksiom: pravilo prepoznavanja osnove	„Informacija je osnova na kojoj ljudi prepoznaju i razumeju prirodu“;
5. Aksiom: pravilo prioriteta novih informacija	„Funkcija novih pojedinačnih informacija je veća od starih“;
6. Aksiom: pravilo apsolutnog sivila	„Nepotpunost (neodređenost) informacija je apsolutna“.

U teoriji sivih sistema, informacije se klasifikuju kao „bele“, „crne“ i „sive“. Bele informacije su one koje bi se mogle opisati kao potpuno sigurne, kod crnih je kvalitet potpuno nepoznat, sive su nedovoljne i nepotpune informacije.

Teorija sivih sistema obuhvata i sive brojeve GN (*grey number*) koje je 1982. godine uveo Deng, a o čemu pišu drugi autori (Liu & Lin, 2006; Liu et al. 2011). Ako sivi broj označimo sa

$\otimes x$, može se reći da njegova vrednost nije poznata, ali su poznate neke granice i/ili inetrvali. S tim u vezi, razlikuje se nekoliko tipova sivih brojeva.

Tabela 18 Tipovi sivih (GREY) brojeva (Stanujkić & Stojanović, 2016)

Tipovi sivih brojeva – GN	
Sivi broj samo sa donjom granicom:	broj koji ima definisanu donju, a nema definisanu gornju granicu: $x\otimes = [\underline{x}, \infty]$, gde $\underline{x}$ predstavlja donju granicu koja je poznata i fiksirana vrednost sivog broja $x\otimes$.
Sivi broj samo sa gornjom granicom	broj koji ima definisanu gornju, a nema definisanu donju granicu: $x\otimes = [\infty, \overline{x}]$ gde $\overline{x}$ predstavlja gornju granicu koja je poznata i fiksirana vrednost sivog broja $x\otimes$.
Intervalni sivi broj (GN) (*Interval Grey Number*):	broj koji ima definisane obe granice, i gornju i donju: $x\otimes = [\underline{x}, \overline{x}] = [x', \underline{x} \le x' \le \overline{x}]$ i gde je $\underline{x}$ donja, a $\overline{x}$ gornja granica intervala.
Neprekidni sivi broj ili diskretni sivi broj	sivi broj koji može da ima prebrojivo (konačno) mnogo diskretnih vrednosti naziva se diskretni sivi broj, a ukoliko ih uzima iz konkretnog intervala naziva se neprekidni sivi broj.
Crni i beli brojevi	Kada za sivi broj važi da je $x\otimes = [\underline{x}, \overline{x}] \wedge \underline{x} = \overline{x}$, onda je u pitanju beli broj BN (*white number*) Ukoliko $\underline{x} \to -\infty, \overline{x} \to +\infty$, onda sivi broj teži crnom broju BN (*black number*) $x\otimes = [-\infty, +\infty]$ i on nema definisanu ni donju ni gornju granicu.

Tabela 19 Računske operacije nad sivim (GREY) brojevima (Stanujkić & Stojanović, 2016)

Računske operacije nad dva GN: $\otimes x_1 = \left[\underline{x_1}, \overline{x_1}\right], \underline{x_1} < \overline{x_1}$ i $\otimes x_2 = \left[\underline{x_2}, \overline{x_2}\right], \underline{x_2} < \overline{x_2}$	
Sabiranje	$\otimes x_1 + \otimes x_2 = \left[\underline{x_1} + \underline{x_2}, \overline{x_1} + \overline{x_2}\right]$
Oduzimanje	$\otimes x_1 - \otimes x_2 = \left[\underline{x_1} - \overline{x_2}, \overline{x_1} - \underline{x_2}\right]$
Množenje	$\otimes x_1 * \otimes x_2 = \left[\underline{x_1} * \underline{x_2}, \overline{x_1} * \overline{x_2}\right]$
Deljenje	$\otimes x_1 / \otimes x_2 = \left[\frac{\underline{x_1}}{\overline{x_2}}, \frac{\overline{x_1}}{\underline{x_2}}\right]$
Recipročna vrednost	$1/\otimes x_1 = \left[1/\overline{x_1}, 1/\underline{x_1}\right]$
Množenje skalarom	$k \otimes x_1 = \left[k * \underline{x_1}, k\,\overline{x_1}\right], k \in R, k > 0$
Stepenovanje	$\otimes {x_1}^k = \left[\underline{x_1}^k, \overline{x_2}^k\right]$

GREY relacionu analizu GRA (*Grey Relational Analysis*) razvio je 1982. godine Deng, J., uporedo s GREY teorijom sistema (Liu & Lin, 2006). GRAY relaciona analiza je pogodna za rešavanje mnogih problema sa nepoznatim ili nedovoljno definisanim podacima, a primenjiva je u oblastima koje obuhvataju diskretne podatke, kao i optimizacione i višekriterijumske zadatke. GREY relaciona analiza se pokazala praktičnom u rešavanju raznovrsnih problema, kao što je rangiranje strategija ruralnog turizma (Petrović et al., 2017) ili primena *grey* relacione analize za izbor dobavljača (Hashem et al., 2015).

Slično *fuzzy* teoriji skupova, GST je efikasan matematički model koji se bavi nepotpunim i neizvesnim informacijama. U GREY teoriji sistema, GST, spektar boja je od crne do bele i koristi se da opiše stepen jasnoće dostupnih informacija. Crna boja označava potpuno odsustvo informacija, dok bela boja ukazuje na celovitost informacije. Siva boja se koristi za srednji nivo informacija, odnosno za sisteme sa delimično poznatim i delimično nepoznatim informacijama.

Stoga, siva boja označava nepreciznost informacija i neizvesnost. Intenzitet nijanse sive boje određuje jasnoću raspoloživih informacija, gde slabiji intenzitet predstavlja viši kvalitet poznate informacije. GREY relaciona analiza se može predstaviti sledećim koracima: konverzija eksperimentalnih podataka u normalizovane vrednosti, obračun neizvesnosti (sivila) relacionih koeficijenata i generisanje relacije za ocenjivanje. U postupku GREY relacione analize, prvi korak je normalizacija podataka unetih u sistem u opsegu između 0 i 1, koji se još naziva GREY relacioni generator. Zbog različitih mernih jedinica koje se upotrebljavaju i skala atributa odgovora, pre prevođenja svih podataka u kvantitativne vrednosti potrebno je omogućnost njihovu uporedivost.

GREY teorija se sastoji od pet glavnih delova: sivo predviđanje, siva relaciona analiza (GRA), siva odluka, sivo programiranje i siva kontrola. Po tipu višekriterijumskih modela, GRA se rasprostranjeno koristi u raznim MADM problemima kao efikasan matematički alat za identifikovanje rešenja iz konačnog skupa alternativa.

GRA obuhvata četiri koraka. Prvi korak predstavlja generisanje GREY relacije u kojoj su sve alternative formulisane u formi uporedivih sekvenci, a zatim se postavlja idealna sekvenca cilja u odnosu na ove sekvence uporedivosti. Sledeći korak je određivanje koeficijenta GREY relacije između svih sekvenci uporedivosti i izračunavanje idealne sekvence cilja. Konačno, izračunava se stepen GREY relacije, stepen između idealnog niza ciljeva i svake sekvence uporedivost, a izbor najbolje alternative se vrši na osnovu intenziteta „sivila“ relacionog stepena. Drugim rečima, alternative će biti rangirane u skladu sa redosledom opadanja GREY relacionog stepena (Tzeng & Tasur, 1994; Deng, 1982; Lin & Liu, 2004; Zhang & Liu, 2011).

Uporedo sa razmatranjem mogućnosti primene metodologije GREY odnosa za definisanje korisnosti alternativa (Zavadskas et al., 2008) razvijeni su multikriterijumi za pristup kompleksnim proporcionalnim procenama alternativa sa GREY odnosima (COPRAS-G). Ovom analizom, koja je imala za cilj rešavanje problema selekcije menadžera projekta, identifikovano je šest kriterijuma za izbor: lične veštine, poslovne veštine, tehničke veštine, veštine upravljanja projektima, veštine upravljanja kvaliteom i brzina donošenja odluka.

Kose, Kabak i Aplak (2013) predložili su GREY analitički mrežni proces (GANP) za rešavanje problema selekcije kadrova, koji se fokusira na selekciju u neizvesnom okruženju. Oni su pomoću GANP-a napravili procenu težina kriterijuma. U odnosu na GANP, a suprotno konvencionalnom ANP-u, koristili su GREY brojeve za formiranje matrica za upoređivanje. Za

opisivanje rejtinga atributa korišćene su lingvističke varijable, a GREY brojevi su upotrebljeni za nijansiranje vrednosti. Ovi autori su u svom radu predstavili mogućnost stepenovanja, upoređivanja i rangiranja GREY brojeva sa ciljem izbora najidealnije alternative. Rad se završava numeričkim primerom za izbor osoblja, kojim je ilustrovana primena predstavljene procedure.

Wang (2009) je, koristeći GREY teoriju, prikazao pristup za istraživanje i razvoj modela izbora osoblja u neizvesnom okruženju koji je zasnovan na TOPSIS metodi. Najpre je opisao rejting alternativa i odredio težinu kriterijuma na osnovu jezičkih varijabli koje mogu biti izražene u intervalima GREY brojeva. Onda je identifikovo relativnu bliskost (neku vrstu najmanjeg zajedničkog sadržaoca) kako bi se omogućilo poređenje svih alternativa tako što je pomoću GREY relacione ocene izračunao vrednost svake alternative. Izbor se bazirao na osam identifikovanih kriterijuma: radna sposobnost, obrazovanje, obučenost za posao, radno iskustvo, nivo zvanja, starost, inovativnost i lojalnost.

2.5 Kriterijum i težinski faktori kriterijuma

2.5.1 Kriterijumi

Teorija odlučivanja je interdisciplinarna nauka koja angažuje i druge nauke, kao što su: matematika, statistika, ekonomija, psihologija, sociologija i operaciona istraživanja kako bi se što bolje razumeli i unapredili procesi odlučivanja. Jedna od okosnica procesa donošenja odluke je pravilno formiran i vrednovan kriterijum.

O kriterijumu pišu Štilić i Njeguš (2019a, p.506): „Personalni kriterijum je mentalni merni instrument i pripada zoni racionalnog, na osnovu kojeg procenjujemo neke karakteristike samog sebe, drugog bića, predmeta ili pojave u najširem smislu reči. On je baziran na sistemu vrednosti, ali sam po sebi to nije. Takođe se može razmatrati kao potreban i dovoljan skup svojstava koje ono što se procenjuje (treba da) poseduje kako bi se kvalifikovalo u dva osnovna stanja: zadovoljava ili ne zadovoljava ili skalu stanja između ta dva. Na kriterijum se mogu primeniti atributi kao sto su: strog, površan, nedovršen, ispravan..., ali je to onda rezultat novog mentalnog merenja – ovog puta samog kriterijuma, tačnije, to bi bili kriterijumi o kriterijumu. Jedna ista osoba ne poseduje uvek iste kriterijume za procenu (istog) posmatranog, niti posmatrano može u vremenskom intervalu biti istovetno. Posmatrano (procenjivano) i kriterijum (procene) utiču jedno na drugo. Svako novo uviđeno svojstvo posmatranog, može umnogome da redizajnira sam kriterijum

procene, ali na redizajn utiču pre svega ukupni mentalni procesi procenitelja, kao što su nova znanja, društveni kontekst, uticaj marketinga i drugih faktora, ali i psihički procesi, kao sto su stanje motivacije, usredsređenosti i slično."

O objektivnim kriterijumima (Štilić & Njeguš, 2019a, p.506) kažu: „Za razliku od personalnog kriterijuma, postoje i tzv. objektivni kriterijumi. Objektivni kriterijum je norma, a norme su definisale ekspertske grupe kao naučna pravila izražena kroz postulate, tabele, skale i sl. kako bi proces ocenjivanja bio lišen subjektivne komponente sem ako donosilac odluke zaobilazi propisane norme. A da li je ovde subjektivnost ukinuta? Nije nužno, samo je smanjena jer se novim naučnim saznanjima stvaraju nove norme, ali ne postoji obaveza da se stare izbrišu i zanemare, te će se kod donosioca odluke pojaviti izbor – koju od normi da primeni, dakle subjektivnim odlučivanjem će izabrati određeni objektivni kriterijum ili skup kriterijuma, što proces vraća na nivo subjektivnosti."

Ako je kod pojma kriterijuma objašnjen njegov subjektivan i delimično objektivan karakter (norma), ali i priroda njegove racionalnosti, kod preferencija se ne može govoriti ni o objektivnosti ni o racionalnosti – one spadaju u domen subjektivnog, personalnog, često i podsvesnog. Šta je, dakle, preferencija i na koji način ona učestvuje u odlučivanju? Preferencija se definiše kao naklonost, veća ljubav prema nečemu, favorizovanje nečega, davanje prvenstva. Eksperti i ovde mogu da umanje subjektivnost davanjem težinskih faktora za postavljene kriterijume. Za to (umanjenje subjektivnosti) služe i objektivne metode za određivanju težinskih faktora.

2

Proces posmatran unazad, od odluke do kriterijuma, može ilustrovati generisanje i razvoj kriterijuma. Ako pođemo od krajnje subjektivne bihevioristički donete odluke ili niza takvih odluka, analizom elemenata odlučivanja može se pratiti proces formiranja kriterijuma kao iskustvene implikacije donetih odluka (Štilić, 2019).

Imajući u vide kriterijume, metode odlučivanja se mogu podeliti na jednokriterijumske i višekriterijumske. Jednokriterijumske metode su metode u kojima postoji samo jedan kvantitativi kriterijum na osnovu koga se evaluira uspeh odluke ili stepen ostvarenja cilja. Da bi uopšte bilo izbora, potrebno je da postoje bar dve alternative. Primena metoda višekriterijumskog odlučivanja podrazumeva postojanje barem dva kriterijuma, jer bi se na osnovu jednog kriterijuma odlučivanje (rangiranje) vršilo samo sortiranjem atributa alternativa koje se odnose na taj kriterijum.

Za razliku od kriterijuma koji imaju subjektivan i delimično objektivan karakter (normu) i prirodu racionalnostii, kod preferencija se ne može govoriti ni o objektivnosti ni o racionalnosti – one spadaju u domen subjektivnog, personalnog, često i podsvesnog. Šta je, dakle, preferencija i na koji način ona učestvuje u odlučivanju? Preferencija se definiše kao „naklonost, veća ljubav prema nečemu, favorizovanje nečega, davanje prvenstva i sl.“

Najopštija podela metoda za određivanje težinskih faktora je na: objektivne metode, koje u svojoj postavci uzimaju sam podatak i informacije o njegvom značaju, i subjektivne, gde donosioci odluke daju težinske (pr)ocene.

Kod subjektivnog pristupa određivanju težine kriterijuma, razlikujemo kompenzaciozne i nekompenzaciozne metode. Kod kompenzacionih metoda donosilac odluke, ako je reč o pojedinačnom odlučivanju ili donosioci, ako je reč o grupnom odlučivanju, direktno određuju koliko jedinica posmatranog kriterijuma je spremno za „žrtvovanje“ kako bi se favorizovala vrednost nekog drugog kriterijuma za istu količinu mernih jedinica. Najčešće korišćene metode ovog tipa su: Trade-off metoda, Swing metoda, SMART metoda, Controid metoda i MACBETH metoda (Milićević & Župac, 2012b).

U nekompenzacionim metodama se prikazuju globalne vrednosti važnosti kriterijuma bez mogućnosti „štelovanja“. Tu spadaju: metoda direktnog dodeljivanja težina, proporcionalna metoda i metoda otpora prema promenama (Milićević & Župac, 2012b).

Objektivne metode za određivanje kriterijumskih težina isključuju uticaj donosioca (donosilaca) odluke na njihovu vrednost. U ovom slučaju su sami atributi alternativa koji odgovaraju nekom kriterijumu izvor informacija o njihovom značaju, tako da relativna važnost kriterijuma korespondira sa količinom informacija sadržanih u atributima alternativa koji odgovaraju posmatranom kriterijumu. Kod metoda objektivnog pristupa određivanju težine kriterijuma najčešće korišćene metode su: entropija, CRITIC i FANMA koje su detaljnije prikazane u poglavlju *2.5.2*.

Alternative ili alternativna rešenja, mogu postojati nezavisno od donosilaca odluka, ali je njihova uloga i tu zastupljena. Oni iz mnoštva alternativa biraju konačan skup nad kojima će se izvršiti evaluacija na osnovu donetih kriterijuma, uzimajući u obzir i preferencije, a sve u okviru izabrane metode. To je, na primer, slučaj kod konkursa za zaposlenje na koji se prijavi određen broj subjekata (altermativa). Donosioci odluke tada nisu u prilici da kreiraju alternative, one su takve

kakve su, već mogu da pristupe izboru najbolje/najpovoljnije alternative za njih, odnosno za organizaciju koju predstavljaju. Donosioci odluke mogu napraviti preliminarni izbor i odbaciti očigledno nezadovaljavajuće kandidate, a nad preostalim kandidatima (nad podacima koji ih opisuju i vrednuju) primeniti metod višekriterijumske analize.

Nekada se alternative kreiraju u toku procesa odlučivanja, kada se nakon usaglašenih kriterijuma i preferencija pristupa pretraživanju baza podataka sa informacijama validnim za izbor, pa se alternative grade na osnovu prikupljenih i obrađenih podataka. Podaci koji se prikupljaju i obrađuju već postoje, pa bi se moglo reći da i alternative već postoje. Međutim, kako nije moguće pregledati i obraditi sve relevantne podatke, već se na osnovu odgovarajućih kriterijuma, zasnovanih na iskustvu ili navikama, pristupa određenim i ograničenim skupovima podataka, može se govoriti o izgradnji alternativa (alternativnog rešenja).

Poseban slučaj je kod višeciljnih metoda gde se alternative formiraju u toku primene same metode na taj način ili pod tim uslovima da zadovoljavaju ispunjenje više ciljeva.

2.5.2 Težinski faktori i njihovo održivanje

Različite metode višekriterijumskog odlučivanja na različite načine gledaju na preferencije. Videli smo da je u najstarijoj i najčešće primenjivanoj MCDM metodi – AHP, problem preferencija rešen Satijevom (fundamentalnom) skalom.

Najopštije, MCDM tehnike se, u odnosu na opšti princip izbora alternativa, mogu svrstati u nekoliko kategorija: ordinalne, leksikografske i težinske metode, metode višeatributne korisnosti i metode višeg ranga, metode poređenja.

Bez obzira na vrstu izbora alternative, praksa pokazuje da subjektivnost donosilaca odluka i njihovi moguće suprotstavljeni interesi predstavljaju najveće prepreke za donošene odluke (Kelemenis & Askounis 2010). Za ispitivanje ove pojave kreirani su razni sumulacioni modeli. Tako je, na primer, u jednoj simulaciji definisan prag veta za svakog od donosioca oduka, kako bi se lakše pratio konflikt suprotstavljenih procena da je alternativa ispod praga veta.

U metodama višeg ranga (*outranking methods*) važe pseudo-kriterijumi, čije se zadovoljenje prati na osnovu relacija indiferencije, preferencije i veta (koriste se i termini prag indiferencije, prag preferencije i prag veta). Prag veta se odnosi na stanje u kome je jedna alternativa u odnosu na drugu po nekom kriterijumu u takvom odnosu da je suspenduje iz daljeg

odlučivanje bez obzora na njen status po drugim kriterijumima. Na taj način je veto donosioca odluka eliminacija za alternativu koja je ispod postavljenog praga veta.

U pomenutom primeru (Kelemenis & Askounis, 2010) došlo je do potpune blokade u procesu odlučivanja.

Bello i saradnici (Bello et al., 2017) su uveli zanimljiv pristup zasnovan na sledećem: donosioci odluka se dele u dve „suprotstavljene“ grupe i svaka od ovih grupa treba da napravi svoj izbor (podskup) kandidata iz zajedničke liste kandidata. Metoda se dalje bazira na korišćenju metode teorije igara. Teorija igara je matematička analiza interakcije između racionalnih i inteligentnih učesnika s delimično ili potpuno suprotstavljenim interesima, u ovom slučaju dve grupe donosilaca odluka, a elementi igre su prethodno rangirani podskupovi alternativa iz zajedničkog skupa alternativa.

Postoje tri osnovna načina određivanja težine kriterijuma.

Prvi način je da se nakon formiranja matrice odlučivanja analizira sadržaj i da se nekom metodom, kojom se stepenuje količina informacija koju nose atributi alternativa, odrede težinski faktori. Metode objektivnog određivanja težine kriterijuma najčešće se primenjuju u odsustvu donosioca odluka, koji bi nekom od subjektivnih metoda odredio težine. Nekada je, radi analize strukture podataka, korisno izvršiti merenje količine informacije koje nose, a nekada je, radi komparativne analize, potrebno izvršiti izračunavanje pomoću više različitih tipova. Razvijen je veći broj objektivnih metoda za određivanje težine kriterijuma i svaka od njih daje različite rezultate, jer se koriste različite transformacije ulaznih informacija.

Drugi način podrazumeva učešće subjekta, dosioca odluke, koji na osnovu neke od metoda subjektivnog određivanja težina kriterijuma donosi odluku o preferencijama. Individualana favorizacija ili parna poređenja, kao što je slučaj u AHP metodi, su primeri za ovakav način raada.

Postoje i hibridni modeli koji objedinjuju ova dva načina i u nekim situacijama je su najbolje rešenje za određivanje težine kriterijuma.

Ni objektivne metode ne mogu isključiti subjektivnost, jer se subjektivnom odlukom pravi izbor da li će se primenjivati metod koji pripada subjektivnim ili objektivnim metodama određivanja težine kriterijuma i koja će od objektivnih metoda biti primenjena.

Roberts Bray i Paul Goodwin (Roberts & Goodwin, 2002) su, u svojoj studiji, kroz primere pokazali da ne postoji jedinstveno naučno mišljenje o tome koja vrsta metoda je najbolja za određivanje težinskih faktora kriterijuma. Takođe su ustanovili da se vrednosti težinskih faktora menjaju u zavisnosti od toga koja metoda je primenjena. Ipak, izveli su zaključak da soficistirane metode objektivog određivanja težina kriterijuma imaju veći nivo preciznosti od onih gde eksperti na osnovu svog znanja daju (pr)ocene težinskih faktora kriterijuma. Možda ovo i stoga jer svojim znanjem obuhvataju samu oblast na koju se kriterijum odnosi, a ne mehanizam konsekvenci kojom određen težinski faktor dalje utiče na rezultat odlučivanja.

Ono što je izvesno je da promene u proceni glavnih kriterijuma dovode do promene u ishodu i utiču na konačnu odluku. Koristeći softver Expert Choice ili Super Decisions, bolje se može istražiti i razumeti osetljivost ishoda procesa odlučivanja prilikom promene prioriteta (težinskih faktora kriterijuma)

2.5.2.1 Objektivne metode određivanja težinskih faktora kriterijuma

Kod objektivnih metoda za određivanje težine kriterijuma koristi se rejting alternativa. Na ovaj način eliminiše se problem subjektivnosti i/ili nekompetentnosti, a koristi se i u situacijama odsustva donosioca odluka.

2.5.2.1.1 ENTROPY

Metoda ENTROPY se bazira na variranju Šenonovog merenja količine informacije u poruci (vrednostima atributa) unutar matrice odlučivanja. Pojam Šenonove entropije uveo je sam autor 1947. (Shannon, 1993), gde se ona definiše kao očekivani informacioni sadržaj nekog događaja, a izračunava kao:

$$H = -\sum_{i=1}^{l} \log\left(p_i(x_i)\right), \tag{76}$$

gde je p verovatnoća događaja.

Ova metoda je korišćena u raznim oblastima višekriterijumske analize (Chen & Qu, 2006; Joshi & Kumar, 2014; Zavadskas & Podvezko, 2016).

Pretpostavka od koje se polazi je da svaki set podataka „emituje“ poruku koja je šireg konteksta od same informacije na koju se odnosi, a cilj metode je da se ta poruka „izmeri“ i prevede u odgovarajući podatak o tažini kriterijuma.

Izračunavanje težinskih faktora se vrši u nekoliko koraka.

Prvi korak je formiranje matrice odlučivanja:

$$\begin{array}{cc} & \begin{matrix} \mathrm{C}_1 & \mathrm{C}_2 \ldots & \mathrm{C}_\mathrm{m} \end{matrix} \\ & \begin{matrix} w_1 & w_2 \ldots & w_m \end{matrix} \\ \mathrm{A}= \begin{matrix} \mathrm{A}_1 \\ \mathrm{A}_2 \\ \cdots \\ \mathrm{A}_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \ldots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} \ldots & a_{2m} \\ & \cdots & \\ a_{n1} & a_{n2} \ldots & a_{nm} \end{bmatrix} \end{array}, \tag{77}$$

gde su A_i, i=1,2,...,n varijante/alternative, C_j, j=1,2,...,m – kriterijumi, a_{ij} kriterijumske vrednosti varijanti (vrednosti atributa), a w_j težinski faktori.

Drugi korak je linearna normalizacija matrice odlučivanja izračunavanjem norme r_{ij}

$$r_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \tag{78}$$

i deljenjem svakog člana matrice odlučivanja a_{ij} normom, čime se dobija noramlizovana matrica R

$$\begin{array}{cc} & \begin{matrix} \mathrm{C}_1 & \mathrm{C}_2 \ldots & \mathrm{C}_\mathrm{m} \end{matrix} \\ & \begin{matrix} w_1 & w_2 \ldots & w_m \end{matrix} \\ \mathrm{R}= \begin{matrix} \mathrm{A}_1 \\ \mathrm{A}_2 \\ \cdots \\ \mathrm{A}_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} \ldots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} \ldots & r_{2m} \\ & \cdots & \\ r_{n1} & r_{n2} \ldots & r_{nm} \end{bmatrix} \end{array}$$

Treći korak je određivanje vrednosti entropije:

$$e_j= -k \sum_{i=1}^{n} r_{ij} \ln r_{ij} \quad j = 1,2...,m \text{ , } \mathrm{k} = \frac{1}{\ln(n)} , \tag{79}$$

gde je k je konstanta kojom se obezbeđuje da se vrednosti e_j nalaze unutar intervala $[0,1]$.

Četvrti korak je određivanje stepena divergencije:

$$d_j= 1 - e_j, \quad j= 1,2...,m \tag{80}$$

i on predstavlja stepen kontrasta kriterijuma C_j.

Ako za dati kriterijum C_j posmatramo početne vrednosti atributa a_{ij} alternative A_i , te stepen divergencije d_j, može se zaključiti da je stpen divergencije d_j u srazmeri sa značajem kriterijuma K_j.

Važi i obrnuto – ako je stepen divergencije d_j manji, onda je kriterijum C_j manje važan u procesu odlučivanja, a ukoliko su svi stepeni divergencije po jednom kriterijumu isti, znači da se taj kriterijum može isključiti i da nema težinski uticaj na odluku koja se donosi.

Tako d_j predstavlja svojevrsni stepen kontrasta kriterijuma K_j, a njegov težinski faktor se računa kao

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{m} d_j} . \tag{81}$$

Na isti način se postupa po svakom kriterijumu.

2.5.2.1.2 CRITIC

Metod CRITIC (*CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation*) zasniva se na utvrđivanju inteziteta kontrasta i konflikta koji su sadržani u strukturi problema odlučivanja. Metod su predstavili Diakoulaki et al. (1995) a zasniva se na standardnoj devijaciji normiranih rejtinga po kolonama i korelaciji svih parova. Primene ove metode opisane su u mnogim radovima (Deng & Willis, 2000; Srdjevic et al., 2004; Deng & Ma, 2010; Agarski et al., 2016).

Optimizacija je osnovni zahtev u višekriterijumkom problemu:

$$\max \{f_1(a), f_2(a), \dots, f_m(a) \parallel a \in A\} . \tag{82}$$

Svaka kriterijumska funkcija f_j transformiše se na sledeći način:

$$x_{aj} = \frac{f_j(a) - f_j^-}{f_j^+ - f_j^-} , \tag{83}$$

čime se njene vrednosti prevode u interval $[0,1]$. Transformacija je zasnovana na optimalnoj vrednosti atributa, odnosno na konceptu „idealne tačke“, gde se posmatra koliko je $x_{i,j}$ udaljena od najpovoljnije vrednosti po posmatranom kriterijumu f_j^+ , odnosno od najnepovoljnije vrednosti, koja se još naziva antiidealnim rešenjem f_j^-.

Tako je od početne matrice odlučivanja dobijena izvedena matrica $X_{i,j}$ u kojoj se može pratiti jačina kontrasta.

Mera inteziteta kontrasta kriterijuma K_j se samerava parćenjem standardne devijacije σ_j^3 (standardno odstupanje se odnosi na meru odstupanja vrednosti atributa po nekom kriterijumu od srednje vrednosti atributa).

Za dalju primenu metode potrebno je konstruisati simetričnu matricu R_{mxm} u kojoj su izračunati koeficijenti linearne korelacije $r_{j,k}$ (mera korelacije elemenata x_j i x_k). Što se vrednosti alternativa u skalarizovanoj matrici odlučivanja više razlikuju, to su niže su vrednosti korelacionih koeficijenata $r_{j,k}$.

$$\sum_{k=1}^{m}(1 - r_{jk}) \tag{84}$$

Izraz (84) predstavlja meru konfliktnosti *j*-tog kriterijuma prema drugim kriterijumima u datoj matrici odlučivanja.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^{m}(1 - r_{kj}) \tag{85}$$

C_j iz (85) predstavlja količinu informacija sadržanu u *j*-tom kriterijumu i određuje se putem standardne devijacije σ_j i koeficijenta linearne korelacije r_{jk}.

Normalizacijom podataka C_j dobija se vektor težina w_j ali se samo izračunavanje radi preko standardnih devijacija:

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^{m} c_k} = \frac{\sigma_j}{\sum_{k=1}^{m} \sigma_k} \tag{86}$$

Po mišljenju Milićevića i Župca (2012a), kako je reč o relativnom malom broju (kriterijuma), standardno odstupanje σ_j, koje se koristi kod statističkih i brojnijih podataka, moglo bi se zameniti empirijskom vrednošću standardnog odstupanja S_j.

2.5.2.1.3 FANMA

Ovaj metod je nazvan po prezimenima autora koji su ga predložili i opisali (Fan, 1996; Ma et al., 1999).

Početni koraci ove metode slični su CRITIC metodi – prvo se skalarizuju rejtinzi alternativa (elementi iz matrice odlučivanja A), a zatim se formira matrica X=$X = \left[x_{ij}\right]_{nxm}$.

Takođe je potrebno uočiti idealne tačke koje predstavljaju okosnicu FANMA metoda: težinska normalizacija se odvija po principu rastojanja od „idealne tačke“:

za makismizovanje vrednosti

$$x_{ij}=\frac{a_{ij}-a_j^{min}}{a_j^{max}-a_j^{min}} \qquad \text{i = 1,...,n; j=1,...,m ,} \tag{87}$$

za minimizovanje

$$x_{ij}=\frac{a_j^{max}-a_{ij}}{a_j^{max}-a_j^{min}} \text{ i = 1,...,n; j=1,...,m ,} \tag{88}$$

gde su:

$$a_j^{max}=\ \max\{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}\} \text{ i } \ r_j^{min}=\ \min\{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}\}. \tag{89}$$

U narednom koraku se skalarizovana (normalizovana) matrica X transformiše u otežanu matricu Y :

$$\text{Y} = [y_{ij}]_{\text{n}\times\text{m}} \text{ , } y_{ij} = w_j x_{ij} \text{ , } w_j \text{ (}j\text{= 1,2,...,}m\text{) .} \tag{90}$$

Idealno rešenje se definiše kao alternativa

$$A^*=\{y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*\},$$

gde je

$$y_j^*=\max\{w_j x_{1j}, w_j x_{2j}, \dots, w_j x_{nj}\}= w_j x_j^* \text{ , j= 1,2,...,m , } x_j^*=\max\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}\} \tag{91}$$

predstavljaju idealne vrednosti po kriterijumu C_j.

Mera za vrednovanje alternativa se računa kao kvadratno rastojanje od idealne alternative. Što je rastojanje g_i manje, alternativa je bolje rangirana (bliža je idealnoj)

$$g_i = \sum_{j=1}^{m}\left(x_j^* - y_{ij}\right)^2 = \sum_{j=1}^{m} w_j^2\left(x_j^* - x_{ij}\right)^2 \text{ , i=1,2,...,n} \tag{92}$$

Za određivanje w_j , j=1,2,...,m (težinski koeficijenti) definiše se višekriterijumski optimizacioni model:

$$G^* = min\{g_1, g_2, \dots, g_n\} \text{ i tako da je } e^T w = 1 \ i \ w \geq 0 \tag{93}$$

Gde su w i e vektori dimenzija mx1:

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T \ , e = (1,1, \dots ,1)^T \quad (94)$$

Skalarizacijom ove vektorske funkcije, dobija se jednokriterijumski model:

$$\min \sum_{i=1}^{n} g_i = w^T H w \quad (95)$$

uz uslov da je i dalje

$$e^T w = 1 \ i \ w \geq 0 \quad (96)$$

w i e su vektorske veličine, a matrica H_{mxm} ima sve elemente van doijagonale jednake 0, što je čini dijagonalnom matricom. Elementi na dijagonali su u formi:

$$h_{jj} = \sum_{i=1}^{n} \left(x_j^* - x_{ij}\right)^2 \quad \text{j=1,2,...,m} \quad (97)$$

Matrica H je regularna (nesingularna, invertibilna), ako postoji

$$\sum_{i=1}^{n} \left(x_j^* - x_{ij}\right)^2 > 0 \ , \quad (98)$$

što se svodi na uslov da bar jedno

$$x_j^* \neq x_{ij} \ . \quad (99)$$

Da bi se izvršila minimizacija odstupanja:

$$\min \sum_{i=1}^{n} g_i = w^T H w \quad (100)$$

umesto ograničenja $w \geq 0$ može se primeniti Lagranžijan:

$$L = w^T H w + 2\lambda \ (e^T w - 1) \quad (101)$$

gde je L, Lagranžov multoplikitar.

Diferincijacijom Lagranžijana po w i po λ, dobijaju se sledeće jednačine:

$$Hw + \ \lambda e = 0 \text{ i } e^T w = 1 \ . \quad (102)$$

Pešenja ovog sistema su su:

$$w^* = \frac{H^{-1} e}{e^T H^{-1} e} \quad (103)$$

i

$$\lambda = \frac{-1}{e^T H^{-1} e}, \tag{104}$$

a uvođenjem podataka iz inverzne matrice H^{-1} i preračunavanjem, sledi jednačina za određivanje težine kriterijuma:

$$w_j^* = \frac{1}{\left[\sum_{i=1}^{n}\left(x_j^* - x_{ij}\right)^2\right]\left[\sum_{j=1}^{m}\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_j^* - x_{ij}\right)^2}\right]}, \text{ j= 1,2,...,m .} \tag{105}$$

Na ovaj način se izračunava vektor težinskih faktora *W*.

2.5.2.2 Subjektivne metode određivanja težinskih faktora kriterijuma

Subjektivnu odluku o težini kriterijuma pri primeni višekriterijumskih metoda mogu donositi subjekti koji imaju različit obim znanja. Najbolje je kada se u konkretnoj oblasti angažuju eksperti ili menadžeri iz konkretnih oblasti, ako je u pitanju donošenje odluke kadrovskog tipa.

Metode se razlikuju po više osnova: da li su kompezacione ili nisu, prema broju učesnika u donošenju odluke, konceptu objedinjavanja pojedinačnih subjektivnih procena ili poređenju i oceni po parovima, na osnovu ranga kriterijuma.

2.5.2.2.1 Kompezacione metode određivanja težinskih faktora kriterijuma

U kompenzacionim metodama problem se svodi na sledeće: donosilac odluke mora da odluči koliko je spreman da smanji težinu jednog kriterijuma da bi pojačao težinu drugog. Postoji više različitih kompezacionih metoda za određivanje težine kriterijuma.

2.5.2.2.1.1 Trade-of metoda

Trade-off metoda zasniva se na poređenju parova: neka su x i y dva atributa alternativa X i Y po kriterijumima 1 i 2. U datom slučaju, donosilac odluke razmatra te dve varijente po parovima $(x_1, x_2)\, i\, (y_1, y_2)$ i „podešava ih“ dok se ne postigne jednaka preferencija. Da bi to uradio, mora da poznaje jednu od dve stvari: rang kriterijuma (da se ne bi promenio u odnosu na zadati) ili koja je od postojećih alternativa hipotetički preferentna.

Sledeća jednačina prikazuje stepen indiferentnosti:

$$w_1 v_1(x_1) + w_2 v_2(x_2) = w_1 v_1(y_1) + w_2 v_2(y_2), \tag{106}$$

gde su w_1 *i* w_1 nepoznate težine kriterijuma koje se izračunavaju iz sistema n-1 jednačina indiferentnosti, u kome su poznate vrednosti $v_i(x)$ i $v_i(y)$ i jednačine koja je uslov normalizacije, što ukupno prestavlja n jednačina čijim rešavanjem se dobija n težina.

Sam oblik funkcije koristi utiče na težinu kriterijuma, a metoda nije u širokoj primeni.

2.5.2.2.1.2 Swing metoda

Ova metoda se zasniva na konstruisanju i sagledavanju dva hipotetička scenarija: najlošijem i najboljem. Najpre se analizira najlošiji i utvrđuje se kriterijum kojem se može promeniti vrednost da bi se približio najboljem scenariju. Vrednost poena koja se dodeljuje je manja od 100. Svakom od m kriterijuma su dodeljeni poeni $s_1, s_2, \dots, s_m$, a težinski faktor se računa na sledeći način:

$$w_j = \frac{s_j}{\sum_{k=1}^{m} s_k}, \tag{107}$$

čime je ujedno izvršena normalizacija vektora težina

$$\text{W}=[w_1, w_2, \dots, w_m]\ . \tag{108}$$

Sving metoda ne računa na indeferentnost već otvoreno otktiva preferentnost, osetljiva je na uticaje razlika rejtinga i pogodna je za određivanje težina bez obzora na broj kroterijuma i/ili aletrnativa.

2.5.2.2.1.3 SMART metoda

Naziv metode je nastao kao akronim skraćenog opisa metode (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*). Prvi korak ove metode podrazumeva da donislac odluke rangira kriterijume od najlošijih do najboljih. U sledećem koraku, računa relativnu važnost svakog pojedinačnog kriterijuma u odnosu na onaj koji je na poslednjem mestu, čime se dobija vektor relativnih odnosa. Nakon toga se radi normalizacija tako da suma težina bude 1.

2.5.2.2.1.4 MACBEHT metoda

Naziv metode je nastao kao akronim skraćenog opisa metode (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*). Metoda objedinjuje i segment rangiranja i segment određivanja težine kriterijuma. Predstavlja svojevrstan spoj Swing metode i Trade-off metode, a zapravo je klasična kompezaciona metoda u kojoj se određuje koliko je donisilac odluke spreman

da smanji preferencije po jednom kriterijumu da bi se stvorio prostor za povećanje preferencija kod drugog kriterijuma.

Same težine kriterijuma se ne posmatraju na osnovu važnosti kriterijuma, već na osnovu raspona vrednosti atributa po tom kriterijumu. Tako je , na primer, najniže vrednovan kriterijum koji ima njamanji raspon vrednosti po atributima.

2.5.2.2.2 Nekompezacione metode određivanja težine kriterijuma

2.5.2.2.2.1 Proporcionalna metoda

Proporcionalna metoda (*Ratio or direct importance weighting method*) se satoji u tome da donosilac odluke rangira svaki kriterijum počevši od najmanje značajnog, koji dobija inicijalnu težinu 10, a zatim svaki sledeći na rang na lestvici dobija za po 10 jedinica veću težinu. Na kraju se podaci normalizuju tako da suma težina bude jednaka 1.

2.5.2.2.2.2 Metoda otpora prema promenama

Metoda otpora prema promenama (*Resistance to change method*) je nešto između Swing metode i Metode parnih poređenja, a čini integralni deo nekih metoda višekriterijumske analize, npr. ELECTRA-e.

U metodi se razmatraju poželjne i nepoželjne performanse svih krierijuma, a zatim se posmatra da li postoji poželjni kriterijum koji bi donosilac odluke promenio u nepoželjni i koji je to kriterijum. Za svaki kriterijum je potrebno izračunati ukupnu frekvenciju inercije (otpora prema promenama). Tokom parnih poređenja gradi se hijerarhijska struktura među kriterijumima, na taj način što je „jači“ onaj kriterijum koji je duže ostao nepromenjen.

2.5.2.2.3 Određivanje težina kriterijuma parnim poređenjima

Parno poređenje kriterijuma koje je osnov metode, svodi se na parno poređenje vrednosti alternativa po datom kriterijumu. Reper poređenja i ocenjivanja mora takođe biti definisan, a u slučaju najpoznatije metode koja koristi parna poređenja, AHP, to je Satijeva ordinarna skala.

2.5.2.2.3.1 AHP određivanje težine

Matematički gledano, matrica A predstavlja skup ocena parova:

$$A = \{a_{ij} \parallel = 1,2, \dots n, j = 1,2, \dots, n\}, \tag{109}$$

a potencijalni skup vektora prioriteta kao

$$W = \{w \parallel w > 0, e_T w = 1\}, \tag{110}$$

gde e predstavlja n-komponentni jedinični vektor

$$e_T = (1,1,\dots,1). \tag{111}$$

Iz matrice A se tako identifikuje vektor

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)_T \tag{112}$$

koji daje najbolje ocene parova $w_i : w_j$. Sledi aditivna normalizacija kojom se zbor težina svodi na 1.

2.5.2.2.3.2 Metoda sopstvenih vrednosti

Matrica odlučivanja

$$\mathrm{A} = [A_{ij}]_{nxm} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2m} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \tag{113}$$

ima sopstvene vrednosti na osnovu kojih se, preko linearnog sistema, može izračunati vektor težina. Metoda AHP ima u sebe ugrađenu takvu proceduru za određivanje težina. U metodologiji koju je dao Saaty (1986), procedura započinje određivanjem maksimalne sopstvene vrednosti, λ_{max}, a odgovarajući vektor sopstvenih vrednosti matrice A se može uzeti kao vektor približnih vrednosti težinskih faktora W^T.

Na osnovu Harkerove metode sopstvenih vektora (Harker, 1987), vektor W^T može se dobiti rešavanjem sistema homogenih linearnih jednačina:

$$\mathrm{A} * W^T = \mathrm{n} * W^T \tag{114}$$

ili

$$(\mathrm{A\text{-}nl}) * W^T = 0, \tag{115}$$

odnosno

$$\mathrm{A} * W^T = \lambda\mathrm{max} * W^T. \tag{116}$$

Za nekonzistentnu matricu, maksimalna sopstvena vrednost se može izračunati uzastopnim kvadriranjem matrice iza koje svaki put sledi normalizacija po vrstama. Proces bi se prekidao kada bi razlika između normalizovanih suma bila manja od očekivane vrednosti (usvojena tolerancija je 0,1).

2.5.2.2.3.3 Metoda aditivne normalizacije

Metoda aditivne normalizacije AN (*Additive Normalization Method*) polazi od matrice odlučivanja

$$A = [A_{ij}]_{nxm} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2m} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix}. \quad (117)$$

Vektor prioriteta $W=(w_1\ w_2\ w_3 \dots w_m)$ se računa tako što se normalizuju kolone matrice A, zatim se računaju sume po vrstama i dele brojem elemenata kolone:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \quad w_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \quad (118)$$

2.5.2.2.3.4 Logaratimska metoda najmanjih kvadrata

Logaritamska metoda najmanjih kvadrata LLS (*The Logarithmic Least Squares*) je poznata i pod nazivom metoda geometrijske sredine. Početni postupak je isti kao u prethodnom metodu aditivne normalizacije, samo što se ovde normalizacija vrši geometrijskim osrednjavanjem vrsta matrice A.

LLS na sledeći način definiše (jednokriterijumski) problem određivanja težina:

$$minD_L(w) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j>i}^{n}\left[\ln a_{ij} - (\ln w_i - \ln w_j)\right]^2, \quad (119)$$

gde je

$$w_{ij} = \prod_{j=1}^{n} a_{ij}^{1/n}, i = 1,2, \dots, n. \quad (120)$$

Vrednosti vektora težina dobijenog na ovaj način se normalizuju tako da je ukupni zbir težina jednak 1.

2.5.2.2.4 Određivanje težina kriterijuma primenom rejtinga

U nekim situacijama donosiocima odluke nije jednostavno da odrede težine kriterijuma, ali im je jasno kako da ih rangiraju na osnovu važnosti. U takvim situacijama se težina kriterijuma određuje primenom rejtinga, a u tu svrhu razvijeno je više metoda/načina.

Čitava ova grupa metoda se zasniva na nekoliko postulata koje su dokazali Doyle i saradnici (1997) − relacija ranga je u osnovi linearna funkcija. Oni su dokazali da nagib linearne funkcije ranga zavisi od broja rangiranih kriterijuma.

U literaturi se najčešće pominju tri načina za određivanje funkcije odnosa rang–težina: recipročna (metoda inverznih težina), metoda sume rangova (spada u linearne) i eksponencijalnametoda. Sve tri su klasifikovali i opisali Stillwel i saradnici (1981).

Metoda centroida rangova opisana je u (Solymosi & Dombi, 1986).

Na osnovu pretpostavke da se može definasati međuzavisnost između relacije ranga i funkcije kriterijuma, odnosno prosečne težine krirterijuma, razvijena je linearna funkcija rang – težina, kao i načini agregacije pojedinačnih rangova kada je više donosilaca odluka izvršilo različito rangiranje. O ovome su pisali Alfares i Duffuaa (2008).

Srednja težina kriterijuma se javlja kao okosnica svih ovih metoda i podrazumeva se da je ona, s jedne strane povezana s relacijom ranga, a s druge strane da je nezavisna od konteksta odluke.

Osnovni oblik izračunavanja težine preko srednje težine ranga je:

$$w_r = 100 - s_n(r-1), \tag{121}$$

gde je je w_r težina, s_n je apsolutna vrednost koeficijenata smera i r je rang , s tim što se apsolutna vrednost koeficijenata smera s_n računa metodom najmanjih kvadrata, a broj kriterijuma je jednak n. Onaj kriterijum koji ima rang r=1, ima težinu $w_1 = 100$.

Apsolutna vrednost koeficijenta smera je empirijski određena (Alfares & Duffuaa, 2008) kao:

$$s_n = 3{,}19514 + \frac{37.75756}{n}\ . \tag{122}$$

Na ovaj način je za svako w_i / $0 < w_i \leq 1$, i=1,2,...n, osnovna jednačina za izračunavanje težina kriterijuma putem inverznih težina:

$$w_r = \frac{\frac{1}{r}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{j}} \ , \tag{123}$$

a tabelarno, vrednosti po pojedinim rangovima iznose kako je dato u tabeli 13.

Rang	Kriterijumi								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.6667	0.5455	0.4800	0.4379	0.4082	0.3857	0.3679	0.3535	0.3414
2	0.3333	0.2727	0.2400	0.2190	0.2041	0.1928	0.1840	0.1767	0.1707
3		0.1818	0.1600	0.1460	0.1361	0.1286	0.1226	0.1178	0.1138
4			0.1200	0.1095	0.1020	0.0964	0.0920	0.0884	0.0854
5				0.0876	0.0816	0.0771	0.0736	0.0707	0.0682
6					0.0680	0.0643	0.0613	0.0589	0.0569
7						0.0551	0.0525	0.0505	0.0488
8							0.0460	0.0442	0.0427
9								0.0393	0.0379
10									0.0341

Slika 14 Težine kriterijuma dobijenih metodom inverznih težina (Milićević & Župac, 2012b)

Jednačina za izračunavanje težina kod centrioda rangova je:

$$w_r = \frac{1}{n} \sum_{j=r}^{n} \frac{1}{j} \ . \tag{124}$$

Kod sume rangova težina se izračunava na sledeći način:

$$w_r = \frac{2(n+1-r)}{n(n+1)} \ . \tag{125}$$

2.5.2.2.5 Određivanje težina kriterijuma metodama grupnog odlučivanja

Kada odluku o težini kriterijuma donosi grupa stručnjaka (eksperata) i/ili zainteresovanih lica, potrebno je primeniti jasne procedure individualnog ocenjivanja i agregacije rezultata.

Prema Grafakosu i saradnicima (2008) i Milićeviću i Župcu (2012b), postoje tri osnovna načina za ocenjivanje težine kriterijuma u grupnom okruženju.

Neoklasični pristup bazira se na pretpostavci da se agregacijom individualne preferentnosti može dobiti društvena preferentnost. U okviru ovog pristupa se pretpostavlja da su preference nezavisne i relevantne i tada se grupne težine dobijaju osrednjavanjem vrednosti koje su dodeljene kao individualne težine. Jedan od načina za osrednjavanje je geometrijska sredina. Problem može da nastane ako neko od donosilaca odluke nije zadovoljan rezultatom društvene agregacije.

Za razliku od prethodnog, sledeći pristup se zasniva na ideji dogovorne demokratije. Pojedinci koji čine grupu za donošenje odluke se obavezuju na promišljen dogovor i na određene

procedure/metodologije čime one postaju izvor legitimnosti za odluke koje se na taj način donose. Najčešće se primenjuju dva koraka: u prvom se određuju individualne težine, a u drugom se one usaglašavaju tokom sesija.

Treći pristup ima elementne prethodna dva. Unutar grupe se individualno određuje rang svakog kriterijuma od najamanje do najviše važnog, a zatim se menja redosled kriterijuma dok se ne postigne grupno zadovoljavujeće rangiranje. Nakon ovoga se grupni rezultat upoređuje sa individualnim preferencijama. Problem leži u tome što se ne može nametnuti grupni konsenzus niti naći savršen model agregacije koji bi zadovoljio svaku individualnu preferenciju, a rezultirao kvalitetnom grupnom odlukom.

Dve najpoznatije metode grupnog odlučivanja o težinskom faktoru kriterijuma su DEMATEL i DELFI metoda.

2.5.2.2.5.1 DEMATEL metoda

DEMATEL (*Decision-Making Trial and Evaulation Laboratory*) metoda je zasnovana na teoriji grafa i obezbeđuje grafički uvid u faze reševanja problema. Faktori koji su ovde aktuelni podeljeni su na uzročne i posledične.

Proces počinje ekspertskom analizom kriterijuma, gde svaki ekspert utvrđuje stepen uticaja nekog kriterijuma na onaj drugi (poređenje u parovima) tako što vrednost svakog para $x_{i,j}$ uzima jednu od seledećoh vrednosti:

- bez uticaja – vrednost 0;
- s minimalnim uticajem – vrednost 1;
- s uticajem srednjeg inteziteta – vrednost 2;
- snažan uticaj - vrednost 3;
- veoma snažan uticaj – vrednost 4.

Tako nastaje onoliko kvadratnih matrica procene međusobnog dejstva kriterijuma koliko ima eksperata: $X_1, X_2, \dots, X_m$.

U sledećem koraku se formira matrica prosečnih odgovora eksperata tako što se njihove procene agregiraju:

$$Z = [z_{ij}];\ z_{ij} = \frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m} x_{ij}^{k}\ . \tag{126}$$

U ovoj matrici, sume po redovima i kolonama predstavljaju agregirane uticaje tog kriterijuma na ostale: suma svakog *i*-tog reda matrice predstavlja ukupne efekte koje *i*-ti kriterijum ima na ostale kriterijume, a suma svake *j*-te kolone predstavlja ukupne efekte koje *j*-ti kriterijum prima od ostalih kriterijuma.

Zatim sledi normalizacija matrice:

$$D = [d_{ij}]; d_{ij} \in [0,1]$$

$$D = \lambda Z;\ d_{ij} = \lambda z_{ij}; \lambda = \left\{ \frac{1}{max\left\{1 \le i \le n; \sum_{j=1}^{n} |z_{ij}|\right\}}, \frac{1}{max\left\{1 \le i \le n; \sum_{j=1}^{n} |z_{ji}|\right\}} \right\}. \tag{127}$$

Sledeći korak je izračunavanje ukupne matrice veza:

$$T = D\,(I - D)^{-1}\ , \tag{128}$$

gde je I jedinična matrica, a zatim se računaju sume po redovima (r) i kolonama (c). Zbir vrednosti po jednom redu predstavlja ukupni uticaj koji taj kriterijum ima na druge kriterijume, a zbir vrednosti po kolonama predstavlja ukupni uticaj koji konkretni kriterijum prima od drugih kriterijuma.

Potrebno je za svaki kriterijum *i* posmatrati zbirove po redovima i kolonama: za

$$r_i + c_i > 0 \tag{129}$$

i-ti kriterijum predstavlja uzrok na mreži, kada je

$$r_i + c_i < 0 \tag{130}$$

i-ti kriterijum prima uticaje iz mreže, a za

$$r_i + c_i = 0 \tag{131}$$

i-ti kritrijum je inertan po pitanju uticaja.

Na kraju se određuje granična vrednost (α) (*threshold value*), koja se izračunava kao aritmetička sredina elemenata iz matrice T, zatim se izrađuje grafički prikaz uzrično-posledičnih odosa između kriterijuma, određuju težinski faktori kriterijuma i vrši normalizacija težinskih faktora kriterijuma.

Neki autori svrstvaju DEMATEL u metode višekriterijumske analize. Međutim, ona bi se pre mogala posmatrati kao alat za analizu aktuelnog problema, a pre svega kao metoda za subjektivno određivanje težinskih faktora kriterijuma i njihove agregacije.

2.5.2.2.5.2 DELFI metoda

Delfi metoda (*ˈdɛlfaɪ* – DEL-fy, poznata je i kao *Estimate–Talk–Estimate* ili, skraćeno, ETE metoda) koristi se za usaglašavanje mišljanja eksperata i/ili zainteresovanih lica koji se smatraju donosiocima odluke u pogledu prioriteta/težine kriterijuma.

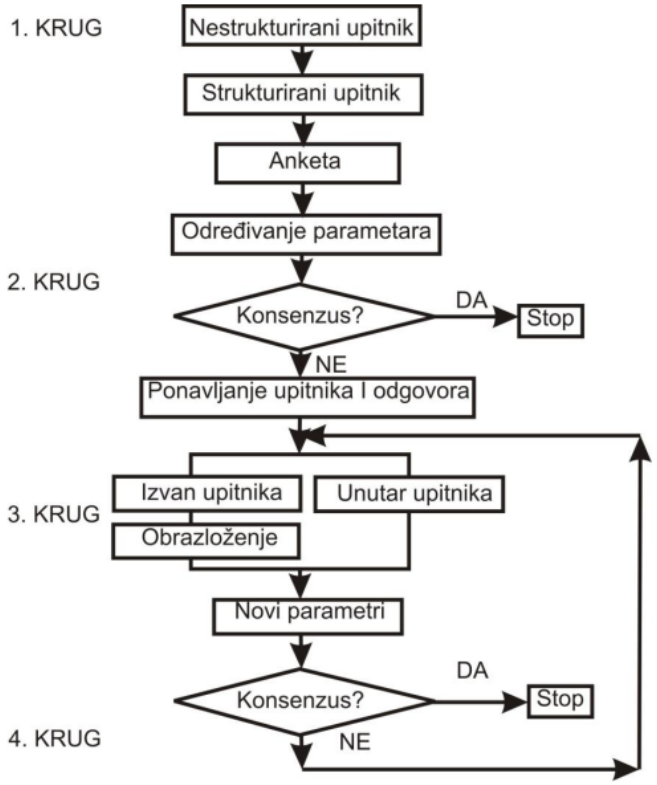
Turoff i Linstone (2002) opisuju Delfi metodu kao način rešavanja određenog problema na osnovu mišljenja ispitanika (učesnika u odlučivanju), koja često mogu biti i suprotstavljena.

Da bi ovaj proces bio uspešan, osim grupe čija se mišljenja usaglašavaju, neophodan je medijator, anketni upitnik i nekoliko krugova ispitivanja. Važno je obezbediti anonimnost da bi se postigla nepristrasnost prilikom usaglašavanja mišljenja. Međutim, sam izbor članova grupe može, u neku ruku, biti pristrasan te se nijedna metodologija koja se odnosi na socijalne grupe i formatiranje njihovih grupnih odluka ne može apriori smatrati „očišćenom“ od mogućih „šumova“.

Delfi metoda predviđa da moderator ima nezavisnu komunikaciju s članovima grupe, koristeći upitnik prilagođen problemu koji se rešava. Moderator mora biti stručan u Delfi medijaciji i mora imati osnovna znanja iz oblasti kojoj pripada problem. Na taj način se stvara mogućnost da medijator/ekspert, kroz formulisanje anketnog upitnika, prejudicira određen ishod odlučivanja.

Nakon sastavljanje upitnika i pojedinačne komunikacije sa donosiocima odluka, medijator obrađuje anketu tako što odbacuje sve ono što je irelevantno za donošenje odluke i tako pročišćen materijal dostavlja donociocima odluke da eventualno, po prvi put imajući u vidu (anonimne) odgovore drugih učesnika procesa odlučivanja, koriguju svoj prvobitni stav.

Ovaj postupak može da se ponavlja u više ciklusa, a medijator svaki put treba da odbaci irelevantne elemente i akcentuje ono oko čega postoji razmimoilaženje u mišljenjima. Ukratko, u prvi plan se postavlja ono što je predmet neslaganja članova grupe u smislu argumentacije ili kvantitativne procene.



Slika 15 Dijagram za prognostički DELFI (Eret, 2017)

Konkretno, kada se Delfi metoda koristi za određivanje težine kriterijuma, od eksperata (i drugih zainteresovanih lica koji imaju status donosioca odluke) se traži da za svaki kriterijum pojedinačno iskažu svoje preferencije davanjem ocene u procentima ili u jedinicama za meru verovatnoće – u prvom slučaju uslov je da zbir svih procentnih ocena bude 100, a u drugom da bude 1.

U priloženoj tabeli je primer jednog takvog anketnog lista:

Tabela 20 Anketni list za Delfi metodu određivanja težine kriterijuma

Kriterijumi	Eksperti E_1 E_2 E_3 ... E_m .	Srednja vrednost	Standardna devijacija
K_1			
K_2			
...			
K_n			

Srednja vrednost $\overline{K_j}$ izračunava se na sledeći način:

$$\overline{K_j} = \frac{\sum_{i=1}^{m} K_j}{m} \text{ j=1,2...,n a ,} \quad (132)$$

a standardna devijacija σ_K izračunava se kao:

$$\sigma_K = \frac{\sigma}{\sqrt{m}} \ , \quad (133)$$

gde standardna devijacija prosečne vrednosti uzorka predstavlja standardnu devijaciju greške u srednjoj vrednosti.

Ukoliko je potrebno, tabela se može dopuniti koeficijentom korelacije, koji se može računati kao Pirsonov ili kao Spirmanov koeficijent u zavisnosti od vrste korelacije koja se očitava nakon prvog kruga.

U praksi se najčešće računa odnos/povezanost nezavisnih varijabli kao što je npr. broj prodatih knjiga i broj prodatih bioskopskih karata u jednom gradu ili broj majki pušača i broj dece s respiratornim sindromom, ali se može koristiti i kada su u pitanju različite procene važnosti za jednu istu vrstu varijable. Tada se koreliraju različite ekspertske procene, koje se tretiraju kao varijable.

Tabela 21 Koeficijent korelacije i tumačenje povezanosti (Milićević & Župac 2012b)

Spirmanov koeficijent	Tumačenje rezultata
0.00 do ±0.20	nikakva ili neznatna povezanost
±0.20 do ±0.40	lagana povezanost
±0.40 do ±0.70	stvarna značajna povezanost

Proces približavanja odgovora, smanjenje standardnog odstupanja, povećenje stepena korelacije – smanjenje stepena varijacije, postiže se u najviše pet krugova, čime se završava proces i rezultati se predstavljaju svim učesnicima u procesu odlučivanja.

Postoji veliki broj varijacija u samoj metodologiji. Jedna od njih dozvoljava da ekspertski deo tima za odlučivanje izračuna početne težine kriterijuma primenjujući neku od metoda objektivnog određivanja težine kriterijuma ili da ih preuzme od neke druge ekspertske grupe.

2.5.2.2.6 Objedinjavanje individualnih težina kriterijuma

Kada u grupi za odlučivanje postoji više eksperata (ili drugih lica koja su uključena u proces donošenja odluke), potrebno je na neki način izvršiti agregaciju individualno dodeljenih rangova (težina) u jedinstvenu, grupnu težinu po kriterijumu. Pretpostavimo da u odlučivanju učestvuje m eksperata. Na raspolaganju su neke od sledećih metoda: metoda aritmetičkog osrednjavanja rangova/težina i metoda geometrijskog osrednjavanja.

2.5.2.2.6.1 Metoda aritmetičkog osrednjavanja rangova/težina

Metoda aritmetičkog osrednjavanja se odvija kroz dva koraka:

Prema Alfaares-u i Duffuaa-u (Alfaares & Duffuaa, 2008) za svakog eksperta i (i=1,2,...m) i svaki kriterikum K_i (j=1,2, ... ,n), svaki rang $r_{i,j}$ prevodi se u težinu $w_{i,j}$ nekom metodom, npr. metodom centroida rangova ili metodom inverznih linearnih težina sa promenljivim koeficijentom smera:

$$W_{ij} = 100 - s_n(r_{ij} - 1) \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n), \tag{134}$$

gde je r_{ij} je rang po kriterijumu/ekspertu, W_{ij} težina po kriterijumu/ekspertu, a S_n apsolutna vrednost koeficijenta. U poglavlju 2.5.2.2.4, koje se odnosi na određivanje težina primenom rejtinga, dato je empirijsko rešenje problema dobijeno primenom metoda najmanjih kvadrata (Alfares & Duffuaa, 2008)

$$s_n = 3.19514 + \frac{37.75756}{n}. \tag{135}$$

Agrerinje težina vrši se na sledeći način:

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_{ij}}{m} \quad \text{j= 1,2,...,n}. \tag{136}$$

Koraci (134) i (136) mogu zameniti mesta i u oba slučaja se dobija isti rezultat – agregirana vrednost težine po kriterijumu.

2.5.2.2.6.2 Metoda geometrijskog osrednjavanja

Kao i kod metode aritmetičkog osrednjavanja, geometrijsko osrednjavanje se vrši u dva koraka: najpe se vrši prevođenje individualnih preferencija u težine, a zatim geometrijsko osrednjavanje težina čime se dobija agregirana težina. Može i obrnutim redosledom tako što se prvo vrši geometrijsko osrednjavanje preferencija izraženih u formi rangova, a zatim se, u drugom

krugu vrši konverzija srenjeg ranga u agregiranu težinu (npr. metodom linearnih težina s promenjivim koeficijentom smera). Drugi slučaj je dat u formi opšteg:

a) geometrijsko osrednjavanje preferencija izraženih u formi rangova:

$$\bar{r}_j = \sqrt[m]{r_{1,j} \text{ x } r_{2,j} \text{ x} \dots \text{ x } r_{m,j}} \quad j=1,2,\dots,n \tag{137}$$

b) konverzija srednjeg ranga $\bar{r}_j$ u agregiranu težinu W_j

$$W_j = 100 - S_n\left(\bar{r}_j - 1\right) \quad j=1,2,\dots,n\ . \tag{138}$$

Vrednost S_n data je u (135).

2.5.3 Izbor metode za određivanje težine kriterijuma

Istraživanje, koje je obuhvatilo veliki broj metoda za određivanje težinskih faktora kriterijuma, omogućilo je da se napravi izbor metode za konkretan projekat PUZS. U tabelama koje slede, data je SWOT analiza nekoliko osnovnih metoda iz grupe objektivnih metoda za određivanje težine kriterijuma, kao ilustracija odluke da se za konkretan projekat ne upotrebi nijedna metoda iz ove grupe metoda.

Tabela 22 SWOT analiza CRITIC metode (Ma et al., 1999; Milićević & Župac, 2012a; Xu, 2004; Agarski, 2014)

SWOT analiza metode FANMA	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Omogućava izračunavanje težinskih faktora kriterijuma iz podataka zadatih u matrici performansi u slučajevima kada postoji odsustvo donosioca odluke (objektivna metoda).	Nestabilnost rezultata, jer male promene vrednosti kriterijuma ponekad uzrokuju velike promene težinskih faktora.
EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Primena dobijenih težinskih faktora u ostalim metodama VKA.	Dobijeni rezultati mogu se značajno razlikovati od rezultata metode entropije.

Tabela 23 SWOT analiza CRITIC metode (Diakoulaki et al., 1995; Jahan & Edwards, 2014; Milićević & Župac, 2012a; Agarski 2014)

SWOT analiza metode CRITIC	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Slično kao i za ENTROPY, iz grupe metoda za objektivno određivanje podataka kada nema donocioca odluka i/ili kada je potrebno za neku komparativnu analizu.	Potrebno je da informacije u matrici odlučivanja budu potpune. Takođe, potreban je i veći broj alternativa kako bi se dobile pouzdanije vrednosti težinskih faktora, jer se računaju primenom koeficijenata korelacije. Ovde se može dogoditi da dobijeni rezultati ne odgovaraju stvarnoj situaciji.
EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Problem sa statistički nedovoljnim brojem alternativa na koje je primenjiv koeficijent koleracije se može rešiti tako što će se umesto σ_j koristiti S_j (empirijska vrednost standardnog odstupanja).	Rezultati dobijeni na ovaj način mogu značajno odstupati od rezultata dobijenih metodama za subjektivno određivanje težinskih faktora.

Tabela 24 SWOT analiza ENTROPY metode (Shannon & Weaver, 1947; Milićević & Župac, 2012a; Agarski, 2014; Jahan & Edwards 2014)

SWOT analiza metode ENTROPY	
INTERNI FAKTORI	
SNAGA (+)	SLABOSTI (-)
Pripada grupi objektivnih metoda za određivanje težina kriterijuma. Izračunava težinske faktore na osnovu „emisije“ podataka iz matrice odlučivanja. Primenjuje se kada ne postoji donosilac odluke ili kao komparativna metoda.	Same informacije iz matrice odlučivanja su ovde „izvor“ za računanje težina, te moraju biti potpune. Vrednost 0 se ne može koristiti, jer algoritam koristi logaritmovanje koje nije definisano za tu vrednost podataka.

EKSTERNI FAKTORI	
MOGUĆNOSTI (+)	OPASNOSTI (-)
Rešenje problema nemogućnosti korišćenja 0 kao vrednosti atributa u matrici odlučivanja leži u uvođenju veoma male vrednosti bliske nuli, kako bi logaritamska funkcija mogla da se izračuna.	Dobijeni rezultati ne odgovaraju realnoj situaciji. Nekada se težinski faktori favorizuju u slučajevima velikog raspona vrednosti podataka, iako ih donosilac odluke možda ne bi na taj način ocenio. I obnuto, mali raspon u vrednosti podataka na osnovu ove metode daje niži stepen težinskog faktora.

Na osnovu istraživanja i analize metoda za određivanje težinskih faktora, zaključeno je da metode za objektivno računanje težina nisu dobar izbor, jer pre svega postoje donosioci odluka, a i vreme izračunavanja nije važan faktor (brzina određivanja težinskih faktora nije bitan faktor u konkretnom projektu za razliku od određenih *online* procesa gde su neke od ovih metoda nezaobilazne).

Iz preostale grupe (na osnovu načina donošenja odluke na relaciji subjektivno – objektivno), izabrana je metoda DELFI. U trenutku dok je projekat u fazi izrade i početnih testiranja, kao donosioci odluka javljaju se odgovorna lica iz oblasti turističke privrede. Oni se mogu smatrati ekspertima u svojoj grani delatnosti. S druge strane, sem što su kompetentni, oni su i zainteresovani da budu deo procesa odlučivanja. Takođe, zainteresovani su da samoj visokoškolskoj ustanovi upute zajedničke sugestije u vezi sa realizacijom projekta PUZS, ali i šire – predloge za moguće izmene studijskih programa, uvođenje određenih fakultativnih kurseva kao i za bilo koji oblik saradnje koji je uređen zakonom, a u interesu je Visoke turističke škole, njenih studenata i poslodavaca iz oblasti turističke privrede. Ovde je u najširem smislu reč o zajedničkom projektu. Svi donosici odluka su tim, a prosto agregiranje vrednosti težinskih faktora za kriterijume u ovoj situaciji nije izbor. Kako se razgovor i usklađivanje mišljenja nameću kao najkonstruktivniji način, optimalan izbor metode za ovu situaciju je metoda DELFI.

3 Analiza naučnih radova

Višekriterijumskoj analizi i njenim metodama kao i problemu izbora kadrova, posvećen je nemali broj naučnih jedinica na svetskoj naučnoj sceni. Taj broj će se samo povećavati, jer je porasla i svest o tome da je uspeh na bilo kom nivou i u bilo kojoj oblasti usko povezan s kvalitetom odluka koje se donose.

U poglavlju 2, pod nazivom „Teorijske osnove istraživanja“, analizirani su najznačajniji elementi u vezi sa teorijom odlučivanja, višekriterijumskom analizom, upravljanjem ljudskim resursima i izborom kadrova. U ovom poglavlju biće predstavljeni radovi koji su tokom istraživanja korišćeni u širem obimu od ostalih koji se pominju u listi referenci. Prvi deo poglavlja posvećen je radovima čije su teme relevantne za izradu disertacije, a drugi predstavlja pregled literature na temu višekriterijumske metode EDAS koja je implementirana u projekat PUZS (*poglavlje 2.8*).

3.1 Pregled literature iz oblasti teorije odlučivanja, višekriterijumske analize i upravljanja ljudskim resursima

Poglavlje 3.1 posvećeno je izabranim radovima čije teme odgovaraju predmetu istraživanja i koje su relevantne za rad na disertaciji, dok je u poglavlju 3.2 predstavljen pregled literature u vezi sa višekriterijumskom metodom EDAS koja je implementirana u projekat PUZS (u poglavlje 2.8).

Tabela 25 Tabelarni skraćeni pregled literature iz MCDM i HRM oblasti

Dağdeviren, M. et al. (2007) *Personnel selection using analytic network process*	**Opis istraživanja:** U literaturi postoje različite metode za izbor kadrova. Međutim, primećeno je da ove metode ne uzimaju u obzir međuzavisnost faktora pri selekciji osoblja. U svrhu rešavanja ovog problema, tražio se metod koji uključuje međuzavisnost faktora selekcije. Prvo, određeni su faktori koji mogu biti prihvaćeni kao kriterijumi za izbor osoblja i razvijeni su modeli odlučivanja koji pokazuju zavisnost između ovih faktora. Ostalo je pitanje međuzavisnosti faktora i njihove globalne težine koja se procenjuje pomoću analitičke mreže (ANP). Drugo, formirana je procena skale za procenu faktora selekcije osoblja. Na kraju, način na koji se može meriti opravdanost podnosilaca zahteva – prikazan je u okviru primera. **Rezultati istraživanja:** Da bi se smanjila verovatnoća nastanka greške, faktori moraju biti pravilno izabrani, pojedinačno za svaki sektor, svako radno mesto i svaku poziciju. U budućim istraživanjima se može istražiti ovaj problem. Studija koja prati ovaj rad treba da se bavi razvojem softverskog algoritma koji bi omogućio manuelne izmene u modelu, ukoliko dođe do promena u uslovima poslovanja ili radnog mesta. Ukoliko se matrica upari sa faktorima koji se ne mogu izraziti konkretnim numeričkim vrednostima, predloženi model neće biti efikasan. Neki faktori mogu imati strukturu koja se ne može precizno izmeriti. U takvim slučajevima, *fuzzy* brojevi mogu biti od koristi za dobijanje uparene matrice za upoređivanje. Tada govorimo o ANP u *fuzzy* okruženju.

Milić, M. R. et al. (2012) Subjektivni pristup određivanju težina kriterijuma. Vojnotehnički glasnik, 60(2).	**Opis istraživanja:** Pitanje težine kriterijuma je od ključnog značaja za donošenje odluke u višekriterijumskom odlučivanju. U radu je prikazan metod subjektivnog pristupa određivanju težina kriterijuma. Prikazane su različite metode iz ove grupe koje se zasnivaju na kompenzacionim i nekompenzacionim metodama, parnim poređenjima, rangovima itd. i detaljnije je razrađeno određivanje težina kriterijuma primenom ovih metoda. **Rezultati istraživanja:** Metode iz ove grupe se zasnivaju na prisustvu donosioca odluke i njegovom subjektivnom sudu. Oni se izjašnjavaju o značaju težina kriterijuma i na tome se zasnivaju proračuni težina. Kod grupnog odlučivanja je izloženo agregiranje rezultata, a u slučaju kada eksperti donose odluku o težini kriterijuma, može se govoriti o delimično subjektivnoj metodi, jer njihov ekspertski nivo obezbeđuje dozu objektivnosti koja nije na nivou biheviorističe psihologije.
Milićević, M., Župac, , G., (2012a) Objektivni pristup određivanju težina kriterijuma, Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier, 60 (1), pp. 39-56.	**Opis istraživanja:** U radu je dat prikaz metoda objektivnog pristupa određivanju težina kriterijuma koje se uspešno primenjuju prilikom MCDM odlučivanja, a koje se odlikuju odsustvom donosioca odluke i potrebom za brzom reakcijom – brzim odgovorom na zahtev za određivanjem težina. U radu su predstavljene ENTROY, CRITIC i FANMA kao najpoznatije metode za objektivno određivanje težina kriterijuma, kao i moguća kombinacija metoda objektivnog i subjektivnog pristupa. **Rezultati istraživanja:** Određivanje težina kriterijuma kombinovanim pristupom primenjuje se s ciljem obezbeđenja uticaja i subjektivnih i objektivnih faktora na težine kriterijuma, a samim tim i na odluku. Postoji više mogućnosti kombinovanja subjektivnih i objektivnih metoda određivanja težina kriterijuma. Različite metode daju različite vrednosti težina kriterijuma, što može biti predmet dalje uporedne analize.

Petkovski, K. (2012) Required skills and leadership characteristics of a modern manager in tourism and hospitality	**Opis istraživanja:** U radu je prikazano opsežno istraživanje na uzorku od 209 ispitanika iz oblasti turizma i ugostiteljstva. Cilj je bio da se odrede i opišu neophodne liderske karakteristike i veštine modernog menadžera iz oblasti turizma i ugostiteljstva. Za potrebe anketnog upitnika, kreiranog od strane eksperata, ispitivani su stavovi i mišljenja kandidata u okviru sledećih kategorija: psihološke karakteristike, tip ličnosti, društvene karakteristike, veštine za uspostavljanje dobrih međuljudskih odnosa, test inteligencije i sposobnosti i karakteristike vezane za radne odnose. **Rezultati istraživanja:** Kao rezultat istraživanja, dobijeni su sledeći najvažniji atributi: energija, pokretljivost, samopouzdanje, originalnost i kreativnost, komunikacijske veštine i sposobnost postavljanja i praćenja ciljeva. Pored toga, menadžeri u turizmu moraju imati dobro razvijenu emocionalnu inteligenciju kako bi mogli da se nose sa nepoznatim i kriznim situacijama, da prepoznaju i kontrolišu svoje emocije kao i da prepoznaju emocije drugih ljudi i da prilagode svoje ponašanje datoj situaciji.
Broumi, Smarandache (2015) An extended TOPSIS method for multiple attribute decision making based on interval neutrosophic uncertain linguistic variables. Infinite Study	**Opis istraživanja:** Standardna TOPSIS metoda može samo obrađivati realne numeričke podatke, a kao odgovor na postojanje intuicionističkog rasplinutog skupa, parakonzistentnog skupa i intuicionističkog skupa – uvedena je neutrosofična logika kao korisno sredstvo za rešavanje problema neizvesnosti. **Rezultati istraživanja:** U ovom radu je proširena TOPSIS metoda neutrosofičnim intervalima neizvesnih lingvističkih informacija o varijablama (kriterijumima/atributima), za razliku od MADM metode kojom se rešavaju problemi sa neutrosofičnim intervalima nepoznatih lingvističkih informacija o varijablama (kriterijumima/atributima). Ovde je osnovna razlika na relaciji neizvesno – nepoznato. Ovaj koncept može otvoriti novi put istraživanjima u oblasti donošenja odluka gde atributi/kriterijumi spadaju u prostor neutrosofičnih skupova.

Angrave, D. et al. (2016) HR and analytics: why HR is set to fail the big data challenge. Human Resource Management Journal, 26 (1), 1-11.	**Opis istraživanja:** Ovaj članak osporava stručnjake za ljudske resurse koji potenciraju priču o „velikim podacima“ i transformacionom potencijalu HR analitike. Moguće je da će trenutni trendovi pokrenuti isključivanje ljudskih resursa sa spiska strateških tema i smanjiti njihov uticaja na nivou upravnih odbora. S druge strane, malo je verovatno da će moći da se nastavi razvoj organizacija na štetu zaposlenih, koji često bivaju zapostavljeni i/ili ugroženi. **Rezultati istraživanja:** Akademska zajednica bi mogla da igra važnu ulogu i da podrži praksu strateške analize ljudskih resursa. Međutim, ukoliko stručnjaci za ljudske resurse ne unaprede svoje znanje kako bi postali kompetentni u ovom novom pristupu, postojeći oblici analitike ljudskih resursa će verovatno dovesti do isključivanja ljudskih resursa iz strateškog uticaja na nivou upravnih odbora.
Karabašević D. et al. (2017) Savremeni trendovi primene metoda višekriterijumskog odlučivanja u funkciji regrutacije i selekcije kadrova	**Opis istraživanja:** U ovom radu predložen je MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) pristup namenjen selekciji kadrova, zasnovan na upotrebi SWARA (*Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis*) metode i Grey relacione analize. Predložen pristup je primenjiv i efikasan, a u cilju njegove prezentacije izveden je numerički primer. **Rezultati istraživanja:** Iz prethodno izvedenog numeričkog primera može se zaključiti da predloženi i primenjeni MCDM model zasnovan na primeni SWARA metode i GREY relacione analize može uspešno da se primeni za rešavanje problema selekcije kadrova. Buduća istraživanja mogu da pokažu stepen efikasnosti nekih novih metoda za izbor kadrova kao što su WASPAS ili EDAS ili da daju komparativnu analizu funkcionisanja postojećih metoda.

Karabasevic, D. et al. (2017) An approach to personnel selection in the tourism industry based on the SWARA and the WASPAS methods	**Opis istraživanja:** Postoji mnoštvo alata i metoda za izbor kandidata – od tradicionalnih, kao što su: intervjui, strukturirani intervjui, testovi ličnosti, testovi inteligencije, kognitivni testovi itd. do različitih varijanti MCDM metoda kao što su: AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHEE, COPRAS, VIKOR, ARAS, MOORA, MULTIMOORA, VASPAS, SVARA, EDAS i tako dalje. U ovom radu se predlaže pristup izboru kadrova za poziciju menadžera prodaje u sektoru turizma kroz primenu metoda SVARA i VASPAS. **Rezultati istraživanja:** Ovaj rad daje jedan hibridni pristup, zasnovan na korišćenju SVARA i VASPAS metoda, a predlaže se kao pogodan za izbor kadrova za poziciju menadžera prodaje u sektoru turizma. Pomoću VASPAS metode, a na osnovu mišljenja tri eksperta, određeni su težinski faktori za svaku kategoriju: 1) komunikacione veštine – 0,23, 2) liderske veštine – 0,19, 3) fleksibilnost – 0,17, 4) odlučnost – 0,13, 5) veštine pregovaranja – 0,13, 6) analitičke veštine – 0,08 i 7) doslednost – 0,06. Predloženi pristup se pokazao izuzetno lakim za primenu i upotrebu. Predloženi pristup može se koristiti i za rešavanje problema i u drugim oblastima.
Saridakis, Cooper (2017) Exploring the relationship between HRM and firm performance: A meta-analysis of longitudinal studies. Human resource management review, 27 (1), 87-96.	**Opis istraživanja:** U radu se koriste tehnike meta analize za procenu efekta odnosa između visokih performansi radne prakse i mere učinka zasnovane na dostupnim longitudinalnim studijama. Takođe se ispituje da li je efekat kada je u pitanju kombinacija različitih HPVP ili kod konkretne pojedinačne HPVP, a prati se dejstvo i na operativne performanse, a ne samo na finansijske. **Rezultati istraživanja:** Koristeći meta analizu kako bi se smanjio uticaj greške u uzorkovanju i merenju, nalazi ove studije potvrđuju tvrdnje da HPVP pozitivno utiče na poslovanje firmi i nudi naučnicima osnovu da, koristeći longitudinalne studije, dobiju predikciju povećanja performansi.

Kazimieras Zavadskas et al. (2019) Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM) Techniques for Business Processes Information Management.	**Opis istraživanja:** Upravljanje informacijama postala je uobičajena paradigma modernog odlučivanja. Najveći broj primera u radu odnosi se na višeatributno odlučivanje (MADM), dok se u jednom primeru predlaže pristup interaktivnog multiobjektivnog odlučivanja (MODM). Radovi su uglavnom svrstani u tri oblasti primene: izbor dobavljača, evaluacija i izbor robe ili objekata, i izbor osoblja/partnera. Pretpostavlja se da će veliki broj novih pristupa privući pažnju naučne zajednice. **Rezultati istraživanja:** Posebna pažnja je posvećena intuicionističkoj fuziji operatera ponderisanog usrednjavanja (IFVA) za agregiranje svih mišljenja pojedinaca koji donose odluke – 65% radova odnosilo se na tu stavku. Područja primene predloženih MCDM tehnika uglavnom su pokrile širok dijapazon donošenja odluka, od nabavke robe i usluga do izbora kadrova i njihovog raspoređivanja unutar poslovnog okruženja.

Iz iznetih primera naučnih radova u poglavlju Pregled literature, nameće se zaključak da se (gotovo) u svim radovima kao metodološki okvir za tretiranje ili prikazivanje metode, koristila studija slučaja (*case study*). Miljević (2007) u „Metodologiji naučnog rada“, između ostalog detaljno govori o studiji slučaja kao posebnom naučnom metodu. Prema njegovoj definiciji „predmet istraživanja ovom metodom mogu biti samo celine realnosti koje se u ukupnoj realnosti mogu identifikovati i definisati kao celovite posebnosti u vremenu i prostoru. Na korišćenje studije slučaja kao naučnog metoda, stavljene su mnoge zamerke: nedovoljna valjanost, nepouzdanost, nepodesnost za uopštavanje“, kao posledica niskog stepena standardizovanosti i pripadanja pristupu kvalitativne metodologije umesto pristupa kvantitativne metodologije. Ova zamerka se može prevazići posebnom varijantom studije slučaja, takozvanom mozaik metodom studije slučaja, kojom se dolazi do pogodnog teorijsko-praktičnog modela, posebno kada se radi na nedovoljno ispitanim i novim pojavama. Rezultati takvog istraživanja dozvoljavaju univerzalnije sagledavanje pojava, što je preduslov za potrebno naučno uopštavanje (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019).

Kada je reč o karakteristikama/atributima koje preporučuju nekog kandidata za mesto u radnoj organizaciji turističke privrede (slično je i kod izbora kadrova u drugim oblastima), pominju se: upravljanje efikasnošću, samostalno donošenje odluka, sposobnost interpersonalnog

upravljanja, veštine međunarodne komunikacije, umeće upravljanja konfliktima, komunikaciona znanja i veštine, sposobnosti liderstva, pilagodljivost, odlučnost, veštine medijacije, analitička znanja, doslednost, samosvest, samokontrola, društvena odgovornost, sposobnost za timski rad i dr. (Štilić et al., 2019), (Štilić, Njeguš, 2019). Jasno je da određene grupe naučnika na osnovu svog znanja i metoda preferiraju različite karakteristike za različite profile kadrova: Petkovski, K. (2012), Tesone i Ricci (2012), (Bartram, 2004), (Cherniss et al., 2006), (Daft 1999). Tehnologije i metodologije ispitivanja detaljno su obradili Andersen & Cunningham-Snel (2000), Creswell J. W. (2009), Fajgelj S. (2004), Priivi E, A Kovalainen, (2008).

Kod testova znanja (testovi opšte kulture različitih nivoa, testovi poznavanja prirodnih nauka i tehnologije, društvenih nauka i ekonomije, medijske kulture, stranog jezika, IT, kao i raznovrsne tematske kombinacije), kao i kod testova veština u kojima se kroz specijalna pitanja ili zadatke proverava nivo znanja i osposobljenosti za konkretnu testiranu veštinu – relativno se jednostavno dolazi do evaluacije znanja i/ili veština. Kod psiholoških testova – testova ličnosti – stvari, međutim, stoje drugačije. Pravilnik o standardima i procedurama upotrebe psiholoških mernih instrumenata objavljen u „Službenom glasniku RS“, br. 25/96, 101/05, striktno predviđa da samo psiholog može da vrši i tumači testove iz oblasti psihologije, a tim zakonom je propisan i stepen sertifikacije psihologa za određenu vrstu testa. Tako, na primer, instrumente iz kategorije A mogu da primjenjuju psiholozi sa 180 ESPB, pored diplomiranih psihologa sa 240 ESPB i master psihologa sa 300 ESPB, instrumente iz kategorije B mogu primenjivati psiholozi sa 240 i 300 ESPB, a instrumente iz kategorije C – psiholozi sa 240 i 300 ESPB i sa dodatnom teorijskom i praktičnom edukacijom. Ilustracije radi, testovi tipa ličnost PiE, SLZ i STU pripadaju B kategoriji testova, KOG3 i TRL pripadaju testovima inteligencije kategorije B, a UPPS, test sposobnosti i odnosa prema poslu, spada u kategoriju A (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019).

Velika je verovatnoća da radne organizacije u turističkoj privredi nemaju svog psihologa, te se u tom slučaju mogu obratiti Društvu psihologa Srbije ili drugim licenciranim udruženjima, npr. CEB SHL Talent Measurement Solutions, koja spada u najveće svetske kompanije u oblasti psihometrijske procene.

Čak i kada se dosledno primene sva ova pravila, postoji mogućnost da će ispitanici radije davati poželjne umesto iskrenih odgovora, o čemu svedoči studija Parmač, K. et al. (2014). U tom smislu, metode kao što je *Big five* mateoda daju bolje rezultate, jer su bazirane na (neuro)lingvističkoj analizi i ispitaniku je teško da proceni šta je to poželjan odgovor.

3.2 Pregled literature iz oblasti višekriterijumske metode EDAS

Metoda EDAS, koja je izabrana da bude implementirana u projekat PUZS (poglavlje 2.8) je metoda novijeg datuma, a već je tema zanimljivih naučnih radova. Ubrzo po objavljivanju, 2016. godine nadopunjena je u varijantu *Fuzzy* EDAS, 2018. u *Rough* EDAS, 2019. godine u EDAS+, a 2020. u EDAS++ varijantu. Sledi tabelarni prikaz naučnih jedinica kojima je osnovna tema višekriterijumska metoda EDAS.

Analiza postojećih radova pokazala je da je EDAS metoda pogodna za primenu prilikom rangiranja, da uporedna analiza s drugim starijim metodama višekriterijumske analize koje su duže u upotrebi pokazuje stabilnost merenu Spirmanovim koeficijentom korelacije. Tokom rada u segmentima odvojenog računanja pozitivnog i negativnoig rastojanja od srednje vrednosti, ona može ukazati donosiocu odluka na fluktuaciju vrednosti atributa po kriterijumima i eventualno na zamenu kriterijuma. Prisustvo obe funkcije je korisno za analizu vrednosti atributa po alternativama odnosno kriterijumima. Metoda EDAS, na implicitan način, pruža uvid u strukturu ulaznih podataka.

Tabela 26 Pregled literature iz oblasti EDAS metode

Kahraman C. at al. (2017) Intuitionistic fuzzy EDAS method: an application to solid waste disposal site selection	**Opis istraživanja:** U ovom radu predložena je intuicionistička *fuzzy* EDAS metoda (INF EDAS) sa intervalom vrednovanja koja se zasniva na podacima koji pripadaju skupu neodređenih i nesigurnih. Predložena INF EDAS metoda primjenjuje se u evaluaciji alternativa za izbor lokacije za odlaganje čvrstog otpada. U radu je izvršena analiza osetljivosti da bi se pokazalo kako se dobijaju pouzdane odluke korišćenjem ove metode. **Rezultati istraživanja:** EDAS metoda zahteva manje računanja u odnosu na većinu drugih metoda, a dovodi do istog rezultata prilikom rangiranja alternativa. Ekstenzija EDAS metode zasnovana je na korišćenju trapezoidnog fuzzy broja. Predstavljene su i lingvističke evaluacije intuicionističkim *fuzzy* skupom i aritmetičke operacije nad njima. Predložene su intervalne vrednosti intuicionističkog *fuzzy* EDAS-a. Za EDAS i INF EDAS koriste se različite jednačine rangiranja.

[11] Peng, X., Dai, J., and Yuan, H. (2017) Interval-valued fuzzy soft decision making methods based on MABAC, similarity measure and EDAS	**Opis istraživanja:** Odnedavno se velika pažnja posvećuje intervalnom vrednovanju *fuzzy* metoda i meke optimizacije pri donošenju odluka. Većina trenutnih metoda zavisi od „mekog seta“ tehnika koje obezbeđuju evaulaciju alternativa koje treba rangirati. Takva izborna vrednost uvek ima jednak uslov, a to je da se ne može dobiti optimalna alternativa. Najvažnije od svega, sadašnja procedura donošenja odluka nije u skladu sa načinom na koji donosioci odluka razmišljaju o problemima sa kojima se suočavaju. **Rezultati istraživanja:** U ovom radu inicirana je nova aksiomatska definicija intermedijalne mere *fuzzy* distance i mere sličnosti, koje se izražavaju intervalno i date su u formi *fuzzy* brojeva (IVFN) da bi se onemogućio gubitak informacija i zadržale informacije u što originalnijem obliku. Kasnije u radu se objektivne težine različitih ktiterijuma određuju preko Grey analize, a predložena je i tehnika za određivanje kombinovanih težinskih faktora dobijenih metodama subjektivnog i objektivnog određivanja.
[30] Stanujkic, D. et al, (2017) An extension of the EDAS method based on the use of interval grey numbers measure and level soft set	**Opis istraživanja:** U radu se EDAS metoda opisuje kao jedna od novopredloženih metoda u kojoj je procedura računanja identifikovana kao inovativna i zasnovana na verifikovanom pristupu. Proširenje EDAS metode je usvojeno zbog mogućnosti upotrebe Grey brojeva u matrici odlučivanja i samim operacijama nad podacima izraženim u formi Grey brojeva. **Rezultati istraživanja:** Ovaj rad predstavlja proširenje metode EDAS koja se bazira na upotrebi intervala Grey brojeva. Na ovaj način se primena EDAS metode proširuje na rešavanje problema i donošenje odluka u uslovima neizvesnosti i/ili radu sa nedovoljno poznatim ili nedovoljno preciznim podacima. Na taj način se uticaj metode može preneti, osim sa polja analize i na polje modelovanja i prognoziranja. Predočeni pristup je proveren na poznatom MSDM primeru, a dobijeni rezultati potvrđuju upotrebljivost predloženog pristupa.

Stević Ž. (2018) Integrisani model vrednovanja dobavljača u lancima snabdevanja	**Opis istraživanja:** U ovoj disertaciji autor se bavio većim brojem MCDM tehnika i svaku je obrađivao u tri forme: kao tehniku sa *crisp* brojevima, sa *fuzzy* brojevima i sa *rough* brojevima. U drugom delu rada, većinu teorijski i matematički obrađenih metoda autor je prikazao kroz primere iz oblasti vrednovanja dobavljača. **Rezultati istraživanja:** Kako je ovo prvi do sada pronađen rad u kojem je obrađen *rough* EDAS, čini se da je Stević Ž. autor ovog proširenja EDAS metode. *Rough* (slično *fuzzy*) čini poseban način opisivanja podataka koji je proistekao iz *rough* skupova gde se bilo koja maglovita ideja može opisati setom jasnih brojeva (dva broja koja predstavljaju donju i gornju aproksimaciju objekta unutar klase, unutar univerzuma).
Stević, Ž, et al. (2019) Evaluation of suppliers under uncertainty: a multiphase approach based on fuzzy AHP and fuzzy EDAS	**Opis istraživanja:** Autori ukazuju na to da lanac snabdevanja predstavlja veoma kompleksno polje koje uključuje veliki broj učesnika i da je cilj kompletnog lanca snabdevanja upravo pronalaženje optimalnog aspekta svih učesnika. Da bi se osiguralo optimalno zadovoljenje za sve učesnike, početni fokus je na ispravnoj proceni i izboru dobavljača. U ovoj studiji, izbor dobavljača se posmatra na primeru građevinske kompanije, a zasniva se na primeni višekriterijumskih modela. Težinski koeficijenti su dobijeni DEMATEL (Laboratorija za ispitivanje i ocenjivanje) metodom koja je zasnovana na primeni grubih (rough) brojeva. **Rezultati istraživanja:** U ovom radu, evaluacija i izbor dobavljača izvršeni su na osnovu nove, u ovom radu predstavljene, metode EDAS za rad s *Rough* brojevima. Kao potvrda stabilnosti modela, u cilju uporedne analize, primenjene su i MULTIMOORA i CORPAS metode proširene grubim brojevima. Rezultati su upoređeni i sa grubim MABAC (*Multi Attributive Border Approkimation Area Comparison*) i grubim MAIRCA (*Multi Attributive Ideal-Real Comparative Analisis*). Radi testiranja i analizaranja osetljivosti metode, uzeto je u obzir 18 alternativnih scenarija, a kriterijumi su menjali svoje težine. Spirmanovim koeficijentom korelacije je na kraju testiranja potvrđena stabilnost i konzistentnost predložene metode.

Štilić A. et al (2019) Application of multi-criteria method EDAS in tourism industry candidates' ranking and the introduction of corrective step.	**Opis istraživanja:** Ispitivanje EDAS metode na podacima čiji alternative imaju velike oscilacije vrednosti atributa po kriterijumima, te remodelovanje matematičkog modela u smislu uvođenja novog koraka. **Rezultati istraživanja:** EDAS+ koji predstavlja ekstenziju postojoće EDAS metode i koji može da se upotrebljava u slučajevima velikih raspona vrednosti po nekim kriterijumima uz istovremeno uzak interval vrednosti po nekim drugim kriterijumima.
Ulutaş, A.(2019) Analiza performansi logističkih kompanija sa entropijskim EDAS metodom	**Opis istraživanja:** Ovaj rad se bavi merenjem, evaluacijom uspešnosti logističkih preduzeća. Kako je u pitanju više međusobno suprotstavljenih kriterijuma, ovakav problem je pravi izazov za primenu višekriterijumske analize. **Rezultati istraživanja:** U radu su primenjene dve metode: EDAS za rangiranje logističkih preduzeća (Alışan, Horoz, Mars, Netlog, Omsan i Reysaş) i ENTROPIJA za određivanje težinskih faktora. Definisano je osam kriterijuma: neto prodaja, neto promena, zarada pre kamata, porez, kamata, dobit pre oporezivanja, ukupna aktiva, kapital, izvoz i ljudski resursi. Težinski faktori su imali sledeće vrednosri $w_j = 0{,}089\ 0{,}032\ 0{,}097\ 0{,}112\ 0{,}066\ 0{,}104\ 0{,}260\ 0{,}239$, respektivno u odnosu na kriterijume.
Štilić A.(2020) Novel EDAS++ method: Interval type criteria and extension to EDAS+	**Opis istraživanja:** Ispitivanje načina na koji se može, unutar metode EDAS (EDAS++), odgovoriti na zahtev iz prakse za jednakim (benifitnim ili troškovnim) tretiranjem određenih intervala vrednosti atributa. **Rezultati istraživanja:** Rezultat je EDAS++ u koji su uvedena dva dodatna koraka u matematičkom modelu, a pre svega su definisani intervalni kriterijumi i uspostavljene relacije za transponovanje podataka koji će uzeti u obzir vrednosti u intervalu.

4 Unapređena EDAS metoda

U poglavlju 3.2 dat je pregled literature koja se odnosi na višekriterijumsku metodu EDAS. Poslednje dve jedinice odnose se na ekstenzije metode EDAS u EDAS + i EDAS++.

Numerički primer izložen u radu Štilić i saradnici (2019) pokazuje da kada postoji nesrazmerno veliki raspon vrednosti unutar pojedinih kriterijuma u odnosu na neke druge koji se koriste istovremeno, može doći do problema i favorizacije datog kriterijuma u odnosu na ostale nezavisno od težinskog faktora. Zaključak je da je potrebno izvršiti korekciju metoda i ispitati rezultate nakon testiranja. U tom primeru obrađena je posebna vrsta kandidata i posebna vrsta zapošljavanja. Naime, reč je o regrutaciji kadrova – studenata, koji su diplomirali turizam, a na osnovu dogovora sa potencijalnim poslodavcima – poslovnim subjektima iz oblasti turističke privrede.

Predstavnici privrednih subjekata iz oblasti turističke privrede izrazili su potrebu da podaci o diplomiranim studentima – potencijalno novim zaposlenim – obuhvate i personalne karakteristike kandidata. Da bi se odgovorilo na ovaj zahtev, izabran je kao najbrži i najjednostavniji test ličnost – Velikih 5, *The Big Five Project*. O tome nešto više u poglavlju 5.2.

U numeričkom primeru koji sledi prikazana je primena metode EDAS za rangiranje šest studenata iz baze podataka Visoke turističke škole iz Beogarada.

4.1 Numerički primer za metodu EDAS

Numerički primer za metodu EDAS koji prati sve korake primenjenog matematičkog modela, opisali su Štilić i saradnici (2019, p.66-69):

Korak 1.

Radi pojednostavljenja ilustracije primene metode EDAS, neće biti tretirani svi kriterijumi već sedam osnovnih, formulisanih na osnovu potreba za određenim profilom kandidata koji bi odgovorio zadacima u oblasti turističke privrede i na osnovu dostupnih podataka (ili podataka koji se jednostavno mogu dopuniti). Ovih sedam kriterijuma su: prosečna ocena sa studija („prihodni“ kriterijum), dužina studiranja („rashodni“ kriterijum) i pet kriterijuma koji proističu iz testa ličnosti, tzv. „Velikih 5“: otvorenost ka novom, savesnost, društvena ekstrovertnost, prijatnost, negativne emocije (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019).

Od izabranih pet kriterijuma, očigledno je da prva četiri pripadaju „prihodnim“ kriterijumima, a poslednji – negativne emocije – „rashodnim“ kriterijumima.

Za ovih sedam kriterijuma, predloženi su sledeći težinski faktori: $w_1 = 0{,}4$, $w_2 = 0{,}1$, $w_3 = 0{,}05$, $w_4 = 0{,}1$, $w_5 = 0{,}05$, $w_6 = 0{,}2$ i $w_7 = 0{,}1$.

Za određivanje težina kriterijuma primenjena je Delfi metoda u okviru koje su se usaglašavala mišljenja četiri eksperta. Konsenzus je postignut u trećoj sesiji. Ovog puta, u određivanju težinskih faktora nisu učestvovali predstavnici poslovnih subjekata iz oblasti turističke privrede, što će biti promenjeno u daljem razvoju saradnje u oblasti posredovanja u zapošljavanju diplomiranih studenata Visoke turističke škole (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019).

Korak 2 i korak 3.

Umesto matrice, preglednosti radi, podaci su prikazani tabelarno. Strelica ispred težinskog koeficijenta označava da li su u pitanju benefitni, „prihodni“ (↑) ili „rashodni“ (↓) kriterijumi.

Tabela 27 Tabela odlučivanja sa obračunom suma i proseka po kriterijumu (Štilić et al., 2019)

	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost nekritičnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↓ w_1=0,1
S1	8,6	40	32	85	70	15	42
S2	9,4	44	75	60	42	60	15
S3	8,2	36	40	15	90	75	60
S4	9,2	38	84	26	62	68	38
S5	9,5	36	58	38	83	1	76
S6	7,8	48	94	29	26	89	93
$\sum_{i=1}^{n} x_{i1}$	52,7	242	383	253	373	308	324
x_m^*	8,7833	40,3333	63,8333	42,1667	62,1667	51,3333	54

Korak 4.

Predstavlja formiranje pozitivnog $[PDA_{ij}]_{nxm}$ i negativnog $[NDA_{ij}]_{nxm}$ rastojanja od srednje vrednosti atributa po kriterijumu $[AV_j]_{1xm}$. Vrednosti se izračunavaju na osnovu toga da li su kriterijumi benefitni, „prihodni“ ili „rashodni“, kao što je opisano u matematičkom modelu u 2.3.7.

Tabela 28 PDA pozitivnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić et al., 2019)

d_{ij}^{+}	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↓ w_1=0,1
S1	0	0,0082	0	1,0158	0,1260	0	0,2222
S2	0,0702	0	0,1749	0.423	0	0,1688	0,7222
S3	0	0,1074	0	0	0,4477	0,461	0
S4	0,0474	0,0571	0,3159	0	0	0,3247	0,2963
S5	0,0816	0,1074	0	0	0,3351	0	0
S6	0	0	0,4726	0	0	0,7338	0

Tabela 29 NDA negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić et al., 2019)

d_{ij}^{-}	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↓ w_1=0,1
S1	0,0209	0	0,4987	0	0	0,7078	0
S2	0	0,091	0	0	0.3244	0	0
S3	0,0664	0	0.3734	0,6443	0	0	0,1111
S4	0	0	0	0.3834	0,0027	0	0
S5	0	0	0,0914	0,0988	0	0,9805	0,4074
S6	0,1119	0,1901	0	0.3122	0,5818	0	0,7222

Korak 5.

Sledi formiranje matrica otežanih suma $[SP_i]_{nx1}$ i $[SN_i]_{nx1}$ u kojima elementi predstavljaju rezultat množenja matrica $[PDA_{ij}]_{nxm}$ sa vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$, a zatim i množenje matrice $[NDA_{ij}]_{nxm}$ vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$ (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019).

$$[SP_i]_{nx1} = [PDA_{ij}]_{nxm} \text{ x } [W]_{mx1} = \begin{bmatrix} 0{,}1317 \\ 0{,}1851 \\ 0{,}1253 \\ 0{,}1864 \\ 0{,}0601 \\ 0{,}1704 \end{bmatrix}, \quad (139)$$

što je dobijeno sledećim množenjem:

$$\begin{bmatrix} 0{,}0000 & 0{,}0082 & 0{,}0000 & 1{,}0158 & 0{,}1260 & 0{,}0000 & 0{,}2222 \\ 0{,}0702 & 0{,}0000 & 0{,}1749 & 0{,}423 & 0{,}0000 & 0{,}1688 & 0{,}7222 \\ 0{,}0000 & 0.1074 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}4477 & 0{,}461 & 0{,}0000 \\ 0{,}0474 & 0{,}571 & 0{,}3159 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}3247 & 0{,}2963 \\ 0{,}0816 & 0{,}1074 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}3351 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}4726 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}7338 & 0{,}0000 \end{bmatrix} \text{ x } \begin{bmatrix} 0{,}4 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}2 \\ 0{,}1 \end{bmatrix}$$

$$=$$

$$\begin{bmatrix} 0{,}0000 * 0{,}4 + & 0{,}0082 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 1{,}0158 * 0{,}1 + & 0{,}1260 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}2222 * 0{,}1 \\ 0{,}0702 * 0{,}4 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}1749 * 0{,}05 + & 0{,}423 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}1688 * 0{,}2 + & 0{,}7222 * 0{,}1 \\ 0{,}0000 * 0{,}4 + & 0.1074 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}4477 * 0{,}05 + & 0{,}461 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}0474 * 0{,}4 + & 0{,}5710 * 0{,}1 + & 0{,}3159 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}3247 * 0{,}2 + & 0{,}2963 * 0{,}1 \\ 0{,}0816 * 0{,}4 + & 0{,}1074 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}3351 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}0000 * 0{,}4 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}4726 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}7338 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \end{bmatrix}$$

$$[SN_i]_{nx1} = [NDA_{ij}]_{nxm} \text{ x } [W]_{mx1} = \begin{bmatrix} 0{,}1744 \\ 0{,}0253 \\ 0{,}1207 \\ 0{,}0384 \\ 0{,}2513 \\ 0{,}1943 \end{bmatrix}, \quad (140)$$

što je dobijeno sledećim množenjem:

$$\begin{bmatrix} 0{,}0209 & 0{,}0000 & 0{,}4987 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}7078 & 0{,}0000 \\ 0{,}000 & 0{,}091 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0.3244 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0664 & 0{,}0000 & 0.3734 & 0{,}6443 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}1111 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0.3834 & 0{,}0027 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0914 & 0{,}0988 & 0{,}0000 & 0{,}9805 & 0{,}4074 \\ 0{,}1069 & 0{,}1901 & 0{,}0000 & 0.3122 & 0{,}5818 & 0{,}0000 & 0{,}7222 \end{bmatrix} \text{x} \begin{bmatrix} 0{,}4 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}2 \\ 0{,}1 \end{bmatrix}$$

$$=$$

$$\begin{bmatrix} 0{,}0209 * 0{,}4 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}4987 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}7078 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}000 * 0{,}4 + & 0{,}0910 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0.3244 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}0664 * 0{,}4 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0.3734 * 0{,}05 + & 0{,}6443 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}1111 * 0{,}1 \\ 0{,}0000 * 0{,}4 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0.3834 * 0{,}1 + & 0{,}0027 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}0000 * 0{,}4 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0914 * 0{,}05 + & 0{,}0988 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}9805 * 0{,}2 + & 0{,}4074 * 0{,}1 \\ 0{,}1069 * 0{,}4 + & 0{,}1901 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0.3122 * 0{,}1 + & 0{,}5818 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}7222 * 0{,}1 \end{bmatrix}$$

Korak 6.

Normalizovana $[SP_i]_{nx1}$ se računa kao:

$$[SP_i]_{nx1} = [NSP_i]_{nx1} = \frac{[\text{SP}]_{1xn}}{(\max[\text{SP}_i]_{1xn})} = = \frac{1}{(\max[\text{SP}_i]_{1xn})} * \begin{bmatrix} 0{,}1317 \\ 0{,}1851 \\ 0{,}1253 \\ 0{,}1864 \\ 0{,}0601 \\ 0{,}1704 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}7065 \\ 0{,}9930 \\ 0{,}6722 \\ 1 \\ 0.3224 \\ 0{,}9142 \end{bmatrix} \quad (141)$$

Normalizovana $[SN_i]_{nx1}$ se računa kao:

$$[SN_i]_{nx1} = [NSN_i]_{nx1} = 1 - \frac{[\text{SN}_i]_{nx1}}{(\max[\text{SN}_i]_{nx1})} = = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{(\max[\text{SN}_i]_{nx1})} \begin{bmatrix} 0{,}1744 \\ 0{,}0253 \\ 0{,}1207 \\ 0{,}0384 \\ 0{,}2513 \\ 0{,}1943 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}3060 \\ 0{,}8993 \\ 0{,}5917 \\ 0{,}8472 \\ 0 \\ 0{,}2268 \end{bmatrix} \quad (142)$$

Korak 7 i korak 8.

Radi preglednosti, vektori su prikazani u formi tabele (jednodimenzionalne matrice) SP_i, SN_i, NSP_i, NSP_i i jednodimenzionalna matrica proračuna procene – AS_i , čiji se elementi dobijaju korišćenjem sledeće formule (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019):

$$as_i = \frac{1}{2}(nsp_i + nsn_i) \quad (143)$$

Tabela 30 Rezultati koraka 5, 6, 7 i 8 (Štilić et al., 2019, pp.67-69)

	sp_i	sn_i	nsp_i	nsn_i	$as_i = \frac{1}{2}\ (nsp_i + nsn_i)$	rang
SS1	0,1317	0,1744	0,7065	0,3060	0,50625	5
SS2	0,1851	0,0253	0,9930	0,8993	0.94615	1
SS3	0,1253	0,1207	0,6722	0,5917	0,63195	3
SS4	0,1864	0,0384	1	0,8472	0,9236	2
SS5	0,0601	0,2513	0,3224	0	0,1612	6
SS6	0,1704	0,1943	0,9142	0,2268	0,5705	4

4.2 EDAS+ kao rešenje

U numeričkom primeru iz poglavlja 4.1 uočen je problem kada postoji veliki raspon u vrednostima atributa po jednom kriterijumu uz istovremeno male raspone vrednosti po drugim kriterijumima. Iako se metod zasniva na računanju pozitivnog PDA i negativnog NDA rastojanja od srednje vrednosti a po svakom kriterijumu, veliki raspon koji nije samo teoijski već se dešava i u iznetom numeričkom primeru, dovodi do toga da se alternative s velikim rasponom atributa po datom kriterijumu favorizuju ili potcenjuju neuporodivo više nego što to je to slučaj sa težinskim faktorima (Štilić et al., 2019, p.70-74).

Jedan od koraka u EDAS metodi je normalizacija podataka (korak 6). Svrha ove normalizacije nije uporedivost podataka, već način svođenja vrednosti u opseg intervala $[0,1]$.

Korigovana EDAS+ metoda predstavljena je u radu u kome je dato rešenje za prevazilaženje uočenog problema kod određene vrste velikog raspona vrednosti atributa (Štilić et al., 2019):

Kako bi se prevazišli navedeni problemi, predložena je dopuna metode EDAS kroz korak 2-a, nakon formiranja kriterijuma i matrice odlučivanja sledi normalizacija korektnim preslikavanjem ili složena linearna normalizacija. Kako se prilikom normalizacije vodi računa o kriterijumima „prihodnog“ i „rashodnog“ tipa, u predloženoj dopuni metode EDAS ovo se neće

uzimati u obzir i podaci će se preslikavati kao da su u pitanju kriterijumi „prihodnog“ tipa, jer sama metoda ima svoje optimizacione segmente u kojima se maksimiraju funkcije kriterijuma „prihodnog“, a minimiziraju funkcije kriterijuma „troškovnog“ tipa.

Korak 1 – isti kao u poglavlju 4.1.

Korak 2 i korak 3

Tabela 31 (Tabela 27) Tabela (matrica) odlučivanja sa obračunom suma i proseka po kriterijumu (Štilić et al., 2019)

	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost nekritičnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↓ w_1=0,1
S1	8,6	40	32	85	70	15	42
S2	9,4	44	75	60	42	60	15
S3	8,2	36	40	15	90	75	60
S4	9,2	38	84	26	62	68	38
S5	9,5	36	58	38	83	1	76
S6	7,8	48	94	29	26	89	93
$\sum_{i=1}^{n} x_{i1}$	52,7	242	383	253	373	308	324
x_m^*	8,7833	40,3333	63,8333	42,1667	62,1667	51,3333	54

Tabela 32 Tabela (matrica) odlučivanja sa normalizovanim vrednostima metodom korektnog preslikavanja i sa obračunom suma i proseka po kriterijumu (Štilić et al., 2019)

	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost nekritičnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↓ w_1=0,1
S1	0,4706	0,3333	0	1	0,6875	0,1590	0,3461
S2	0,9412	0,6666	0,6935	0,6429	0,2500	0,6704	0
S3	0,2353	0	0,1290	0	1	0,8401	0,5769
S4	0,8235	0,25	0,8387	0,1571	0,5625	0,7613	0,2949
S5	1	0	0,2930	0,3286	0.8906	0	0,7820
S6	0	1	1	0,2000	0	1	1
$\sum_{i=1}^{n} x_{i1}$	3,4706	2,2429	2,9542	1,6857	3,3906	3,4308	2,9999
x_m^*	0,5784	0,3750	0,4924	0,2809	0,5651	0,5718	0,4999

Već samim poređenjem Tabele 31 (27) i Tabele 32, uočljivo je da su rasponi intervala između različitih kriterijuma ujednačeni, a da je zadržan relativan odnos vrednosti unutar samog kriterijuma i unutar svih elemenata matrice odlučivanja.

Normalizacija je dobijena primenom metode korektnog preslikavanja (Marković, 2007) korišćenjem samo oblika koji se odnosi na kriterijume „prihodnog“ tipa (Štilić et al., 2019; Štilić & Njeguš, 2019):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^+ - x_j^-} \quad i = 1, 2... m; \; j = 1, 2... n \tag{144}$$

EDAS metoda ima u sebi ugrađene elemente optimizacije u smislu maksimiranja funkcija „prihodnog“ tipa i minimizovanja funkcija „rashodnog“ tipa. Ideja nije bila da se suštinski redizajnira kvalitetna i koherentna metoda kao što je EDAS, već da se uvede početni korak 2-a koji obezbeđuje primenjivost u uslovima velikog raspona između vrednosti atributa po pojedinim kriterijumima uz istovremeno prisustvo malih raspona vrednosti po drugim kriterijumima.

Korak 4.

Tabela 33 PDA pozitivnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štili et al., 2019)

d_{ij}^{+}	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↓ w_1=0,1
S1	0	0,1112	0	2,56	0,2166	0	0,3059
S2	0,6272	0	0,4084	1,2887	0	0,1724	1
S3	0	1	0	0	0,7696	0,4692	0
S4	0,4237	0,3333	0,703	0	0	0,3314	0,4101
S5	0,7289	1	0	0,1698	0,5760	0	0
S6	0	0	1,0308	0	0	0,7489	0

Tabela 34 NDA negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štili et al., 2019)

d_{ij}^{-}	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↓ w_1=0,1
S1	0,1864	0	1	0	0	0,7219	0
S2	0	0,7776	0	0	0,5576	0	0
S3	0,5932	0	0,7380	1	0	0	0,1540
S4	0	0	0	0,4407	0,0046	0	0
S5	0	0	0,4049	0	0	1	0,5643
S6	1	1,6667	0	0,2880	1	0	1,0004

Korak 5.

Sledi formiranje matrica otežanih suma $[SP_i]_{nx1}$ i $[SN_i]_{nx1}$, u kojima elementi predstavljaju rezultat množenja matrica $[PDA_{ij}]_{nxm}$ sa vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$, a zatim i množenje matrice $[NDA_{ij}]_{nxm}$ vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$.

$$[SP_i]_{nx1} = \left[PDA_{ij}\right]_{nxm} \text{ x } [W]_{mx1} = \begin{bmatrix} 0{,}3085 \\ 0{,}5346 \\ 0{,}2323 \\ 0{,}3042 \\ 0{,}6965 \\ 0{,}2013 \end{bmatrix} \quad (145)$$

što je dobijeno sledećim množenjem:

$$\begin{bmatrix} 0{,}0000 & 0{,}1112 & 0{,}0000 & 2{,}5600 & 0{,}2166 & 0{,}0000 & 0{,}3059 \\ 0{,}6272 & 0{,}0000 & 0{,}4084 & 1{,}2887 & 0{,}0000 & 0{,}1724 & 1{,}0000 \\ 0{,}0000 & 1{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}7696 & 0{,}4692 & 0{,}0000 \\ 0{,}4237 & 0{,}3333 & 0{,}7030 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}3314 & 0{,}4101 \\ 0{,}7289 & 1{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}1698 & 0{,}5760 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 1{,}0308 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}7489 & 0{,}0000 \end{bmatrix} \text{ x } \begin{bmatrix} 0{,}4 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}2 \\ 0{,}1 \end{bmatrix}$$

=

$$\begin{bmatrix} 0{,}0000 * 0{,}4 + & 0{,}1112 * 01 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 2{,}5600 * 0{,}1 + & 0{,}2166 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}3059 * 0.1 \\ 0{,}6272 * 04 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}4084 * 0{,}05 + & 1{,}2887 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}1724 * 0{,}2 + & 1{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}0000 * 0{,}4 + & 1{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}7696 * 0{,}05 + & 0{,}4692 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}4237 * 0{,}4 + & 0{,}3333 * 0{,}1 + & 0{,}7030 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}3314 * 0{,}2 + & 0{,}4101 * 0{,}1 \\ 0{,}7289 * 0{,}4 + & 1{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}1698 * 0{,}1 + & 0{,}5760 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \\ 0{,}0000 * 0{,}4 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 1{,}0308 * 0{,}05 + & 0{,}0000 * 0{,}1 + & 0{,}0000 * 0{,}05 + & 0{,}7489 * 0{,}2 + & 0{,}0000 * 0{,}1 \end{bmatrix}$$

$$[SN_i]_{nx1} = \left[NDA_{ij}\right]_{nxm} \text{ x } [W]_{mx1} = \begin{bmatrix} 0{,}2689 \\ 0{,}1056 \\ 0{,}3896 \\ 0{,}0443 \\ 0{,}2767 \\ 0{,}7455 \end{bmatrix} \quad (146)$$

1
što je dobijeno sledećim množenjem:

$$\begin{bmatrix} 0{,}1864 & 0{,}0000 & 1{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}7219 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}7776 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}5576 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}5932 & 0{,}0000 & 0{,}7380 & 1{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}1540 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}4407 & 0{,}0046 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}4049 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 1{,}0000 & 0{,}5643 \\ 1{,}0000 & 1{,}6667 & 0{,}0000 & 0{,}2880 & 1{,}0000 & 0{,}0000 & 1{,}0004 \end{bmatrix} \text{ x } \begin{bmatrix} 0{,}4 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}1 \\ 0{,}05 \\ 0{,}2 \\ 0{,}1 \end{bmatrix}$$

=

$$\begin{bmatrix} 0{,}1864*0{,}4+ & 0{,}0000*0{,}1+ & 1{,}0000*0{,}05+ & 0{,}0000*0{,}1+ & 0{,}0000*0{,}05+ & 0{,}7219*0{,}2+ & 0{,}0000*0{,}1 \\ 0{,}0000*0{,}4+ & 0{,}7776*0{,}1+ & 0{,}0000*0{,}05+ & 0{,}0000*0{,}1+ & 0{,}5576*0{,}05+ & 0{,}0000*0{,}2+ & 0{,}0000*0{,}1 \\ 0{,}5932*0{,}4+ & 0{,}0000*0{,}1+ & 0{,}7380*0{,}05+ & 1{,}0000*0{,}1+ & 0{,}0000*0{,}05+ & 0{,}0000*0{,}2+ & 0{,}1540*0{,}1 \\ 0{,}0000*0{,}4+ & 0{,}0000*0{,}1+ & 0{,}0000*0{,}05+ & 0{,}4407*0{,}1+ & 0{,}0046*0{,}05+ & 0{,}0000*0{,}2+ & 0{,}0000*0{,}1 \\ 0{,}0000*0{,}4+ & 0{,}0000*0{,}1+ & 0{,}4049*0{,}05+ & 0{,}0000*0{,}1+ & 0{,}0000*0{,}05+ & 1{,}0000*0{,}2+ & 0{,}5643*0{,}1 \\ 1{,}0000*0{,}4+ & 1{,}6667*0{,}1+ & 0{,}0000*0{,}05+ & 0{,}2880*0{,}1+ & 1{,}0000*0{,}05+ & 0{,}0000*0{,}2+ & 1{,}0004*0{,}1 \end{bmatrix}$$

Korak 6.

Normalizovana $[SP_i]_{nx1}$ se izračunava kao:

$$[SP_i]_{nx1} = [NSP_i]_{nx1} = \frac{[SP]_{1xn}}{(\max[SP_i]_{1xn})} = \frac{1}{(\max[SP_i]_{1xn})} * \begin{bmatrix} 0{,}3085 \\ 0{,}5346 \\ 0{,}2323 \\ 0{,}3042 \\ 0{,}6965 \\ 0{,}2013 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}4429 \\ 0{,}7675 \\ 0{,}3335 \\ 0{,}4367 \\ 1 \\ 0{,}2890 \end{bmatrix} \quad (147)$$

Normalizovana $[SN_i]_{nx1}$ se izračunava kao:

$$[SN_i]_{nx1} = [NSN_i]_{nx1} = 1 - \frac{[SN_i]_{nx1}}{(\max[SN_i]_{nx1})} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{(\max[SN_i]_{nx1})} \begin{bmatrix} 0{,}2689 \\ 0{,}1056 \\ 0{,}3896 \\ 0{,}0443 \\ 0{,}2767 \\ 0{,}7455 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}6393 \\ 0{,}8583 \\ 0{,}4774 \\ 0{,}9406 \\ 0{,}6288 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (148)$$

Korak 7 i korak 8.

Tabela 35 Rezultati koraka 5, 6, 7 i 8 (Štilić et al., 2019)

	sp_i	sn_i	nsp_i	nsn_i	$as_i = \frac{1}{2}(nsp_i + nsn_i)$	rang
SS1	0,3085	0,2689	0,4429	0,6393	0,5411	4
SS2	0,5346	0,1056	0,7675	0,8583	0.8116	2
SS3	0,2323	0,3896	0,3335	0,4774	0,4054	5
SS4	0,3042	0,0443	0,4367	0,9406	0,6886	3
SS5	0,6965	0,2767	1	0,6288	0,8144	1
SS6	0,2013	0,7455	0,2890	0	0,1445	6

Rangiranje primenom koraka 2-a sasvim je drugačije nego korišćenje originalne metode EDAS, što je dalo očekivane (dobre) rezultate. Ovo je verovatno najbolji način rešavanja problema u slučajevima kada postoje velike razlike u rasponu vrednosti između pojedinih kriterijuma.

Primenom EDAS+ metodeizbegava se veštačko favorizovanje/potcenjivanje podataka na osnovu kritetrijuma sa velikim rasponom vrednosti atributa uz istovremeno postojanje malog raspona vrednosti atributa po drugim kriterijumima.

4.3 EDAS++ kao druga ekstenzija modela EDAS

4.3.1 Zahtevi iz prakse - intervalni kriterijum kao odgovor

U poglavlju 5 biće više reči o projektu PUZS i njegovoj implementaciji, a na ovom mestu bitno je istaći jedan detalj na koji se nije računalo u procesu formiranja ankete u kojoj su učestvovali poslodovci iz turističke privrede Srbije, a tiče se nekih parametara kao što su dužina studija ili prosečna ocena. Naime, donisoci odluke (poslodavci i/ili menadžeri) dali su odgovore na pitanja u anketi na način na koji je od njih traženo, ali su ispod elektronske ankete dopisivali komentare da im je svejedno da li neko ima prosek 9,00 ili 10,00 i da li je studirao tri godine (koliko je predviđeno trajanje studija na Visokoj turističkoj školi) ili četiri godine. Uz šaljive opaske, čak bi i izbegli nekoga s prosekom 10,00 jer bi njegova očekivanja od turizma bila neopravdano velika. Tako je i nastala potreba da se uvedu i jednako poželjni ili jednako nepoželjni parametri koji grade intervale, a sledećim anketnim krugom je definisano koje su zadovoljavajuće granice intervala kada su u pitanju podaci za rangiranje studenata – kandidata za rad u turističkoj privredi.

4.3.2 EDAS++ KAO ODGOVOR

4.3.2.1 Kriterijumski intervali

U EDAS++ metodi (Štilić, 2020) uvedeni su i novi načini vrednovanja alternativa, po osnovu zadatih kriterijuma:

Kod kriterijumskih intervala tipa 1 i 2, akcenat je na intervalu unutar koga su sve vrednosti kriterijumske funkcije identično vrednovane, odnosno invarijantne. Tu se, takođe, razlikuju benefitni i nebenefitni kriterijumi i način optimizacije (Štilić, 2020).

Sledeću grupu čine intervalni kriterijumi tipa 3 i 4 koji se na osnovu svojih vrednosti grupišu u željeni interval, dok se vrednosti iznad donje granice intervala posmatraju kao predmet maksimiranja, a vrednosti ispod vrednosti intervala kao predmet minimizacije. U četvrtoj grupi, vrednosti u intervalu su invarijantne, vrednosti iznad gornje granice intervala posmatraju se kao predmet minimizacije, a vrednosti ispod vrednosti intervala kao predmet maksimizacije, (Štilić, 2020).

Uvođenje intervalinih kriterijuma ili kriterijuma po kojima alternative imaju optimalnu vrednost zadatu intervalom, ne isključuje postojanje klasičnih kriterijuma/kriterijumskih funkcija koje nisu obuhvaćene intervalnim kriterijumom. Kako se u EDAS metodi obračuni vrše po svakom pojedinačnom kriterijumu, uvođenje intervalnog kriterijuma i način obračuna ne menja suštinu same EDAS metode, jer su sve specifičnosti rešene u trećem koraku matematičkog modela posebnim preslikavanjem po svakoj vrsti inetrvalnih kriterijuma (Štilić, 2020).

Kod kriterijuma intervalnog tipa 1 (benefitna kriterijumska funkcija) vrednosti unutar intervala su invarijantne (imaju isti značaj), što se postiže dodeljivanjem vrednosti gornje granice inetrvala svakom atributu, dok se ostale vrednosti ispod ili iznad ovog intervala tretiraju kao kod benefitnih kriterijuma (treba ih maksimirati). Kako bi željeni interval bio favorizovan, vrednosti atributa iznad intervala se preslikavaju u srednju vrednost intervala (Štilić, 2020).

Kod kriterijuma intervalnog tipa 2 (nebenefitna kriterijumska funkcija) važi sve kao kod kriterijuma intervalnog tipa 1 osim što se vrednostima unutar intervala dodeljuje vrednost donje granice intervala, a atributi čija je vrednost ispod donje granice dobijaju vrednost srednje vrednosti intervala, te se zapravo minimizacija odnosi samo na vrednosti iznad (gornje) granice intervala (Štilić, 2020).

Kod kriterijuma intervalnog tipa 3, vrednosti unutar intervala su invarijantne (imaju isti značaj), vrednosti iznad ovog intervala se tretiraju kao kod benefitnih kriterijuma (treba ih maksimirati), a vrednosti ispod ovog intervala se tretiraju kao kod nebenefitnih kriterijuma (treba ih minimizirati). Ovo se postiže tako što se u fazi preslikavanja osnovne matrice odlučivanja, argumentima koji su u opsegu zadatog intervala dodeljuje srednja vrednost granica intervala, vrednosti atributa čija je vrednost veća od gornje granice intervala ostaju nepromenjeni, a vrednosti atributa koje su ispod donje granice zadatog intervala bivaju zamenjene invertnom vrednošću (Štilić, 2020).

Kod kriterijuma intervalnog tipa 4 vrednosti unutar intervala su invarijantne (imaju isti značaj), vrednosti iznad ovog intervala se tretiraju kao kod nebenefitnih kriterijuma (treba ih minimizirati), a vrednosti ispod ovog intervala se tretiraju kao kod benefitnih kriterijuma (treba ih maksimirati). Ovo se postiže tako što se u fazi preslikavanja osnovne matrice odlučivanja argumentima koji su u opsegu zadatog intervala dodeljuje srednja vrednost granica intervala, argumenti čija je vrednost veća od gornje granice intervala bivaju zamenjeni invertovanom vrednošću, a argumenti čija je vrednost ispod donje granice zadatog intervala ostaju nepromenjeni (Štilić, 2020) .

Uvođenje inverznih vrednosti kod intervalnih kriterijuma 3 i 4 rešava problem dvosmerne optimizacije po istom kriterijumu, te se oni u daljem računanju tretiraju kao benefitni, jer je proces minimizacije sproveden na opisan način (Štilić, 2020).

Intervalni kriterijumi opisani na ovaj način imaju i svoju matematički prikaz unutar matematičkog modela metode EDAS (EDAS+). Pravila za preslikavanje podataka, kako bi bili zadovoljeni zahtevi intervalnih kriterijuma, izloženi su u trećem koraku, ali se pravila intervalnog preslikavanja mogu primeniti i u bilo kom drugom metodu/modelu, pre početne normalizacije podataka. U ovom konkretnom slučaju, matematički model preslikavanja podataka po pravilima intervalnih kriterijuma je implementiran u matematički model EDAS+ metode (korak 3), čime je dobijena nova ekstenzija – EDAS++ metoda.

4.3.2.2 Matematički model EDAS++

Korak 1.

Definisanje ključnih kriterijuma, težinskih faktora za kriterijume i alternativa za rešavanje problema višekriterijumske analize.

Korak 2.

Formiranje matrice odlučivanja

$$\mathrm{X} = \left[X_{ij}\right]_{nxm} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \tag{149}$$

Korak 3.

Preslikavanje matrice X na matricu Q vrši se u zavisnosti od vrste kriterijuma.

Kod klasičnih benefitnih i nebenefitnih kriterijuma, kao i kod posebno nespecifiranih uslova kriterijumskih intervala preslikavanje se vrši na sledeći način: vrednost atributa $x_{i,j} \rightarrow q_{i,j}$ tako što je $q_{i,j} = x_{i,j}$.

Kod svih opisanih intervalnih kriterijuma (tipovi 1–4), preslikavanje se vrši na sledeći način: najpre se uoče krajnje tačke optimalnog intervala [a, b], koji je određen s dva realna broja a, b: a ≤ b, a koji čine sve $x_{i,j} \in$ R, za koje vredi a ≤ $x_{i,j}$ ≤ b, a zatim se izračunava srednja vrednost intervala, m:

$$[a, b] = \{x_{i,j} \in R \mid a \leq x_{i,j} \leq b\} \quad (150)$$

$$m = \frac{a+b}{2} \quad (151)$$

U sledećoj tabeli izložena su pravila preslikavanja:

Tabela 36 Pravila preslikavanja intervalnih kriterijuma 1-4 podaci iz tabele:(Štilić, 2020)

Pravila preslikavanja za intervalne kriterijume tipa 1-4	
intervalni kriterijum tipa 1	$x_{i,j} \in [a, b] \rightarrow q_{i,j} = b$, za $x_{i,j} > b \rightarrow q_{i,j} = m$
intervalni kriterijum tipa 2	$x_{i,j} \in [a, b] \rightarrow q_{i,j} = a$, za $x_{i,j} < a \rightarrow q_{i,j} = m$
intervalni kriterijum tipa 3	$x_{i,j} \in [a, b] \rightarrow q_{i,j} = m$, za $x_{i,j} < a \rightarrow q_{i,j} = \frac{1}{x_{i,j}}$
intervalni kriterijum tipa 4	$x_{i,j} \in [a, b] \rightarrow q_{i,j} = m$, za $x_{i,j} > b \rightarrow q_{i,j} = \frac{1}{x_{i,j}}$

Kod klasičnih kritrijuma i kod kriterijumskih intervala tipa 1 i 2, kriterijumske funkcije su benefitne i nebenefitne i optimizacija se vrši u narednim koracima procedure. Kriterijumski intervali 3 i 4 imaju u sebi elemente benefitnih i nebenefitnih funkcija, pa se procesi maksimizacije i minimizacije dešavaju tokom samog preslikavanja, a u daljim procedurama se ove vrste intervalnih kriterijuma vode kao benefitne kriterijumske funkcije (Štilić, 2020).

Korak 4.

Prikazani postupak je osnova proširenja originalne EDAS metode u EDAS+. On podrazumeva normalizaciju matrice odlučivanja primenom metode korektnog preslikavanja (Puška, 2013), (Marković, 2007) korišćenjem samo oblika koji se odnosi na kriterijume „benefitnog" tipa:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^+ - x_j^-} \quad \text{i} = 1, 2... \text{ m}; \ \text{j} = 1, 2... \text{ n}, \tag{152}$$

jer originalna metoda EDAS u daljim koracima ima ugrađene elemente optimizacije u smislu maksimiranja funkcija „prihodnog" tipa i minimizovanja funkcija „rashodnog" tipa.
Na ovaj način se dobija normalizovana matrica odlučivanja na osnovu početne matrice (Štilić, 2020).

$$\text{R} = [R_{ij}]_{nxm} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2m} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \tag{153}$$

Korak 5.

Određivanje prosečnog rešenja po svakom kriterijumu posebno

$$\text{AV} = [AV_j]_{1xm} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} x_{i1}}{n} \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{i2}}{n} \dots \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{im}}{n}\right] = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*] \tag{154}$$

Korak 6.

Formiranje matrice $[PDA_{ij}]_{nxm}$, gde elementi matrice predstavljaju pozitivno rastojanje od $[AV_j]_{1xm}$ (oznaka elementa te matrice je d_{ij}^+) i matrice $[NDA_{ij}]_{nxm}$, gde elementi matrice predstavljaju negativno rastojanje od $[AV_j]_{1xm}$ (oznaka elementa te matrice je d_{ij}^-). Elementi matrica $[PDA_{ij}]_{nxm}$ i $[NDA_{ij}]_{nxm}$ računaju se, u zavisnosti od toga da li su kriterijumi „prihodni" ili „rashodni", na sledeći način (Štilić et al., 2019; Štilić, 2020).

$$d_{ij}^+ = \begin{cases} \frac{max\left(0,\left(x_{ij} - x_j^*\right)\right)}{x_j^*} & ; \text{j} \in \Omega_{max} \\ \frac{max\left(0,\left(x_j^* - x_{ij}\right)\right)}{x_j^*} & ; \text{j} \in \Omega_{min} \end{cases}, \tag{155}$$

gde Ω_{max} predstavlja grupu „prihodnih“ kriterijuma, a Ω_{min} grupu „rashodnih“ kriterijuma

$$d_{ij}^{-} = \begin{cases} \frac{max\left(0,\left(x_j^* - x_{ij}\right)\right)}{x_j^*} & ; j \in \Omega_{max} \\ \frac{max\left(0,\left(x_{ij} - x_j^*\right)\right)}{x_j^*} & ; j \in \Omega_{min} \end{cases} \quad (156)$$

Korak 7.

Formiranje jednodimenzionalnih matrica otežanih suma $[SP_i]_{nx1}$ i $[SN_i]_{nx1}$ u kojima elementi predstavljaju rezultat množenja matrica $[PDA_{ij}]_{nxm}$ i $[NDA_{ij}]_{nxm}$ sa vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$(Štilić et al., 2019; Štilić, 2020).

Korak 8.

Normalizacija jednodimenzionalnih matrica $[SP_i]_{nx1}$ i $[SN_i]_{nx1}$ vrši se na sledeći način (Štilić et al., 2019), (Štilić, 2020):

Normalizovana $[SP_i]_{nx1}$ označava se kao $[NSP_i]_{nx1}$

$$[NSP_i]_{nx1} = \frac{[SP_i]_{nx1}}{(max[SP_i]_{nx1})} = \frac{1}{(max[SP_i]_{nx1})} * [SP_i]_{nx1} \quad (157)$$

Normalizovana $[SN_i]_{nx1}$ označava se kao $[NSN_i]_{nx1}$

$$[NSN_i]_{nx1} = 1 - \frac{[SN_i]_{nx1}}{(max[SP_i]_{nx1})} = 1 - \frac{1}{(max[SP_i]_{nx1})} * [SN_i]_{nx1} \quad (158)$$

Korak 9.

Formiranje vektora (jednodimenzionalne matrice) proračuna procene $[AS_i]_{nx1}$ čiji se elementi dobijaju korišćenjem sledeće formule (Štilić et al., 2019; Štilić, 2020):

$$as_i = \frac{1}{2}(nsp_i + nsn_i), \quad (159)$$

gde su: as_i elementi $[AS_i]_{nx1}$, nsp_i elementi $[NSP_i]_{nx1}$, a nsn_i elementi $[NSN_i]_{nx1}$.

Korak 10.

Ovo je završni korak u kom je dobijeno onoliko AS_i proračuna procene koliko ima alternativa (n), gde je $0 \leq AS_i \leq 1$. Alternativa s najvećim AS_i jeste najbolje rangirana alternativa.

4.3.2.3 Numerički primer EDAS++

U ovom primeru je prikazana primena metode EDAS na rangiranje šest diplomiranih studenata (izabranih nasumično iz baze podataka studenata). Korišćen je isti primer sa istim numeričkim vrednostima kao u radu (Štilić et. al, 2019; Štilić, 2020) kako bi se mogao napraviti uporedni pregled rezultata rangiranja bez korišćenja i sa korišćenjem nekih od tipova intrvalnih kriterijuma predstavljenih u radovima Štilić et al., 2019; Štilić, 2020.

Numerički primer izložen je u (Štilić, 2020):

Korak 1 Definisanje kriterijuma i težinskih faktora

Sedam kriterijuma na osnovu kojih se vrši rangiranje studenata u ovom radu su: prosečna ocena sa studija („prihodni" kriterijum), dužina studiranja („rashodni" kriterijum) i pet kriterijuma koji proističu iz testa ličnosti, pod imenom Velikih 5. Test Velikih 5 poznat je i pod nazivom OCEAN po početnim slovima osobina koje se testiraju: otvorenost ka novim idejama (*Openness*), savesnost (*Conscientiousness*), društvena ekstrovertnost (*Extraversion*), prijatnost (*Agreeableness*) i negativne emocije (*Neuroticism*). Od ovih pet kriterijuma, očigledno je da prva četiri pripadaju „prihodnim" kriterijumima, a poslednji – negativne emocije – „rashodnim" kriterijumima (Štilić et al., 2019; Štilić, 2020).

Za ovih sedam kriterijuma, zadržani su sledeći težinski faktori: $w_1 = 0{,}4$, $w_2 = 0{,}1$, $w_3 = 0{,}05$, $w_4 = 0{,}1$, $w_5 = 0{,}05$, $w_6 = 0{,}2$ i $w_7 = 0{,}1$ (Štilić & Njeguš, 2019).

Za razliku od prethodnog rada, uvedeni su intervalni kriterijumi:

Kriterijum prosečne ocene spada u intervalni kriterijum tipa 1 s opsegom vredosti $[8{,}5\ ,\ 10]$, kriterijum dužine studiranja spada u intervalni kriterijum tipa 2 s opsegom vredosti $[36\ ,\ 40]$ i kriterijum negativne emocije spada u intervalni kriterijum tipa 4, s opsgom vrednosti $[30\ ,\ 60]$.

Korak 2 Formiranje matrice odlučivanja

$$\mathrm{X} = [X_{ij}]_{nxm} = \begin{bmatrix} x_{11}\ x_{12}\ x_{13}\ \dots x_{1m} \\ x_{21}\ x_{22}\ x_{23}\ \dots x_{2m} \\ x_{31}\ x_{32}\ x_{33}\ \dots x_{3m} \\ \dots\ \dots\ \dots\ \dots\ \dots \\ x_{n1}\ x_{n2}\ x_{n3}\ \dots x_{nm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8{,}6\ 40\ 32\ 85\ 70\ 15\ 42 \\ 9{,}4\ 44\ 75\ 60\ 42\ 60\ 15 \\ 8{,}2\ 36\ 40\ 15\ 90\ 75\ 60 \\ 9{,}2\ 38\ 84\ 26\ 62\ 68\ 38 \\ 9{,}5\ 36\ 58\ 38\ 83\ 1\ 76 \\ 7{,}8\ 48\ 94\ 29\ 26\ 89\ 93 \end{bmatrix} \quad (160)$$

Korak 3 Preslikavanje

Preslikavanje matrice X na matricu Q vrši se prema pravilima datim u tabeli 36.

U ostalim slučajevima važi pravilo: $x_{i,j} \rightarrow q_{i,j}$ odnosno $q_{i,j} = x_{i,j}$

X → Q:

$$\begin{bmatrix} 8{,}6 & 40 & 32 & 85 & 70 & 15 & 42 \\ 9{,}4 & 44 & 75 & 60 & 42 & 60 & 15 \\ 8{,}2 & 36 & 40 & 15 & 90 & 75 & 60 \\ 9{,}2 & 38 & 84 & 26 & 62 & 68 & 38 \\ 9{,}5 & 36 & 58 & 38 & 83 & 1 & 76 \\ 7{,}8 & 48 & 94 & 29 & 26 & 89 & 93 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 10 & 36 & 32 & 85 & 70 & 15 & 45 \\ 10 & 44 & 75 & 60 & 42 & 60 & 15 \\ 8{,}2 & 36 & 40 & 15 & 90 & 75 & 45 \\ 10 & 36 & 84 & 26 & 62 & 68 & 45 \\ 10 & 36 & 58 & 38 & 83 & 1 & 0{,}013 \\ 7{,}8 & 48 & 94 & 29 & 26 & 89 & 0{,}010 \end{bmatrix} \quad (161)$$

Korak 4 Normalizacija

$$Q \rightarrow R\,;\ r_{ij} = \frac{q_{ij} - q_j^-}{q_j^+ - q_j^-} \quad i = 1, 2 \ldots m;\ j = 1, 2 \ldots n \quad (162)$$

$$\begin{bmatrix} 10 & 36 & 32 & 85 & 70 & 15 & 45 \\ 10 & 44 & 75 & 60 & 42 & 60 & 15 \\ 8{,}2 & 36 & 40 & 15 & 90 & 75 & 45 \\ 10 & 36 & 84 & 26 & 62 & 68 & 45 \\ 10 & 36 & 58 & 38 & 83 & 1 & 0{,}013 \\ 7{,}8 & 48 & 94 & 29 & 26 & 89 & 0{,}010 \end{bmatrix} \rightarrow$$

Tabela 37 Tabelarni prikaz matrice odlučivanja nakon normalizacije (Štilić, 2020)

1	0	0	1	0,6875	0,1590	1
1	0,666	0,6935	0,6429	0,2500	0,6704	0,334
0,181	0	0,1290	0	1	0,8401	1
1	0	0,8387	0,1571	0,5625	0,7613	1
1	0	0,2930	0,3286	0.8906	0	0,00006
0	1	1	0,2000	0	1	0

Od ovog koraka, procedura se nastavlja po utvrđenim koracima klasične metode EDAS.

Korak 5

Tabela 38 PDA pozitivnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić, 2020)

d_{ij}^{+}	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↑ w_1=0,1
S1	0,4351	1	0	2,56	0,2166	0	0,7995
S2	0,4351	0	0,4084	1,2887	0	0,1724	0
S3	0	1	0	0	0,7696	0,4692	0.7995
S4	0,4351	1	0,703	0	0	0,3314	0,7995
S5	0,4351	1	0	0,1698	0,5760	0	0
S6	0	0	1,0308	0	0	0,7489	0

Tabela 39 NDA negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić, 2020)

d_{ij}^{-}	Prosečna ocena ↑ w_1=0,4	Dužina studija (meseci) ↓ w_1=0,1	O Otvorenost ka novom ↑ w_1=0,05	C Savesnost ↑ w_1=0,1	E Društvena ekstrovertnost ↑ w_1=0,05	A Prijatnost ↑ w_1=0,2	N Negativne emocije ↑ w_1=0,1
S1	0	0	1	0	0	0,7219	0
S2	0	1,3991	0	0	0,5576	0	0,6638
S3	0,7402	0	0,7380	1	0	0	0
S4	0	0	0	0,4407	0,0046	0	0
S5	0	0	0,4049	0	0	1	0,9989
S6	1	2,6023	0	0,2880	1	0	1,0000

Korak 6

Sledi formiranje matrica otežanih suma $[SP_i]_{nx1}$ i $[SN_i]_{nx1}$ u kojima elementi predstavljaju rezultat množenja matrica $[PDA_{ij}]_{nxm}$ sa vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$, a zatim i množenje matrice $[NDA_{ij}]_{nxm}$ vektorom (jednodimenzionalnom matricom) težinskih faktora $[W]_{mx1}$.

$$[SP_i]_{nx1} = \left[PDA_{ij}\right]_{nxm} \text{ x } [W]_{mx1} = \begin{bmatrix} 0{,}6208 \\ 0{,}3578 \\ 0{,}3123 \\ 0{,}4554 \\ 0{,}3198 \\ 0{,}2013 \end{bmatrix} \quad (163)$$

$$[SN_i]_{nx1} = \left[NDA_{ij}\right]_{nxm} \text{ x } [W]_{mx1} = \begin{bmatrix} 0{,}1944 \\ 0{,}2341 \\ 0{,}4330 \\ 0{,}0443 \\ 0{,}3201 \\ 0{,}8390 \end{bmatrix} \quad (164)$$

Korak 7

Normalizovana $[SP_i]_{nx1} = [NSP_i]_{nx1} = \frac{[SP]_{1xn}}{(\max[SP_i]_{1xn})} =$

$$= \frac{1}{(\max[SP_i]_{1xn})} * \begin{bmatrix} 0{,}6208 \\ 0{,}3578 \\ 0{,}3123 \\ 0{,}4554 \\ 0{,}3198 \\ 0{,}2013 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0{,}5763 \\ 0{,}5031 \\ 0{,}7336 \\ 0{,}5151 \\ 0{,}3243 \end{bmatrix} \quad (165)$$

Korak 8

Normalizovana $[SN_i]_{nx1} = [NSN_i]_{nx1} = 1 - \frac{[SN_i]_{nx1}}{(\max[SN_i]_{nx1})} =$

$$= \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{(\max[SN_i]_{nx1})} \begin{bmatrix} 0{,}1944 \\ 0{,}2341 \\ 0{,}4330 \\ 0{,}0443 \\ 0{,}3201 \\ 0{,}8390 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0{,}2317 \\ 0{,}2790 \\ 0{,}5186 \\ 0{,}0528 \\ 0{,}3816 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}7683 \\ 0{,}7210 \\ 0{,}4184 \\ 0{,}9472 \\ 0{,}6184 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (166)$$

Tabela 40 Rezultati posle uvođenja intervalnih kriterijuma (Štilić, 2020)

	nsp_i	nsn_i	$as_i = \frac{1}{2}(nsp_i + nsn_i)$	rang
S1	1,0000	0,7683	0,8841	1
S2	0,5763	0,7210	0.6486	3
S3	0,5031	0,4184	0,4747	5
S4	0,7336	0,9472	0,8404	2
S5	0,5151	0,6184	0,5667	4
S6	0,3243	0	0,1621	6

Tabela 41 (deo podataka iz tabele 35) Rezultati pre uvođenja intervalnih kriterijuma (Štilić, 2020)

	nsp_i	nsn_i	$as_i = \frac{1}{2}(nsp_i + nsn_i)$	rang
S1	0,4429	0,6393	0,5411	4
S2	0,7675	0,8583	0.8116	2
S3	0,3335	0,4774	0,4054	5
S4	0,4367	0,9406	0,6886	3
S5	1	0,6288	0,8144	1
S6	0,2890	0	0,1445	6

Očigledno je da se rezultati rangiranja vidno razlikuju, jer sam princip intervalnih kriterijuma briše neke numeričke prednosti koje donosiocu odluka nisu od presudne važnosti, npr. prosek 8,5−10 se jednako tretira i s aspekta donosioca odluka se smatra znakom veoma uspešnog okončanja studija (Štilić, 2020, p. 45-51).

5 Implementacija dvostruke ekstenzije EDAS metode (EDAS++)

Projekat PUZS je svojevrsni hibrid „*headhuntinga*“ – regrutovanja stručnih kadrova preko uzniverziteta. U teorijskim osnovama istraživanja uočena je potreba korišćenja inovativnih rešenja u oblasti ljudskih resursa kako bi se postigli što boli rezultati. U pregledu literature, dat je i određen broj naučnih jedinica koje se bave kriterijumima za zapošljavanje kadrova u turističkoj privredi.

5.1 Kriterijumi za zapošljavanje u turističkoj privredi

Turizam je višeslojna privredna grana koja objedinjuje najrazličitije segmente (Štilić, 2019), što dovodi do toga da se selekcija kadrova za rad u turističkoj privredi vrši po brojnim kriterijumima. Ukupno gledano, analiza zaposlenih ukazuje na to da u ovoj privrednoj grani postoji visok udeo žena, visok udeo nekvalifikovanog osoblja kao i stalna potreba za sezonskim radnim potencijalom. Zapravo, nabrojane strukture čine najveći broj zaposlenih u turističkoj privredi što je komparativna prednost ove grane, jer može da apsorbuje manjinske i socijalno slabije grupe nižeg nivoa obrazovanja koji uz kraću obuku mogu kvalitetno da doprinesu turističkoj ili ugostiteljskoj organizaciji kao i svojoj egzistenciji. Kada je u pitanju menadžment zaposlenih u turističkoj privredi, kriterijumi za uspešnost veoma su visoki. Oni moraju da imaju neophodna znanja, veštine kao i sposobnost brze reakcije na promene i umeće improvizacije u slučajevima nepredviđenog toka prilikom izvršavanja zadataka. Stoga je primena adekvatnih i kvalitetnih modela višekriterijumskog izbora kadrova od velikog značaja za dobijanje kvalitetne strukture zaposlenih u turizmu, pre svega na menadžerskim pozicijama (Urošević et al., 2017; Štilić & Njeguš, 2019; Štilić, 2019).

Urošević (Urošević et al., 2017) govori o turizmu kao jednom od vodećih ekonomskih sektora koji upravo iz tog razloga predstavlja veliki izvor zapošljavanja. Ovo tim pre što je razvoj novih oblika turističke ponude, od seoskog turizma, preko istorijskih ruta, puteva vina, *survivor* tura, medicinskog turizma, holističkih, meditativnih, veganskih i drugih koncepata doveo do toga da gotovo ne postoji područje koje se ne može prodati kao turistički proizvod.

Petkovski (2012) objašnjava da uspešan menadžer u turizmu i ugostiteljstvu kao lider treba da bude dobro obrazovana osoba sa visokim stepenom kulture i informisanosti o različitim

oblastima života. Uspešan pojedinac treba da poseduje odgovarajući temperament, karakter, volju, interesovanje, stavove i fizičke osobine (Štilić & Njeguš, 2019a; Štilić, 2019).

Baveći se osobinama uspešnog menadžera ili lidera, razvijen je i model tipa ličnosti koji obuhvata sledeće dimenzije: uticajnost, upornost, prijatnost, prilagodljivost i senzibilitet (Sanders et al., 2003). Cherniss i saradnici (Cherniss et al, 2006) smatraju da se svaka pojedinačna ličnost potvrđuje kroz tri bitna elementa: karakter, kognitivnu inteligenciju i emocionalnu inteligenciju (Štilić, 2019).

Svest o samom sebi, društvena svest, samokontrola i međuljudski odnosi ubrajaju se u četiri osnovne veštine emocionalne inteligencije. Ove četiri veštine definišu sposobnost ljudi da prepoznaju i razumeju emocije, kao i sposobnost da koriste ovu vrstu svesti u upravljanju sopstvenim ponašanjem utičući tako i na druge iz okruženja (Cherniss et al, 2006). Četiri veštine emocionalne inteligencije imaju tendenciju da se grupišu u parove tzv. primarne kompetencije: lične – samosvest i samokontrola, kao i društvene kompetencije – društvena svest i međuljudski odnosi (Štilić & Njeguš, 2019a).

Štilić i Njeguš (2019a) se pozivaju na istraživanje Petkovskog (Petkovski, 2012) u kome se navode sledeći kriterijumi za izbor menadžera u oblasti turizma: energija, pokretljivost, samopouzdanje, originalnost i kreativnost, komunikacijske veštine i sposobnost postavljanja i praćenja ciljeva. Štilić i Njeguš (2019a) dalje pišu o istraživanju Petkovskog (Petkovski, 2012) koje je ukazalo na karakteristike menadžera koji ne uspevaju u svom poslu ili funkcijama (Štilić, 2019): „nepristojnost, odsustvo empatije, arogantno ponašanje, neiskrenost, prevelika ambicioznost, pogrešno tumačenje problema, nemogućnost delegiranja odgovornosti, nesposobnost timskog rada, nesposobnost strateškog mišljenja, sebičnost. S druge strane, dobro znanje i informisanost pružaju sigurnost u radu, ali i čine menadžera privlačnim. Sveukupan izgled, ponašanje, lepi maniri, način govora, elokventnost i sl., sve to doprinosi uspešnosti menadžera u javnosti. Istinski lideri su visoko motivisane osobe sa težnjom za postizanjem uspeha, ambiciozni, snažni i originalni. Oni veruju u svoje lične vrednosti, imaju sposobnost da prihvate, obrade i interpretiraju ogromne količine podataka. Oni su sposobni da se prilagode različitim ličnostima i situacijama, ali takođe žele da uspeju kao lideri.“

U istraživanjima (Tesone & Ricci, 2005) u vezi sa kriterijuma za izbor zaposlenih u turističkom menadžmentu, evaluacijom 107 karakteristika, izdvojeno je sedam osnovnih

kriterijuma: 1) komunikacija, 2) upravljanje efikasnošću, 3) samostalno donošenje odluka, 4) liderstvo, 5) interpersonalno upravljanje, 6) međunarodna komunikacija i 7) upravljanje konfliktima (Štilić, 2019).

U drugim okolnostima, kada je reč o menadžerima koji rade u prodaji, kriterijumi su nešto drugačiji: 1) komunikacione veštine, 2) liderske veštine, 3) fleksibilnost, 4) odlučnost, 5) veštine pregovaranja, 6) analitičke veštine i 7) doslednost. U slučaju menadžera prodaje, primenom VASPAS metode za određivanje težina kriterijuma, a na osnovu mišljenja tri eksperta, određeni su težinski faktori za svaku od ovih kategorija: 1) komunikacione veštine – 0,23; 2) liderske veštine – 0,19; 3) fleksibilnost – 0,17; 4) odlučnost – 0,13; 5) veštine pregovaranja – 0,13; 6) analitičke veštine – 0,08 i 7) doslednost – 0,06 (Štilić & Njeguš, 2019a; Štilić, 2019).

5.2 Kriterijumi u projektu: "Posredovanje u zapošljavanju studenata u turističkoj privredi" (PUZS)

Tokom konsultacija u vezi sa kriterijumima koji će biti korišćeni u projketu „Posredovanje u zapošljavanju studenata u turističkoj privredi“ (PUZS) pošlo se od dve polazne tačke: šta je to što interesuje potencijalne poslodavce i koji se podaci već nalaze u bazi podataka studenata. Potencijalni poslodavci su izneli i neke eliminacione kriterijume (uslove), kao što je npr. posedovanje vozačke dozvole. Takav uslov nije predmet višekriterijumske analize i ograničenja koja proističu iz njega se rešavaju pre ili posle rangiranja, sistemom proste eliminacije.

Potencijalni poslodavci izrazili su i potrebu za određenim psihološkim profilom kandidata, a predloženo rešenje se pojavilo u vidu testa ličnosti – test „Velikih 5“ (*Big five*). Ovaj test, koji rade studenti Univerziteta Berkli (*University of California, Berkeley*) radi određivanja psihološkog profila, poznat je i pod nazivom OCEAN po početnim slovima osobina koje se testiraju: otvorenost ka novim idejama (*Openness*), savesnost (*Conscientiousness*), društvena ekstrovertnost (*Extraversion*), prijatnost (*Agreeableness*) i negativne emocije (*Neuroticism*). U velikom broju radova analizirane su karakteristike ovog testa, korelacija rezultata testa sa ponašanjem ispitanika i njihovim interesovanjima kao i mogućnost predikcije na osnovu parametara testa (Hill, 1997; Wood et al., 2009; Stoeber et.al. 2009; Albuquerque et al., 2012; Štilić et al., 2019).

Jednostavo pokretanje testa i dobijanje numeričkih rezultata i preporuka za tumačenje uz pomoć ključa koji je dobijen od Univerziteta Berkli uticali su na konačan izbor baš ovog načina testiranja koji ima široku primenu u međunarodnoj praksi.

U cilju pravilnog rukovanja podacima i poštovanja Zakona o zaštiti podataka, projekat PUZS predviđa čitav niz mera, od hardverske zaštite do zahteva za dobijanje dozvole i saglasnosti za učešće u projektu od strane Visoke turističke škole, studenata i poslodavaca.

Svi gorepomenuti subjekti su pokazali veliko interesovanje i spremnost na saradnju, a predviđa se da od školske 2021/2022 projekat zaživi u praksi.

U prilogu su dati: bazična šema projekta PUZS, deo šeme s nabrojanim aktivnostima, delovi pisama upućenih studentima i odgovornim licima u organizacijama turističke privrede Srbije, kao i tabele koje prikazuju na koji način poslodavci vrednuju ponuđene inicijalne kriterijume za rangiranje. Ovo poslednje je poslužilo kao osnov za dalje anketiranje, uz praćenje statističke raspodele odgovora što je svojevrsna Delfi metoda koja je u fazi četvrtog kruga upita.

Projekat PUZS je i dalje u izradi, a nakon implementacije biće potrebno proveriti njegove rezultate u praksi kako sa aspekta društvenih efekata tako i sa aspekata metoda višekriterijumske analize koji su u njemu korišćeni – prevashodno intervalnih kriterijuma i ekstenzija EDAS+ i EDAS++.

6 Zaključak

Istraživanje, čiji su rezultati prikazani u disertaciji, trajalo je dve godine i rezultiralo teorijom intervalnih kriterijuma, proširenjima EDAS metode u vidu EDAS+ i EDAS++ ekstenzija, te modelom projekta PUZS, a ovi naučni doprinosi su ujedno i potvrde postavljenih hipoteza.

Opšta hipoteza: „Metod višekriterijumske analize koji uzima u obzir konačno mnogo alternativa, pouzdano radi u situaciji istovremeno veoma velikih i malih raspona vrednosti atributa po pojedinačnim zadatim kriterijumima i koji omogućava invarijantno vrednovanje unutar datog inetrvala – povećaće preciznost samog procesa višekriterijumskog odlučivanja“ je integralni oblik pojedinačnih hipoteza te je njeno dokazivanje obavljeno dokazivanjem pojedinačnih hipoteza.

H1: „Metode višekriterijumske analize koje mogu da uzmu u obzir konačno mnogo alternativa i koje mogu da uzmu u obzir velike raspone vrednosti unutar pojedinačnih kriterijuma, uz istovremeno niske raspone vrednosti kod drugih kriterijuma, primenom normalizacije pozitivno utiču na mogućnost uporedivosti podataka“ je dokazivana nizom koraka: najpre su eliminisane metode koje ne podržavaju veliki broj alternativa, zatim je izabrana metoda koja ima visok nivo osetljivosti i ugrađene segmente optimizicije (EDAS), zatim je uočen problem automatske favorizacije kada vrednosti atributa po zadatom kriterijumu imaju veliki raspon dok istovremeno, po nekim drugim kriterijumima atributi imaju mali raspon vrednosti. Rešenje je nađeno uvođenjem dodatnog koraka u matematičkom modelu originalne metode EDAS. Korak sledi odmah nakon formiranja matrice odlučivanja, a predstavlja dodatnu normalizaciju (metoda EDAS u svom originalnom obliku kao 6. korak ima jedan vid normalizacije podataka s ciljem da se vrednosti nađu u intervalu $[0,1]$). Normalizacija se ovde vrši u cilju uporedivosti podataka, ne koristi se uslov rastućih ili opadajućih funkcija kriterijuma, jer je segment optimizacije ugrađen u naredne korake originalne EDAS metode. Normalizacija se vrši kao da su u pitanju benefitni kriterijumi i to metodom „korektnog preskikavanja“. Numerička provera uvođenja ovog koraka pokazuje da veliki rasponi u vrednsoti atributa ne deluju kao faktor maksimizacije (kada su prihodni ili benefitni kriterijumi u pitanju), odnosno ne deluju kao faktor minimizacije kada su u pitanju troškovni kriterijumi. Upravo iz tog razloga se normalizacija (jedan od oblika normalizacije) obično i uvodi u metode višekriterijumske analize, ali je u slučaju metode EDAS, ona uvedena u kasnije korake, kada je izračunavanje negativnog i pozitivnog rastojanja od prosečne vrednosti već

izvršeno i kada je uspostavljen (neprecizan) odnos među podacima. Navedenim koracima prve ekstenziji EDAS metode - EDAS+, hipoteza 1 je u celosti dokazana.

H2: „Matematički model kojim se omogućava invarijantno vrednovanje unutar datog intervala vrednosti atributa po zadatom kriterijumu daće veće mogućnosti donosiocu odluke prilikom postavljanja kriterijuma za rangiranje“ je postavljena kao rezultat nastojanja da se na adekvatan način, primenom matematičkog modela, odgovori na zahtev donosioca odluke i neka njegova ograničenja, koja se odnose na zonu indifirencije za vrednosti atributa unutar datih intervala, zonu u kojoj su intervalne vrednosti jednako dobre ili jednako loše (termin „indiferencija“ se koristi u odnosu na odluku, odnosno način ocenjivanja vrednosti atributa unutar intervala). Analiza postavljenog zahteva je pokazala da postoje četiri osnovna tipa takvih kriterijumskih intervala koji se razlikuju po načinu tretiranju onih vrednosti atributa koji su van kriterijumskog intervala Postavljen je matematički model na osnovu kojeg se vrši preslikavanje podataka iz početne, normalizovane matrice odlučivanja u izvedenu matricu intervalnih kriterijuma. Time je i druga hipoteza u potpunosti dokazana, a ostavljen je prostor da se intervalni kriterijumi sagledaju i iz drugog ugla i da se, eventualno, pored ponuđene četiri varijante, uvedu i neke nove. Svaka varijanta koja bi bila uvedena i opisana u matematičkom modelu, sprovodila bi se na isti način kao i kod postavljene četvorovarijantnog intervalnog kriterijuma, dakle sama ideja i model se ne bi menjali, sem što bi se, potencijalno, dodali novi uslovi.

H3: „Metode višekriterijumske analize koje imaju ugrađen matematički model intervalnih kriterijuma pružaju donosiocu odluka relevantnije rezultate rangiranja“ je u potpunosti dokazana implementacijom matematičkog modela u višekriterijumsku modifikovanu metodu EDAS+, te numeričkim primerom na osnovu koga je dokazano da se tokom rangiranja ne uzimaju u obzir samo krterijumi i kriterijumske težine, već i zone indiferncije u obliku kriterijumskih intervala u kojem su svi elemnti intervala jednako značajni, odnosno invarijantni za proces odlučivanja. Dakle, dokaz ove hipoteze je postavka ekstenzije EDAS++.

H4: „Razvoj informacionog sistema sa implementiranim EDAS ++ algoritmom će pružiti preciznije informacije u posredovanju prilikom zapošljavanja studenata u turističkoj privredi“ je dokazana samom činjenicom da je u završnoj fazi izrada jednog takvog informacionog sistema koji bez alata kao što su metode višekriterijumske analize ne bi ni bio moguć, a bez uvođenja poboljšanja EDAS+, pojma „intervalnih kriterijuma“ i implemenatacije intervalnih kriterijuma čime je dobijena EDAS++ metoda, uz sve pozitivne konsekvence koje su obrazložene

dokazivanjem hipoteza H1, H2 i H3, ne bi bio tako efikasan, imao bi greške favorizacije u zoni velikih naspram malih vrednosti atributa i ne bi odgovarao zahtevima donosilaca odluka o zonama indiferencije.

Pored dokazanih hipoteza, navedeni hipotetički stavovi su obrazloženi kroz istraživanje koje je sprovedeno i izloženo u samoj disertaciji.

Zaključno poglavlje se završava SWOT analizom diseracije, s tim što je redosled elemenata sledeći: prednosti (interni faktori), mogućnosti (eksterni faktori), ograničenja (interni faktori) i opasnosti (eksterni faktori).

Prednosti: Ova disertacija sadrži potrebne nivoe naučnog saznanja kao što su: naučna deskripcija ili opisivanje, naučna klasifikacija, naučno otkriće, naučno objašnjenje i naučnu prognozu.

Na nivou naučne deskripcije, disertacija se bavi temama iz oblasti upravljanja ljudskim resursima, elemenata teorije odlučivanja i *fuzzy* i *rough* skupova.

Nivo naučne klasifikacije koji se prožima s nivoom deskripcije odnosi se na oblast metoda višekriterijumske analize, metoda određivanja težinskih faktora i literature koja se bavi kriterijumima za zapošljavanje u turističkoj privredi.

Nivo naučnog otkrića započinje analizom potrebe za posredovanjem u zapošljavanju između studenata i privrede (u oblasti turizma) i zahteva privrednih subjekata, izborom metoda višekriterijumske analize kojima bi se adekvatno odgovorilo na njihove zahteve za novim kadrovima i izborom metode za određivanja težinskih faktora kriterijuma. Na osnovu sprovedene analize, kao i potrebe da se reše problemi koji su tokom rada uočeni, kao naučni odgovor ili otkriće data je teorija intervalnih kriterijuma i njena implementacija u metod višekriterijumske analize EDAS. Takođe je izvršena i prethodna korekcija metode EDAS kako bi se rešio problem automatske favorizacije kriterijuma koji imaju veliki raspon vrednosti atributa u odnosu na one koji nemaju takav raspon vrednosti atributa. Na taj način su nastale dve ekstenzije metode EDAS: EDAS+ i EDAS++.

Naučno objašnjenje se odnosi na teoriju intervalnih kriterijuma, kroz razvoj efikasnog matematičkog modela, kojim bi se rešilo pitanje invarijantnosti unutar datog intervala vrednosti atributa po zadatom kriteriijumu, odnosno idiferentnosti dinosilaca odluke za određene intervalne vrednosti koje smatraju jednako dobrim ili jednako lošim.

Mogućnosti: Naučna prognoza je da će predstavljena teorija intervalnih kriterijuma, uprkos (ili zahvaljujući) svojoj jednostavnosti, privući interesovanje šire naučne zajednice i postati sastavni deo velikog broja metoda višekriterijumske analize.

Definisanjem preciznih kriterijuma za određene kadrovske performanse zaposlenih u okviru turističke privrede, sam sistem obrazovanja koji je usmeren ka ovoj privrednoj grani, imao bi priliku da prilagodi svoje studijske programe programe i da, kroz kontinuiranu interakciju, unapređuje kvalitet nastave.

Kada se bi se proširio na celu univerzitetsku zajednicu, projekata PUZS bi mogao da zaustavi negativan trend masovne migracije visokoobrazovanog kadra. S druge strane, saradnja privrednih subjekata i univerzitetske zajednice bi mogla da ima za ishod unapređenje studentskih programa, a samim tim i konkurentnost domaće privrede.

Ograničenja: Tokom razvoja modela EDAS+ i EDAS++ ekstenzija, korišćen je isti primer kao u nemiričkom primeru upotrebe EDAS (isti cilj odlučivanja s istim ulaznim parametima). Raznolikost primena metoda EDAS, EDAS+ i EDAS++ bi svakako bile dobrodošle kao ilustracija primenjivosti u različitim oblastima, ali je izabrano da je uporedivost koju omogućavaju isti ulazni podaci, veća komparativna prednost od ilustrativnosti.

Iako su brojni naučnici napisali veoma mnogo jedinica iz oblasti višekriterijumske analize, dali odlične deskripcije i studije slučaja na kojima se prati model i izvršili razne vrste klasifikacija u oblasti MCDM, pregled litrature nije pokazao da se još neko bavio hipotezama iz ove disertacije koje su okosnica naučnog doprinosa, pa stoga nije moguće napraviti adekvatno poređenje s dosadašnjim istraživanjima u tom polju.

Opasnosti: Saglasnost za učešće u PUZS je postignuta kada su u pitanju konkretna visoka škola i određeni broj subjekata iz turističke privrede. Proširenje projekta na celu univerzitetsku zajednicu je dodatni izazov, što se po potencijalnim benefitima svrstava i u SWOT mogućnosti, ali istovremeno i u opasnosti, jer je neophodna podrška relevantnih ministarstava (prosvete, turizma i privrede), a to izlazi iz domena nauke.

Literatura

[1] Ackerman, P. L., Kanfer, R., & Beier, M. E. (2013). Trait complex, cognitive ability, and domain knowledge predictors of baccalaureate success, STEM persistence, and gender differences. *Journal of Educational Psychology*, *105*(3), 911–927. Dostupno na: https://doi.org/10.1037/a0032338

[2] Agarski, B. (2014). *Razvoj sistema za inteligentnu višekriterijumsku procenu opterećenja životne sredine kod ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa*. Univerzitet u Novom Sadu Fakultet tehničkih nauka. Dostupno na: http://www.enecentar.uns.ac.rs/93959276

[3] Agarski, B., Budak, I., Vukelic, D., & Hodolic, J. (2016). Fuzzy multi-criteria-based impact category weighting in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, *112*, 3256–3266. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.077

[4] Albuquerque, I., de Lima, M. P., Matos, M., & Figueiredo, C. (2012). The Interplay Among Levels of Personality: The Mediator Effect of Personal Projects Between the Big Five and Subjective Well-Being. *Journal of Happiness Studies*, *14*(1), 235–250. Dostupno na: https://doi.org/10.1007/s10902-012-9326-6

[5] Alfares, H. K., & Duffuaa, S. O. (2008). Assigning cardinal weights in multi-criteria decision making based on ordinal ranking. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, *15*(5–6), 125–133. Dostupno na: https://doi.org/10.1002/mcda.420

[6] Angrave, D., Charlwood, A., Kirkpatrick, I., Lawrence, M., & Stuart, M. (2016). HR and analytics: why HR is set to fail the big data challenge. *Human Resource Management Journal*, *26*(1), 1–11. Dostupno na: https://doi.org/10.1111/1748-8583.12090

[7] Atanassov, K. T. (1994). New operations defined over the intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, *61*(2), 137–142. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90229-1

[8] Atanassov, K. T. (1999a). Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Intuitionistic Fuzzy Sets*, 139–177. Dostupno na: https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1870-3_2

[9] Atanassov, K. T. (1999b). Intuitionistic Fuzzy Sets. *Intuitionistic Fuzzy Sets*, 1–137. Dostupno na: https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1870-3_1

[10] Atanassov, K. T. (2012). On intuitionistic fuzzy sets theory (Vol. 283). Springer.

[11] Baležentis, A., Baležentis, T., & Brauers, W. K. (2012). Personnel selection based on computing with words and fuzzy MULTIMOORA. *Expert Systems with Applications*, *39*(9), 7961–7967. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.100

[12] Bello, M., Bello, R., Nowé, A., & García-Lorenzo, M. M. (2017). A Method for the Team Selection Problem Between Two Decision-Makers Using the Ant Colony Optimization. *Soft Computing Applications for Group Decision-Making and Consensus Modeling*, 391–410. Dostupno na: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60207-3_23

[13] Boran, F. E., Genç, S., & Akay, D. (2011). Personnel selection based on intuitionistic fuzzy sets. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, *21*(5), 493–503. Dostupno na: https://doi.org/10.1002/hfm.20252

[14] Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, *31*(6), 647–656. Dostupno na: https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647

[15] Brans, J., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, *24*(2), 228–238. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5

[16] Broumi, S., Ye, J., & Smarandache, F. (2015). *An extended TOPSIS method for multiple attribute decision making based on interval neutrosophic uncertain linguistic variables*. Infinite Study.

[17] Capaldo, G., & Zollo, G. (2001). Applying fuzzy logic to personnel assessment: a case study. *Omega*, *29*(6), 585–597. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0305-0483(01)00047-0

[18] Chen, C. T., Hwang, Y. C., & Hung, W. Z. (2009, December). Applying multiple linguistic PROMETHEE method for personnel evaluation and selection. In *2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1312-1316). IEEE.

[19] Chen, L. S., & Cheng, C. H. (2005). Selecting IS personnel use fuzzy GDSS based on metric distance method. *European Journal of Operational Research*, *160*(3), 803–820. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.07.003

[20] Chen, S. J., & Hwang, C. L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 289–486. Dostupno na: https://doi.org/10.1007/978-3-642-46768-4_5

[21] Chen, Y.; Qu, L. (2006). Evaluating the selection of logistics centre location using fuzzy MCDM model based on entropy weight, in 2006 6th World Congress on Intelligent Control and Automation, 21–23 June 2006, Dalian, China, 7128–7132. Dostupno na: https://doi.org/10.1109/WCICA.2006.1714468

[22] Cherniss, C., Extein, M., Goleman, D., & Weissberg, R. P. (2006). Emotional Intelligence: What Does the Research Really Indicate? *Educational Psychologist*, *41*(4), 239–245. Dostupno na: https://doi.org/10.1207/s15326985ep4104_4

[23] Chien, C. F., & Chen, L. F. (2008). Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry. *Expert Systems with Applications*, *34*(1), 280–290. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.09.003

[24] Čupić, M., Suknović, M. (2010) Decision Making. Belgrade: Faculty of Organizational Sciences, (In Serbian)

[25] Dağdeviren, M., & Yüksel, H. (2008). Developing a fuzzy analytic hierarchy process (AHP) model for behavior-based safety management. *Information Sciences*, *178*(6), 1717–1733. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.ins.2007.10.016

[26] Dağdeviren, M., & Yüksel, İ. (2007). Personnel selection using analytic network process.

[27] Delaney, J. T., & Huselid, M. A. (1996). The impact of human resource management practices on perceptions of organizational performance. *Academy of Management Journal*, *39*(4), 949–969. Dostupno na: https://doi.org/10.2307/256718

[28] Deng, H., Yeh, C. H., & Willis, R. J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers & Operations Research*, *27*(10), 963–973. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0305-0548(99)00069-6

[29] Deng, L. J., & MA, A. L. (2010). Discuss on water-saving irrigation schemes optimization based on TOPSIS model and CRITIC weights method. *Water Sciences and Engineering Technology*, *2*(006).

[30] Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, *22*(7), 763–770. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-h

[31] Doyle, J. R., Green, R. H., & Bottomley, P. A. (1997). Judging Relative Importance: Direct Rating and Point Allocation Are Not Equivalent. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *70*(1), 65–72. Dostupno na: https://doi.org/10.1006/obhd.1997.2694

[32] Düntsch, I., & Gediga, G. (1998). Uncertainty measures of rough set prediction. *Artificial Intelligence*, *106*(1), 109–137. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0004-3702(98)00091-5

[33] Eret, L. (2017). Neka razmatranja o primjeni delfi metode u kvalitativnim istraživanjima odgoja i obrazovanja. *Školski vjesnik, 66* (1), 77-93. Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/186829

[34] Fan, Z.-P. 1996. Complicated multiple attribute decision making: theory and applications, (Ph.D. Dissertation, Northeastern University, Shenyang, PRC). Dostupno na: https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.5.4775&rep=rep1&type=pdf

[35] Fedrizzi, M., & Krejčí, J. (2015). A Note on the Paper "Fuzzy Analytic Hierarchy Process: Fallacy of the Popular Methods." *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, *23*(06), 965–970. Dostupno na: https://doi.org/10.1142/s0218488515500440

[36] Ghorabaee, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2017). Multi-criteria group decision-making using an extended edas method with interval type-2 fuzzy sets. *E+M Ekonomie a Management*, *20*(1), 48–68. Dostupno na: https://doi.org/10.15240/tul/001/2017-1-004

[37] Ghorabaee, M. K., Zavadskas, E. K., Amiri, M., & Turskis, Z. (2016). Extended EDAS Method for Fuzzy Multi-criteria Decision-making: An Application to Supplier Selection. *International Journal of Computers Communications & Control*, *11*(3), 358. Dostupno na: https://doi.org/10.15837/ijccc.2016.3.2557

[38] Gibney, R., & Shang, J. (2007). Decision making in academia: A case of the dean selection process. *Mathematical and Computer Modelling*, *46*(7–8), 1030–1040. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.024

[39] Grafakos, S., Zevgolis, D., & Oikonomou, V. (2008). Incorporating stakeholders' preferences for ex ante evaluation of energy and climate policy interactions Development of a Multi Criteria Analysis weighting methodology (ECN-M--08-032). Netherlands

[40] Güngör, Z., Serhadlıoğlu, G., & Kesen, S. E. (2009). A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Applied Soft Computing*, *9*(2), 641–646. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.09.003

[41] Harker, P. (1987). Incomplete pairwise comparisons in the analytic hierarchy process. *Mathematical Modelling*, *9*(11), 837–848. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90503-3

[42] Harker, P. T., & Vargas, L. G. (1987). The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, *33*(11), 1383–1403. Dostupno na: https://doi.org/10.1287/mnsc.33.11.1383

[43] Harris, R. (2014). Introduction to Decision Making, http://www.virtualsalt.com/crebook5.html.

[44] Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Ullah Khan, S. (2015). The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, *47*, 98–115. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006

[45] Hill, R. W., McIntire, K., and Bacharach, V. R. (1997). Perfectionism and the big five factors. *Journal of social behavior and personality*, 12(1), 257.

[46] Huang, L. C., Huang, K. S., Huang, H. P., & Jaw, B. S. (2004, June). Applying fuzzy neural network in human resource selection system. In *IEEE Annual Meeting of the Fuzzy Information, 2004. Processing NAFIPS'04*. (Vol. 1, pp. 169-174). IEEE

[47] Hwang CL., Yoon K. (1981) Methods for Multiple Attribute Decision Making. In: Multiple Attribute Decision Making. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol 186. Springer, Berlin, Heidelberg. Dostupno na: https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3

[48] Hwang, C. L., & Yoon, K. (2012). Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey (Vol. 186). Springer Science & Business Media.

[49] Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981) Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer-Verlag, New York. Dostupno na: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9

[50] Jazebi, F., & Rashidi, A. (2013). An automated procedure for selecting project managers in construction firms. *Journal of Civil Engineering and Management*, *19*(1), 97–106. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/13923730.2012.738707

[51] Jean-Pierre Brans, Bertrand Mareschal (2005), MULTIPLE Criteria decision analysis: state of the art surveys, 2005/ Volume 78, ISBN : 978-0-387-23067-2

[52] Jereb, E., Rajkovic, U., & Rajkovic, V. (2005). A Hierarchical Multi-Attribute System Approach to Personnel Selection. *International Journal of Selection and Assessment*, *13*(3), 198–205. Dostupno na: https://doi.org/10.1111/j.1468-2389.2005.00315.x

[53] Joshi, D., & Kumar, S. (2014). Intuitionistic fuzzy entropy and distance measure based TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Egyptian Informatics Journal*, *15*(2), 97–104. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eij.2014.03.002

[54] Juodagalvienė, B., Turskis, Z., Šaparauskas, J., & Endriukaitytė, A. (2017). Integrated multi-criteria evaluation of house's plan shape based on the EDAS and SWARA methods. *Engineering Structures and Technologies*, *9*(3), 117–125. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/2029882x.2017.1347528

[55] Jurošević, M. (2016, May 11). Osnove fuzzy logike. Automatika.Rs. https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/osnove-fuzzy-logike.html

[56] Kabak, M., Burmaoğlu, S., & Kazançoğlu, Y. (2012). A fuzzy hybrid MCDM approach for professional selection. *Expert Systems with Applications*, *39*(3), 3516–3525. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.042

[57] Kadoić, N. (2018). Nova metoda za analizu složenih problema odlučivanja temeljena na analitičkom mrežnom procesu i analizi društvenih mreža (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Organization and Informatics Varaždin.).

[58] Kahraman, C. (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments (Springer Optimization and Its Applications Book 16)* (2008th ed.). Springer.

[59] Kahraman, C., Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Cevik Onar, S., Yazdani, M., & Oztaysi, B. (2017). Intuitionistic fuzzy EDAS method: An application to solid waste disposal site selection. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, *25*(1), 1–12. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1281139

[60] Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S., & Maksimovic, M. (2016). An approach to personnel selection based on Swara and Waspas methods. *Bizinfo Blace*, *7*(1), 1–11. Dostupno na: https://doi.org/10.5937/bizinfo1601001k

[61] Karabašević, D., Карабашевић, Д., & Станујкић, Д. (2017). Savremeni trendovi primene metoda višekriterijumskog odlučivanja u funkciji regrutacije i selekcije kadrova. *Megabiznis : Časopis Iz Oblasti Ekonomije, Biznisa i Menadžmenta = Journal of Economics, Business and Management*, *1*(1), 65–76. Dostupno na: http://fmz.edu.rs/novi/casopis/casopisi/1-2017/MegaBiznis%201%20_%20Str%2065_76.pdf

[62] Karsak, E. E. (2001). Personnel selection using a fuzzy MCDM approach based on ideal and anti-ideal solutions. In *Multiple criteria decision making in the new millennium* (pp. 393-402). Springer, Berlin, Heidelberg.

[63] Kaufmann, A. and Gupta, M.M. (1985). Introduction to fuzzy arithmetic: Theory and applications. New York: Van Nostrand Reinhold.

[64] Kazimieras Zavadskas, E., Antucheviciene, J., & Chatterjee, P. (2018). Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM) Techniques for Business Processes Information Management. *Information*, *10*(1), 4. Dostupno na: https://doi.org/10.3390/info10010004

[65] Kelemenis, A., & Askounis, D. (2010). A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personnel selection. *Expert Systems with Applications*, *37*(7), 4999–5008. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.12.013

[66] Keshavarz Ghorabaee, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2017). Stochastic EDAS method for multi-criteria decision-making with normally distributed data. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *33*(3), 1627–1638. Dostupno na: https://doi.org/10.3233/jifs-17184

[67] Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS). *Informatica*, *26*(3), 435–451. Dostupno na: https://doi.org/10.15388/informatica.2015.57

[68] Keshavarz-Ghorabaee, M., Amiri, M., Zavadskas, E., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2018). A Dynamic Fuzzy Approach Based on the EDAS Method for Multi-Criteria Subcontractor Evaluation. *Information*, *9*(3), 68. Dostupno na: https://doi.org/10.3390/info9030068

[69] Khoo, L. P., & Zhai, L. Y. (2001). A prototype genetic algorithm-enhanced rough set-based rule induction system. *Computers in Industry*, *46*(1), 95–106. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0166-3615(01)00117-8

[70] Kose, E., Kabak, M., & Aplak, H. (2013). Grey theory based MCDM procedure for sniper selection problem. *Grey Systems: Theory and Application*, *3*(1), 35–45. Dostupno na: https://doi.org/10.1108/20439371311293688

[71] Kwong, C., & Bai, H. (2003). Determining the Importance Weights for the Customer Requirements in QFD Using a Fuzzy AHP with an Extent Analysis Approach. *IIE Transactions*, *35*(7), 619–626. Dostupno na: https://doi.org/10.1080/07408170304355

[72] Lesmes, D., Castillo, M., & Zarama, R. (2009, July). Application of the analytic network process (ANP) to establish weights in order to re-accredit a program of a university. In *Proceedings of the international symposium on the analytic hierarchy process* (pp. 1-14).

[73] Liang, G. S., & Wang, M. J. J. (1994). Personnel selection using fuzzy MCDM algorithm. *European Journal of Operational Research*, *78*(1), 22–33. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)90119-8

[74] Liao, H., Xu, Z., & Zeng, X. J. (2014). Distance and similarity measures for hesitant fuzzy linguistic term sets and their application in multi-criteria decision making. *Information Sciences*, *271*, 125–142. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.02.125

[75] Liu, S., & Lin, Y. (2006). *Grey information: theory and practical applications*. Springer Science & Business Media.

[76] Liu, S., Cai, H., Cao, Y., & Yang, Y. (2011). Advance in grey incidence analysis modelling. *2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 1886–1890. Dostupno na: https://doi.org/10.1109/icsmc.2011.6083947

[77] Liu, X., Ruan, D., & Xu, Y. (2005). A study of enterprise human resource competence appraisement. *Journal of Enterprise Information Management*, *18*(3), 289–315. Dostupno na: https://doi.org/10.1108/17410390510591987

[78] Ma, J., Fan, Z. P., & Huang, L. H. (1999). A subjective and objective integrated approach to determine attribute weights. *European Journal of Operational Research*, *112*(2), 397–404. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0377-2217(98)00141-6

[79] Marković, Z. (2007) Jedan pristup normalizaciji matrice podataka u višekriterijumskoj analizi, XXV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, PosTel 2007, Beograd, 11. i 12. decembar 2007, str. 71–80.

[80] Marler, R., & Arora, J. (2004). Survey of multi-objective optimization methods for engineering. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, *26*(6), 369–395. Dostupno na: https://doi.org/10.1007/s00158-003-0368-6

[81] Mentes, A., & Helvacioglu, I. H. (2012). Fuzzy decision support system for spread mooring system selection. *Expert Systems with Applications*, *39*(3), 3283–3297. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.016

[82] Milićević, M. R., & Župac, G. (2012a). An objective approach to determining criteria weights. *Vojnotehnicki Glasnik*, *60*(1), 39–56. Dostupno na: https://doi.org/10.5937/vojtehg1201039m

[83] Milićević, M. R., & Župac, G. (2012b). Subjective approach to the determination of criteria weights. *Vojnotehnicki Glasnik*, *60*(2), 48–70. Dostupno na: https://doi.org/10.5937/vojtehg1202048m

[84] Miljević, M. (2007). Metodologija naučnog rada. Filozofski fakultet–Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Pale

[85] Ölçer, A., & Odabaşi, A. (2005). A new fuzzy multiple attributive group decision making methodology and its application to propulsion/manoeuvring system selection problem. *European Journal of Operational Research*, *166*(1), 93–114. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.02.010

[86] Parmač Kovačić, M., Galić, Z. i Andreis, L. (2014). Upozorenje o lažiranju odgovora u upitniku ličnosti: Jesu li upozoreni ispitanici iskreniji?. *Suvremena psihologija, 17* (1), 35-52. Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/127269

[87] Pawlak, Z. (1985). Rough sets and fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, *17*(1), 99–102. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0165-0114(85)80029-4

[88] Peng, X., Dai, J., & Yuan, H. (2017). Interval-valued Fuzzy Soft Decision Making Methods Based on MABAC, Similarity Measure and EDAS. *Fundamenta Informaticae*, *152*(4), 373–396. Dostupno na: https://doi.org/10.3233/fi-2017-1525

[89] Petkovski, K. (2012). Required skills and leadership characteristics of a modern manager in tourism and hospitality. *UTMS Journal of Economics*, *3*(1), 91-96.

[90] Petrovic, G., Maksimovic, M., & Karabasevic, D. (2017). Strategic positioning of rural tourism on Stara Planina. *Ekonomika Poljoprivrede*, *64*(2), 601–617. Dostupno na: https://doi.org/10.5937/ekopolj1702601p

[91] Puška, A. (2013). Normalizacija podataka i njen uticaj na rangiranje investicionih projekata. Business Consultant/Poslovni Konsultant, 5(22).

[92] Ramsey, F. P. (1990). FP Ramsey: philosophical papers. Cambridge University Press.

[93] Roberts, R., & Goodwin, P. (2002). Weight approximations in multi-attribute decision models. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, *11*(6), 291–303. Dostupno na: https://doi.org/10.1002/mcda.320

[94] Robertson, I. T., & Smith, M. (2001). Personnel selection. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, *74*(4), 441–472. Dostupno na: https://doi.org/10.1348/096317901167479

[95] Saati, S., & Memariani, A. (2005). Reducing weight flexibility in fuzzy DEA. *Applied Mathematics and Computation*, *161*(2), 611–622. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.amc.2003.12.052

[96] Saaty, T. L. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, *32*(7), 841–855. Dostupno na: https://doi.org/10.1287/mnsc.32.7.841

[97] Safari, S., Karimian, M. V., & Khosravi, A. (2014). Identifying and ranking the human resources management criteria influencing on organizational performance using MADM Fuzzy techniques. *Management Science Letters*, *4*(7), 1577–1590. Dostupno na: https://doi.org/10.5267/j.msl.2014.5.030

[98] Sanders, J. E., Hopkins, W. E., & Geroy, G. D. (2003). From Transactional to Transcendental: Toward An Integrated Theory of Leadership. *Journal of Leadership & Organizational Studies*, *9*(4), 21–31. Dostupno na: https://doi.org/10.1177/107179190300900402

[99] Saridakis, G., Lai, Y., & Cooper, C. L. (2017). Exploring the relationship between HRM and firm performance: A meta-analysis of longitudinal studies. *Human Resource Management Review*, *27*(1), 87–96. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2016.09.005

[100] Shannon, C. E. (1993*). Claude elwood shannon: Collected papers*. IEEE press.

[101] Sikavica, P., Hunjak, T., Begičević Ređep, N., & Hernaus, T. (2014). Poslovno odlučivanje.

[102] Simon, H. A. (1959). Theories of decision-making in economics and behavioral science. *The American economic review*, *49*(3), 253-283

[103] Solymosi, T., & Dombi, J. (1986). A method for determining the weights of criteria: The centralized weights. *European Journal of Operational Research*, *26*(1), 35–41. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90157-8

[104] Song, W., Ming, X., Wu, Z., & Zhu, B. (2013). A rough TOPSIS Approach for Failure Mode and Effects Analysis in Uncertain Environments. *Quality and Reliability Engineering International*, *30*(4), 473–486. Dostupno na: https://doi.org/10.1002/qre.1500

[105] Srdjevic, B., Medeiros, Y. D. P., & Faria, A. S. (2004). An Objective Multi-Criteria Evaluation of Water Management Scenarios. *Water Resources Management*, *18*(1), 35–54. Dostupno na: https://doi.org/10.1023/b:warm.0000015348.88832.52

[106] Stanujkic, D., Stojanovic, S., Jovanovic, R., & Magdalinovic, N. (2013). A FRAMEWORK FOR COMMINUTION CIRCUITS DESIGN EVALUATION USING GREY COMPROMISE PROGRAMMING. *Journal of Business Economics and Management*, *14*(Supplement_1), S188–S212. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/16111699.2012.720599

[107] Stanujkic, D., Zavadskas, E. K., Ghorabaee, M. K., & Turskis, Z. (2017). An extension of the EDAS method based on the use of interval grey numbers. *Studies in Informatics and Control*, *26*(1), 5-12.

[108] Stanujkić D, Stojanović S. (2016). Metode višekriterijumskog odlučivanja kao i razvoj novog modela su primenjene i testirane za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja, doktorska disertacija, Fakultet za mendažment, Zaječar.

[109] Stević, E., Vasiljević, M., Puška, A., Tanackov, I., Junevičius, R., & Vesković, S. (2019). EVALUATION OF SUPPLIERS UNDER UNCERTAINTY: A MULTIPHASE APPROACH BASED ON FUZZY AHP AND FUZZY EDAS. *Transport*, *34*(1), 52–66. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/transport.2019.7275

[110] Stević, Ž (2018). Integrisani model vrednovanja dobavljača u lancima snabdevanja. Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad.

[111] Stillwell, W. G., Seaver, D. A., & Edwards, W. (1981). A comparison of weight approximation techniques in multiattribute utility decision making. *Organizational Behavior and Human Performance*, *28*(1), 62–77. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0030-5073(81)90015-5

[112] Stoeber, J., Otto, K., & Dalbert, C. (2009). Perfectionism and the Big Five: Conscientiousness predicts longitudinal increases in self-oriented perfectionism. *Personality and Individual Differences*, *47*(4), 363–368. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.paid.2009.04.004

[113] Storey Hooper, R., Galvin, T. P., Kilmer, R. A., & Liebowitz, J. (1998). Use of an expert system in a personnel selection. *Expert Systems with Applications*, *14*(4), 425–432. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0957-4174(98)00002-5

[114] Szidarovszky, F., Gershon, M. E., & Duckstein, L. (1986). *Techniques for Multi-Objective Decision Making in Systems Management (Advances in Industrial Engineering)*. Elsevier Science Ltd.

[115] Štilić, A. (2019). Criterias as elements of the multi criteria analysis in selection of personnel in the tourism industry. Knowledge International Journal, 32(1), 51-54. DOI: https://doi.org/10.35120/kij320151s

[116] Štilić, A. (2020). Novel EDAS++ method: Interval type criteria and extension to EDAS. *Turisticko Poslovanje*, *25–26*, 39–52. Dostupno na: https://doi.org/10.5937/turpos0-29612

[117] Štilić, A., Nicić, M., Zimonjić, B., & Njeguš, A. (2019). Application of multi-criteria method EDAS in tourism industry candidates' ranking and the introduction of corrective step. *Turisticko Poslovanje*, *23*, 61–75. Dostupno na: https://doi.org/10.5937/turpos0-21644

[118] Štilić, A., Njeguš, A. (2019a). Primena metoda višekriterijumske analize u odabiru kandidata za rad u turističkoj privredi. Paper presented at Sinteza 2019 - International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research. Dostupno na: https://doi.org/10.15308/Sinteza-2019-505-510

[119] Štilić, A., Njeguš, A. (2019b). Primena višekriterijumske analize kod posredovanja pri zapošljavanju studenata u turističkoj privredi, Konferencija: Hotelska kuća 2019 – Prezentovan rad na konferenciji doi: 10.13140/RG.2.2.29464.75522

[120] Taylor, F. A., Ketcham, A. F., & Hoffman, D. (1998). Personnel evaluation with AHP. *Management Decision*, *36*(10), 679–685. Dostupno na: https://doi.org/10.1108/00251749810245336

[121] Teng, S. Y. (1943). Chinese Influence on The Western Examination System: I. Introduction. *Harvard Journal of Asiatic Studies*, *7*(4), 267- 312. Dostupno na: https://doi.org/10.2307/2717830

[122] Tesone, D. V., & Ricci, P. (2005). Job Competency Expectations for Hospitality and Tourism Employees. *Journal of Human Resources in Hospitality & Tourism*, *4*(2), 53–64. Dostupno na: https://doi.org/10.1300/j171v04n02_03

[123] Tiwari, V., Jain, P. K., & Tandon, P. (2016). Product design concept evaluation using rough sets and VIKOR method. *Advanced Engineering Informatics*, *30*(1), 16–25. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.11.005

[124] Tsao, C. T., & Chu, C. T. (2001). Personnel selection using an improved fuzzy MCDM algorithm. *Journal of Information and Optimization Sciences*, *22*(3), 521–536. Dostupno na: https://doi.org/10.1080/02522667.2001.10699508

[125] Turoff, M., & Linstone, H. A. (2002). The Delphi method-techniques and applications.

[126] Turskis, Z., & Zavadskas, E. K. (2010). A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). CASE study: the analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location. *Transport*, *25*(4), 423–432. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/transport.2010.52

[127] Tzeng, G. H., & Tasur, S. H. (1994). The multiple criteria evaluation of grey relation model. *The Journal of grey system*, *6*(2), 87-108.

[128] Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (2007). Theory of games and economic behavior (commemorative edition). Princeton university press.

[129] Wang, D. (2009, September). Extension of TOPSIS method for R&D personnel selection problem with interval grey number. In *2009 International Conference on Management and Service Science* (pp. 1-4). IEEE.

[130] Wood, A. M., Joseph, S., & Maltby, J. (2009). Gratitude predicts psychological well-being above the Big Five facets. *Personality and Individual Differences*, *46*(4), 443–447. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.paid.2008.11.012

[131] Yaakob, S. B., & Kawata, S. (1999). Workers' placement in an industrial environment. *Fuzzy Sets and Systems*, *106*(3), 289–297. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0165-0114(97)00274-1

[132] Yoakum, C. S., & Yerkes, R. M. (Eds.). (1920). *Army mental tests*. H. Holt.

[133] Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, *8*(3), 338–353. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x

[134] Zavadskas, E. K., & Podvezko, V. (2016). Integrated Determination of Objective Criteria Weights in MCDM. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, *15*(02), 267–283. Dostupno na: https://doi.org/10.1142/s0219622016500036

[135] Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making / Naujas adityvinis kriterijų santykių įvertinimo metodas (ARAS) daugiakriteriniams uždaviniams spręsti. *Technological and Economic Development of Economy*, *16*(2), 159–172. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/tede.2010.10

[136] Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Kildienė, S. (2014). STATE OF ART SURVEYS OF OVERVIEWS ON MCDM/MADM METHODS. *Technological and Economic Development of Economy*, *20*(1), 165–179. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/20294913.2014.892037

[137] Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Tamošaitienė, J. (2008). MULTICRITERIA SELECTION OF PROJECT MANAGERS BY APPLYING GREY CRITERIA / PROJEKTŲ VALDYTOJO PARINKIMO DAUGIATIKSLIO VERTINIMO MODELIS. *Technological and Economic Development of Economy*, *14*(4), 462–477. Dostupno na: https://doi.org/10.3846/1392-8619.2008.14.462-477

[138] Zhai, L. Y., Khoo, L. P., & Zhong, Z. W. (2009). Design concept evaluation in product development using rough sets and grey relation analysis. *Expert Systems with Applications*, *36*(3), 7072–7079. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.08.068

[139] Zhang, S. F., & Liu, S. Y. (2011). A GRA-based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection. *Expert Systems with Applications,* 38(9), 11401–11405. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.03.012

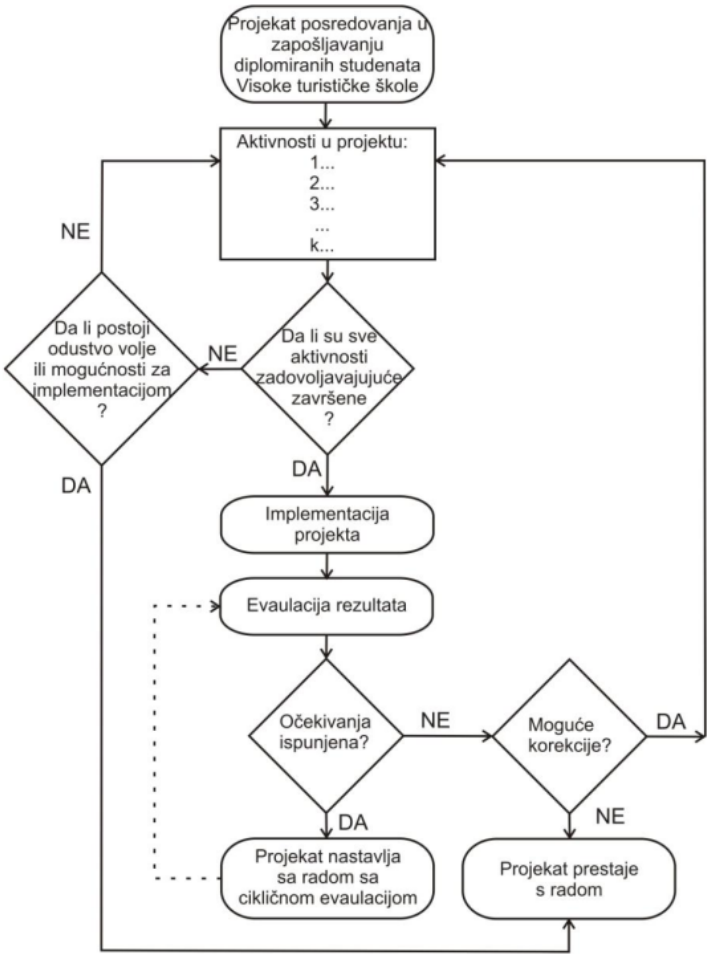
[140] Zhu, G. N., Hu, J., Qi, J., Gu, C. C., & Peng, Y. H. (2015). An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *Advanced Engineering Informatics*, *29*(3), 408–418. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.01.010

[141] Zhü, K. (2014). Fuzzy analytic hierarchy process: Fallacy of the popular methods. *European Journal of Operational Research*, *236*(1), 209–217. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.034

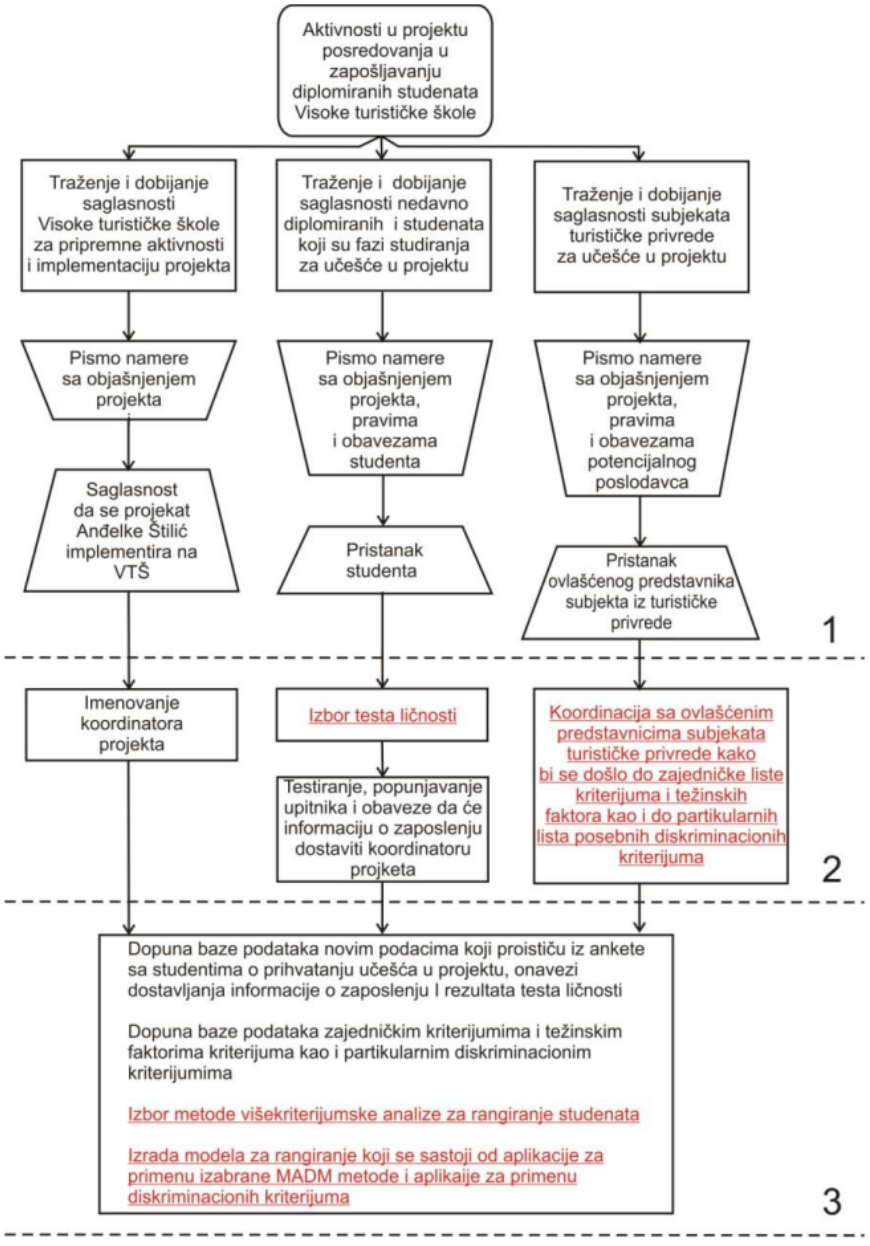
[142] Zimmermann, H. J. (2010). Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, *2*(3), 317–332. Dostupno na: https://doi.org/10.1002/wics.82

PRILOZI

PRILOG A. KORACI PLANIRANJA PROJEKTA



Slika 16 Bazna šema projekta PUZS



Slika 17 Deo šeme bazičnih aktivnosti na projektu PUZS (Štilić & Njeguš 2019b)

Visoka turistička škola
strukovnih studija
Beograd

POZIV ZA UČEŠĆE U PROJEKTU

Posredovanje u zapošljavanju studenata Visoke turističke škole u turističkoj privredi

Poštovane kolege,

Čestitamo Vam na upisu na Visoku turističku školu strukovnih studija iz Beogarada i želimo Vam uspeh u studiranju.

Pozivamo Vas da učestvujete u prejektu : **Posredovanje u zapošljavanju studenata Visoke turističke škole u turističkoj privredi** koji uz pomoć najsavremenijih analitičkih tehnika višekriterijumske analize rangira završene studente prema kriterijumima kao što su: prosečna ocena tokom studiranja, dužina studiranja, otvorenost prema inovacijama, odgovornost, društvena ekstrovertnost, prijatnost u ophođenju,... a sve u dogovoru sa potencijalnim poslodavcima – pravnim subjektima iz oblasti turističke privrede.

Vaša obaveza, ukoliko prihvatite učešće u projektu, je da u pdredviđenom vremenskom periodu popunite test ličnosti koji će vam biti prezentovan i anketu sa desetak pitanja kao što su: posedovanje vozačke dozvole, grad u Republici Srbiji u kome želite da zasnujete radni odnos... I još jedna obaveza je da nas mail-om obavestite o trenutku zasnivanja radnog odnosa.

Naša obaveza je da na osnovu zadatih kriterijuma od strane potencijalnih poslodavaca (pravnih subjekata u turističkoj privredi) i vaših rezultata, dva puta godišnje uradimo na osnovu metoda višekriterijumske analize rang listu završenih studenata i prosledimo je potencijalnim poslodavcima. Od tog trenutka, dalja komunikacija između Vas i potencijalnih poslodavaca prestaje da bude projektna aktivnost.

Slika 18 Deo pisma studentima Visoke turističke škole



Visoka turistička škola
strukovnih studija
Beograd

Bulevar Zorana Đinđića 152a
11070 Novi Beograd

Telefoni:
011/ 2698 222, lokali 12,13, i 24,
2698 206, 3196 630, 3196 631

web: www.visokaturisticka.edu.rs
e-mail: info@visokaturisticka.edu.rs

POZIV ZA UČEŠĆE U PROJEKTU

Posredovanje u zapošljavanju studenata Visoke turističke škole

u turističkoj privredi

Poštovani,

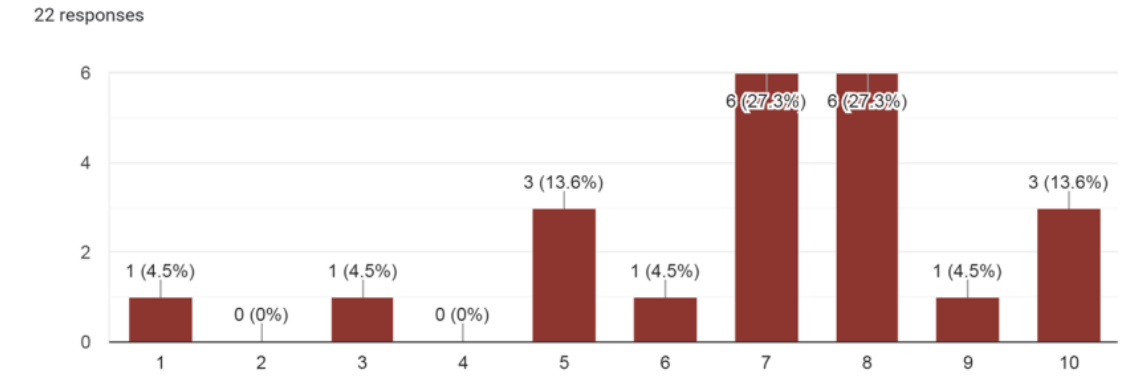
Verujemo da ste upoznati sa postojanjem Visoke turističke škole strukovnih studija iz Beogarada i kvalitetnom edukacijom koju dobijaju njeni studenti, a ukoliko niste – na sajtu škole možete pogledati program studija i steći uvid u aktivnosti ove viskoobrazovne ustanove.

Pozivamo vas da učestvujete u prejektu : **Posredovanje u zapošljavanju studenata Visoke turističke škole u turističkoj privredi** koji uz pomoć najsavremenijih analitičkih tehnika višekriterijumske analize pronalazi i rangira završene studente prema vašim potrebama i kriterijumima.

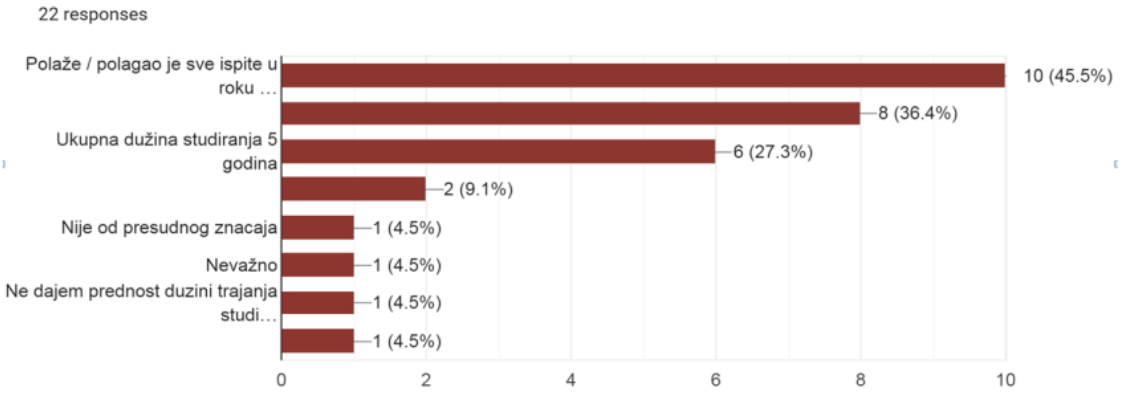
Vaša obaveza, ukoliko prihvatite učešće u projektu je, da zajedno sa našim timom na čijem čelu je autor projekta Anđelka Štilić MA, definišemo kriterijume na osnovu kojih bi dva puta godišnje dobijali listu diplomiranih studenata rangiranih upravo po tim kriterijumima zajedno sa njihovim CV. Vaša obaveza nije da zaposlite bilo koga sa liste ali verujemo da ćete na taj način moći da planirate vaše ljudkse resurse i nadamo se da ćete imati svoj interes da zaposlite negog (neke) od kandidata sa liste jer predstavljaju nejbolje rangirane završene studente Visoke turističke škole strukovnih studija iz Beogarada na osnovu vaših kriterijuma.

Slika 19 Deo pisma odgovornim licima u organizacijama turističke privrede u Srbiji

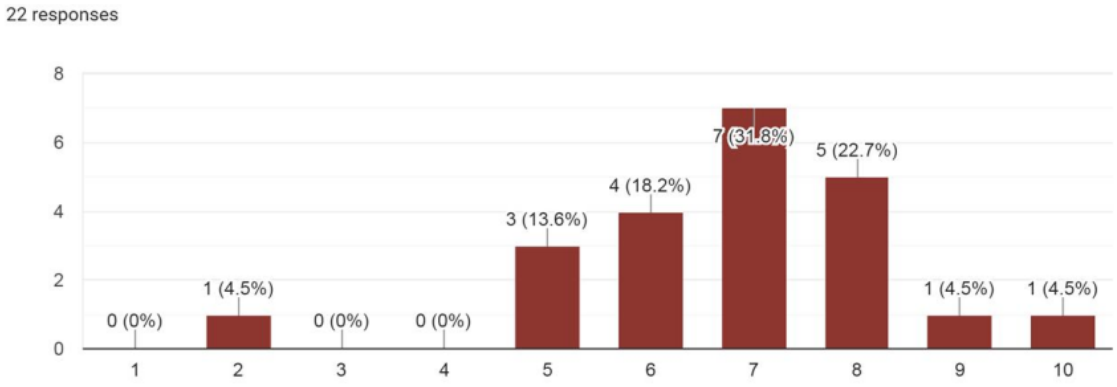
PRILOG B.REZULTATI ANKETIRANJA SUBJEKETA TURISTIČKE PRIVREDE



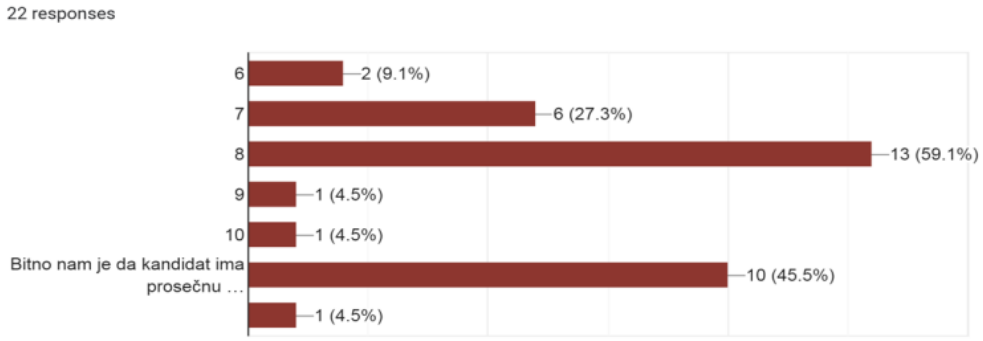
Slika 20 Presek odgovora na pitanje o važnosti dužine studiranja (na skali od 1 do 10) (Štilić & Njeguš 2019b)



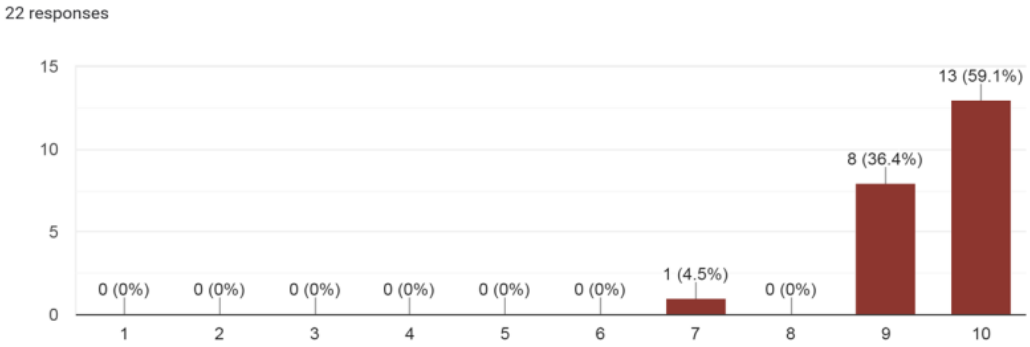
Slika 21 Presek odgovora na set pitanja o vezan za dužinu studiranja



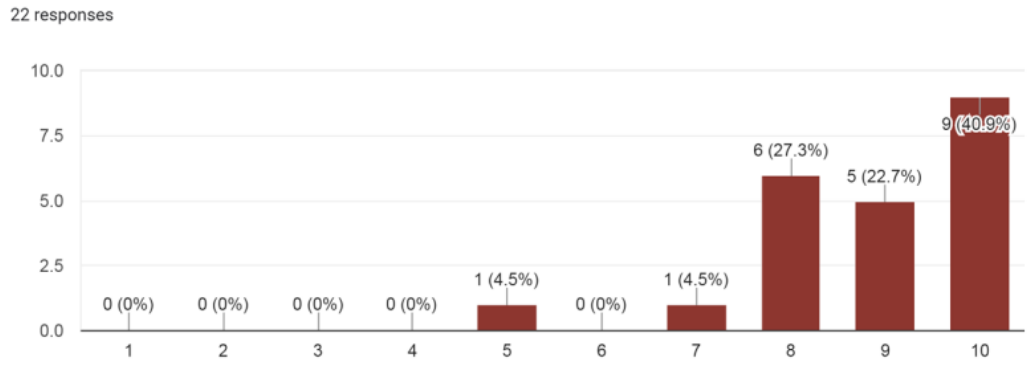
Slika 22 Presek odgovora na pitanje o važnosti visine prisečne ocene



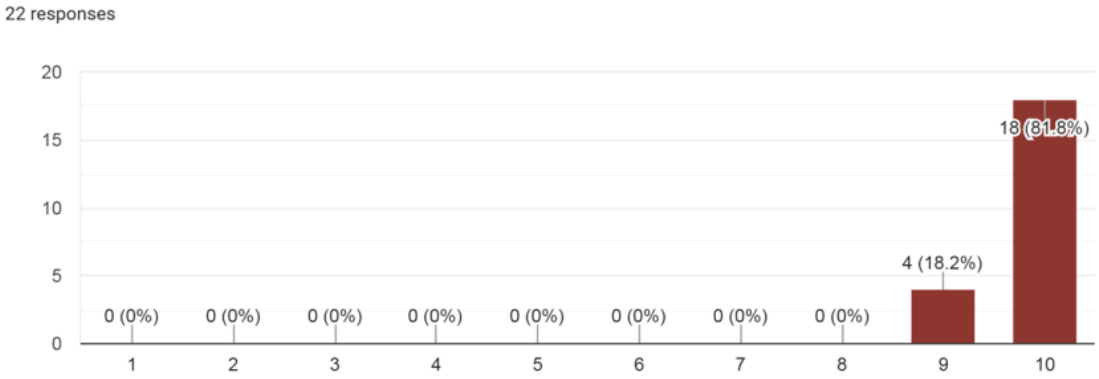
Slika 23 Presek odgovora na pitanje o prosečnoj oceni, uz ponuđenu mogućnost vrednovanja



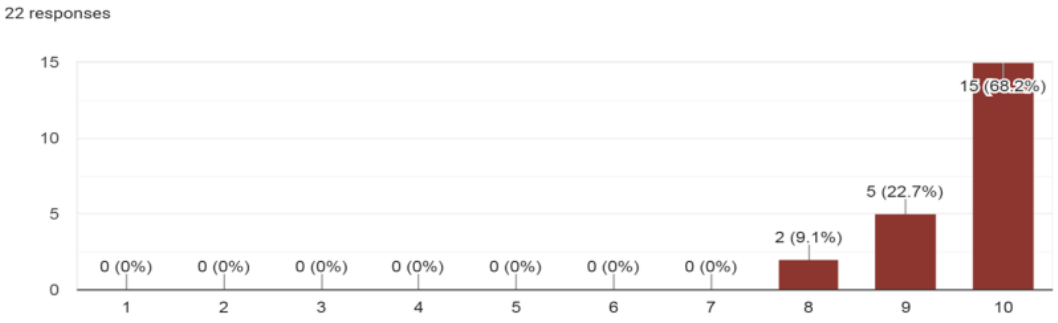
Slika 24 Presek odgovora na pitanje o važnosti psiholoških karakteristika kandidata



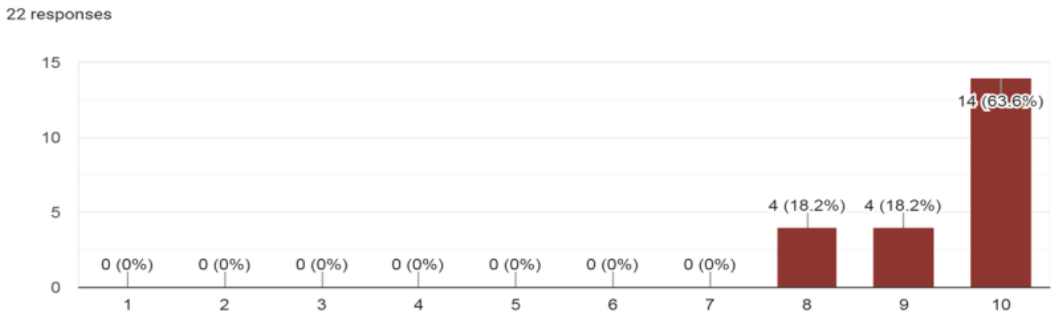
Slika 25 Presek odgovora na pitanje o važnosti inovativnosti kao osobine kandidata



Slika 26 Presek odgovora na pitanje o važnosti odgovornosti kao osobine kandidata



Slika 27 Presek odgovora na pitanje o važnosti prijatnosti u ophođenjum kao osobine kandidata



Slika 28 Presek odgovora na pitanje o važnosti emocionalne stabilnosti kandidata

Spisak akronima

AHP (*Analytic Hierarchy Process*) – Analitičko-hijerarhijski proces

ANP (*Analytic Network Process*) – Analitičko-mrežni proces

ARAS (*A new additive ratio assessment*) – metoda MCDM

CI (*Consistency Index*) – indeks konzistentnosti

CODAS (*COmbinative Distance-based Assessment*) – metoda MCDM

COPRAS (*COmplex PRoportional ASsessment*) – metoda MCDM

CR (Consistency Rank) – Stepen konzistentnosti

DA (*Descriptive approach*) – deskriptivni pristup (odlučivanju)

DEMATEL (*Decision-Making Trial and Evaulation Laboratory)* – anačitička tehnika

DM (*Decision Making)* – instrument odlučivanja

DO – donosilac odluke

EDAS (*Evaluation based on Distance from Average Solution)* – Odlučivanje u odnosu na udaljenost od srednjeg rešenja

ELECTRE E (*Limination and Choice Expressing Reality*) – metoda MCDM

FN (*fuzzy number*) – *fuzzy* broj

FST (*Fuzzy set theory*) – Teorija *fuzzy* skupova

GANAP (Grey *Analytic Network Process*) – GREY analitički mrežni proces

GDM *(Group Decision Making)* – grupno odlučivanje

GN (*Grey Number*) – sivi broj

GRA (*Grey Relational Analysis)* – GREY relaciona analiza

GST (*Grey System Theory)* – Teorija sivih sistema

HPVP (*high performance work practices*) – indeks visokih performansi radne prakse

HR (*Human Resources)* – ljudski resursi

HRIS (*Human Resource Information Systems* – HRIS) – informacioni sistem ljudskih resursa

HRM (*Human Resources Menagment)* – upravljanje ljudskim resursima

IFS (*intuitionistic fuzzy sets*) – Intuicioni *fuzzy* skup

IFV (*intuitionistic fuzzy values*) – intuicione *fuzzy* vrednosti

MADM (*Multi Atribute Decision Analysis)* –višeatributska analiza

MADM (*Multi-attribute Decision Making*) – višeatributno odlučivanje

MAIRCA (*Multi Attributive Ideal-Real Comparative Analysis*) – metoda MCDM

MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) – višekriterijumsko odlučivanje

MODA (*Multi Objectiv Decision Analysis)* – višeobjektna/višeciljna analiza

MODM (*Multi Objectiv Decision Making*) – višeobjektno/višeciljno odlučivanje

MOORA (*Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis*) – metoda MCDM

NA (*Normative approach*) – normativni pristup odlučivanju

NDA (*Negative Distances from the Average solution*) – negativno rastojanje od srednje vrednosti

NIS (*Negative Ideal Solution*) – negativno idealno rešenje

PA (*Prescriptive approach*) – preskriptivni pristup odlučivanju

PDA (*Positive Distances from the Average solution*) – pozitivno ratojanje od srednje vrednosti

PIS (*Positive Ideal Solution*) – pozitivno idealno rešenje

PROMETHEE (*Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment of Evaluations)* – metoda MCDM

PROMETHEE (*Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations*) – metoda MCDM

RI (*Random Index*) – slučajni indeks

RN (*Rough Number)* – grubi broj

SAW (*Simple Additive Weighting*) – Metoda jednostavnih aditivnih težina

SEO (*Search engine optimization)* – teorija korisnosti (optimizacije)

SEU (*Subjective expected utility*) – klasična teorija odlučivanja (Teorija očekivane subjektive koristi)

SWARA (*Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis)* – metoda MCDM

SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) – Snaga, Slabosti, Mogućnosti, Pretnje

TFN (*Triangular Fuzzy Number, Trapezoid Fuzzy Number*) – trougaoni i trapezoidni *fuzzy* broj

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)* – tehnika rangiranja zasnovana na maksimalnoj sličnosti s idealnim rešenjem

TOPSIS (*Technique for Ordering Preference by Similarity to Ideal Solution*) – tehnika određivanja preferencija na bazi sličnosti s idealnim rešenjem

VIKOR (*VIšekriterijumska optimizacija i KOmpromisno Rešenje*) − metoda MCDM.

Spisak tabela

Tabela 1 Metode višekriterijumske analize (Stević, 2018; Štilić & Njeguš 2019b) 27

Tabela 2 Vrednosti Satijeve fundamentalne skale (Saaty, 1986) 33

Tabela 3 Raspodela stepena konzistentnosti (Saaty, 1986; Saati & Memariani, 2005) 37

Tabela 4 Matrica odlučivanja prikazana u formi tabele (Brans Brans et al.,1986) 42

Tabela 5 Odnos inteziteta preferencija P_i(a) nad P_i (b) 44

Tabela 6 Preferencije funkcija (Brans et al., 1986) 44

Tabela 7 SWOT analiza 52

Tabela 8 SWOT analiza SAW metode (Figueira et al, 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski 2014) 52

Tabela 9 SWOT analiza AHP metode (Figueira et al., 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski, 2014) 53

Tabela 10 SWOT analiza TOPSIS metode (Figueira et al., 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski, 2014) 53

Tabela 11 SWOT analiza PROMETHEE metode (Figueira et al., 2005; Cinelli et al., 2013; Agarski, 2014) 54

Tabela 12 SWOT analiza ARAS metode 55

Tabela 13 SWOT analiza EDAS metode 56

Tabela 14 Osnovne računske radnje dva trougaona TFN (Stević, 2018) 59

Tabela 15 Osnovne računske radnje dva trapezasta TFN (Stević, 2018) 61

Tabela 16 Računske operacije nad dva broja u RN obliku 66

Tabela 17 Aksiomi teorije GST (Stanujkić & Stojanović, 2016) 67

Tabela 18 Tipovi sivih (GREY) brojeva (Stanujkić & Stojanović, 2016) 68

Tabela 19 Računske operacije nad sivim (GREY) brojevima (Stanujkić & Stojanović, 2016) 69

Tabela 20 Anketni list za Delfi metodu određivanja težine kriterijuma 92

Tabela 21 Koeficijent korelacije i tumačenje povezanosti (Milićević & Župac 2012b) 93

Tabela 22 SWOT analiza ENTROPY metode (Shannon & Weaver, 1947; Milićević & Župac, 2012a; Agarski, 2014; Jahan & Edwards 2014) 96

Tabela 23 SWOT analiza CRITIC metode (Diakoulaki et al., 1995; Jahan & Edwards, 2014; Milićević & Župac, 2012a; Agarski 2014) 96

Tabela 24 SWOT analiza CRITIC metode (Ma et al., 1999; Milićević & Župac, 2012a; Xu, 2004; Agarski, 2014) 95

Tabela 25 Tabelarni skraćeni pregled literature iz MCDM i HRM oblasti 99

Tabela 26 Pregled literature iz oblasti EDAS metode 106

Tabela 27 Tabela odlučivanja sa obračunom suma i proseka po kriterijumu (Štilić et al., 2019) 111

Tabela 28 PDA pozitivnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić et al., 2019) 112

Tabela 29 NDA negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić et al., 2019) 112

Tabela 30 Rezultati koraka 5, 6, 7 i 8 (Štilić et al., 2019, pp.67-69) 115

Tabela 31 (Tabela 27) Tabela (matrica) odlučivanja sa obračunom suma i proseka po kriterijumu (Štilić et al., 2019) 116

Tabela 32 Tabela (matrica) odlučivanja sa normalizovanim vrednostima metodom korektnog preslikavanja i sa obračunom suma i proseka po kriterijumu (Štilić et al., 2019) 117

Tabela 33 PDA pozitivnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štili et al., 2019) 118

Tabela 34 NDA negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štili et al., 2019) 118

Tabela 35 Rezultati koraka 5, 6, 7 i 8 (Štilić et al., 2019) 120

Tabela 36 Pravila preslikavanja intervalnih kriterijuma 1-4 podaci iz tabele:(Štilić, 2020) 124

Tabela 37 Tabelarni prikaz matrice odlučivanja nakon normalizacije (Štilić, 2020) 128

Tabela 38 PDA pozitivnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić, 2020) 128

Tabela 39 NDA negativnih rastojanja od prosečnih vrednosti (Štilić, 2020) 129

Tabela 40 Rezultati posle uvođenja intervalnih kriterijuma (Štilić, 2020) 131

Tabela 41 (deo podataka iz tabele 35) Rezultati pre uvođenja intervalnih kriterijuma (Štilić, 2020) 131

Spisak slika

Slika 1 Normativni model odlučivanja 22

Slika 2 Elementi višekriterijumske analize 25

Slika 3 Metode višekriterijumskog odlučivanja (Zavadskas et al., 2011) 26

Slika 4 Broj naučnih publikacija na temu MCDM (Zavadskas et al., 2014) 28

Slika 5 Koraci u primeni AHP 31

Slika 6 Hijerarhijski elementi u AHP modelu 32

Slika 7 Vrednosti Satijeve fundamentalne skale (Saaty, 1986) 33

Slika 8 Strukturna razlika između hijerarhije i mreže (Kadoić, 2018) 38

Slika 9 Izlazni i ulazni tok (Figueira et al., 2005) 46

Slika 10 Fuzzy funkcije pripadnosti (Stević, 2018) 58

Slika 11 Trougani fuzzy broj 59

Slika 12 Trapezasti fuzzy broj (TFN) (Stević, 2018) 60

Slika 13 Koncept grubih skupova (Stević, 2018) 65

Slika 14 Težine kriterijuma dobijenih metodom inverznih težina (Milićević & Župac, 2012b) 88

Slika 15 Dijagram za prognostički DELFI (Eret, 2017) 92

Slika 16 Bazna šema projekta PUZS 151

Slika 17 Deo šeme bazičnih aktivnosti na projektu PUZS (Štilić & Njeguš 2019b) 152

Slika 18 Deo pisma studentima Visoke turističke škole 153

Slika 19 Deo pisma odgovornim licima u organizacijama turističke privrede u Srbiji 154

Slika 20 Presek odgovora na pitanje o važnosti dužine studiranja (na skali od 1 do 10) (Štilić & Njeguš 2019b) 155

Slika 21 Presek odgovora na set pitanja o vezan za dužinu studiranja 155
Slika 22 Presek odgovora na pitanje o važnosti visine prisečne ocene 156
Slika 23 Presek odgovora na pitanje o prosečnoj oceni, uz ponuđenu mogućnost vrednovanja 156
Slika 24 Presek odgovora na pitanje o važnosti psiholoških karakteristika kandidata 156
Slika 25 Presek odgovora na pitanje o važnosti inovativnosti kao osobine kandidata 157
Slika 26 Presek odgovora na pitanje o važnosti odgovornosti kao osobine kandidata 157
Slika 27 Presek odgovora na pitanje o važnosti prijatnosti u ophođenjum kao osobine kandidata 157
Slika 28 Presek odgovora na pitanje o važnosti emocionalne stabilnosti kandidata 158

UNAPREĐENJE EDAS METODE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA U EVALUACIJI I RANGIRANJU KADROVA

ORIGINALITY REPORT

11%
SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	aseestant.ceon.rs Internet	1678 words — 5%
2	Anđelka Štilić. "CRITERIAS AS ELEMENTS OF THE MULTI CRITERIA ANALYSIS IN SELECTION OF PERSONNEL IN THE TOURISM INDUSTRY", Knowledge International Journal, 2019 Crossref	750 words — 2%
3	Anđelka Štilić, Angelina Njeguš. "Primena metoda višekriterijumske analize u odabiru kandidata za rad u turističkoj privredi", Proceedings of the International Scientific Conference - Sinteza 2019, 2019 Crossref	287 words — 1%
4	nardus.mpn.gov.rs Internet	246 words — 1%
5	fmz.edu.rs Internet	210 words — 1%
6	www.cris.uns.ac.rs Internet	120 words — < 1%
7	Do Phuc, Nguyen Thi Kim Phung. "Chapter 27 Visualization of the Similar Protein Structures	73 words — < 1%

Using SOM Neural Network and Graph Spectra", Springer Science and Business Media LLC, 2010
Crossref

8	es.scribd.com Internet	56 words — < 1%
9	www.dps.org.rs Internet	55 words — < 1%
10	documents.mx Internet	53 words — < 1%
11	www.scribd.com Internet	46 words — < 1%
12	repozitorij.unizg.hr Internet	42 words — < 1%
13	acikerisim.firat.edu.tr Internet	34 words — < 1%
14	hrcak.srce.hr Internet	31 words — < 1%
15	scindeks-clanci.ceon.rs Internet	31 words — < 1%
16	openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 Internet	28 words — < 1%
17	Miljojko Bazic, Nedjo Danilovic. "Draft scientific concept of the research project", Megatrend revija, 2015 Crossref	27 words — < 1%
18	pt.scribd.com Internet	

		27 words — < 1%
19	www.vtg.mod.gov.rs Internet	27 words — < 1%
20	www.e-water.de Internet	24 words — < 1%
21	www.mitpressjournals.org Internet	24 words — < 1%
22	link.springer.com Internet	22 words — < 1%
23	www.orhansermutlu.com Internet	22 words — < 1%
24	www.unios.hr Internet	22 words — < 1%
25	www.symopis2013.fon.bg.ac.rs Internet	20 words — < 1%
26	ebin.pub Internet	19 words — < 1%
27	journals.vgtu.lt Internet	17 words — < 1%
28	Dergipark.Org.Tr Internet	16 words — < 1%
29	polj.ns.ac.yu Internet	16 words — < 1%
30	www.tandfonline.com	

Internet

16 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES < 15 WORDS