

UNIVERZITET „DŽON NEZBIT“, BEOGRAD
FAKULTET ZA MENADŽMENT - ZAJEČAR

Doktorska disertacija

**RAZVOJ MODELA ZA EVALUACIJU
INTERNET INFORMACIONIH RESURSA
PRIMENOM METODA
VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA**

Mentor
prof. dr Dragiša Stanujkić

Kandidat
mr Sanja Stojanović

Zaječar, 2016

Mentor:

prof. dr Dragiša Stanujkić, Fakultet za menadžment – Zaječar

Članovi komisije:

prof. dr Milan N. Božinović, Ekonomski fakultet, Univerzitet u Prištini

prof. dr Bojan Đorđević, Fakultet za menadžment – Zaječar

datum odbrane rada:

Изјава о ауторству

Потписани-а Сања Стојановић

број уписа 060/013/d

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Развој модела за евалуацију интернет информационих ресурса
применом метода вишекритеријумског одлучивања

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Зајечару, 21.10.2015.

Сања Стојановић

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Сања Стојановић
Број уписа 0601013/d
Студијски програм докторске студије
Наслов рада Развој модела за евалуацију интернет информационих
ресурса применом метода вишекритеријумског одлучивања
Ментор проф. др Драгиша Станујкић

Потписани Сања Стојановић,

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла факултету и универзитету.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталних библиотека, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета Мегатренд.

Потпис докторанда

У Зајечару, 21.10.2015

Сања Стојановић

SADRŽAJ

1. UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1. Problem istraživanja	1
1.2. Predmet i cilj istraživanja	3
1.3. Generalne i posebne hipoteze	5
1.4. Metode istraživanja.....	5
1.5. Očekivani naučni doprinos	8
1.6. Kratak opis strukture disertacije	9
1.7. Sažeti osvrt na dosadašnje rezultate u oblasti istraživanja	11
2. TEORIJSKI DEO.....	16
2.1. Teorija odlučivanja.....	16
2.1.1. Osnovni pojmovi	16
2.1.2. Odlučivanje.....	16
2.1.3. Grupno odlučivanje	20
2.1.4. Analiza odluka.....	23
2.2. Višekriterijumsko odlučivanje.....	26
2.2.1. Pojam i uloga višekriterijumskog odlučivanja u teoriji odlučivanja	26
2.2.1.1. Karakteristike višekriterijumskog odlučivanja (MCDM).....	28
2.2.1.2. Klasifikacija metoda višekriterijumskog odlučivanja	29
2.2.1.3. Osnovne etape MCDM metoda.....	35
2.2.1.4. Metode normalizacije	38
2.2.2. MCDM metode.....	39
2.2.2.1. AHP metoda	39
2.2.2.2. TOPSIS metoda	46
2.2.2.3. Uopštena COPRAS metoda.....	48
2.2.2.4. ARAS metoda.....	50
2.2.2.5. VIKOR metoda.....	52
2.2.2.6. MOORA metoda.....	55
2.3. Teorija sivih sistema.....	58
2.3.1. Uvod	58
2.3.1.1. Istorijat.....	58
2.3.1.2. Osnovne osobine sivih sistema.....	59

2.3.1.3. Poređenje nekih nedeterminističkih metoda.....	60
2.3.1.4. Značaj teorije sivih sistema u razvoju nauke.....	62
2.3.2. Sivi brojevi i operacije.....	63
2.3.2.1. Sivi brojevi	63
2.3.2.2. Operacije sa intervalnim sivim brojevima.....	65
2.4. Internet informacioni resursi	68
2.4.1. Uvod	68
2.4.2. Fakultetski i akademski internet informacioni resursi.....	72
2.4.3. Zašto evaluacija?	75
2.4.4. Kriterijumi za evaluaciju kvaliteta	76
3. RAZVOJ MODELA I EMPIRIJSKA VERIFIKACIJA.....	79
3.1. Razvoj GREY MOORA metode	79
3.1.1. ETAPA 1: transformacija u bezdimenzionalne veličine	80
3.1.2. ETAPA 2: određivanje ukupnog indeksa performansi na osnovu <i>Pristupa sistema odnosa</i> MOORA metode	81
3.1.3. ETAPA 3: određivanje ukupnog indeksa performansi na osnovu <i>Pristupa referentne tačke</i> MOORA metode.....	83
3.2. Empirijski deo	86
3.2.1. Izbor kriterijuma i alternativa	86
3.2.1.1. Izbor kriterijuma	87
3.2.1.2. Izbor alternativa.....	91
3.2.2. Prikaz sprovedene ankete i rezultata	93
3.2.2.1. Određivanje težina kriterijuma AHP metodom.....	97
3.2.2.2. Prikaz vrednosti alternativa po kriterijumima - matrica odlučivanja.....	104
3.3. Primena metoda na evaluaciju internet informacionih resursa	105
3.3.1. Primena MOORA metode na crisp podatke	105
3.3.2. Primena GREY MOORA metode	110
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I KOMPARATIVNA ANALIZA REZULTATA....	119
4.1. Rezultati rangiranja različitim MCDM metodama i njihova komparativna analiza.....	119
4.1.1. Rezultati rangiranja ostalih MCDM metoda	119
4.1.1.1. TOPSIS	120
4.1.1.2. COPRAS.....	121
4.1.1.3. ARAS	123

4.1.1.4. VIKOR	124
4.1.2. Komparativna analiza dobijenih rezultata	127
4.1.2.1. MOORA i ostale metode	128
4.1.2.2. GREY MOORA i ostale metode	131
4.2. Predlog modela za evaluaciju internet informativnih resursa.....	135
5. ZAKLJUČAK	143
5.1. Potvrda hipoteza	143
5.2. Doprinos	146
5.3. Buduća istraživanja.....	148
5.4. Publikovani rezultati.....	149
6. LITERATURA	150
7. PRILOZI	162
7.1. Prilog 1 (GREY MOORA normalizacija)	162
7.2. Prilog 2 (GREY MOORA rastojanje)	164
7.3. Prilog 3 (AHP anketa)	168
7.4. Prilog 4 (rezultati AHP ankete - II deo)	171
7.5. Prilog 5 (rezultati ankete - III deo)	173
7.6. Prilog 6 (TOPSIS metoda – postupak i rezultati rangiranja).....	175
7.7. Prilog 7 (COPRAS metoda – postupak i rezultati rangiranja).....	177
7.8. Prilog 8 (ARAS metoda – postupak i rezultati rangiranja)	178
7.9. Prilog 9 (VIKOR metoda – postupak i rezultati rangiranja)	179

RAZVOJ MODELA ZA EVALUACIJU INTERNET INFORMACIONIH RESURSA PRIMENOM METODA VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA

APSTRAKT

U moru informacija koje se nalaze u nepreglednom internet (sajber) prostoru, pravo je pitanje kako doći do željenih, pouzdanih i kvalitetnih informacija, na najlakše moguć način. Internet je postao dragocen resurs za brz pristup informacijama, ali ogromna količina informacija ne daje kvalitet pretraživanju. Štaviše, javlja se problem pouzdanosti i validnosti dobijenih informacija. Značajan porast korišćenja interneta je takođe izazvalo značajne promene u načinu poslovanja kompanija i njihovu interakciju sa drugim kompanijama, vladama i potrošačima. Visokoškolske ustanove, kao organizacije koje pružaju usluge, takođe treba da obrate pažnju na ove promene i da pokušaju da reše probleme i izazove koji im se nameću, kroz unapređivanje komunikacije visokoškolskih institucija, povećanjem kvaliteta njihovih internet informacionih resursa koji utiču na sliku korisnika o samoj instituciji.

Ova doktorska disertacija, nastala je kao rezultat istraživanja mogućnosti primene različitih metoda višekriterijumskog odlučivanja za potrebe evaluacije i procene kvaliteta internet informacionih resursa, posebno u oblasti visokoškolvstva. S'obzirom da ovaj problem kod nas nije posebno obrađen, osnovni cilj istraživanja je bio da se objasni uloga i značaj metoda višekriterijumskog odlučivanja, kao i da se upotrebe teorijski metodi, ali i da se predloži višekriterijumski model koji bi se mogao uspešno primenjivati u praksi za sagledavanje i otklanjanje problema prilikom evaluacije internet informacionih resursa.

Disertacija se sastoji iz tri istraživačke celine koji radu daju kako naučni, tako i društveni doprinos:

- 1. uvedeno je novo proširenje već postojeće MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva pod nazivom GREY MOORA, koje u rad uvodi novu naučnu dimenziju zbog činjenice da se upotrebom intervalnih sivih brojeva mogu poboljšati preciznost odluke i prevazići neodređenost u neizvesnom okruženju;*
- 2. dokazana je primenljivost ovog proširenja, kao i velikog broja drugih metoda višekriterijumskog odlučivanja na rešavanje problema evaluacije internet informacionih resursa. Za potrebe primene ovih metoda, identifikovani su kriterijumi evaluacije, kao i alternative koje će biti rangirane. Radi dobijanja jedinstvene matrice odlučivanja, sprovedeno je empirijsko istraživanje na reprezentativnom uzorku koje se ogledalo u popunjavanju složene ankete (AHP*

upitnik i skala procene), uz uslov ispunjavanja konzistentnosti odgovora. Na osnovu rezultata ankete, ispitanici su dali procene na osnovu kojih su dobijene: (1) težine (značaj) kriterijuma i (2) ocene kvaliteta prethodno izabranih alternativa (fakultetskih web stranica). Verifikacija izabranih metoda, rezultirala je saznanjem o važnosti kriterijuma za evaluaciju kvaliteta internet informacionih resursa (fakulteta) i konačnim rangiranjem alternativa.

- 3. razvijen je model višekriterijumskog odlučivanja koji koristi dva pristupa: (1) kada su podaci dati konkretnim (crisp) vrednostima i (2) kada se javlja problem neizvesnosti sa delimično poznatim informacijama i u tom slučaju se koriste intervalni sivi (grey) brojevi.*

Za predloženi model se očekuje da će naći širu primenu u modeliranju i rešavanju složenijih problema odlučivanja u menadžmentu i ekonomiji, posebno onih koji se odnose na neizvesnost i predikciju, s'obzirom da model uključuje i intervalne sive brojeve koji se i sami koriste u situacijama kada neizvesnost igra ključnu ulogu u procesu odlučivanja.

KLJUČNE REČI

internet informacioni resursi, evaluacija, visokoškolsvo, metode višekriterijumskog odlučivanja, MOORA, GREY MOORA, intervalni sivi brojevi, AHP upitnik, težine (značaj) kriterijuma evaluacije, model višekriterijumskog odlučivanja, neizvesnost

DEVELOPMENT OF THE MODEL FOR EVALUATION OF INTERNET INFORMATION RESOURCES BY APPLYING MULTIPLE-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS

ABSTRACT

In the overwhelming ocean of information existing on the Internet (cyberspace) the crucial question is how to get to the desired, reliable and qualitative information in the easiest way possible. The Internet has become a valuable resource that enables a fast data access; however, the enormous quantity of data does not mean the quality of data search. Moreover, it leads to another problem and that is the issue of reliability and validity of the information we have found. A considerable growth in the number of Internet users has also caused significant changes in the way companies run their businesses and in their interaction with other companies, governments and consumers. As service providers, higher education institutions should also pay attention to these changes, solve problems and face imposed challenges through better and improved communication among higher education institutions. They should also attain higher quality of their internet information resources since they influence the image users have of the very institution.

This PhD thesis is the result of researching the possibilities of applying different multi-criteria decision-making methods needed for evaluation and assessment of the quality of internet information resources, especially in the field of higher education. Bearing in mind that this subject has not been sufficiently dealt with in our country, the main objective of the research was to explain the role and the importance of multi-criteria decision-making methods, as well as to work further on theoretical methods and to suggest a multi-criteria model which could be successfully applied in practice in order to detect and eliminate problems when evaluating internet information resources.

The thesis consists of three distinct parts, each of which is the outcome of research and each of which and the paper as a whole contribute both to knowledge (science) and to society:

- 1. A new extension of the already existing MOORA method is introduced and applied to interval grey numbers called GREY MOORA, which gives a whole new dimension to the paper since the use of interval grey numbers can improve decision precision and overcome uncertainty in the uncertain environment;*
- 2. The applicability of this extension is proved, as well as the applicability of a number of other multiple-criteria decision making methods when solving the*

problem of evaluation of Internet information resources. The evaluation criteria required for these methods are identified as well as the alternatives that will be ranked. In order to gain a unique decision matrix, the empirical research was carried out on a representative sample whereby the respondents were asked to complete a complicated questionnaire (AHP questionnaire and evaluation scale) with consistent answers. Based on the questionnaire results and the estimation provided by the respondents, the following was measured: (1) criteria weights (significance) and (2) rating the quality of previously chosen alternatives (faculty web pages). The verification of the chosen methods showed the importance of the criteria used in evaluation of quality of Internet information resources (faculties) and the final ranking of alternatives.

- 3. A multiple-criteria decision-making model is developed which relies on the following two approaches: (1) when the data is presented in crisp (concrete) values, and (2) when the problem of uncertainty arises with the information only partially known in which case interval grey numbers are used.*

The proposed model is expected to have a wide application in modelling and complex problem solving when making decisions in the sphere of management and economics, especially the issues related to uncertainty and prediction since the model includes interval grey numbers which alone are used in cases when uncertainty plays a major role in the decision-making process.

KEY WORDS:

Internet information resources, evaluation, higher education, multiple-criteria decision-making methods, MOORA, GREY MOORA, interval grey numbers, AHP questionnaire, weights (significance) of the evaluation criteria, multiple-criteria decision-making model, uncertainty.

*„After climbing a great hill,
One only finds
That there are many more hills
to climb.”*

Nelson Mandela

1. UVODNA RAZMATRANJA

1.1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Svakoga dana svako od nas donosi veliki broj odluka. Naš zadatak je da iz mnoštva izaberemo onu opciju kojom ćemo u najvećoj meri ostvariti željeni cilj, vodeći računa o objektivnim ograničenjima, koja u manjoj ili većoj meri, limitiraju našu slobodu izbora. Stoga, večni intelektualni izazov u nauci je donošenje optimalne odluke za dati problem ili situaciju. Pojam *odlučivanja* je star koliko i čovečanstvo. Razvoj naučnih disciplina, kao što su menadžment, teorija odlučivanja, statistika, operaciona istraživanja, informatika, u kombinaciji sa savremenom kompjuterskom tehnologijom može biti pomoć donosiocima odluka prilikom izbora optimalne odluke za dati problem. Proces odlučivanja predstavlja skup povezanih, različito složenih informacionih aktivnosti, koje mogu biti povezane i međusobno uslovljene u većoj ili manjoj meri.

Uslovi poslovanja koji su sve složeniji zahtevaju višekriterijumski pristup prilikom rešavanja poslovnih problema, čime je omogućeno objektivno poređenje većeg broja alternativa koje su ocenjene u sistemu višebrojnih, raznorodnih i različitih kriterijuma, datih u različitim jedinicama, sa različitim zahtevom za ekstremizacijom i sa različitim relativnim značajem. Osnovni zadatak donosioca odluka pri rešavanju problema višekriterijumskog odlučivanja se ogleda ne samo u primeni metodologije pri donošenju konačne odluke, već i u definisanju baze sa više kriterijuma – sistema kriterijuma za evaluaciju (procenu) alternativa, izboru preferencijskih funkcija, izračunavanju relativnog značaja kriterijuma i odgovarajućih parametara, što sve predstavlja osetljive etape u rešavanju problema odlučivanja u poslovanju.

Višekriterijumsko odlučivanje i analiza, kao grana teorije odlučivanja, u poslednje vreme zaokuplja pažnju naučnika. Predstavlja proces donošenja odluka u situacijama kada postoji veći broj najčešće suprotstavljenih kriterijuma. Brojni metodi višekriterijumskog odlučivanja mogu poboljšati proces odlučivanja u svim sferama života zato što se oni rešavaju na bazi kvantitativnih analiza i predstavljaju elegantna rešenja prilikom donošenja odluka

između više alternativa na osnovu većeg broja kriterijuma. *Izbor kriterijuma i određivanje njihovih težina ima veliki značaj u metodama višekriterijumskog odlučivanja.* U osnovi, postoje dve različite grupe problema višekriterijumskog odlučivanja i u zavisnosti od vrste, problem se može rešiti na dva načina, upotrebom:

- Diskretnog višekriterijumskog odlučivanja (*eng. Multi-Criteria Decision Making – MCDM*), koji karakteriše matrica odlučivanja ili
- Višekriterijumske optimizacije.

Primena metodologije višekriterijumskog odlučivanja izvodi se u nekoliko etapa:

- Identifikacija svih alternativa (mogućih rešenja);
- Izbor kriterijuma koji su ključni u procesu donošenja odluka;
- Dodeljivanje izračunatih težinskih vrednosti svakom kriterijumu, na osnovu pojedinačne - stručne procene pojedinca i/ili grupe donosioca odluka;
- Utvrđivanje vrednosti svakog kriterijuma po svakom alternativnom rešenju;
- Izvračunavanje vrednosti alternativa i njihovo rangiranje primenom neke od izabranih metoda najčešće uz primenu softverskih alata.

Mnogi realni problemi su složeniji i povezani su sa ispoljavanjem nekog oblika nesigurnosti ili predviđanja. U nekim slučajevima upotrebe višekriterijumskih *MCDM* metoda odlučivanja za rešavanje realnih problema, *rangiranje alternativa se ne može precizno utvrditi* što je i razlog uvođenja *sivih intervalnih brojeva* za predstavljanje vrednosti alternativa. *Teorija sivih sistema je efektivna metodologija koja se može upotrebiti za rešavanje problema neizvesnosti sa delimično poznatim informacijama.* Osnovni koncept teorije sivih sistema je da se sve informacije mogu klasifikovati u tri kategorije koje su označene određenim bojama: poznata informacija je bela, nepoznata informacija je crna, dok su nesigurne informacije sive.

Metode višekriterijumskog odlučivanja kao i razvoj novog modela su primenjene i testirane za rešavanje problema evaluacije internet informacionih resursa (IIR). Internet je postao dragocen resurs za brz pristup informacijama. U nekim slučajevima, materijal na sajtu može da bude koristan u istraživačkom projektu, ali nažalost, ogromna količina informacija na internetu ne daje kvalitet istraživanju. Štaviše, javlja se problem kvaliteta, validnosti dobijenih informacija. Kada se za potrebe istraživanja koriste akademske biblioteke – knjige, časopisi i drugi bibliotečki resursi su već ocenjeni od strane naučnika, izdavača i bibliotekara. Svaki resurs je već procenjen na jedan ili drugi način. Kada se koristi internet, tu nije takav slučaj. Nema filtera. Pošto svako može da napiše neku web stranu, dokumenti najšireg spektra kvaliteta, pisane od strane autora najšireg spektra autoriteta i kompetentnosti, dostupni su u svakom trenutku. Tu se javlja problem procene validnosti i kvaliteta istih.

1.2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Značajan porast korišćenja interneta je izazvalo značajne promene u načinu poslovanja kompanija i njihovu interakciju sa drugim kompanijama, vladama i potrošačima. Fakulteti, kao organizacije koje pružaju usluge, takođe treba da obrate pažnju na ove promene, kao i na važnost njihovih internet informacionih resursa (IIR). Akademski i fakultetski internet informacioni resursi su veoma važni u konkurentnom okruženju, koje takođe postoji između različitih univerziteta i fakulteta. Ovi resursi imaju nekoliko ciljeva, kao što su pružanje informacija: a) potencijalnim studentima, b) studentima c) nastavnom osoblju u procesu naučno-istraživačkog rada, itd. Sa preciznijom identifikacijom korisnika internet resursa fakulteta, preciznijom identifikacijom njihovih potreba i *preciznijim određivanjem važnosti ključnih kriterijuma uz pomoć AHP metode*, mogu se formirati MCDM modeli koji će omogućiti *preciznije merenje kvaliteta internet resursa fakulteta*.

Dakle, **predmet istraživanja** je esencijalni segment:

1. sagledavanja mogućnosti primene metoda višekriterijumskog odličivanja (*MOORA, TOPSIS, COPRAS, ARAS, VIKOR*); *razrade teorijskih metoda i modela GREY MOORA* koji se mogu uspešno primenjivati u praksi;
2. *verifikacije njihove primene na empirijskim podacima (metodom anketiranja i primenom AHP upitnika)* konkretno vezanim za rešavanje stalno prisutnog ali nedovoljno istraženog *problema vrednovanja kvaliteta internet resursa fakulteta i resursa namenjenih naučno-istraživačkoj delatnosti*.

Drugim rečima, **predmet istraživanja** se ogleda u *razvoju modela za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja*.

Teorijsko određenje predmeta istraživanja obuhvata saznanja koja su naučno saznanata ali nedovoljno proverena.

Operacionalno određenje predmeta istraživanja se sastoji od četiri osnovna dela:

1. činioci sadržaja predmeta istraživanja;
2. vremensko određenje predmeta istraživanja;
3. prostorno određenje predmeta istraživanja;
4. disciplinarno određenje predmeta istraživanja.

1. **Činioci sadržaja predmeta istraživanja** su:

- Višekriterijumsko odlučivanje;
- Internet informacioni resursi.

2. **Vremensko određenje predmeta istraživanja** koje obuhvata istraživanje je period od poslednjih 20 godina, vezano za metode višekriterijumskog odlučivanja jer je u tom

razdoblju do danas razvijen veliki broj MCDM metoda i njihovih proširenja koji će se koristiti u disertaciji. Što se tiče evaluacije kvaliteta internet informacionih resursa, vremensko određenje obuhvata period od 1998. godine do danas, iz razloga što su se tada pojavili prvi radovi vezani za određivanje kriterijuma evaluacije kvaliteta internet informacionih resursa uopšte, dok je tema evaluacije kvaliteta fakultetskih IIR novijeg datuma i nedovoljno je istražena.

3. **Prostorno određenje predmeta istraživanja** određuje prostor kojim će istraživanje biti obuhvaćeno, a to je teritorija Srbije.
4. **Disciplinarno određenje predmeta istraživanja:** predmet istraživanja pripada naučnom polju: primenjene-matematičke nauke, užoj naučnoj oblasti: teorija odlučivanja i naučnoj disciplini: višekriterijumsko odlučivanje. Druga uža naučna oblast koja određuje predmet istraživanja ove disertacije je: informatika i računarstvo i naučna disciplina: računarske komunikacije.

Na osnovu svega do sada rečenog, proizilaze sledeći ciljevi istraživanja:

1. Naučni cilj

- *razvoj novog metoda* višekriterijumskog odlučivanja GREY MOORA koje predstavlja novo proširenje MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva, a na temelju primene ovog metoda i mnogih drugih MCDM metoda i *razvoj novog modela* za evaluaciju internet informacionih resursa (naučno otkriće);
- izvršiće se detaljna *naučna klasifikacija svih MCDM metoda*;
- posebno će se razmatrati oblast teorije odlučivanja *Teorija sivih sistema* koja je nedovoljno poznata i malo primenjivana od strane srpskih naučnika.

2. Društveni cilj

- *razvoj novog modela*, primenom velikog broja kako postojećih metoda višekriterijumskog odlučivanja, tako i novorazvijene GREY MOORA metode, na vrednovanje internet informacionih resursa, kojim bi se na osnovu skupa izabranih kriterijuma, izvršila procena kvaliteta internet resursa posebno onih koji se odnose na naučno-istraživačku delatnost (akademski i fakultetski internet informacioni resursi). Time bi se olakšao proces pretraživanja istih u cilju povećanja kvaliteta i pouzdanosti dobijenih informacija kako za studente tako i za nastavni kadar u procesu naučno-istraživačkog rada;
- definisanje, identifikacija i određivanje značaja (težine) ključnih *kriterijuma* za evaluaciju internet informacionih resursa, koji bi bili od pomoći moderatorima,

programerima i web dizajnerima prilikom izrade kvalitetnijih web stranica namenjenoj široj akademskoj populaciji;

- *šira primena modela* (u nekom poslovnom okruženju) za modeliranje i rešavanje složenijih problema odlučivanja, posebno onih koji se odnose na neizvesnost i predikciju, s'obzirom da će model uključiti i sive intervalne brojeve koji se i sami koriste u situacijama kada neizvesnost igra ključnu ulogu u procesu odlučivanja;
- *pokrenuti dalja istraživanja* koja će dovesti do većeg kvaliteta internet resursa namenjenih široj akademskoj populaciji jer se na osnovu postojeće literature i informacija dostupnih preko interneta, dolazi se do utiska da pomenutom problemu evaluacije fakultetskih internet informacionih resursa nije dato dovoljno pažnje.

1.3. GENERALNE I POSEBNE HIPOTEZE

Polazna hipoteza u istraživanju bazirana je na mogućnosti donošenja odluka u uslovima gde treba uvažiti postojanje više, najčešće suprotstavljenih kriterijuma, pri čemu je rešenje predstavljeno izborom jedne iz skupa raspoloživih alternativa.

Osnovna hipoteza ove doktorske disertacije glasi:

Moguće je kreirati široko primenljiv model za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja.

Pomoćne hipoteze:

- Što je značaj kriterijuma preciznije određen, to je model precizniji;
- Upotrebom *intervalnih sivih brojeva* umesto *crisp* brojeva očekuje se kreiranje efikasnijeg i fleksibilnijeg metoda za modeliranje realnih problema u odlučivanju.

1.4. METODE ISTRAŽIVANJA

U skladu sa temom disertacije, predmetom istraživanja i postavljenim ciljevima, u toku izrade doktorske disertacije, biće korišćene metode:

- osnovne metode saznanja i istraživanja: analitičko - sintetička metoda, apstrakcija, konkretizacija, induktivno-deduktivna metoda;
- naučne metode: metoda modelovanja, statistička metoda, komparativna metoda; metode višekriterijumskog odlučivanja (MCDM);
- metode prikupljanja podataka: metoda ispitivanja (anketno ispitivanje).

Sam proces istraživanja će se izvršiti u nekoliko koraka:

1. Utvrđivanje ključnih kriterijuma za evaluaciju internet resursa

Izbor kriterijuma i određivanje njihovih težina ima veliki značaj u metodama višekriterijskog odlučivanja. Određivanju kriterijuma koji su bitni za vrednovanje kvaliteta internet informacionih resursa posvećeni su brojni radovi, pri čemu je u ovom radu, kako bi se postigla veća konzistentnost dobijenih odgovora, izabran set od *sedam kriterijuma*. Imajući u vidu oblast na koju disertacija odnosi, a to su fakultetski internet resursi, predloženi su sledeći kriterijumi za evaluaciju kvaliteta informacija:

- Sadržaj (*eng. Content Coverage*)
- Ažuriranje (*eng. Currency*)
- Navigacija i jednostavno korišćenje (*eng. Navigability, Easy to use*)
- Tačnost, potpunost i pouzdanost informacija (*eng. Accuracy, Completeness, Authority*)
- Dizajn (*eng. Design*)
- Studentski web servis (*eng. Students web services*)
- Naučno-istraživački rad (*eng. Scientific research*)

2. Određivanje težina izabranih kriterijuma

Empirijski podaci su dobijeni metodom anketiranja, iskorišćeni su za određivanje težina kriterijuma potrebnih za evaluaciju internet informacionih resursa. **Anketa** je sprovedena u toku 2014. godine na teritoriji Republike Srbije i bazirana je na kombinaciji AHP upitnika (poređenje kriterijuma po parovima) i skala procene (ocene izabranih fakultetskih IIR, odnosno web strana). Posmatranu populaciju čine korisnici fakultetskih internet informacionih resursa u Srbiji. Anketu su ispitanici popunjavali na Fakultetu za menadžment u Zaječaru, dok je profesorima i studentima van teritorije Zaječara, anketa prosleđena e-mailom. U pitanju je vrlo zahtevna anketa, što podrazumeva da ispitanik mora da ima neka određena predznanja o načinu funkcionisanja AHP metode, pa su stoga ispitanicima, bilo lično, bilo putem e-maila, sažeto izneti principi funkcionisanja poređenjenja kriterijuma po parovima koji se koristi u AHP metodi. Sprovedena je dvofaznim (iterativnim) postupkom, gde je u početku izvršeno anketiranje 50 ispitanika, da bi se, zbog ispunjavanja kriterijuma konzistentnosti odgovora koji zahteva AHP metoda (radi obezbeđivanja validnih i reprezentativnih odgovora), broj ispitanika sveo na 13 donosioca odluka, čije je anketno mišljenje, koje se tiče poređenja kriterijuma po parovima i ocena web stranica, uzeto u obzir i prihvaćeno je kao osnova za dalja izračunavanja.

Određivanje težina je realizovano upotrebom *AHP* (eng. *Analytical Hierarchical Process*) metode – karakteriše je primena postupka poređenja u parovima u cilju utvrđivanja relativnih značaja kriterijuma, podkriterijuma i alternativa. Osim poređenja u parovima ovu metodu karakteriše i hijerarhijsko struktuiranje problema kao i posebno izgrađen aparat za utvrđivanje konzistentnosti poređenja.

3. Identifikacija potencijalnih optimalnih metoda odlučivanja i njihova primena radi evaluacije i procene kvaliteta internet informacionih resursa

U ovoj disertaciji je osim empirijskih podataka dobijenih metodom anketiranja (koji će se koristiti prilikom određivanja težina kriterijuma potrebnih za evaluaciju) primenjen veliki broj *MCDM* metoda višekriterijumskog odlučivanja, između kojih navodimo:

- [1] **TOPSIS** (eng. *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*) je višekriterijumska metoda za pronalaženje rešenja iz konačnog seta alternativa. Ova tehnika je zasnovana na konceptu da izabrana alternativa treba da ima najkraće rastojanje od idealnog rešenja i najduže od antiidealnog rešenja;
- [2] **COPRAS** (eng. *Complex Proportional Assessment*) – koristi se za višekriterijumsku procenu i maksimiziranje i minimiziranje vrednosti kriterijuma. U ovom metodu, uticaj maksimiziranja i minimiziranja kriterijuma na vrednovanje rezultata se posmatra odvojeno. Prioritet alternativa koje se upoređuju je definisan na osnovu njihovih relativnih težina;
- [3] **ARAS** (eng. *Additive Ratio Assessment*) – zasnovana na poređenju svake alternative sa idealnim rešenjem;
- [4] **VIKOR** (Višekriterijumsko Kompromisno Rangiranje) – uvodi agregatnu funkciju koja predstavlja rastojanje od idealnog rešenja. Slična je TOPSIS metodi ali se razlikuju u normalizaciji koja se koristi za definisanje opšteg ranga alternativa;
- [5] **MOORA** (eng. *Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis*) je metod relativno novijeg datuma kojeg su uveli Brauers W. K., Zavadskas E. K., 2006. godine. Metod se sastoji od dva pristupa: 1) Sistem odnosa 2) Referentna tačka.

Posebna pažnja se posvećuje *primeni ovih metoda u slučaju neizvesnosti* – upotrebom *sivih intervalnih brojeva* u okviru MOORA metode i konačnim razvojem novog modela baziranog na novoj **GREY MOORA** metodi.

Komparativna analiza dobijenih rezultata je takođe od velikog značaja.

1.5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Naučni doprinos

- MOORA metoda je relativno nova metoda višekriterijumskog odlučivanja (*MCDM* metod) koju karakteriše efikasan i lako razumljiv pristup i predstavlja logički zasnovanu proceduru za izbor najbolje alternative u skupu većeg broja dostupnih alternativa na osnovu izabranih kriterijuma. Pored velikog broja *MCDM* metoda, *MOORA* metoda kao nova metoda nije imala proširenja. Stoga kombinovanjem koncepta intervalnih sivih brojeva (*eng. Interval Grey Numbers*) i *MOORA* metode, **razvijeno je novo proširenje MOORA metode pod nazivom GREY MOORA, u čemu se i ogleda glavni naučni doprinos ove disertacije.**
- Disertacija ima i značajan naučni doprinos u razvijanju višekriterijumskog odlučivanja, kao specifičnog naučnog područja, sa posebnim akcentom na izvršenu detaljnu klasifikaciju *MCDM* metoda;
- Doprinos u metodologiji i proširivanju naučnog saznanja iz oblasti Teorije sivih sistema koja je nedovoljno poznata u našim naučnim krugovima.

Društveni doprinos

- U ovoj disertaciji je, detaljnom analizom dosadašnjih izvora literature koje se bave ovom tematikom, *predložen skup kriterijuma* za evaluaciju konkretno fakultetskih internet resursa. Posebno je važno napomenuti i primenu *AHP upitnika* za određivanje težina definisanih kriterijuma, koji radu daje i empirijski i naučno-istraživački značaj. Samim tim se i jedan od doprinosa ove disertacije ogleda u ukazivanju na kriterijume koji će biti sažete smernice programerima i web dizajnerima da izrađuju kvalitetnije web stranice namenjene široj akademskoj populaciji (kako potencijalnim studentima, studentima, tako i profesorima koji kroz fakultetske sajtove žele da dobiju adekvatne informacije vezane za naučno-istraživački rad);
- Verifikacija, kako razvijene metode, tako i velikog broja izabranih *MCDM* metoda, na rešavanje problema evaluacije internet informacionih resursa sa akcentom na internet resurse namenjene akademskoj populaciji (profesori, studenti) u cilju procene kvaliteta istih u konkurentnom okruženju i dobijanja validnih i kvalitetnih informacija prilikom pretraživanja će imati poseban značaj s'obzirom na nedovoljnu pažnju koja je posvećena rešavanju ovog problema na našim prostorima.

- Komparativna analiza rezultata rangiranja alternativa (fakultetskih web strana, odnosno internet informacionih resursa) će biti od velike koristi prilikom određivanja koje od metoda je najefikasnije koristiti za rešavanje ovog tipa problema;
- Konačni doprinos će biti upravo **novi model višekriterijumskog odlučivanja** za koji se očekuje da će naći širu primenu (u nekom poslovnom okruženju) za modeliranje i rešavanje složenijih problema odlučivanja, posebno onih koji se odnose na neizvesnost i predikciju, s'obzirom da će model uključiti i sive intervalne brojeve koji se i sami koriste u situacijama kada neizvesnost igra ključnu ulogu u procesu odlučivanja.

1.6. KRATAK OPIS STRUKTURE DISERTACIJE

Doktorska disertacija ima ukupno 161 stranu (bez priloga) i 180 strana (sa priložima), korišćeno je 101 numerisanih formula, 28 slika i 61 tabela, pri čemu je u disertaciji korišćeno 136 literaturnih referenci i 17 internet izvora. Ona je koncipirana tako da se sastoji iz sedam delova. Na početku je dat sadržaj rada, te rezime na srpskom i engleskom jeziku.

U **prvom delu** se opisuje problem, predmet i cilj istraživanja, postavljaju se hipoteze i navode metode kojima će one biti dokazane. Posebno mesto zauzimaju i očekivani naučni doprinosi disertacije, kao i dosadašnji rezultati istraživanja šire naučne populacije koja se bavi ovom tematikom.

S obzirom da je osnovni cilj disertacije razvoj višekriterijumskog modela odlučivanja, **drugi deo** se bavi teorijskim osnovama i postulatima na koje se istraživanje oslanja: *teorija odlučivanja, višekriterijumsko odlučivanje i metode* koje će se u radu koristiti: AHP, TOPSIS, COPRAS, VIKOR i MOORA. Kako je novina u radu uvođenje GREY MOORA metode tj. proširivanje konkretno MOORA metode na upotrebu sivih brojeva koji omogućavaju donošenje odluka i u slučajevima izražene neizvesnosti informacija koje su potrebne za odlučivanje, poseban značaj ima i *teorija sivih sistema*. Model koji je razvijen prethodno novodefinisanom metodologijom primenjen je na *internet informacione resurse* (konkretno akademske i fakultetske internet informacione resurse), pa je u okviru ovog dela, između ostalog, teorijski obrađen i pojam, uloga i razvoj internet informacionih resursa kao i kriterijumi za njihovu dalju evaluaciju.

Treći deo disertacije se odnosi na *empirijsku verifikaciju i razvoj samog modela*. U prvom delu trećeg dela (3.1.) je prikazana *nova GREY MOORA metoda*, proširivanjem MOORA metode na upotrebu sivih brojeva koji igraju bitnu ulogu kada je neizvesnost informacija u pitanju. Da bi mogla da se prikaže upotreba, verifikacija, kao i značaj novoformirane metode, izabrana je njena primena na internet informacione resurse, konkretno

akademske. Drugi deo trećeg dela (3.2.) je *empirijski* i bavi se izborom kriterijuma i alternativa, prikazom sprovedene ankete i određivanjem težina kriterijuma. Dakle, između velikog broja kriterijuma koji mogu da utiču na kvalitet web stranice određenog fakulteta, imajući u vidu predloge kriterijuma velikog broja naučnika koji su se bavili ovom tematikom, izabrani su i definisani *ključni kriterijumi* za evaluaciju fakultetskih internet informacionih resursa. Nakon toga su izabrane i web stranice određenih visokoškolskih ustanova u Srbiji, koje predstavljaju *alternative* u posmatranom višekriterijumskom problemu, koje treba evaluirati i konačno rangirati. Empirijski deo disertacije se odnosi na *kreiranje AHP upitnika*, pri čemu je anketiranje sprovedeno na početnom uzorku od 50 ispitanika, da bi se zbog nezadovoljavanja kriterijuma konzistentnosti, nakon dvofaznog (iterativnog) anketiranja, broj ispitanika sveo na 13 reprezentativnih donosioca odluka. Na osnovu upitnika, uz primenu metodologije grupnog odlučivanja, dobijene su:

1. *težine (značaj) kriterijuma* u kvantitativnom obliku, koje će se koristiti kao polazna tačka primenjenih MCDM metoda, kao i nove GREY MOORA metode;
2. *matrica odlučivanja* za višekriterijumski problem koji treba rešiti, tj. vrednosti preferencija alternativa na osnovu svakog izabranog kriterijuma, čime je izvršena i evaluacija web stranica. Naravno, za slučaj GREY MOORA metode, na osnovu upitnika su formirani i sivi intervalni brojevi, koji se koriste u ovoj metodi.

Na osnovu izračunatih podataka iz prethodne faze, kao ulaz u narednu formirana je matrica odlučivanja i time je omogućeno da se u trećem delu trećeg poglavlja doktorske disertacije (3.3.) primene MOORA i GREY MOORA metode u cilju rangiranja alternativa, odnosno rangiranja internet informacionih resursa fakulteta.

U **četvrtom delu** će biti obrađena komparativna analiza razvijenog GREY MOORA metoda sa ostalim metodama višekriterijumskog odlučivanja na primeru fakultetskih internet informacionih resursa, pri čemu će se dati i konačan predlog modela za njihovu evaluaciju.

Peti deo sadrži zaključna razmatranja, potvrdu dokaza postavljenih naučno-istraživačkih hipoteza, doprinos razvijenog modela, predlog za eventualni dalji tok primene razvijenog modela i buduća istraživanja vezana za problematiku razmatranu u disertaciji, kao i publikovane radove autora.

Šesti deo se odnosi na korišćenu literaturu, dok su u **sedmom delu** u okviru priloga izneta sva dodatna zapažanja i izračunavanja dobijena tokom izrade doktorske disertacije.

1.7. SAŽETI OSVRT NA DOSADAŠNJE REZULTATE U OBLASTI ISTRAŽIVANJA

Dosadašnji rezultati u oblasti višekriterijumskog odlučivanja

Odlučivanje je proces pronalaženja najbolje opcije od svih mogućih ostvarljivih alternativa (Jahanshahloo *et al.* 2009; Liu 2009)^{1,2}. U mnogim slučajevima je pronalaženje ili određivanje najbolje opcije zasnovano na uticaju većeg broja, najčešće konfliktnih, kriterijuma zbog čega se i ova podoblast teorije odlučivanja i naziva višekriterijumsko odlučivanje (*eng. Multi-Criteria Decision Making – MCDM*).

Tokom druge polovine 20-tog veka, MCDM je postao jedan od oblasti operacionih istraživanja koja se najbrže širila, što je i rezultovalo velikim brojem MCDM metoda. Postoje mnogo načina klasifikacije tih metoda, ali je najčešća podela na dve kategorije: (1) *metode višeatributivnog odlučivanja* (*eng. Multi-Attribute Decision Making - MADM methods*) i (2) *metode višeciljnog (višeobjektnog) odlučivanja* (*eng. Multi-Objective Decision Making – MODM methods*). Uopšteno govoreći, MADM bira najbolju alternativu iz konačnog skupa mogućih alternativa, dok je kod MODM najbolja alternativa formirana sa višestrukim ciljevima na osnovu neprekidnih varijabli odluka uz dodatna ograničenja (Bernroider, Stix 2007)³. Često se pojmovi MCDM, MADM i MODM mešaju i koriste sa istim značenjem, pa se stoga pojam *kriterijum* koristi za označavanje kako ciljeva tako i atributa (Ganoulis 2003)⁴.

Detaljniji pregled MCDM metoda biće dat u poglavlju 2.2., dok se spisak tih metoda i njihovih autora može naći u tabeli 2.2.2. Sve ove metode su upotrebljene u rešavanju raznovrsnih problema u različitim oblastima koje su takođe objavljene u brojnim naučnim časopisima. Na primer, COPRAS metoda je uspešno primenjena za definisanje uslužne i tržišne vrednosti nekretnina (Kaklauskas *i dr.* 2007)⁵, prilikom izbora izvođača za održavanje

¹ Jahanshahloo, G. R.; Lotfi, F. H.; Davoodi, A. R. (2009). Extension of TOPSIS for decision-making problems with interval data: Interval efficiency. *Mathematical and Computer Modelling*, 49(5–6): 1137–1142.

² Liu, P. D. (2009). Multi-attribute decision-making method research based on interval vague set and TOPSIS method. *Technological and Economic Development of Economy*, 15(3): 453–463.

³ Bernroider, E.; Stix, V. (2007). A method using weight restrictions in data envelopment analysis for ranking and validity issues in decision making. *Computers & Operations Research*, 34(1): 2637–2647.

⁴ Ganoulis, J. (2003). Evaluating alternative strategies for wastewater recycling and reuse in the Mediterranean area. *Water Science and Technology*, 3(1): 11–19.

⁵ Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Banaitis, A.; Satkauskas, G. (2007). Defining the utility and market value of a real estate: a multiple criteria approach. *International Journal of Strategic Property Management*, 11(2): 107–120.

stambenih blokova (Zavadskas *i dr.* 2009)⁶, ARAS metoda je upotrebljena za evaluaciju mikroklima u kancelariji (Zavadskas, Turskis 2010a)⁷.

Iako je MOORA relativno nova metoda, ona je našla široku primenu u rešavanju mnogih ekonomskih, upravljačkih i građevinskih problema. Chakraborty (2010)⁸ koristi MOORA metodu za rešavanje različitih problema u odlučivanju vezano za proizvodna okruženja u realnom vremenu. Kracka *i dr.* (2010)⁹ primenjuje MOORA metodu u građevinarstvu kako bi rešio probleme koji se tiču gubitka energije za grejanje u zgradama, sa ciljem da kreira tehniku za selekciju spoljnih zidova i prozora zgrada. Brauers i Zavadskas (Brauers, Zavadskas 2009; Brauers *i dr.* 2008a)^{10, 11} koriste MOORA metodu prilikom evaluacije izvođača za održavanje stambenih blokova. Ova metoda se uspešno primenjuje i za definisanje najbolje alternative za projektovanje puteva (Brauers *i dr.* 2008b)¹². Upotrebu MOORA metode u ekonomiji predlažu Brauers, Zavadskas (2010, 2008)^{13, 14} koji koriste MOORA metodu za upravljanje projektima u ekonomiji transakcije, dok je Brauers, Ginevicius (2010, 2009)^{15, 16} koriste da definišu ekonomsku politiku za ravnomeran regionalni razvoj Litvanije.

Sve do sada navedene upotrebe MCDM metoda bile su u slučaju kada su kriterijumi i njihove težine bile date preko tačnih (crisp) vrednosti, pri čemu se takve metode nazivaju *klasične ili uobičajne MCDM metode*. Međutim, u mnogim stvarnim problemima prilikom donošenja odluka, vrednosti kriterijuma i/ili njihovih težina nisu i ne mogu biti precizno definisane. Nemogućnost utvđivanja tačnih vrednosti raste sa problemima koji uključuju određene oblike predviđanja. Ovakvi tipovi problema su često prisutni u donošenju odluka

⁶ Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Vilutiene, T. (2009). Multicriteria evaluation of apartment blocks maintenance contractors: Lithuanian case study. *International Journal of Strategic Property Management*, 13(4): 319–338.

⁷ Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Vilutiene, T. (2010a). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(3): 123–141.

⁸ Chakraborty, S. (2010). Application of the MOORA method for decision making in manufacturing environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54 (9–12): 1155–1166.

⁹ Kracka, M.; Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. (2010). Ranking heating losses in a building by applying the MULTIMOORA. *Inžinerine Ekonomika – Engineering Economics*, 21(4): 352–359.

¹⁰ Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. (2009). Robustness of the Multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector. *Technological and Economic Development of Economy*, 15(2): 352–375.

¹¹ Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Vilutiene, T. (2008a). Multi-objective contractor's ranking by applying the MOORA method. *Journal of Business Economics and Management*, 9(4): 245–255.

¹² Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Turskis, Z. (2008b). Multi-objective decision-making for road design. *Transport*, 23(3): 183–193.

¹³ Brauers, W. K. M. (2008). Multi-objective decision making by reference point theory for a wellbeing economy. *Operations Research International Journal*, 8(1): 89–104.

¹⁴ Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. (2010). Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1): 5–24.

¹⁵ Brauers, W. K. M.; Ginevicius, R. (2009). Robustness in regional development studies. The case of Lithuania. *Journal of Business Economics and Management*, 10(2): 121–140.

¹⁶ Brauers, W. M. K.; Ginevicius, R. (2010). The economy of the Belgian regions tested with MULTIMOORA. *Journal of Business Economics and Management*, 11(2): 173–209.

vezanih za ekonomiju i menadžment (npr. finansijska i ekonomska analiza novih investicija). Za takve probleme koji su okarakterisani neizvesnošću i neodređenošću, prikladnija je upotreba vrednosti koje su iskazane intervalima umesto konkretnih (crisp) vrednosti. U tom slučaju dolazimo do proširivanja već postojećih, klasičnih MCDM metoda upotrebom *fuzzy* ili *sivih (grey) brojeva i/ili intervala*. Deng (1982)¹⁷ je uveo teoriju sivih sistema (*eng. Grey System Theory*), kao i koncept intervalnih sivih brojeva (*eng. Interval Grey Numbers*). Teorija sivih sistema omogućava efikasan pristup rešavanju problema koji imaju značajan nivo neizvesnosti i stoga se ona uspešno primenjuje u mnogim oblastima analize, modeliranja i predviđanja. Na primer, Wu i Chang (2003)¹⁸ koriste Sivu analizu (*eng. Grey Analysis*) za predviđanje raspodele troškova zaštite životne sredine; Du i Sheen (2005)¹⁹ koriste teoriju sivih sistema za formiranje sivog modela predviđanja (*eng. Grey Prediction Model*); Karmakar i Mujumdar (2006)²⁰ su razvili model sive-fuzzy optimizacije za upravljanje kvalitetom vode rečnog sistema; Haq i Kannan (2007)²¹ su upotreбили teoriju sivih sistema za izbor prodavca u upravljanju lancima snabdevanja. Kao što je već rečeno, mnoge klasične MCDM metode su proširene na upotrebu sivih intervalnih brojeva zato što ova proširenja omogućavaju daleko veću primenu i rešavanje većeg broja problema. Neka od proširenja klasičnih MCDM metoda su: Grey TOPSIS (Chen, Tzeng 2004; Lin *i dr.* 2008)^{22, 23}, Grey AHP (Li *i dr.* 2010)²⁴, COPRAS-G (Zavadskas *i dr.* 2008)²⁵ i SAW-G (Zavadskas *i dr.* 2010b; Medineckiene *i dr.* 2010; Turskis, Zavadskas 2010)^{26, 27, 28}.

¹⁷ Deng, J. L. (1982). Control problems of grey system. *Systems and Controls Letters*, 1(5): 288–294.

¹⁸ Wu, C. C.; Chang, N. B. (2003). Grey input-output analysis and its application for environmental cost allocation. *European Journal of Operational Research*, 145(1): 175–201.

¹⁹ Du, J. C.; Sheen, D. H. (2005). Development of pavement permanent deformation prediction model by grey modelling method. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 22(2): 109–121.

²⁰ Karmakar, S.; Mujumdar, P. P. (2006). Grey fuzzy optimization model for water quality management of a river system. *Advances in Water Resources*, 29(1): 1088–1105.

²¹ Haq, A. N.; Kannan, G. (2007). A hybrid normalized multi criteria decision making for the vendor selection in a supply chain model. *International Journal of Management and Decision Making*, 8(5/6): 601–622.

²² Chen, M. F.; Tzeng, G. H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. *Mathematical and Computer Modeling*, 40(13): 1473–1490.

²³ Lin, Y. H.; Lee, P. C.; Chang, T. P.; Ting, H. I. (2008). Multi-attribute group decision making model under the condition of uncertain information. *Automation in Construction*, 17(6): 792–797.

²⁴ Li, Y.; Suo, J.; Zhou, S. (2010). A novel assessment based on grey AHP. *Applied Mechanics and Materials*, 26–28(1): 269–272.

²⁵ Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2008). Selection of the effective dwelling house walls by applying attributes values determined at intervals. *Journal of Civil Engineering and Management*, 14(2): 85–93.

²⁶ Zavadskas, E. K.; Vilutiene, T.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2010b). Contractor selection for construction works by applying SAW-G and TOPSIS grey techniques. *Journal of Business Economics and Management*, 11(1): 34–55.

²⁷ Medineckiene, M.; Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. (2010). Sustainable construction taking into account the building impact on the environment. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 18(2): 118–127.

²⁸ Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. (2010). A novel method for multiple criteria analysis: Grey additive ratio assessment (ARAS-G) method. *Informatica*, 21(4): 597–610.

Dosadašnji rezultati u evaluaciji internet informacionih resursa

U stručnoj i naučnoj literaturi značajan broj radova je posvećen upravo evaluaciji internet informacionih resursa i elementima koji su od značaja za njihov kvalitet. Na primer, na osnovu procesa kupovine Berthon, Pitt i Watson (1996)²⁹ i Merwe i Bekker (2003)³⁰ su uveli 5 grupa kriterijuma: interfejs, navigacija, sadržaj, pouzdanost i tehnički kriterijum. Ove grupe kriterijuma takođe sadrže i podkriterijume. Albuquerque i Belchior (2002)³¹ su takođe definisali veći broj kriterijuma (faktori kvaliteta) koji se mogu koristiti za evaluaciju kvaliteta internet sajtova za e-kupovinu. Ovi kriterijumi se mogu organizovati u nekoliko nivoa hijerarhije, gde se na vrhu predložene hijerarhijske strukture postavljeni sledeći kriterijumi: korisnost, konceptualna pouzdanost i pouzdanost zastupljenosti. *Istraživanja koja su namenjena identifikaciji ključnih kriterijuma i njihovog značaja su još uvek aktuelna.* Davidaviciene i Tolvaisas (2011)³² su identifikovali listu kriterijuma za evaluaciju kvaliteta sajtova za e-kupovinu. Oni su takođe dali sveobuhvatan pregled kriterijuma od strane različitih autora, ali su izdvojili sledeće kriterijume: jednostavnost korišćenja, navigacija, garancija bezbednosti, pomoć u realnom vremenu i dizajn. Aydin i Kahraman (2012)³³ su predložili fuzzy višekriterijumski model za evaluaciju takođe sajtova za e-kupovinu, pri čemu njihov model sadrži 5 kriterijuma i 20 pokriterijuma, gde su ključni: jednostavnost korišćenja, proizvodi, bezbednost, odnos sa kupcima i ispunjenja.

Kada su u pitanju internet informacioni resursi namenjeni *akademske populaciji i studentima*, situacija je nešto drugačija. Velika pažnja i akcenat se usmerava na proučavanje kvaliteta web stranica i sajtova za biznis, trgovinu i usluge, zabavu, dnevne vesti, medicinu, dok se internet kao resurs za dobijanje informacija i vesti u oblasti nauke, kao i kvalitet web stranica namenjenih obrazovnom profilu, pomalo zanemaren. *Zbog toga se i javila potreba, da se u ovom doktoratu, pažnja posveti upravo kriterijumima koji utiču na kvalitet internet informacionih resursa namenjenih široj akademskoj populaciji (potencijalni studenti, studenti, profesori) – konkretno web stranicama fakulteta.* Univerzitetima u digitalnoj eri su se bavili Brown i Duguid daleke 1996. godine (Alberts D. S., Papp D. S., 1997)³⁴. Matheus

²⁹ Berthon, P. R.; Pitt, L. F.; Watson, R. T. (1996). The World Wide Web as an advertising medium: Toward understanding of conventional efficiency. *Journal of advertising research*, 36(1): 43–53.

³⁰ Merwe, R.; Bekker, J. (2003). A framework and methodology for evaluating e-commerce web sites. *Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy*, 13(5): 330–341.

³¹ Albuquerque, A. B.; Belchior, A. D. (2002). E-commerce web sites: A qualitative evaluation. In *Proceedings of the 11th International World Wide Web Conference*, Honolulu, Hawaii.

³² Davidaviciene, V.; Tolvaisas, J. (2011). Measuring quality of e-commerce web sites: Case of Lithuania. *Economics and Management [Ekonomika ir vadyba]*, 16(1): 723-729.

³³ Aydin, S.; Kahraman, C. (2012). Evaluation of e-commerce website quality using fuzzy multi-criteria decision making approach. *International Journal of Computer Science (IAENG)*, 39(1): 64–70.

³⁴ Alberts, D. S.; Papp D. S. (1997). *The Information Age: An Anthology on Its Impact and Consequences*. CCRP Publication Series

(2004)³⁵ se bavila vezom između kvaliteta sadržaja informacija i kvaliteta web dizajna, gde su ispitanici bili studenti koji su sa poteškoćom mogli da naprave razlike između dobrog dizajna i dobrog sadržaja informacija na sajtu. U istraživanju Klein-a (2002)³⁶ studenti su različito evaluirali kvalitet informacije web sajta u zavisnosti od toga da li su oni prethodno prošli obuku vezanu za evaluaciju kriterijuma ili ne. Što se tiče samih kriterijuma za merenje kvaliteta fakultetskih internet resursa, značajan doprinos je dao i Kapoun (1998)³⁷, kao i Stanujkić i Jovanović (2012)³⁸ koji je izdvojio sledeće kriterijume: autoritet (*eng. Authority*), tačnost (*eng. Accuracy*), objektivnost (*eng. Objectivity*), ažurnost (*eng. Currency*) i pokrivenost-sveobuhvatnost (*eng. Coverage*). Mnogi fakulteti su u želji da pomognu studentima u pretraživanju naučno-istraživačkih internet resursa, među kojima je i Center for Learning and Teaching, SUNY Empire State College³⁹, definisali kriterijume po kojima bi mogli da odrede kvalitet istih: ažurnost (*eng. Timeliness*), pouzdanost (*eng. Reliability*), autoritet (*eng. Authority*) i svrha-namena-cilj (*eng. Purpose*).

Kao što se iz prethodnog može zaključiti, različiti autori predlažu ne samo različite kriterijume već i različit broj kriterijuma za evaluaciju internet informacionih resursa. U zavisnosti od toga koji se internet resursi posmatraju, značajnost kriterijuma se menja. Shodno tome, predloženi kriterijumi često imaju različito značenje i različiti uticaj na ukupni kvalitet web stranica.

³⁵ Matheus, A. (2004). Web Design Quality Versus Web Information Quality. *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Quality*, (ICIQ-04)

³⁶ Klein, B. (2002). Internet Data Quality: Perceptions of Graduate and Undergraduate Business Students. *Journal of Business and Management*, 8(4): 425-432.

³⁷ Kapoun, J. (1998). *Teaching undergrads WEB evaluation: A guide for library instruction*. C&RL News, 522-523.

³⁸ Stanujkić, D.; Jovanović, R. (2012). Measuring A Quality Of Faculty Website Using Aras Method. *Contemporary Issues In Business, Management And Education '2012*, ISSN 2029-7963/ISBN 978-609-457-323-1

³⁹ Center for Learning and Teaching, SUNY Empire State College. (2009). Evaluating Web Pages: Techniques to Apply & Questions to Ask. *Finding Information on the Internet: A Tutorial*. UC Berkeley Library. <<http://www.lib.berkeley.edu/TeachingLib/Guides/Internet/Evaluate.html>>

2. TEORIJSKI DEO

2.1. TEORIJA ODLUČIVANJA

„Whenever you see a successful business, someone once made a courageous decision.”

Peter F. Drucker

2.1.1. Osnovni pojmovi

Teorija odlučivanja je teorija o odlukama. Predmet izučavanja nije jedinstven, naprotiv, postoji veliki broj različitih načina da se teoretiše u vezi odluka. Gotovo sve što ljudsko biće radi uključuje odluke. Teorija odlučivanja se usresređuje na nekoliko aspekata ljudske aktivnosti. Posebno se usresređuje na to kako čovek koristi svoju slobodu. U situacijama razmatranim od strane teoretičara, postoje opcije koje treba izabrati i one se biraju na neslučajan način. Izbor u ovim situacijama predstavljaju ciljno-usmerene aktivnosti. Stoga se „teorija odlučivanja tiče ciljno-usmerenog ponašanja u prisustvu opcija. Osnova teorije odlučivanja je sistemska analiza koja u svojoj metodologiji koristi sistemski pristup kao naučni metod“⁴⁰.

Moderna teorija odlučivanja se razvila sredinom XX veka, čemu je doprinelo nekoliko akademskih disciplina. Teorija odlučivanja se bitno razvila u okviru oblasti: ekonomija, statistika, psihologija, političke i društvene nauke ili filozofija.

2.1.2. Odlučivanje

„Odlučivanje predstavlja intelektualnu aktivnost ljudi koja je, kao i proces mišljenja, ljudska karakteristika. Ipak, neposredno izučavanje ovog procesa, počelo je tridesetih godina XX veka, kada je na osnovu pravila definisanih kroz matematička znanja i teoriju ekonomije bilo moguće formirati određena pravila na osnovu kojih je donosiocu odluke omogućeno da

⁴⁰ Hansson, S. O. (2005). *Decision Theory: A Brief Introduction*. Department of Philosophy and the History of Technology. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm

odabere najbolje rešenje. Usled faktora nepredvidivosti koji je sastavni deo procesa, odlučivanje je dugo posmatrano kao društvena a ne tehnička aktivnost. Iza svake kvalitetne i održive odluke danas, nalazi se složen proces odlučivanja koji podrazumeva kompleksan izbor između različitih alternativa koje su pod uticajem manjeg ili većeg broja faktora. Proces odlučivanja podrazumeva sinergiju delovanja ljudskog faktora, matematičkih metoda i računarskih alata⁴⁰.

U svakoj diskusiji o problematici odlučivanja pažnja je, po pravilu, usredsređena na tri pojma, i to na: 1) proces odlučivanja, 2) donosioca odluke i 3) samu odluku.

„Čovek svakodnevnim situacijama različite složenosti donosi odluke. Imajući u vidu da za većinu problema postoji više rešenja, *proces odlučivanja podrazumeva analizu većeg broja rešenja u okviru kojih se vrši izbor*“⁴⁰.

Odlučivanje (eng. *Decision Making*) uključuje izbor alternativa⁴¹. **Odluka** je tačka u kojoj je napravljen izbor između alternativa i opcija koje se nadmeću. Kao takva ona može da se shvati kao tačka iskoraka – momenat u kome je ukazano poverenje jednom toku akcija uz isključenje ostalih. U praksi, to je privrženost određenom toku akcija koji daje značaj odluci. Nije slučajno što reč odluka zapravo znači „preseći“ odnosno zaključiti na osnovu konkretnog izbora ili toka akcija. Može da se napravi razlika između same odluke i procesa odlučivanja. Odluka je krajnji ishod procesa, ali sam proces odlučivanja uključuje događaje koji vode do momenta izbora i dalje od toga. Ipak, sa toliko procesa koji se odigravaju u ljudskom mozgu, jako je teško, ukoliko ne i nemoguće, da se u potpunosti odvoji uzrok od posledice. Osim toga, jednostavno doneti odluku ne garantuje njenu uspešnu primenu, kao što mogu potvrditi mnogi iskusni menadžeri. Čupić (2003)⁴² „pod odlukom podrazumeva moment, u jednom tekućem procesu evaluacije alternativa koji se sprovodi radi postizanja određenog cilja, u kome očekivanja od specifične akcije primoravaju donosioca odluke da izabere akciju koja najverovatnije rezultuje postizanju već pomenutog cilja“.

Stoga, donošenje odluka uključuje mnogobrojne procese koji mu prethode, uključujući sakupljanje informacija, stvaranje, posmatranje i procenu alternativnih tokova akcija, kao i procese implementacije i procene koji bi trebalo da uslede nakon donošenja odluke. Poboljšanje kvaliteta odluka, zato, uključuje spektar procesa koji se moraju uzeti u obzir.

Opseg ili delokrug odluke (eng. *Decision Scope*) može da se smatra opsegom mogućeg uticaja jedne odluke. On je relativan, nije apsolutan i zavisi od konteksta u kome je odluka donešena i karakteristika osobe koja je donela odluku.

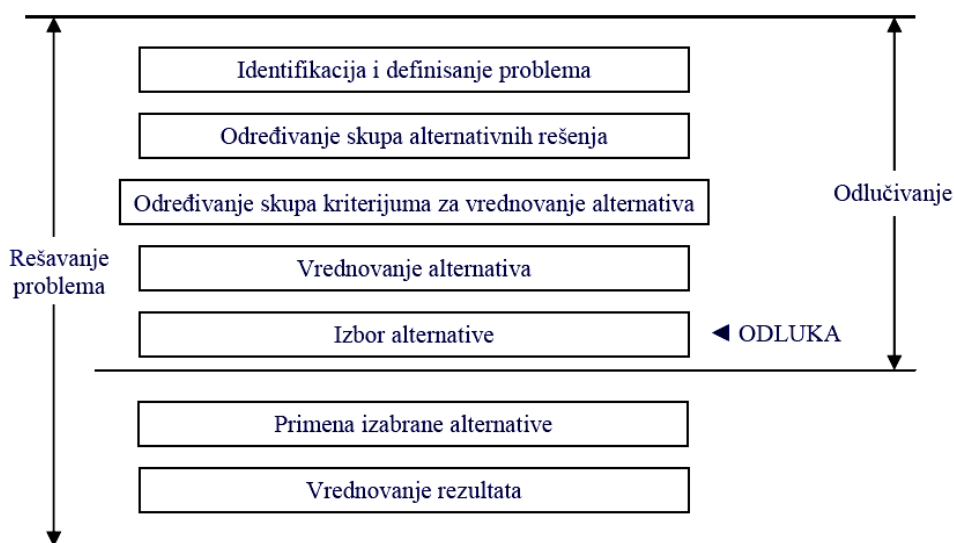
⁴¹ Fitzgerald, S. P. (2002). *Decision Making*. Capstone Publishing (a Wiley company)

⁴² Čupić, M.; Tummala, R.; Suknović, M. (2003). *Odlučivanje – formalni pristup*, FON

Postoje sličnosti i razlike u raščlanjivanju procesa odlučivanja na faze, ali većinom sve teorije uzimaju u obzir sledeće **faze u procesu odlučivanja** (slika 2.1.1.):

1. *Identifikovanje i definisanje problema;*
2. *Određivanje skupa alternativnih rešenja;*
3. *Određivanje skupa kriterijuma za vrednovanje alternativa;*
4. *Vrednovanje alternativa.*

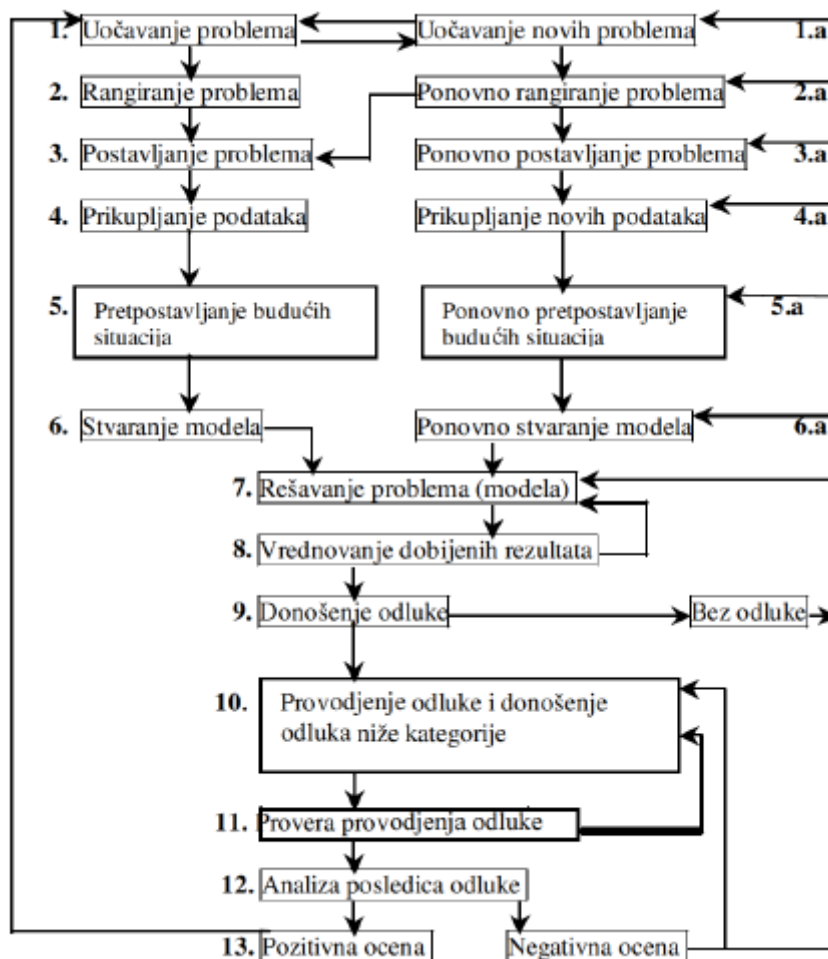
1. U prvoj i najosetljivijoj fazi procesa odlučivanja, cilj je da se problem što konkretnije definiše. Definisane problema bi trebalo da se sastoji iz dva međusobno funkcionalno povezana procesa. U zavisnosti od precizne identifikacije problema zavisice i dalje rešavanje.
2. Nakon definisanja problema, na osnovu njih se bira i skup alternativa između kojih treba načiniti izbor.
3. U fazi određivanja kriterijuma odlučivanja, potrebno je kreirati odgovarajući model odlučivanja, jer se uz pomoć njega može jasno razumeti postavljeni problem, sa svim specifičnim karakteristikama i logičkim vezama.
4. U četvrtoj fazi odlučivanja, rešenja dobijena u prethodnoj fazi transformišu se u skup operativnih procedura koje je moguće primeniti u vrednovanju alternativa.



Slika 2.1.1. Odnos između rešavanja problema i odlučivanja

Još jedno raščlanjivanje procesa odlučivanja, daleko složenije od prethodno iznešenog dato je na slici 2.1.2. Autori mnogih naučnih radova, imajući u vidu činjenicu da je proces odlučivanja veoma složen, nastoje taj proces podeliti na što više delova (faza). U tim se podelama vrlo često zanemaruje analiza odluke, te moguća revizija odluke. Znajući da se u realnim problemima često javljaju situacije da već donešena odluka ne mora opstati u svom

prvobitnom obliku nego se može i dopunjavati, u celosti izmeniti ili zameniti odlukom o nekom drugom problemu, jedna od prihvatljivijih podela procesa odlučivanja data je šematski na slici 2.1.2. Detaljan opis svake od navedenih faza se ne navodi jer se faze smatraju intuitivno shvatljivim. Treba napomenuti da su u većini radova faze 10. i 13. izostavljene.



Slika 2.1.2. Raščlanjena struktura faza procesa odlučivanja
 Izvor: Brans, J. P. (1984). A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis. *Operational Research '84*, North Holland

„U procesu odlučivanja, a imajući u vidu postojanje određenog stepena intuitivnosti donosilaca odluka, značajan je pre svega stepen svesti donosioca odluke o ličnoj odgovornosti i neophodnosti moralnog postupanja i shvatanja posledica primene konačne odluke.

Odluke se mogu diferencirati na osnovu nekoliko kriterijuma:

1. Ocene dovoljnosti raspoloživih informacija za donošenje odluka;
2. Uslova u kojima se odluka donosi;
3. Broja osoba koje učestvuju u procesu donošenja odluke⁴³.

⁴³ Burstein, F.; Holsapple, C. W. (2008). *Handbook on Decision Support Systems 1: Basic Themes*. International Handbooks on Information Systems. Springer, Heidelberg.

1. „Odluke se, prema kriterijumu dovoljnosti raspoloživih informacija dele na *istraživačke* (nastaju kada donosilac odluke dođe do zaključka da nema dovoljno podataka za odlučivanje i da je neophodno prikupiti dodatne podatke) i *terminalne* (odluke koje se završavaju proces odlučivanja izborom jedne od ponuđenih alternativa).
2. Donosioci odluka često su izloženi određenim uslovima u kojima je neophodno doneti odluku: *izvesnost*, *neizvesnost*, *rizik*, *konflikt* ili *kombinacija neizvesnosti i rizika*. U uslovima neizvesnosti odluka se donosi u slučajevima kada je moguće odrediti buduće događaje, ali ne i njihovu verovatnoću. U slučaju rizika, donosilac odluke raspolaže samo delimično informacijama o mogućim događajima koji mogu uticati na ishod odluke. Kombinacija uslova neizvesnosti i rizika spada u domen statističkog zaključivanja, dok konfliktna situacija nastaje u slučaju kada posledica izabrane akcije donosioca odluke zavisi od reakcije aktera sa druge strane.
3. Prema kriterijumu broja donosilaca odluka, razlikujemo *individualne* i *grupne* odluke. Kod individualnih odluka često nastaju greške usled rutinskog rešavanja problema, nepravilne primene heuristike ili različitih procesa razmišljanja pojedinca pod dejstvom različitih psiholoških faktora. Na nivou grupe donose se odluke koje zavise od pojedinaca koji sačinjavaju grupu, u kojoj se često javlja dominacija osoba koje imaju sposobnost da se nametnu kao autoritet ostalim članovima grupe. Stoga, u grupnom odlučivanju, česta je pojava nemogućnosti pravilne formulacije problema i donošenja kvalitetnih odluka, te je neophodno koristiti određene tehnike poput Delfi, Brainstorming, Tehnike nominalne grupe itd⁴³.

2.1.3. Grupno odlučivanje

Kada u odlučivanju učestvuje više osoba, onda se težine atributa/kriterijuma određuju na osnovu mišljenja i stavova svih učesnika. Stoga je, nakon prethodno određenih relativnih težina kriterijuma svakog donosioca odluke posebno, potrebno odrediti prosečnu vrednost težina kriterijuma svih učesnika u odlučivanju.

U slučaju grupnog pristupa određivanju težina kriterijuma, svaki učesnik grupe zasebno popunjava matricu odlučivanja u parovima. Nakon toga se primenom već opisanog postupka primene AHP metode, određuju težine kriterijuma.

Za grupu koja sadrži K donosioca odluka, kao rezultat prethodne aktivnosti, za svaki od n kriterijuma se dobija K težina. Rezultujuća težina (relevantni značaj kriterijuma) w_j svakog kriterijuma može se jednostavno odrediti kao **aritmetička sredina**, primenom sledeće formule:

$$w_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{kj}; \quad j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(1)$$

ili kao **geometrijska sredina**, primenom sledeće formule:

$$w_j = \left(\prod_{k=1}^K w_{kj} \right)^{\frac{1}{K}}; \quad j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(2)$$

gde: w_{kj} predstavlja težinu j -tog kriterijuma koja je određena na osnovu poređenja u parovima k -tog donosioca odluka.

Način koji je korišćen u testiranju modela u ovoj disertaciji je grupno donošenje odluke za trinaestoro donosioca odluka. Svaki donosilac odluke unosi je individualne procene u anketu, a sinteza individualnih procena izvršena je izračunavanjem geometrijske sredine. Aczel i Saaty (1983)⁴⁴ matematički su dokazali da ukoliko se koriste recipročne procene, geometrijska sredina je jedini način kojim se mogu kombinovati individualne procene. Aczel i Alsina (1986)⁴⁵ su dokazali da ukoliko donosioci odluka imaju različiti uticaj na konačnu odluku, taj uticaj je potrebno izraziti preko koeficijenta važnosti svakog donosioca odluka te njihove procene ponderisati tim koeficijentom važnosti. Grupno donošenje odluka na osnovu AHP metode detaljnije je objašnjeno u knjizi „*Group decision making: Drawing out and Reconciling Differences*”⁴⁶ i članku „*Group Decision Making: Head-Count versus Intensity of Preference*”⁴⁷.

Grupno odlučivanje ima određene prednosti i nedostatke^{48,49}. „Grupa u većini slučajeva, donosi bolje i kvalitetnije odluke od pojedinca jer poseduje tzv. višedimenzionalno mišljenje. Individualni donosilac odluke obično generiše manji broj ideja, kao i manji broj mogućnosti za rešenje problema. Grupno odlučivanje uključuje donosioca odluka s različitim znanjima i veštinama, koji su motivisani zajedničkim interesom. Postoji i veća spremnost grupe za donošenjem rizičnijih odluka jer se rizik deli na sve članove. Grupno donesenu odluku takođe je lakše sprovesti jer je prihvataju svi ili većina donosioca odluka procesa grupnog odlučivanja. Sa jedne strane, veći broj osoba demokratizuje odlučivanje, dok s druge

⁴⁴Aczel, J.; Saaty, T. L. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgment. *Journal of Mathematical Psychology*, 27:93-102.

⁴⁵ Aczel, J.; Alsina, C. (1986). On synthesis of judgments. *Social-Economic Planning Sciences*, 20:333-339.

⁴⁶ Saaty, T. L.; Peniwati, K. (2008). *Group Decision Making: Drawing Out and Reconciling Differences*. RWS Publications, Pittsburgh.

⁴⁷ Saaty, T.; L., Shang, J. S. (2007). Group Decision Making: Head-Count versus Intensity of Preference. *Socio-Economic Planning Sciences*, 41, pp. 22-37.

⁴⁸ Lu, J.; Zhang G.; Ruan D.; Wu F. (2007). *Multi-Objective Group Decision Making Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques Series*. Electrical and Computer Engineering — Vol. 6. Imperial College Press, London

⁴⁹ Begičević N. (2008). *Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja E-učenja*. Fakultet Organizacije i Informatike Varaždin

strane imamo situaciju da je takvo odlučivanje sporije i često skuplje te postoji opasnost od nametanja mišljenja autoritativnog člana grupe.

Pozitivni aspekti grupnog donošenja odluka su sledeći:

- grupa često bolje razume zašto postoji potreba za donošenjem odluke;
- znanje grupe je često veće od znanja pojedinca;
- grupa obično generiše veći broj alternativa za rešavanje problema;
- participacija u odlučivanju povećava prihvatanje odluke od strane članova grupe;
- odgovornost i rizik se dele na članove grupe.

Negativni aspekti grupnog donošenja odluka su:

- duže trajanje procesa donošenja odluka;
- opasnost od dominacije autoritativnog člana grupe;
- pritisci za slaganjem mogu ograničavati i sputavati članove grupe;
- mogućnost konflikata i neslaganja između članova grupe;
- konkurencija između članova grupe može postati važnija od samog problema;
- postoji tendencija prihvatanja prvog prihvatljivog rešenja.

Primenom grupnog odlučivanja **uz korišćenje ankete** i unošenjem individualnih procena učesnika, izbegavaju se nedostaci grupnog odlučivanja:

- sprečava se nastanak grupnog mišljenja, jedinstvenog mišljenja svih članova do kojeg se dolazi zbog velikog pritiska na donosioce odluka koji imaju drugačije, suprotno mišljenje;
- zahvaljujući softverskoj i hardverskoj potpori, proces odlučivanja, a naročito obrada rezultata se ubrzava;
- konflikti i neslaganje između učesnika mogu se pojaviti, ali samo u diskusiji, odluku svaki pojedinac donosi samostalno i ne treba da se cela grupa složi oko zajedničke odluke – ona se postiže sintezom individualnih procena.

Učesnike u procesu odlučivanja možemo podeliti na moderatora (koordinatora) i učesnike (donosioce odluka). Moderator gradi AHP model i koordinira proces grupnog donošenja odluke. U slučaju potrebe se može uključiti i osoba koja je odgovorna za tehničku potporu (eng. *Technographer*)⁴⁹.

Učesnici su pre samog procesa odlučivanja upućeni na moguću **nekonzistentnost**. AHP metoda (detaljnije u poglavlju 2.2.2.) ima sposobnost identifikovanja i analiziranja nekonzistentnosti donosioca odluka u procesu hijerarhiskog vrednovanja elemenata. Čovek teško zadržava konzistentnost pri evaluaciji vrednosti ili povezanosti kvalitativnih elemenata u hijerarhiji. AHP na konkretan način ublažava ovaj problem tako što meri stepen

nekonzistentnosti i o tome obaveštava moderatora. Indeks (stepen) konzistentnosti (*eng. Consistency Index - CI*) mora biti manji od 0.1 (10%) da bi se rezultati smatrali konzistentnim. Moderator mora permanentno proveravati indeks konzistentnosti tokom procesa odlučivanja i ukoliko nekonzistentnost postoji, ukazati na nju.

2.1.4. Analiza odluka

„Proces odlučivanja je veoma složen i često sadrži veliki broj međusobno povezanih i uzajamno zavisnih faktora čije uticaje nije jednostavno precizno prepoznati i povezati u jedinstvenu odluku“⁵⁰.

Analiza odluka (*eng. Decision Analysis*) ukazuje na široki delokrug kvantitativnih oblasti (uključujući operaciona istraživanja i statistiku) koje se bave modeliranjem, optimizacijom i analizom odluka donešenih od strane pojedinaca, grupa ili kompanija. Svrha analize odluka je u tome što omogućava donosiocima odluka da donesu bolje odluke u kompleksnim situacijama, uglavnom u uslovima neizvesnosti. Kvalitet odluke se meri njenim očekivanim posledicama i iznešenim prioritetima donosioca odluka. Analiza odluke je preskriptivna disciplina u smislu da koristi analitički okvir odluke (*eng. Decision Analytic Framework*) koji omogućava da donosilac odluke razmišlja sistematski o ciljevima, prioritetima, strukturi i neizvesnosti problema, onda da kvantifikuje i modelira ove i druge bitne aspekte problema i njihove međusobne odnose. Sa druge strane postoji deskriptivni pristup odlučivanju, koji se usredsređuje na to kako ljudi obično obrađuju informacije, ocenjuju verovatnoće i donose odluke koje nisu u skladu sa racionalnom preskripcijom analize odluka. Sve ovo naglašava važnost upotrebe alata u analizi odluka u cilju donošenja ispravnih odluka.

*Osnovni i tipični problem u analizi odluka je u tome što donosilac odluke mora da izabere jednu alternativu iz skupa mogućih alternativa*⁵¹. Posledice za donosioca odluke ne zavise samo od tog izbora, već i od prirodnog stanja stvari jednog ili više događaja o kojima je donosilac odluke nesiguran, nad kojima nema kontrolu, ali ima neka ubeđenja u obliku pridruženih verovatnoća. Da bi dobio više informacija o prirodnom stanju događaja, pre nego što donese glavnu odluku, donosilac odluke može da obavi jedan ili više eksperimenata (testova, upitnika, uzorkovanja...). Optimalno rešenje problema nalaže, za svaku odluku i svaku kombinaciju izabranih alternativa i realizovanih ishoda koji prethode odluci, koja je najbolja alternativa za izvršenje.

⁵⁰ Srđević, B. (2003). Metodi i rešenja višekriterijumske analize u poljoprivredi. *Agroekonomika* 32. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 307-312.

⁵¹ Covaliu, Z. (2003). *Decision Analysis: Concepts, Tools and Promis*. Fair Isaac Corporation

Primena i opseg analize odluka

Analiza odluka je široko rasprostranjena u poslovnom odlučivanju, kao i odlučivanju u okviru Vlade. U sledećoj tabeli je data lista najčešćih primena analize odluka:

Tabela 2.1.1. Oblasti primene analize odlučivanja

Poslovanje	Vlada
selekcija projekata	upravljanje neočekivanim događajima
eksploatacija nafte	upravljanje ekološkim rizikom
razvoj novog proizvoda	izbor novih izvora energije
lansiranje novog poduhvata	programi istraživanja i razvoja
upravljanje portfolijom kredita i zajmova	Uobičajno
zaštita useva	Medicinska dijagnoza i lečenje
	Parničenje

Izvor: Covaliu, Z. (2003). *Decision Analysis: Concepts, Tools and Promise*. Fair Isaac Corporation

Srodne discipline i metodologije

Analiza odluka proističe, zasniva se i preklapa se sa velikim brojem srodnih disciplina i metodologija. Tabela 2.1.2. upravo navodi neke od njih.

Tabela 2.1.2. Analiza odluka i srodne discipline i metodologije

Discipline i metodologije	
teorija verovatnoće	teorija informacija
statistička teorija odlučivanja	teorija korisnosti
bajesovo učenje i zaključivanje	teorija igara
teorija grafova	matematičko programiranje
stohastički procesi	ciljno programiranje

Izvor: Covaliu, Z. (2003). *Decision Analysis: Concepts, Tools and Promise*. Fair Isaac Corporation

Osnovni elementi modela odluke

Svi kompleksni problem vezani za odluke, uključuju sledeće osnovne elemente:

- *odluke* (D_i), koje donosi donosilac odluke. One ukazuju na tačku u vremenu kada donosilac odluke mora da izabere jednu od alternativa (A_i) iz skupa dostupnih alternativa, koje mogu biti diskretne ili neprekidne, jednostavne ili kombinovane.
- *neizvesni događaji* (X_j), čije ishode određuje prirodno stanje stvari. Uglavnom se javljaju u prostoru između narednih odluka. Ako se neizvesni događaj realizuje pre nego što je odluka doneta, njegov ishod x_j , će biti zapažen pre nego što se odluka donese. Zajedno sa već donešenom odlukom, ostaju neke neizvesnosti

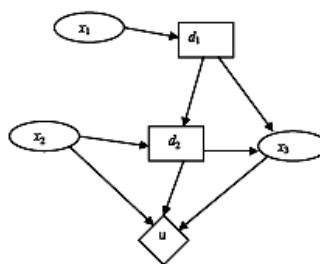
koje određuju posledice za donosioca odluke i stoga se moraju unapred proceniti u obliku raspodele verovatnoća.

- *posledice* (V_k), koje proističu iz odluka i ishoda određenih događaja. One su određene i rezultat su alternativa izabranih u svim tačkama odluke D_i i ishoda neizvesnih događaja X_j , tj. svako V_k je funkcija od svih donešenih odluka $\mathbf{D} \equiv \{D_i, i=1,2,\dots\}$ i svih realizovanih događaja $\mathbf{X} \equiv \{X_j, j=1,2,\dots\}$: $V_k = V_k(D, X)$.
- *ciljevi i prioriteti*, koje donosilac odluke ima prilikom rešavanja problema odlučivanja su veličine o kojima donosilac odluke vodi računa uključujući i njihov omiljeni pravac. Maksimiziranje veličine portfolija može biti jedan od ciljeva; minimiziranje gubitaka portfolija, takođe.

Grafičke paradigme i modeliranje

Grafičke paradigme i modeliranje igraju glavnu ulogu u modeliranju u struktuiranju problema odlučivanja. Najčešće se koriste⁵²:

1. „*dijagram uticaja* (eng. *Influence Diagram*) je acikličan, usmeren graf u kome svaki čvor označava jednu promenljivu problema odlučivanja, dok lukovi predstavljaju relacije između promenljivih. Lukovi koji vode ka čvorovima odluka znače da je sve promenljive označene čvorovima iz kojih lukovi izlaze (zovu se *čvorovi roditelji*) donosilac odluke već posmatrao pre donošenja odluke. Oni se ponekad zovu *informacioni lukovi*. Lukovi koji vode ka slučajevima ili čvorovima posledica predstavljaju moguću verovatnosnu zavisnost od njihovih direktnih prethodnika i obično se ovu *lukovi zavisnosti*.

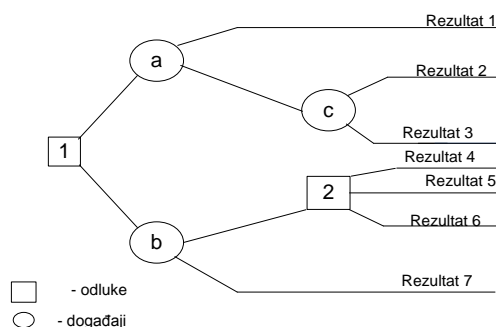


Slika 2.1.3. Jednostavan dijagram uticaja

2. *drvo odlučivanja* (eng. *Decision Tree*) je tehnički postupak za donošenje odluka u uslovima rizika i neizvesnosti. Drvo odlučivanja bitno olakšava donošenje odluka zato što se vrši račvanje posledica odluke. Korišćenjem ove tehnike prikazujemo razvoj budućih događaja onako kako bi se desili u budućnosti. Kod drveta odlučivanja najpre se hronološki navode odluke i neizvesnosti a zatim se

⁵² Gilboa, I. (2011). *Making better decisions: decision theory in practice*. John Wiley & Sons, Inc.

vrši konstruisanje stabla tako da se prikažu mogući ishodi alternativnih odluka. Svaka grana koja izlazi iz čvora odluke odgovara jednoj alternativni, svaka grana koja izlazi iz slučajnog čvora odgovara mogućem ishodu⁵².



Slika 2.1.4. Stablo odlučivanja

U oba slučaja, čvorovi odluke su predstavljene pravougaonicima (označavaju odluke), čvorovi slučaja su prikazane elipsama (označavaju slučajne događaje), čvorovi posledica su prikazani zaobljenim pravougaonicima ili dijamatima (označavaju posledice).

2.2. VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE

„Life is the sum of all your choices.”
Albert Camus

2.2.1. Pojam i uloga višekriterijumskog odlučivanja u teoriji odlučivanja

Pre mnogo decenija, prirodan proces odlučivanja je bio čvrsto zasnovan na poređenju različitih tačaka gledišta koje su bile sklone nekoj odluci ili ne. Nasuprot ovom prirodnom stanovištu, *operaciona istraživanja* omogućavaju prikaz svog *optimizovanog modela koji je zasnovan na maksimizaciji ili minimizaciji jedne funkcije cilja, zavisne od nekoliko ograničenja*⁵³. Ovakvi modeli optimizacije jednog cilja, su brzo zadobili poverenje naučnika zahvaljujući njihovim jakim teorijskim osnovama. Verovatno iz ovog razloga, paradigma “optimizacije” se i dalje smatra moćnom i dominira u radu mnogih istraživača. Ovde je osnovni problem u tome što su sve tačke gledišta, koje su u vezi sa željenim rezultatima odluke, sažete u samo jednoj funkciji cilja. Još jedan od nedostataka modela optimizacije je nedostatak realnosti bez koga je nemoguće prikazati efektivni okvir za rad sa neizvesnostima i

⁵³ Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Science + Business Media, Inc., Boston

subjektivnošću vrednosti i prioriteta donosioca odluka. Stoga, optimizacija jednog cilja se smatra "dalekom od istine" i u poslednjih 50 godina, istraživači i praktičari pokušavaju da ukažu na višedimenzionalnu prirodu pravog problema odlučivanja^{54,55}.

Teorija odlučivanja je prvenstveno proces koji uključuje različite učesnike: ljude, grupe ljudi, institucije i državu. Kao disciplina, višekriterijumsko odlučivanje (MCDM) ima relativno kratku istoriju. Od 1950-tih i 1960-tih, kada su postavljeni temelji modernog višekriterijumskog odlučivanja mnogi istraživači su posvetili svoje vreme da bi razvili nove višekriterijumske modele i tehnike. U proteklim decenijama, istraživanja i razvoj ovog polja su se ubrzala i počela da rastu eksponencijalnom brzinom⁵⁶. Višekriterijumsko odlučivanje je jedno od oblasti teorije odlučivanja koje se najviše proučava (Triantaphyllou, 2000)⁵⁷ i ima izrazit rast od 1980. godine (Dyer i dr., 1992)⁵⁸.

Svi problemi sadašnjice su, generalno, višekriterijumski zato što se problemi uglavnom odnose na ispunjavanje ciljeva koji se tiču većeg broja, najčešće konfliktnih, kriterijuma, što predstavlja veliko približavanje stvarnim zadacima u procesima odlučivanja. Višekriterijumsko odlučivanje (*eng. Multi-Criteria Decision Making – MCDM*) je podoblast operacionih istraživanja koja se razvijala u protekle četiri decenije kako sa istraživačkog tako i sa praktičnog aspekta. **Višekriterijumsko odlučivanje**, u daljem tekstu **MCDM**, razmatra situacije u kojima donosilac odluke mora da izabere jednu od alternativa iz skupa dostupnih alternativa, koje se ocenjuju na osnovu većeg broja kriterijuma.

U praksi, primena višekriterijumskog odlučivanja se proteže duž mnogih polja kako na strateškim tako i na operacionim nivoima. Ova polja uključuju javne investicije, alokaciju resursa, rangiranje projekata i strateške odluke. Metodološke prednosti načinjene u oblasti višekriterijumskog odlučivanja MCDM, uključuju forme problema odlučivanja (slika 2.2.1.)⁵⁹ koje se tiču: (1) izbora; (2) rangiranja; (3) klasifikacije i sortiranja; (4) opisa problema⁶⁰.

⁵⁴ Daellenbach, H. G.; McNickle, D. C. (2005). *Management science: Decision making through systems thinking*. Palgrave Macmillan

⁵⁵ Božinović, M. (2012). *Operaciona istraživanja*. Ekonomski fakultet, Kosovska Mitrovica

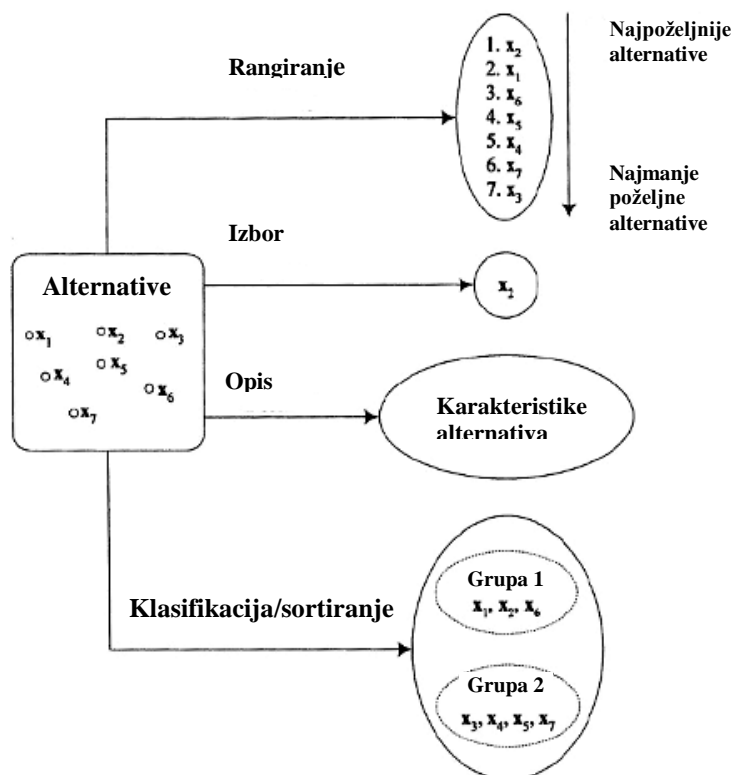
⁵⁶ Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Kildiene, S. (2014). State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*. Volume 20, Issue 1, 165-179.

⁵⁷ Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-Criteria Decision Making Methods: A comparative Study*. volume 44 of *Applied Optimization*. Kluwer Academic Publishers.

⁵⁸ Dyer, J. S.; Fishburn, P. C.; Steuer, R. E.; Wallenius, J.; Zionts, S. (1992). Multiple criteria decision making. multiattribute utility theory: the next ten years. *Management Science*, 38(5):645–654.

⁵⁹ Doumpos, M.; Zopounidis, C. (2004). *Multicriteria Decision Aid Classification Methods (Applied Optimization)*. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow

⁶⁰ Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht



Slika 2.2.1.: Forme problema odlučivanja

Izvor: Doumpos, M.; Zopounidis, C. (2004). *Multicriteria Decision Aid Classification Methods (Applied Optimization)*. Kluwer Academic Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow

2.2.1.1. Karakteristike višekriterijumskog odlučivanja (MCDM)

Iako MCDM problemi mogu pripadati bitno različitom kontekstu, oni dele sledeća zajednička svojstva⁶¹:

- a) „*alternative* koje predstavljaju moguće izbore;
- b) *višestruki kriterijumi (atributi) često formiraju hijerarhiju*: svaka alternativa se može vrednovati u odnosu na dati skup kriterijuma. Svaki problem višekriterijumskog odlučivanja je povezan sa višestrukim kriterijumima. Kriterijumi predstavljaju različite dimenzije iz kojih se alternative mogu posmatrati. U slučaju u kome je broj kriterijuma velik, kriterijumi mogu biti poređani u hijerarhijskom smislu: znači, da je neki kriterijum važniji od drugih, odnosno, da je glavni kriterijum. Svaki glavni kriterijum može biti povezan sa nekoliko podkriterijuma; svaki podkriterijum može biti povezan sa nekoliko nižih podkriterijuma itd. Iako neke od metoda višekriterijumskog odlučivanja mogu zahtevati hijerarhijsku strukturu među kriterijumima odlučivanja, većina njih pretpostavlja samo jedan nivo kriterijuma;

⁶¹ Tummala, V.R.; Čupić, M. (1991). *Savremeno odlučivanje*. Naučna knjiga, Beograd

- c) *konflikt kriterijuma*: višestruki kriterijumi su obično u međusobnom konfliktu; pošto različiti kriterijumi reprezentuju različite dimenzije alternativa, oni mogu biti u međusobnom konfliktu. Na primer, troškovi mogu biti u konfliktu sa profitom;
- d) *hibridna struktura i neuporedivost jedinica*: česta situacija u vrednovanju alternativa je da se koriste kombinacije kvantitativnih i kvalitativnih kriterijuma (različitih mernih sistema). Nesaglasnost jedinica često znači i *neuporedivost*, naročito ako su neki kriterijumi kvantitativni, a neki kvalitativni (npr., potrošnja goriva u l/100km, a performansa data opisno kao ‘zadovoljavajuća’). U praksi se često kombinuju deterministički i probabilistički kriterijumi (atributi). Pri kupovini mašine, cena se može smatrati determinističkom, a potrošnja goriva slučajnom veličinom;
- e) *težine odluka*: većina od metoda višekriterijumskog odlučivanja zahteva da kriterijumima budu dodeljene težine prema njihovoj važnosti. Obično, ove težine su normalizovane da njihov zbir bude jednak jedinici.
- f) *neodređenost*: na neodređenost utiče inherentna karakteristika donosioca odluka da najčešće nije potpuno siguran u svoje ocene vrednosti alternative za date kriterijume. Takođe, informacija o nekim kriterijumima može biti nedovoljna ili nedostupna u trenutku odlučivanja;
- g) *razmera*: realni problem odlučivanja može imati stotine kriterijuma, pod-kriterijuma, pod-pod-kriterijuma itd. Broj alternativa takođe može biti veliki, ali se uvođenjem diskriminacionih kriterijuma on može svesti na razumnu meru. Preporuka je da se u složenijim hijerarhijama na jednom nivou nalazi najviše 9 elemenata; isto važi i za alternative”.

2.2.1.2. Klasifikacija metoda višekriterijumskog odlučivanja

Na osnovu opsežnog i detaljnog pregleda literature iz domena metoda višekriterijumskog odlučivanja, u ovom poglavlju je dat veliki broj različitih klasifikacija ovih metoda, pri čemu je cilj jasan: dati uvid i stvoriti širu sliku pojma višekriterijumskog odlučivanja i ukazati na pravce delovanja metoda i rešavanja sveprisutnih problema odlučivanja.

1. Klasifikacija (Tummala, Čupić, 1991)⁶²

Višekriterijumsko odlučivanje (MCDM) se može podeliti na:

⁶² Tummala, V.R.; Čupić, M. (1991). *Savremeno odlučivanje*. Naučna knjiga, Beograd

- *Višeatributivno odlučivanje* (eng. *Multi-Attribute Decision Making - MADM*) ili *višekriterijumska analiza* (eng. *Multi-Criteria Decision Analysis*): metoda se temelji na atributima (kriterijumima) koji služe u procesu ocene ili evaluacije pojedinog kriterijuma. Veći broj atributa karakteriše pojedinu akciju (alternativu), a biraju ih donosioci odluka na temelju izabranih kriterijuma.
- *Višeciljno odlučivanje* (eng. *Multi-Objective Decision Making - MODM*):
 - Višekriterijumsko programiranje (eng. *Multi-Criteria Programming*);
 - Ciljno programiranje (eng. *Goal Programming*).

Osnovne karakteristike navedenih metoda su date u sledećoj tabeli:

Tabela.2.2.1: Uporedne karakteristike višeatributivnog odlučivanja i višeciljnog odlučivanja

	VIŠEATRIBUTIVNO (MADM)/ VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA (MCDA)	VIŠECILJNO (MODM)
KRITERIJUM (definisanje)	ATRIBUTIMA/ KRITERIJUMIMA	CILJEVIMA
CILJ	IMPLICITAN (loše definisan)	EKSPLICITAN
ATRIBUT	EKSPLICITAN	IMPLICITAN
OGRANIČENJA	NEAKTIVNA (uključena u atribute)	AKTIVNA
AKCIJE (ALTERNATIVE)	KONAČAN BROJ (diskretne)	BESKONAČAN BROJ (kontinuirane)
INTERAKCIJA SA DONOSIOCIMA ODLUKE	NIJE IZRAZITA	IZRAZITA
PRIMENA	IZBOR/EVALUACIJA	PROJEKTOVANJE

Izvor: Tummala, V.R.; Čupić, M. (1991). *Savremeno odlučivanje*. Naučna knjiga, Beograd

2. Klasifikacija (Pomerol, Barba-Romero, 2000; Vincke, 1992)^{63,64}

Raspoložive metode odlučivanja se mogu posmatrati sa jednim ili više cilja (slika 2.2.2.)⁶⁵.

Višekriterijumske metode odlučivanja se mogu podeliti u dve osnovne grupe:

1. Pored velikog broja usavršenih MCDM metoda, veću primenu u praksi su našli **diskretni tipovi MCDM** (eng. *Discrete MCDM Methods*) gde se problem definiše konačnim brojem alternativa i familijom mera izvođenja na osnovu kojih se ocenjuju alterantive. *Diskretne MCDM metode* se, dalje, mogu podeliti u pet kategorija:

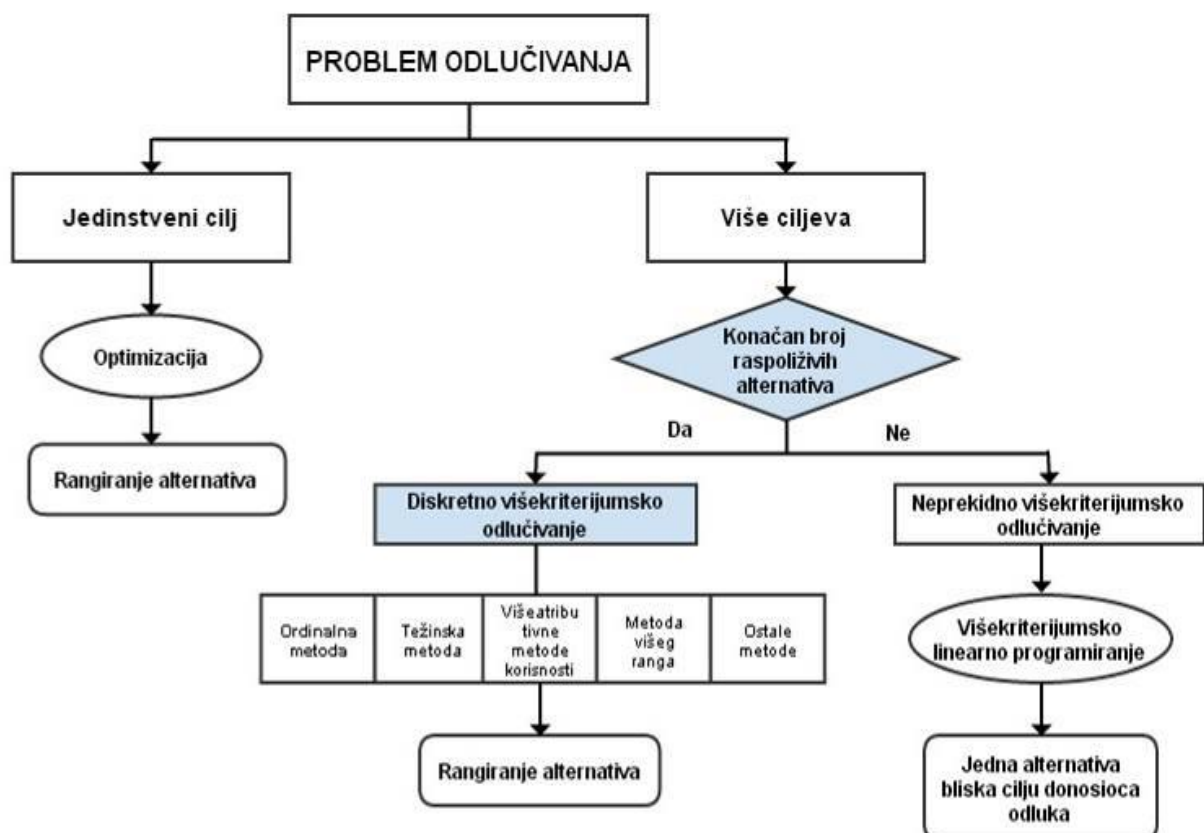
⁶³ Pomerol, J-Ch.; Barba-Romero, S. (2000). *Multicriteria Decision Making in Business*. Kluwer, New York

⁶⁴ Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. J. Wiley, New York

⁶⁵ Kodikara, P. N. (2008). *Multi-Objective Optimal Operation of Urban Water Supply Systems - Doctoral Dissertation*. Faculty of Health, Engineering and Science. Victoria University, Australia

- ordinalne metode (eng. *Ordinal Methods*): leksikografska metoda;
- težinske metode (eng. *Weighting Methods*);
- višeatributivne metode korisnosti (eng. *Multi-attribute Utility Based Methods*);
- metode višeg ranga (eng. *Outranking Methods*): ELECTRE, PROMETHEE, AHP;
- ostale metode (uključuju metode poređenja alternativa, metode koje uključuju rastojanje od idealne alternative (npr. TOPSIS metoda), metode permutacije).

2. **Neprekidne MCDM metode** (eng. *Continuous MCDM Methods*) ili višekriterijumske metode optimizacije, koriste višekriterijumsko linearno programiranje za minimizaciju ili maksimizaciju jedne funkcije cilja. Dodatni ciljevi se uglavnom posmatraju kao ograničenja. Neprekidne MCDM metode uključuju slučajeve kada je broj mogućih alternativa beskonačan. Stoga je specificirana jedino oblast definisanosti alternativa (oblast izvodljivosti), tako da svaka tačka u ovoj oblasti odgovara određenoj alternativni. Alokacija (raspoređivanje) resursa je tipičan problem koji se tiče ovih metoda.



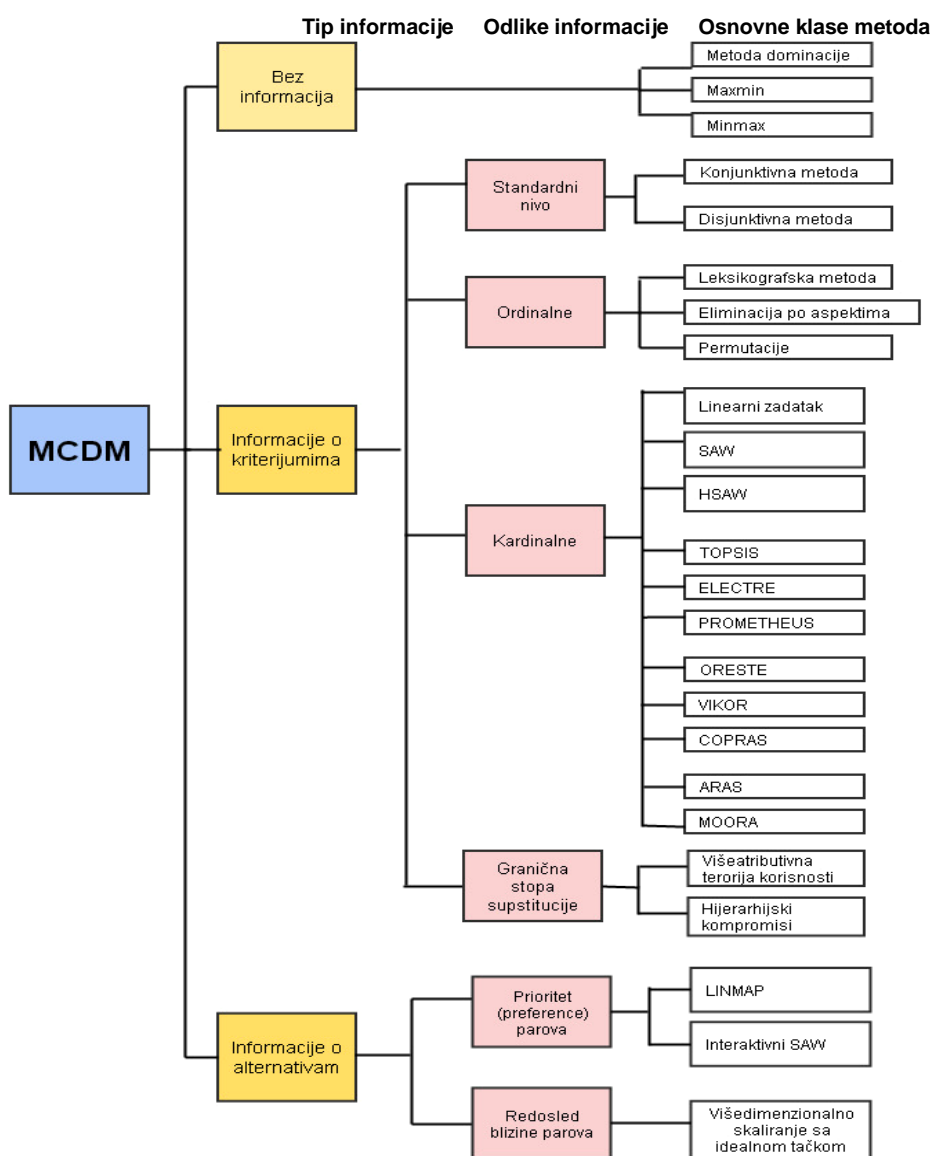
Slika 2.2.2: Višekriterijumske metode odlučivanja

Izvor: Kodikara, P. N. (2008). *Multi-Objective Optimal Operation of Urban Water Supply Systems-Doctoral Dissertation*. Faculty of Health, Engineering and Science. Victoria University, Australia

3. Klasifikacija (Hwang and Yoon, 1981)⁶⁶

Hwang and Yoon (1981) su grupisali MCDM metode na osnovu dostupnih informacija:

- MCDM - metode višekriterijumskog odlučivanja: diskretan, uglavnom ograničeni broj alternativa, koje zahtevaju poređenje kriterijuma; uključuju implicitne ili eksplicitne kompromise (slika 2.2.3.);
- MODM - metode višeobjektivnog odlučivanja: odluka se posmatra kao promenljiva čije se vrednosti definišu nad neprekidnom ili celom oblasti definisanosti; beskonačan ili veliki broj izbora; treba da se na najbolji mogući način zadovolje ograničenja, preferencije i prioriteti donosica odluka.



Slika 2.2.3.: Metode višekriterijumskog odlučivanja (MCDM)

Izvor: Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. (2011). Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Methods In Economics: An Overview. *Technological and Economic Development of Economy*. 17:2, 397-427. (prilagođeno po Hwang and Yoon (1981))

⁶⁶ Hwang, C. L.; Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: A State of the Art Survey. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 186. Springer-Verlag, Berlin.

Pregledom većeg broja izvora literature (Zavadskas i dr., 2014; Chai i dr., 2013; Figueira i dr., 2005; Hwang i Yoon, 1981)^{67, 68, 69, 70}, mogu se izdvojiti sledeće značajnije MCDM metode (tabela 2.2.2.).

Tabela 2.2.2. Metode višekriterijumskog odlučivanja

MCDM	Akronim	Naziv MCDM metode	Reprezentativne reference	
Metode korisnosti (MAUT/MAVT)				
Diskretno višekriterijumsko odlučivanje – Višeatributivno odlučivanje - MADM	SAW/ WSM	Simple Additive Weights/ Weighted Sum Model	(Hwang i Yoon, 1981; Triantaphyllou, 2000)	
	SMART	Simple Multiattribute Rating Technique	(Edwards, 1977, Edwards i Barron, 1994)	
	SPW/ WPM	Simple Product Weighting/ Weighted Product Model	(Triantaphyllou, 2000)	
	AHP ANP	Analytic Hierarchy Process Analytic Network Process	(Saaty, 1980) (Saaty, 1996)	
	MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique	(Bana e Costa i Vansnick, 1999)	
	Metode rangiranja (eng. Outranking methods)			
	ELECTRE	ELimination and Choice expressing reality	(Beneyoun, 1966; Roy i Bertier, 1971)	
	PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation	(Brans, 1982; Benoit i Rousseaux, 2003)	
	NAIADE	Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments	(Benetto i dr., 2008; Benoit i Rousseaux, 2003; Munda, 1995)	
	REGIME	REGIME	(Benoit i Rousseaux, 2003)	
	ORESTE	ORESTE	(Benoit i Rousseaux, 2003)	
	COPRAS	COmplex PROportional ASement of alternatives	(Zavadskas i Kaklauskas, 1996)	
	ARAS	A new Additive Ratio ASsessment	(Zavadskas i Turkis, 2010)	
	Metode kompromisa (eng. Compromise methods)			
	TOPSIS	Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution	(Hwang i Yoon, 1981)	
	VIKOR	Višekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Rešenje	(Opricović, 1998)	
	CP	Compromise Programming	(Zeleny, 1982)	
Ostale metode višeatributivnog odlučivanja				
DEMATEL	DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory	(Gabus i Fontela, 1972)		
FLAG	FLAG	(Polatidis i dr., 2006)		
SMAA	Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis	(Polatidis i dr., 2006)		
Neprekidno višeciljno odlučivanje -MODM	DEA	Data Envelopment Analysis	(Seiford i Thrall, 1990)	
	LP	Linear Programming	(Dantzig i Thapa, 1997)	
	NP	Nonlinear Programming	(Chai i dr., 2013)	
	MOP	MultiObjective Programming	(Chai i dr., 2013)	
	GP	Goal Programming	(Chai i dr., 2013)	
	SP	Stochastic Programming	(Chai i dr., 2013)	
	MOORA	MultiObjective Optimization on the basis of Ratio Analysis	(Brauwers i Zavadskas, 2004)	
	MULTIMOORA	Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis plus Full Multiplicative Form	(Brauwers, Zavadskas 2010)	

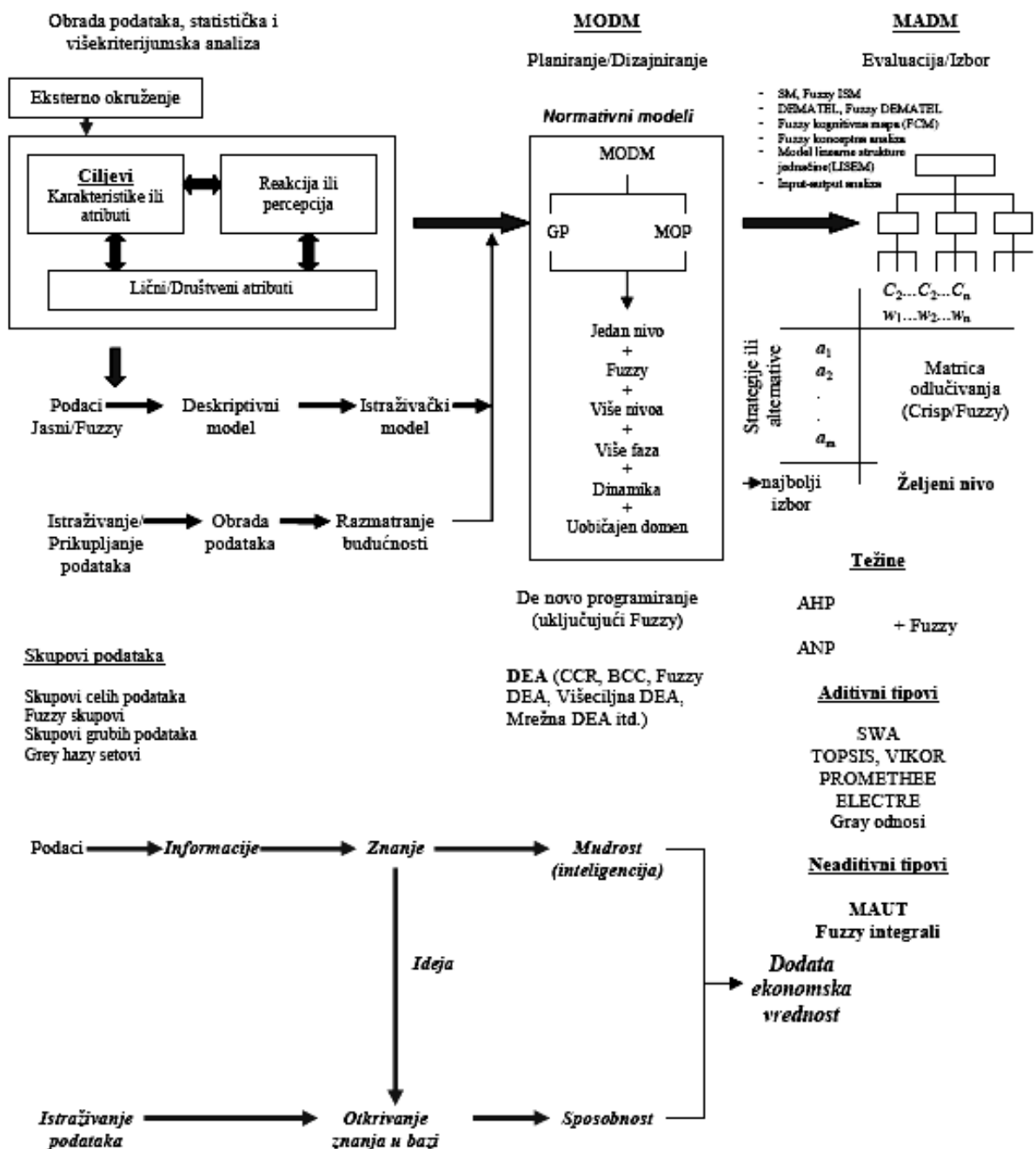
⁶⁷ Zavadskas, E.K.; Turkis, Z.; Kildienė, S. (2014). State Of Art Surveys Of Overviews On MCDM/MADM Methods. *Technological And Economic Development Of Economy*. Volume 20(1): 165–179

⁶⁸ Chai, J.; Liu, J.; Ngai, E. (2013). Application of decision making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*. 40(10), str. 3872–3885

⁶⁹ Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (2005). *Multycriteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Science + Business Media. Inc., Boston

⁷⁰ Hwang, C. L.; Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: A State of the Art Survey. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 186*. Springer-Verlag, Berlin

Na slici 2.2.4.⁷¹ dat je sveobuhvatan prikaz višekriterijumskog odlučivanja.

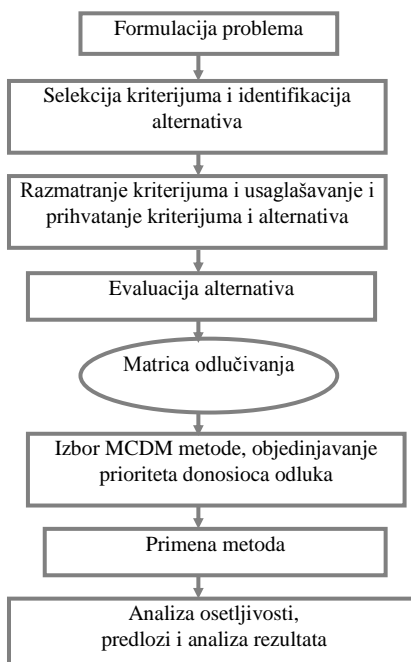


Slika 2.2.4.: Višekriterijumsko odlučivanje
Izvor: G-H. Tzeng; Huang, J-J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making, methods and applications*. Taylor&Francis Group, Boca Raton

⁷¹ G-H. Tzeng; Huang, J-J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making, methods and applications*. Taylor&Francis Group, Boca Raton

2.2.1.3. Osnovne etape MCDM metoda

Osnovne etape kod diskretnih MCDM metoda (Pomerol, Barba-Romero, 2000)⁷² su date na slici 2.2.5.



Slika 2.2.5.: Etape kod diskretnih MCDM metoda

Izvor: Kodikara, P. N. (2008). *Multi-Objective Optimal Operation of Urban Water Supply Systems-Doctoral Dissertation*. Faculty of Health, Engineering and Science, Victoria University, Australia

Osnovni okvir za razmatranje glavnih koraka prilikom primene metoda višekriterijumskog odlučivanja su^{73,74}:

1. *određivanje odgovarajućih kriterijuma i alternativa;*
2. *evaluacija alternativa* u pogledu svakog kriterijuma i konstrukcija matrice odlučivanja. Svakoј alternativni se pridružuju bodovi (skorovi) koji mere koliko svaka od alternativa ispunjava svaki od kriterijuma;
3. *određivanje numeričkih vrednosti (težina) za svaki kriterijum* da bi se ukazao značaj pojedinog kriterijuma na konačnu odluku;
4. *korišćenje kumulativnih funkcija (pravila odlučivanja) za određivanje ranga* svakog od alternativa.

Problem rangiranja alternativa je tipičan MCDM problem, pri čemu je obično uključen skup od m alternativa A_i ($i = 1, 2, \dots, m$), koje treba oceniti uz pomoć skupa od n kriterijuma (atributa) C_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Formira se *matrica odlučivanja* D (tabela 2.2.3.)

⁷² Pomerol, J-Ch.; Barba-Romero, S. (2000). *Multicriteria Decision Making in Business*. Kluwer, New York

⁷³ Liesio, J. (2003). *Non-dominated Portfolios in Capital Budgeting with Interval-valued Project Outcomes*. Mat-2108. Independent Research Project in Applied Mathematics

⁷⁴ Dodson, J.; Spackmen, M.; Pearman A.; Phillips L. (2001). *Multi-criteria Analysis: A Manual*, Department of Environment. Transport and Regions (DETR), Rotherdam

koja prikazuje osnovne podatke jednog višekriterijumskog problema odlučivanja datih u matričnom obliku. Donosilac odluke želi da potraži "najbolji izbor tj. alternativu" u skupu raspoloživih alternativa A_i . Sve MCDM metode započinju istom matricom odlučivanja, ali se tokom daljeg izvršavanja one razlikuju sudeći po dodatnim informacijama koje zahtevaju i računskim procedurama koje se primenjuju da bi se stiglo do rešenja.

Tabela 2.2.3.: Struktura matrice odlučivanja

	Kriterijum				Zbir (Skor)	Rang
	C_1	C_2	...	C_n		
Težine	w_1	w_2	...	w_n		
Alternativa						
A_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	S_1	
A_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	S_2	
	
A_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}	S_m	

Matrica odlučivanja D je matrica dimenzija $m \times n$, sa m alternativa (vrsta) i n kriterijuma (kolona). Dati element x_{ij} predstavlja vrednost j -tog kriterijuma za i -tu alternativu. Element x_{ij} može biti: realan broj, interval, raspodela verovatnoća, kvalitativna vrednost⁷⁵...
Treba napomenuti da u terminologiji višekriterijumske analize 'atribut' i 'kriterijum' najčešće znače isto.

Težinski vektor $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ predstavlja relativni značaj kriterijuma C_j ($j = 1, 2, \dots, n$) za navedeni problem. Uglavnom su težine normalizovane tako da važi: $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Kriterijumi evaluacije koji su uključeni u MCDM modele se mogu klasifikovati na nekoliko načina.

„Po stepenu merljivosti kriterijume delimo na:

- kvantitativne kriterijume: karakteristike alternativa koje se mogu precizno meriti na tzv. kardinalnim skalama (intervalnoj skali i skali odnosa ili relacionoj skali). Kvantitativni kriterijumi bi bili cena, kilometraža, kvadratura, obim proizvodnje, ostvareni profit, itd. Kriterijume izražavamo u različitim mernim jedinicama (novcu, m^2 , tonama, procentima, itd.), a nekada isti kriterijum možemo da merimo na više mernih skala.

⁷⁵ Zavadskas, E.K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2008). Selection of the effective dwelling house walls by applying attributes values determined at intervals. *Journal Of Civil Engineering And Management*, 14(2): 85–93

- kvalitativne kriterijume: karakteristike čije modalitete ne možemo da izrazimo numerički. Ove kriterijume možemo podeliti u dve grupe i to:
 - kriterijume čiju vrijednost nije moguće precizno izmeriti, ali ih je moguće rangirati po intezitetu. U ovu grupu kriterijuma spadaju: znanje i inteligencija kandidata, bezbednost na radu, pouzdanost dobavljača i sl. Na osnovu ovih karakteristika moguće je formirati rang listu alternativa po prioritetu.
 - čisto kvalitativne kriterijume, na osnovu kojih ne možemo vršiti nikakvo kvantitativno poređenje alternativa. U ovu grupu kriterijuma možemo nabrojiti: vrsta radnog iskustva kandidata, dizajn proizvoda, lokacija stana, itd. Ako ovu vrstu kriterijuma koristimo za ocenjivanje alternativa, onda se njihovim modalitetima pridružuju opisi kojima se izražavaju naši ukusi i preferencije. Na primer, dizajn proizvoda možemo opisati različitim modalitetima, kao što su: izuzetno loš, loš, osrednji, vrlo dobar, odličan.

Druga podela po kojoj se razlikuju kriterijumi je *smer korelacije (pravac optimizacije)* između njihovih vrednosti i korisnosti koju pružaju. Po smeru slaganja razlikujemo:

- prihodne kriterijume (*eng. benefit*): ako sa porastom vrednosti kriterijuma raste i naša korisnost, kriterijum nazivamo prihodnim. U ovu grupu kriterijuma spadaju: efikasnost, pouzdanost, profit, pa se pri izboru alternative rukovodimo maksimizacijom njihove vrednosti;
- rashodne kriterijume (*eng. cost*): ako sa porastom vrednosti kriterijuma naša korisnost opada, onda kriterijum nazivamo rashodnim. To su na primer: udaljenost od posla, zagađenost vazduha, utrošeno vreme po jedinici proizvoda, itd. U ovom slučaju, izborom alternative nastojimo da minimiziramo vrednost rashodnih kriterijuma;
- nemonotone kriterijume: oni koji u jednom segmentu svojih vrednosti imaju direktnu, a u drugom segmentu inverznu korelaciju sa našom korisnošću. Na primer, optimalne vrednosti temperature i količine svetlosti u radnoj prostoriji nalaze se unutar intervala mogućih vrednosti atributa ($f_{\min} < f_{\text{opt}} < f_{\max}$). Drugi primer bi mogao biti kvadratura kuće, jer optimalna veličina ne mora da znači obavezno i njenu maksimalnu vrednost (velika kuća iziskuje velike troškove održavanja, zagrevanja...)⁷⁶.

⁷⁶ Pavličić, D. (2004). *Teorija odlučivanja*. Ekonomski fakultet Beograd, Beograd, str. 180.

Kriterijumi za evaluaciju takođe mogu biti klasifikovani kao:

- subjektivni: kvalitativne su prirode (performanse ovih kriterijuma su ređe prikazane kvantitativnim vrednostima, a češće lingvističkim varijablama);
- objektivni: kvantitativne su prirode (performanse ovih kriterijuma su prikazane kvantitativnim vrednostima, pa se stoga mogu preciznije definisati).

N-dimenzionalne informacije koje se koriste u MCDM modelima se mogu transformisati u jednodimenzionalne koristeći MCDM metode. Kao što je ranije navedeno, tokom vremena su predstavljene mnoge MCDM metode. One se razlikuju u pristupu korišćenom da se definiše najprihvatljivija alternativa, što znači da one imaju *različite procedure agregacije, koriste različite metode normalizacije i imaju različite postupke za prihodne i rashodne kriterijume*⁷⁷.

2.2.1.4. Metode normalizacije

Informacije koje se nalaze u matrici odlučivanja su uglavnom neuporedive: performanse različitih alternativa po zadatim kriterijumima su uglavnom izražene različitim jedinicama mere. Stoga, podatke treba transformisati tako da budu uporedive veličine. To se postiže procedurom normalizacije. Procesom normalizacije se vrednosti različitih jedinica mere transformišu u bezdimenzionalne veličine koje ne zavise od sistema jedinica. Danas se u te svrhe koristi veliki broj normalizacionih procedura (metoda)^{78,79} (tabela 2.2.4.).

Matrica odlučivanja D i težinski vektor W daju smer rangiranju ili selekciji alternativa tako što svakom od njih dodeljuju uopštenu preferencijsku vrednost (prioritet) u odnosu na sve razmatrane kriterijume. **Normalizacija** kriterijuma se vrši u zavisnosti od tipa kriterijuma (prihodni/rashodni) i same metode normalizacije.

⁷⁷ Stanujkic, D.; Đorđević, B.; Đorđević, M. (2013). Comparative Analysis Of Some Prominent MCDM Methods: A Case Of Ranking Serbian Banks. *Serbian Journal of Management*. 8 (2) 213 – 241.

⁷⁸ Chakraborty, S.; Yeh, C-H. (2007). A Simulation Based Comparative Study of Normalization Procedures in Multiattribute Decision Making. *Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases*. Corfu Island, Greece.

⁷⁹ Turskis, Z.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F. (2009). Multi-criteria Optimization System for Decision Making in Construction Design and Management. *Economics Of Engineering Decisions*. Engineering Economics. No 1 (61)

Tabela 2.2.4.: Metode normalizacije težina

	Postupak normalizacije	Tip kriterijuma/atributa		
		Prihodni	Rashodni	
			I	II - "Dopuna do 1"
LT Max	Linearna transformacija, Max metod	$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}$	$r_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}}$	$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}$
LT Sum	Linearna transformacija, Sum metod	$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}$	$r_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=1}^n 1/x_{ij}}$	$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}$
VN	Vektorska normalizacija	$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$		$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$
LT MaxMin	Linearna transformacija, MaxMin metod	$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}$	$r_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}$	

Izvor: Stanujkić D., Autorizovana predavanja

Gde su:

$R = [r_{ij}]_{m \times n}$ – normalizovana matrica;

r_{ij} , $i=1, \dots, m$; $n=1, \dots, n$ – normalizovane vrednosti performasi elementa x_{ij} ;

x_{ij} , $i=1, \dots, m$; $n=1, \dots, n$ – performansa i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum/atribut;

m – predstavlja broj alternativa;

n – broj kriterijuma (atributa);

J^{\max} – skup prihodnih kriterijuma (neki autori označavaju i sa Ω_{\max});

J^{\min} – skup rashodnih kriterijuma (neki autori označavaju i sa Ω_{\min}).

U višekriterijumskom odlučivanju, kriterijumi evaluacije uglavnom imaju različit značaj (težine) i veoma je važna činjenica da težine kriterijuma imaju veliki uticaj na izbor najprihvatljivije alternative i od suštinskog su značaja za ceo postupak odlučivanja. Upravo će AHP metoda odigrati ključnu ulogu u određivanju težinskih koeficijenata za svaki od kriterijuma.

2.2.2. MCDM metode

2.2.2.1. AHP metoda

Pojam AHP metode

Donošenje odluka često predstavlja kompleksan problem zbog prisustva konkurentnih i konfliktnih kriterijuma među raspoloživim alternativama. *Analitičko-hijerarhijski proces* (eng. *Analytical Hierarchy Process - AHP*) metodu razvio je *Tomas Saaty* sedamdesetih godina u cilju rešavanja problema odlučivanja sa većim brojem donosioca odluka, kriterijuma i u višestrukim vremenskim periodima. Prednost metode ogleda se u prilagođavanju

moogućnostima donosioca odluke u smislu broja faktora (kriterijuma i alternativa) o kojima se istovremeno odlučuje što se izvodi prirodnom, hijerarhijskom dekompozicijom generalnog problema i primenjenim skalama poređenja. Osnovna prednost ove metode je mogućnost, kako kvantitativnog, tako i opisnog odnosno kvalitativnog opisivanja podataka (kriterijuma). Svrha AHP je u organizovanju ljudskih misli i procena za donošenje efikasnih odluka^{80,81}.

Ova metoda višekriterijumskog odlučivanja zasniva se na konceptu određivanja celokupne relativne značajnosti skupa relevantnih faktora - atributa (kriterijuma) koji se odnose na analizirani problem odlučivanja. Ovakav kompleksan problem sa više kriterijuma, perioda odlučivanja i donosioca odluka, dekomponuje se u odgovarajući broj hijerarhijskih nivoa dodeljivanja težina u obliku niza matrica poređenja parova nad kojima se izvodi dalji postupak (normalizacija težina). Težine se koriste za evaluaciju kriterijuma na svakom (najnižem) nivou celokupne hijerarhije⁸².

Specifičnosti i prednosti AHP metode

1. Analitički hijerarhijski proces se zasniva na ideji da se kompleksni problemi mogu znatno efikasnije rešiti njihovom *hijerarhijskom dekompozicijom*⁸³ (slika 2.2.6.);
2. Druga takođe značajna specifičnost navedene metode je *poređenje alternativa u parovima*, koja donosiocu odluka obezbeđuje mogućnost znatno jednostavnijeg međusobnog poređenja alternativa i kriterijuma;
3. Zbog svega do sada navedenog, AHP je lako razumeti i on može efikasno manipulirati i kvantitativnim i kvalitativnim podacima;
4. AHP uključuje principe dekompozicije, poređenja po parovima, generisanje i sintezu vektora prioriteta (težina koje ukazuju na prioritet kriterijuma);
5. AHP spada u popularne metode i zato što ima sposobnost da identifikuje i analizira **nekonzistentnosti donosioca odluka** u procesu rasuđivanja i vrednovanja elemenata hijerarhije.

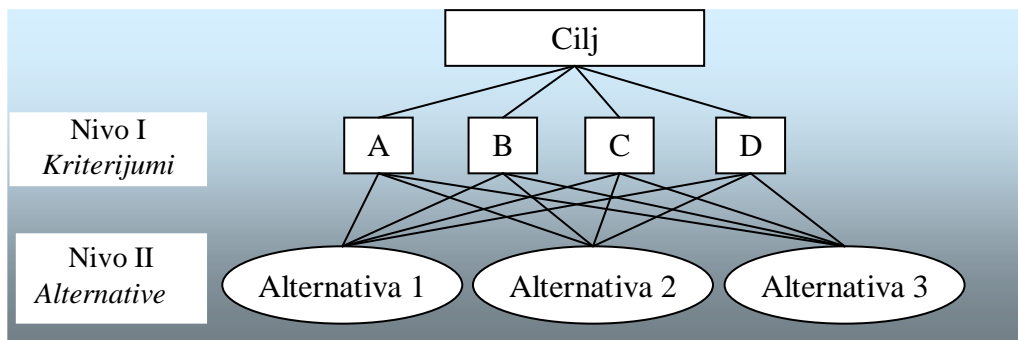
Nedostaci metode se ogledaju u tome što se za težine dobijene poređenjem parova smatra da ne iskazuju prave preferencije donosioca odluka, matematičke procedure mogu doprineti nelogičnim rezultatima (rangiranja dobijena AHP metodom su ponekad netranzitivna).

⁸⁰ Cheong, C.; Jie L.; Meng, M.; Hui Lan, A. (2008). Design and Development of Decision Making System Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *American Journal of Applied Sciences*. 5 (7): 783-787.

⁸¹ Lootsma, F. A. (1999). *Multi-Criteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgement – Applied Optimization*. Vol. 29. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London

⁸² Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York

⁸³ Doumpos, M.; Zopounidis, C. (2004). *Multicriteria Decision Aid Classification Methods (Applied Optimization)*. Kluwer Academic Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow



Slika 2.2.6.: Hijerarhijska dekompozicija problema odlučivanja, AHP metod.

Izvor: Doumpos, M.; Zopounidis, C. (2004). *Multicriteria Decision Aid Classification Methods (Applied Optimization)*. Kluwer Academic Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow

Ova metoda je našla **primenu** u modeliranju nestrukturalnih problema iz različitih domena: ekonomija, društvo, industrija, vojska, projekti. Zbog svoje efektivnosti i popularnosti, razvijeni su sofveri koji su prilagodili svoje sisteme na osnovu AHP okvira.:

Expert Choice (<http://www.expertchoice.com>), Web-HIPRE (<http://www.hipre.hut.fi>),

Criterium DecisionPlus (<http://www.infoharvest.com>) i ERGO

(<http://www.technologyevaluation.com>).

Matematička interpretacija AHP metode

Postupak izbora alternativa primenom AHP metode može se iskazati primenom četiri osnovna koraka⁸⁴:

- I) *hijerarhijska dekompozicija problema*, odnosno uspostavljanje hijerarhijske strukture između željenog cilja, kriterijuma koji se koriste za evaluaciju alternativa, i samog skupa alternativa iz koje se vrši izbor najprihvatljivije (slika 2.2.6.);
- II) nakon identifikacije važnih kriterijuma, nastupa korak *formiranja matrice poređenja u parovima* (eng. *Pairwise Comparison Matrix*) i njena evaluacija za nivoe formirane tokom hijerarhijske dekompozicije problema odlučivanja – rezultat je određivanje težina za kriterijume elemenata odlučivanja;
- III) *rangiranje relativnog značaja alternativa*, tj. izbor najprihvatljivije alternative;
- IV) *provera konzistentnosti poređenja u parovima*.

Postupak formiranja matrice poređenja i njena evaluacija (korak 2) koristi se u cilju određivanja relativnog značaja kriterijuma koji se koriste za izbor alternativa. U procesu poređenja u parovima vrednost sa odgovarajuće (*Saatijeve*) skale se dodeljuje kao rezultat

⁸⁴ Saaty, T. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Science*. Vol.1, No.1, str. 83-98

međusobnog poređenja dve alternative (ili dva kriterijuma). Nakon formiranja matrice poređenja u parovima računaju se težine kriterijuma.

Za matricu poređenja u parovima $A = [a_{ij}]_{n \times n}$, navedeni postupak se može iskazati:

IDEO: FORMIRANJE MATRICE POREĐENJA I IZRAČUNAVANJE TEŽINA

a) Formiranje matrice poređenja u parovima.

Formiranje matrice poređenja u parovima vrši se na sledeći način:

- Elementi matrice a_{ij} , $i, j = 1, 2, \dots, n \wedge i > j$ formiraju se direktnim poređenjem kriterijuma C_i i C_j , odnosno $a_{ij} = w_i/w_j$.
- Elementima koji se nalaze na dijagonali matrice dodeljuje se vrednost 1, odnosno $w_i/w_i=1$.
- Preostalim elementima matrice ($i < j$) dodeljuje se recipročna vrednos elementa a_{ij} , odnosno $a_{ji} = 1/a_{ij}$

Nakon sprovedenog postupka matrica poređenja u parovima ima sledeći oblik:

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & I & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & I \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

Za međusobno poređenje, Saaty (1980)⁸⁵, predlaže skalu prikazanu u tabeli 2.2.5.

Tabela 2.2.5. Satijeva skala relativnog značaja

Značaj	Definicija	Objašnjenje
1	Istog značaja	Dva elementa su identičnog značaja u odnosu na cilj
3	Slaba dominantnost	Iskustvo ili rasuđivanje neznatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi
5	Jaka dominantnost	Iskustvo ili rasuđivanje znatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi
7	Demonstrirana dominantnost	Dominantnost jednog kriterijuma potvrđena u praksi
9	Apsolutna dominantnost	Dominantnost najvišeg stepena
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti	Potreban kompromis ili dalja podela

Izvor: Kolarov, V.; Srđević, B. (2004). *Ahp vrednovanje samohodnih mašina za navodnjavanje primenom različitih metoda prioritizacij.*, Vodoprivreda 0350-0519, 36 209-210 p. 265-273.

Napomena: Kako bismo matricu A i njen vektor prioriteta w stavili u isti matematički kontekst sa ograničenjima definisanim Satijevom (ili bilo kojom drugom) skalom, prvo treba

⁸⁵ Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York

razmotriti slučaj da je donosilac odluka savršeno konzistentan. „Drugim rečima, smatraćemo da je matrica poređenja $A=[w_i/w_j]_{n \times n}$ konzistentna zato što svi elementi a_{ij} imaju tačne vrednosti $a_{ij}=w_i/w_j$ i tranzitivni uslov $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ važi za svako $i, j, k = 1, 2, \dots, n$. Relativni prioriteti poređenih elemenata su jedinstveni i brzo se dobijaju izračunavanjem prosečne vrednosti elemenata bilo koje kolone matrice i zatim deljenjem svakog od njih sumom svih elemenata kolone.

b) Izračunavanje vektora težina

Kada su numerički podaci uneti u matricu A na opisan način, sledeći problem je da se iz nje identifikuje **vektor težina** $w = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]^T$ koji najbolje ocenjuje koeficijente w_i/w_j 'preko' svih elemenata matrice. Vektor težina se računa na osnovu **procedure vektora sopstvenih vrednosti** (Saaty, 1980) (*eng. Eigenvector Procedure*), koja uključuje sledeće korake:

- b1)** normalizovati matricu deljenjem svakog elementa matrice sa sumom kolone u kome se taj element nalazi

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad \dots \dots \dots (4)$$

- b2)** sumirati svaku vrstu ovako dobijene matrice u novu kolonu

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}^*, i = 1, \dots, n \quad \dots \dots \dots (5)$$

- b3)** normalizovati novu kolonu deljenjem svake od vrednosti iz kolone sa sumom novodobijene kolone (koja je jednaka broju kriterijuma n)

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^*}{n}, i = 1, \dots, n \quad \dots \dots \dots (6)$$

- b4)** dobijena kolona predstavlja vektor sopstvenih vrednosti koji sadrži težine svakog kriterijuma”.

II DEO: ISPITIVANJE KONZISTENTNOSTI

„AHP metoda spada u primenjive metode i iz razloga što *ima sposobnost identifikacije i analiziranja nekonzistentnosti donosioca odluke u procesu upoređivanja elemenata hijerarhije*. Čovek je retko konzistentan pri procenjivanju vrednosti ili odnosa kvalitativnih elemenata u hijerarhiji, a uzroci nekonzistentnosti mogu biti različiti”⁸⁶:

- „pomanjkanje koncentracije – usled umora ili nezainteresovanosti procenitelja;

⁸⁶ Forman, E.; Selly, M. A. (2007). Decision By Objectives (How to convince others that you are right). *Expert Choice Inc.* <<http://www.expertchoice.com/assets/dbo/chapter4.pdf>>

- administrativna greška – najčešći razlog nekonzistencije je unos pogrešne (inverzne) vrednosti pojedinog težinskog faktora; administrativne greške često prođu neprimećeno u procesu izračunavanja;
- nepostojanje konzistencije u stvarnom problemu koji treba modelirati, jer je stvarni svet često nekonzistentan (npr. u sportu ne važi tranzitivnost: ekipa A pobjedi ekipu B, ekipa B ekipu C, ali ekipa C pobjedi ekipu A);
- neadekvatna struktura modela – u idealnoj hijerarhijskoj strukturi faktori su na svakom nivou uporedivi u okvirima postojeće skale (1-9); previsoka nekonzistentnost može nastati jer su nužna ekstremna određivanja prioriteta u parovima (npr. alternativa A je u odnosu na neki kriterijum 7 puta vrednija od alternative B, a alternativa B čak 9 puta vrednija od alternative C, što znači da je alternativa A 63 puta vrednija od alternative C, što je daleko iznad maksimalne vrednosti korišćene Satijeve skale);
- nedostatak informacija – pomanjkanjem pravih informacija (zbog ličnog propusta ili namernog izbegavanja troškova za prikupljanje potrebnih podataka), moguća je nedoslednost u određivanju prioriteta prilikom upoređivanja u parovima.

AHP na određen način ublažava ovaj problem tako što odmerava stepen nekonzistentnosti i o tome obaveštava donosioca odluka. Kada bi postojala mogućnost da se precizno odrede vrednosti težinskih koeficijenata svih elemenata koji se međusobno porede na datom nivou hijerarhije, sopstvene vrednosti matrice bile bi potpuno konzistentne. Međutim, ako se npr. tvrdi da je A mnogo većeg značaja od B, B nešto većeg značaja od C, i C nešto većeg značaja od A, nastaje nekonzistentnost u rešavanju problema i smanjuje se pouzdanost rezultata. AHP metoda takođe daje mogućnost da se mere greške u rasuđivanju tako što se proračunava indeks konzistentnosti za dobijenu matricu poređenja, a zatim sračunava i stepen konzistentnosti⁸⁶.

Neka je A originalna matrica poređenja po parovima, w vektor ocenjenih težina i w^T je transponovani vektor težinskog vektora w . Da bi se izvelo ispravno poređenje, mora da se proveriti i **konzistentnost** matrice poređenja. Saaty je takođe dao jednostavnu proceduru od 4 koraka za izračunavanje **indeksa konzistentnosti** (eng. *Consistency Index - CI*):

1. Izračunati Aw^T ;

Saaty je dokazao da postoji veza između vektora težina w i matrice poređenja po parovima A :

$$Aw^T = \lambda_{max} w^T \dots\dots\dots(7)$$

2. Izračunati $\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{i - \text{ta vrednost u } Aw^T}{i - \text{ta vrednost u } w^T}$;(8)

Vrednost λ_{max} je važan parametar valjanosti u *AHP* metodi i koristi se kao indeks referentnosti za snimanje informacija izračunavanjem stepena konzistentnosti (*eng. Consistency Ratio – CR*) ocenjenog vektora. Da bi se izračunao *CR*, računa se indeks konzistentnosti *CI*, za matricu reda *n*:

3. $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$;(9)

4. Na kraju izračunati stepen konzistentnosti kao odnos:

$CR = \frac{CI}{RI}$,(10)

gde je *RI* slučajan indeks konzistentnosti (*eng. Random Consistency Index*) dobijen iz slučajno generisane matrice za poređenje po parovima (tabela 2.2.6.):

Tabela 2.2.6. Slučajan indeks konzistentnosti (RI) za matricu reda n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Izvor: Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York

Ako je *CI* dovoljno mali, poređenja iz matrice poređenja koje je odredio donosilac odluka su verovatno dovoljno konzistentne da bi se efikasno procenile težine u odnosu na cilj. Obično, ukoliko je $|CR| = |CI / RI| < 0.1$, stepen konzistentnosti je zadovoljavajući i poređenja su prihvatljiva. U suprotnom, ($|CR| \geq 0.1$), vrednosti indeksa ukazuju na nekonzistentnu procenu poređenja. U tom slučaju, treba da se načine nova poređenja, tj. da se ponovo odrede novi elementi matrice poređenja i ovaj postupak se ponavlja sve dok se konačno ne dobije da je $|CR| < 0.1$.

Metoda AHP se često koristi u cilju izbora alternativa. Osim toga, koraci I i II AHP metode se često kombinuju sa ostalim metodama višekriterijumskog odlučivanja u cilju određivanja vektora težinskih koeficijenata kriterijuma $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ koji se primenjuju radi izbora alternativa.

2.2.2.2. TOPSIS metoda

Pojam TOPSIS metode

TOPSIS (eng. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) tehnika je zasnovana na konceptu da izabrana alternativa treba da ima najkraće rastojanje od idealnog rešenja i najduže od anti-idealnog rešenja. Ubrajaju ga i u klasu metoda tzv. idealne tačke. „Idealno rešenje minimizira kriterijume cene, a maksimizira kriterijume dobiti; za minimalno idealno rešenje važi obrnuto. Optimalna alternativa je ona koja je u geometrijskom smislu najbliža idealnom rešenju, odnosno najdalja od idealnog negativnog (anti-idealnog) rešenja. Rangiranje alternativa se zasniva na „relativnoj sličnosti sa idealnim rešenjem“ čime se izbegava situacija da alternativa istovremeno ima istu sličnost sa idealnim i sa negativnim idealnim rešenjem. Idealno rešenje se definiše pomoću najboljih rejting vrednosti alternativa za svaki pojedinačni kriterijum; obrnuto, negativno idealno rešenje predstavljaju najgore vrednosti rejtinga alternativa. Pojmovi „najbolji“ i „najgori“ interpretiraju se za svaki kriterijum posebno, prema tome da li je kriterijum maksimizacioni ili minimizacioni. Prvi uslov je da izabrana alternativa ima najmanje Euklidsko rastojanje od idealnog rešenja u geometrijskom smislu, a drugi da istovremeno ima najveće rastojanje od „anti-idealnog“ rešenja. Ponekad izabrana alternativa, koja ima minimalno Euklidsko rastojanje od „idealnog“ rešenja, ima kraće rastojanje do „anti-idealnog“ rešenja nego ostale alternative”^{87, 88}.

TOPSIS podrazumeva rastojanja do „idealnog“ i „anti-idealnog“ rešenja, simultanim, uzimanjem relativne bliskosti do idealnog rešenja. Ovaj metod je jednostavan i daje neosporiv redosled preferencije rešenja.

Matematička interpretacija TOPSIS metode

TOPSIS metoda evaluira matricu odlučivanja koja ukazuje na m alternativa koje se ocenjuju na osnovu n kriterijuma. Član x_{ij} označava meru realizacije j -te alternative u odnosu na i -ti kriterijum.

Matrica odlučivanja koja se koristi u ovoj metodi se sastoji od elemenata x_{ij} i oblika je datog u tabeli 2.2.3.

⁸⁷ Chang, C.H.; Lin, J.J.; Linc, J.H.; Chiang, M.C. (2010). Domestic Open-End Equity Mutual Fund Performance Evaluation Using Extended TOPSIS Method With Different Distance Approaches. *Expert Systems with Applications*. 37(6): 4642-4649

⁸⁸ Savitha, K.; Chandrasekar, C. (2011). Trusted Network Selection Using SAW and TOPSIS Algorithms For Heterogeneous Wireless Networks. *International Journal of Computer Applications*. 26(8): 22-29.

TOPSIS metoda se sastoji iz 6 koraka^{89,90}:

Korak 1. Normalizovanje matrice odlučivanja $[x_{ij}]_{m \times n}$ da bi se dobila normalizovana matrica $R=[r_{ij}]_{m \times n}$. U matrici odlučivanja (tabela 2.2.3.) brojne vrednosti x_{ij} u opštem slučaju imaju različitu metriku. Zato se prvo vrši normalizacija elemenata da bi se dobile normalizovane vrednosti r_{ij} prema relaciji:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad \dots\dots\dots(11)$$

Dobija se matrica (tabela 2.2.7.) u kojoj su svi elementi bezdimenzione veličine.

Tabela 2.2.7. Normalizovana matrica odlučivanja

Alternativa	Kriterijum			
	C ₁	C ₂	...	C _n
	w ₁	w ₂	...	w _n
A ₁	r ₁₁	r ₁₂	...	r _{1n}
A ₂	r ₂₁	r ₂₂	...	r _{2n}
...
A _m	r _{m1}	r _{m2}	...	r _{mn}

Korak 2. Računanje težinske normalizovane matrice odlučivanja $V=[v_{ij}]_{m \times n}$. Težinske normalizovane vrednosti v_{ij} se računaju preko relacije:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n, \quad \dots\dots\dots(12)$$

gde je w_j težina j -tog kriterijuma i

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(14)$$

Korak 3. Određivanje idealnih rešenja. Najbolja alternativa - idealno rešenje (A^*) i idealno negativno rešenje (A^-) određuju se pomoću relacija :

⁸⁹ Hwang, C.L.; Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making—Methods and Applications*. Springer, New York
⁹⁰ Srđević B.; Srđević, Z.; Zoranović, T. (2002). Promethee, Topsis i CP u višekriterijumskom odlučivanju u poljoprivredi. *Letopis naučnih radova*. Godina 26, broj 1, strana 5-23.

$$A^* = \{(\max_i v_{ij} | j \in J^{\max}), (\min_i v_{ij} | j \in J^{\min})\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \\ A^- = \{(\min_i v_{ij} | j \in J^{\max}), (\max_i v_{ij} | j \in J^{\min})\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad i = 1, 2, \dots, m \dots (15)$$

gde je J^{\max} povezana sa prihodnim kriterijumima (koji se maksimizuju), a J^{\min} rashodnim kriterijumima (koji se minimizuju).

Najbolje su alternative koje imaju najveće v_{ij} u odnosu na kriterijume koji se maksimiziraju i najmanje v_{ij} u odnosu na kriterijume koji se minimiziraju..

Korak 4. Određivanje rastojanja alternativa od idealnih rešenja. U ovom koraku se izračunavaju n -dimenziona Euklidska rastojanja svih alternativa od idealnog i idealnog negativnog rešenja. Rastojanje S_i^* od idealnog rešenja i rastojanje S_i^- od negativno-idealnog rešenja se računa uz pomoć relacija:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \dots (16)$$

Korak 5. Određivanje relativne blizine alternativa idealnom rešenju. Za svaku alternativu određuje se relativno rastojanje (RC_i) idealnom rešenju.

$$RC_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}, \quad 0 \leq RC_i \leq 1, \quad i = 1, \dots, m \dots (17)$$

Alternativa A_i je bliža idealnom rešenju ako je RC_i bliže vrednosti 1, ili što je isto, ako je S_i^* bliže vrednosti 0.

Korak 6. Rangiranje alternativa. Alternative se rangiraju po opadajućim vrednostima.

2.2.2.3. Uopštena COPRAS metoda

Rangiranje alternativa COPRAS (eng. *COmplex PROportional Assessment*) metodom podrazumeva direktnu i proporcionalnu zavisnost značaja i prioriteta posmatranih alternativa od skupa kriterijuma⁹¹. **Normalizacija** koja se koristi u ovoj metodi je *linearna* ili *sum metod*. Težina/značaj svake alternative se određuje kao „suma“ prihodnih i rashodnih elemenata težinske normalizovane matrice, pri čemu se prihodni i rashodni atributi različito tretiraju. Tokom normalizacije se ne vrši transformacija rashodnih u prihodne attribute.

Procedura

Definisanje značajnosti i prioriteta alternativa COPRAS metodom, se može precizno prikazati korišćenjem 4 etape (koraka)^{92, 93}:

⁹¹ Ustinovichius, L.; Zavadskas, E.K.; Podvezko, V. (2007). Application Of A Quantitative Multiple Criteria Decision Making (MCDM-1) Approach To The Analysis Of Investments In Construction. *Control and Cybernetics*. 36(1): 251–268.

⁹² Viteikiene, M.; Zavadskas, E.K. (2007). Evaluating the sustainability of Vilnius city residential areas. *Journal of civil engineering and management*. 13(2): 149-155.

Korak 1. Formiranje normalizovane matrice odlučivanja $R=[r_{ij}]_{m \times n}$.

U MCDM procesima, kriterijumi su uglavnom iskazanim različitim jedinicama mere. U cilju transformacije performansi posmatranih alternativa u vrednosti koje imaju istu dimenziju, a samim tim postaju i uporedive, koristi se procedura *normalizacije*. Osvrt na neke najznačajnije normalizacije dat je u okviru tabele 2.2.4. u poglavlju 2.2.1.4.

Normalizacija vrednosti elemenata matrice odlučivanja vrši se linearnom transformacijom - *Sum metod*, pri čemu se vrednosti r_{ij} određuju primenom formule:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(18)$$

gde: x_{ij} predstavlja performansu i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum/atribut, m predstavlja broj alternativa i n predstavlja broj kriterijuma/atributa.

Korak 2. Formiranje težinske normalizovane matrice odlučivanja $V=[v_{ij}]_{m \times n}$.

Težinski normalizovana vrednost v_{ij} se izračunava primenom formule:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(19)$$

gde w_j predstavlja težinu/značaj j -tog kriterijuma/atributa i $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

Korak 3. Računanje P_i i R_i .

U COPRAS metodi, za svaku alternativu se definiše P_i - suma težinski normalizovanih vrednosti v_{ij} za maksimizirajuće (prihodne) kriterijume kada je smer optimizacije maksimizacija, takođe i R_i - za minimizirajuće (rashodne) kriterijume kada je smer optimizacije minimizacija. Da bi se olakšalo računanje P_i (*eng. maximising indexes*) i R_i (*eng. minimising indexes*), u matrici odlučivanja prvo se smeštaju prihodni a onda rashodni kriterijumi, te se P_i i R_i se računaju primenom formula:

$$P_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} | j \in J^{max}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(20)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} | j \in J^{min}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(21)$$

gde: J^{max} predstavlja skup prihodnih kriterijuma/atributa i J^{min} predstavlja skup rashodnih kriterijuma/atributa.

Korak 4. Određivanje relativnog značaja (težine), za svaku alternativu.

Relativni značaj alternativa, Q_i , određuje se primenom formule:

⁹³ Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Sarka, V. (1994). The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological and Economic Development of Economy*. 1(3): 131-139.

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{R_i \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(22)$$

Korak 5. Izbor najbolje alternative ili rangiranje alternativa.

Razmatrane alternative se rangiraju u rastućem redosledu, prema vrednosti Q_i , a najbolja alternativa, A^* , određuje se korišćenjem sledeće formule:

$$A^* \in \left\{ A_i \mid \max_i Q_i \right\} \dots\dots\dots(23)$$

Prikazana procedura COPRAS metode ukazuje na to da se može jednostavno primeniti za evaluaciju alternative i izbor najbolje od njih, a da je pri tom donosilac odluka potpuno svestan fizičkog značenja procesa^{94, 95}.

Međutim, mnoge odluke se donose u realnim situacijama kada vrednosti kriterijuma nisu baš precizno definisane. Tada se kriterijumi u okviru COPRAS metode izražavaju u obliku intervala, pa se novodobijeni metod naziva COPRAS-G metod^{96, 97}.

2.2.2.4. ARAS metoda

ARAS (*eng. A new Additive Ratio Assesment*) metoda je novijeg datuma i po njoj se najprihvatljivija alternativa definiše na osnovu stepena korisnosti Q_i , koji se može izračunati uz pomoć formule^{98, 99}:

$$Q_i = \frac{S_i}{S_0}; \quad i = 1, 2, \dots, m \dots\dots\dots(24)$$

gde je S_i ukupni indeks performansi i -te alternative, S_0 je ukupni indeks performansi optimalne alternative.

Alternative se rangiraju na osnovu njihovih vrednosti Q_i , u rastućem poretku, a najbolje rangirana alternativa je ona koja ima najveću vrednost Q_i . Najbolje rangirana alternativa A^*_{ARS} , po ARAS metodi, može biti definisana sledećom formulom:

⁹⁴ Ustinovichius, L.; Zavadskas, E.K.; Podvezko, V. (2007). Application of a quantitative multiple criteria decision making (MCDM-1) approach to the analysis of investments in construction. *Control and Cybernetics* 36(1): 251–268.

⁹⁵ Popovic, G.; Stanujkic, D.; Stojanovic, S. (2012). Investment project selection by applying COPRAS method and imprecise data. *Serbian Journal of Management*. 7(2): 257- 269.

⁹⁶ Zavadskas, E.K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2009). Multi-attribute decision making model by applying grey numbers. *Informatika*. 20(2): 305-320.

⁹⁷ Zavadskas, E.K.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J.; Marina, V. (2008). Multicriteria selection of projet managers by applying grey criteria. *Technological and Economic Development of Economy*. 14(4):462-477.

⁹⁸ Zavadskas, E.K.; Vainiunas, P.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2012). Multiple Criteria Decision Support System For Assessment Of Projects Managers In Construction. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. 11(2): 501-520.

⁹⁹ Zavadskas E.K.; Turskis, Z. (2010). A New Additive Ratio Assessment (ARAS) Method In Multicriteria Decision Making. *Technological and Economic Development of Economy*. 16:2, 159-172.

$$A_{ARS}^* = \{A_i | A_i = \max Q_i\}; \quad i = 1, 2, \dots, m \dots \dots \dots (25)$$

Specifičnost ARAS metode u odnosu na druge je uvođenje optimalne alternative A_0 . Performanse optimalne alternative su definisane na osnovu preferencija donosioca odluka. Ako donosilac odluka nema preferencija prema nekom kriterijumu, njegova optimalna performansa se definiše kao što sledi:

$$x_{0j} = \begin{cases} \max_i x_{ij}; j \in J_{\max} \\ \min_i x_{ij}; j \in J_{\min} \end{cases} \dots \dots \dots (26)$$

ARAS metoda koristi isti postupak agregacije kao i SAW metoda, stoga ukupan indeks performansi proizvoljne alternative može biti definisan na sledeći način:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad i = 0, \dots, m \dots \dots \dots (27)$$

Normalizovane vrednosti performansi u ARAS metodi se računaju korišćenjem sledeće formule:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}; j \in J_{\max} \\ \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m \frac{1}{x_{ij}}}; j \in J_{\min} \end{cases} \dots \dots \dots (28)$$

Za ARAS metodu može da se kaže da je laka za upotrebu i efikasna MCDM metoda. Iako je novijeg datuma, upotrebljena je za rešavanje različitih problema u teoriji odlučivanja i njenim fuzzy i sivim (grey) proširenjima: ARAS-F^{100, 101} i ARAS-G¹⁰².

¹⁰⁰ Turskis, Z.; Zavadskas, E.K. (2010a). 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.

¹⁰¹ Turskis, Z.; Lazauskas, M.; Zavadskas, E.K. (2012). Fuzzy Multiple Criteria Assessment of Construction Site Alternatives for Non-Hazardous Waste Incineration Plant in Vilnius City, Applying ARAS-F and AHP Methods. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management.* 20(2): 110-120.

¹⁰² Turskis, Z.; Zavadskas, E.K. (2010b). A novel method for Multiple Criteria Analysis: Grey Additive Ratio Assessment (ARAS-G) method. *Informatica.* 21(4): 597-610.

2.2.2.5. VIKOR metoda

VIKOR (VIšekriterijumska optimizacija i KOmpromisno Rešenje) metoda se koristi za višekriterijumsku optimizaciju ili višekriterijumsko odlučivanje. Metodu je razvio Serafim Opricović za rešavanje problema odlučivanja sa konfliktnim i raznorodnim kriterijumima, pretpostavljajući da je kompromis prihvatljiv za rešavanje konflikta, da donosilac odluke želi rešenje koje je najbliže idealnom rešenju i da su alternative vrednovane prema svim postavljenim kriterijumima. Ovom metodom rangiraju se alternative i određuje kompromisno rešenje koje je najbliže idealnom.

„Metod VIKOR razvijen je na takvim metodološkim osnovama da se donosiocu odluke predlažu alternative koje predstavljaju kompromis između želja i mogućnosti ili predstavljaju kompromis između različitih interesa učesnika u odlučivanju. **Kompromisno rešenje** je moguće rešenje koje je najbliže idealnom rešenju i predstavlja kompromis za međusobno učinjene ustupke između alternativa. Bazira se na određivanju užeg skupa mogućih rešenja koja se po vrednostima približavaju idealnoj tački, tj. referentnoj tački u prostoru kriterijumskih funkcija.

VIKOR je koristan alat u višekriterijumskom donošenju odluka a pogotovo u situaciji u kojoj donosilac odluke nije u stanju ili ne zna izraziti svoje težinske koeficijente za pojedine kriterijume na početku dizajna matrice odlučivanja. Dobijeno kompromisno rešenje je prihvaćeno od strane donosioca odluke, jer pruža maksimalnu korisnost i minimalno individualno „žaljenje“. Kompromisno rešenje može biti osnov za pregovore koji uključuju preferencije donosilaca odluka za težinske faktore kriterijuma¹⁰³.

Razvoj VIKOR metode se zasniva na upotrebi metrike Minkovskog (L_p) i bazirana je na ideji idealnog i kompromisnog rešenja. **Normalizacija** koja se u ovoj metodi koristi može biti linearna ili MaxMin metoda.

Polazna ideja VIKOR metode se bazira se na L_p primeni sledeće metrike:

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^n w_j^p \left| \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-} \right|^p \right\}^{\frac{1}{p}} \dots\dots\dots(29)$$

gde: x_{ij} predstavlja performansu i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum/atribut, x_j^* i x_j^- predstavljaju najpoželjniju i najnepoželjniju performansu alternativa u odnosu na j -ti kriterijum, w_j predstavlja težinu j -tog kriterijuma, dok p predstavlja metriku.

Razmotrimo transformaciju formule (29) za dve karakteristične vrednosti metrike p .

Za vrednost $p = 1$ formula (29) dobija sledeći oblik:

$$L_{1,i} = \sum_{j=1}^n w_j \left| \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-} \right| \dots\dots\dots(30)$$

Za vrednost $p \rightarrow \infty$ formula (29) dobija sledeći oblik:

$$L_{\infty,i} = \max_j w_j \left| \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-} \right| \dots\dots\dots(31)$$

Procedura

Detaljna procedura VIKOR metode prikazana je u nastavku:

Korak 1. Formiranje normalizovane matrice odlučivanja $R = [r_{ij}]_{m \times n}$. VIKOR metoda se zasniva na linearnoj transformaciji *Max-Min metode*, pri čemu se normalizovane vrednosti r_{ij} određuju primenom formule:

$$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(32)$$

gde je: $x_j^* = \max_i x_{ij}$ i $x_j^- = \min_i x_{ij}$ za prihodne, odnosno $x_j^* = \min_i x_{ij}$ i $x_j^- = \max_i x_{ij}$ za rashodne atribute.

Korak 2. Formiranje težinski normalizovane matrice odlučivanja $V = [v_{ij}]_{m \times n}$. Elementi težinski normalizovana matrice, v_{ij} , računaju se primenom formule:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(33)$$

gde w_j predstavlja težinu/značaj j -tog kriterijuma/atributa i $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

Korak 3. Računanje očekivane performanse i -te alternative (S_i) i optimističke performanse i -te alternative (R_i). Obzirom da je prethodno već izvršena normalizacija elemenata matrice odlučivanja i formirana težinski normalizovana matrica odlučivanja, vrednosti S_i i R_i se određuju primenom sledećih formula:

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(34)$$

$$R_i = \max_j v_{ij}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(35)$$

Korak 4. Računanje ukupnog indeksa performansi (Q_i) svake alternative. Određuje se primenom sledeće formule:

$$Q_i = v \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(36)$$

gde su:

ν parametar, čija je vrednost obično 0.5; parametar kojim se balansira uticaj S_i i R_i , odnosno između L_1 i L_∞ metrike.

$S^* = \min_i S_i$ - minimalna vrednost očekivane performanse alternativa

$R^* = \min_i R_i$ - minimalna vrednost optimističke performanse alternativa

$S^- = \max_i S_i$ - maksimalna vrednost očekivane performanse alternativa

$R^- = \max_i R_i$ - maksimalna vrednost optimističke performanse alternativa.

Korak 5. Sortiranje vrednosti očekivanih, optimističkih i ukupnog indeksa performansi alternativa u opadajućem redosledu. Rezultat ove aktivnosti su tri liste (S_i , R_i i Q_i).

Korak 6. Određivanje kompromisnog rešenja.

Najbolja alternativa je ona koja ima najmanju vrednost i ona zauzima prvo mesto na rang listi. Alternativa A' koja je najbolje rangirana na listi Q predstavlja kompromisno rešenje ukoliko zadovoljava sledeća dva uslova¹⁰³:

C1. Prihvatljiva prednost (eng. *Acceptable Advantage*):

$$Q(A'') - Q(A') \geq DQ \dots\dots\dots(37)$$

gde: A'' predstavlja drugolpasiranu alternativu na listi Q ; i

$$DQ = 1/(m - 1), \dots\dots\dots(38)$$

pri čemu je m broj alternativa.

C2. Prihvatljiva stabilnost u donošenju odluka (eng. *Acceptable Stability In Decision Making*): Najprihvatljivija alternativa, odnosno kompromisno rešenje, takođe mora biti prvoplasirana na listama S i R . Kompromisno rešenje je stabilno u procesu odlučivanja, koje može biti „glasanje prema pravilu većine“ (kada je potrebno da je $\nu > 0,5$) ili preko „konzensusa“ $\nu \approx 0,5$ ili sa „veto“ ($\nu < 0,5$). Ovde, ν je težinski faktor strategije odlučivanja „većina kriterijuma“ (ili „maksimizacija grupnog obeležja“).

Napomena

Ukoliko jedan od ovih uslova nije zadovoljen, onda se predlaže skup kompromisnih rešenja, koji se sastoji od¹⁰⁴:

1. Alternative A' i A'' , ako nije zadovoljen uslov **C2**, ili

¹⁰³ Opricovic, S.; Tzeng, G.H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*. 156(2): 445-455.
¹⁰⁴ Antucheviciene, J.; Zakarevicius, A.; Zavadskas, E.K. (2011). Measuring Congruence Of Ranking Results Applying Particular MCDM Methods. *Informatica*. 22(3): 319-338.

2. Alternative A', A'', \dots, A^n , ako uslov **C1** nije zadovoljen, gde se A^n određuje odnosom: $Q(A^n) - Q(A') \leq DQ$, za maksimum n (pozicija ovih alternativa po „bliskosti“).

„Najbolja alternativa, rangirana prema Q , je ona sa minimalnom vrednošću Q . Glavni rezultat rangiranja je kompromisna rang lista alternativa i kompromisno rešenje sa „stopom prednosti“. Poredak po VIKOR metodi može biti izveden sa različitim vrednostima, odnosno težinama, analizirajući tako uticaj težina na kompromisno rešenje. Analiza težina stabilnog intervala za jedan kriterijum se izvodi zajedno sa svim kriterijumima funkcije, s istim početnim vrednostima težina. Metoda VIKOR određuje intervale stabilnosti za težinske faktore kriterijuma prema (Opricović, 1998)¹⁰⁵. „Kompromisno rešenje postignuto sa početnim težinskim faktorima kriterijuma ($w_j, j = 1, 2, \dots, n$), biće zamenjeno ako se vrednosti težinskih faktora ne nalaze unutar stabilnog intervala. Analiza težina stabilnog intervala za jedan kriterijum, izvodi se zajedno po svim kriterijumima funkcije, s istim početnim vrednostima težinskih faktora (Opricović i Tzeng, 2004)¹⁰⁶.

2.2.2.6. MOORA metoda

MOORA metoda je relativno nova metoda koju su prvi put predstavili Brauers and Zavadskas 2006. godine¹⁰⁷. Za razliku od SAW metode, MOORA (*eng. Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis*) ne zahteva transformaciju rashodnih kriterijuma (atributa) u prihodne kriterijume (attribute). U odnosu na COPRAS metodu MOORA metoda poseduje znatno jednostavniji i svakako razumljiviji, postupak agregacije. **Normalizacija** koja se koristi u ovoj metodi je *vektorska*. U odnosu na prethodno razmatrane metode, MOORA je specifična jer u sebi sadrži dva dela za određivanje najprihvatljivije alterantive:

- a) Pristup sistema odnosa (*eng. Ratio System Approach*) i
- b) Pristup referentne tačke (*eng. Reference Point Approach*).

Procedura

Prva dva koraka procedure koju koriste *Ratio System* i *Reference Point* pristupi MOORA metode su identični i oni su prikazani u nastavku^{108, 109}.

¹⁰⁵ Opricović, S. (1998). *Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu*. Građevinski fakultet, Beograd, 302 str.

¹⁰⁶ Opricovic, S.; Tzeng, G.H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*. 156(2): 445-455.

¹⁰⁷ Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA Method And Its Application To Privatization In A Transition Economy, *Control and Cybernetics*. Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences 35(2): 445–469.

¹⁰⁸ Brauers, W.K.M. (2004). *Optimization Methods for a Stakeholder Society: A Revolution in Economic Thinking by Multiobjective Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Korak 1. Formiranje normalizovane matrice odlučivanja $R = [r_{ij}]_{m \times n}$.

MOORA metod se zasniva na *vektorskoj normalizaciji*, tako da se elementi normalizovane matrice odlučivanja, r_{ij} , računaju primenom sledeće formule:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad \dots\dots\dots(39)$$

gde: x_{ij} predstavlja performansu i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum (atribut), m predstavlja broj alternativa i n predstavlja broj kriterijuma (atributa).

Korak 2. Formiranje težinski normalizovane matrice odlučivanja $V = [v_{ij}]_{m \times n}$.

Elementi težinski normalizovana matrice, v_{ij} , računaju se primenom formule:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad \dots\dots\dots(40)$$

gde w_j predstavlja težinu/značaj j -tog kriterijuma (atributa) i $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

a) Pristup sistema odnosa (*eng. Ratio System Approach*)

Kod ovog pristupa MOORA polazi od sistema odnosa u kome svaka vrednost alternative u odnosu na određeni kriterijum se upoređuje sa imeniocem (u jednakosti (39)) koji je reprezentativan za sve alternative koje se tiču tog kriterijuma¹¹⁰.

Težina/značaj svake alternative se određuje kao razlika suma prihodnih i rashodnih elemenata težinske normalizovane matrice odlučivanja. Tokom normalizacije se ne vrši transformacija rashodnih u prihodne attribute. Uopštena formula nalaženja najbolje alternative data je kao što sledi:

$$A^* = \max_i \left(\sum_{j \in J^{\max}} w_j r_{ij} - \sum_{j \in J^{\min}} w_j r_{ij} \right) \dots\dots\dots(41)$$

Procedura

Detaljna procedura *Ratio System* pristupa MOORA metode prikazana je u nastavku:

Korak 3. Računanje ukupnih performansi prihodnih i ukupnih performansi rashodnih kriterijuma svake alternative.

Ukupne performanse prihodnih (P_i) i rashodnih (R_i) kriterijuma računaju se primenom sledećih formula:

¹⁰⁹ Brauers, W.K.M.; Zavadskas, E.K. (2006), The MOORA method and its application to privatization in transition economy. *Control and Cybernetics*. 35(2), 443-468.

¹¹⁰ Brauers, W.K.M.; Zavadskas E. K.; Peldschus F.; Turskis Z. (2008). Multi-objective decision-making for road design. *Transport*. 23(3): 183-193

$$P_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \mid j \in J^{\max}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(42)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \mid j \in J^{\min}, i = 1, \dots, m \dots\dots\dots(43)$$

gde: J^{\max} predstavlja skup prihodnih a J^{\min} predstavlja skup rashodnih kriterijuma.

Korak 4. *Određivanje ukupnog indeksa performansi svake alternative.*

Ukupan indeks performansi (S_i), određuje se kao razlika ukupnih performansi ostvarenih na osnovu prihodnih i rashodnih kriterijuma, primenom sledeće formule:

$$S_i = P_i - R_i, i = 1, \dots, m, \dots\dots\dots(44)$$

Korak 5. *Izbor najbolje alternative ili rangiranje alternativa.*

Razmatrane alternative se rangiraju u rastućem redosledu, prema vrednosti S_i , a najbolja alternativa, A^* , određuje se korišćenjem sledeće formule:

$$A^* \in \left\{ A_i \mid \max_i S_i \right\} \dots\dots\dots(45)$$

b) Pristup referentne tačke (eng. Reference Point Approach)

Težina svake alternative se određuje kao njeno maksimalno rastojanje od idealnog rešenja, nakon čega se bira alternativa sa najmanjim rastojanjem. U pitanju je Min-Max metrika

Tchebycheff-a¹¹¹: $A_{RP}^* = \left\{ A_i \mid \min_i \max_j d_{ij} \right\} \dots\dots\dots(46)$

Procedura

Detaljna procedura *Reference point* pristupa MOORA metode prikazana je u nastavku:

Korak 3. *Računanje rastojanja alternative u odnosu na idealnu tačku, u odnosu na svaki kriterijum.*

Rastojanje (d_{ij}) alternative od idealnog rešenja u odnosu na svaki kriterijum, računa se primenom sledeće formule:

$$d_{ij} = |v_j - v_{ij}|, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(47)$$

$$v_j = \begin{cases} \max_i v_{ij} & \mid j \in J^{\max} \\ \min_i v_{ij} & \mid j \in J^{\min} \end{cases} \dots\dots\dots(48)$$

gde: v_{ij} predstavlja težinski normalizovanu performansu i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum;

¹¹¹ Brauers W.K.M.; Zavadskas E. K. (2010). Project Management By MULTIMOORA As An Instrument For Transition Economies. *Technological And Economic Development Of Economy, Baltic Journal On Sustainability*. 16(1): 5-24

v_j predstavlja j -tu koordinatu referentne tačke (idealne alternative);

d_{ij} predstavlja apsolutnu vrednost rastojanja i -te alternative u odnosu na j -tu koordinatu referentne tačke;

$i = 1, 2, \dots, m$, gde m predstavlja broj alternativa;

$j = 1, 2, \dots, n$, gde n predstavlja broj kriterijuma.

Korak 4. Računanje maksimalnog rastojanja alternative u odnosu na idealnu tačku, za svaku alternativu.

Maksimalno rastojanje (d_i) alternative A_i od idealnog rešenja računa se primenom sledeće formule: $d_i = \max_j d_{ij}; i = 1, \dots, m$(49)

Korak 5. Izbor najbolje alternative ili rangiranje alternativa.

Razmatrane alternative se rangiraju u opadajućem redosledu, prema vrednosti d_i , a najbolja alternativa, A^* , određuje se korišćenjem sledeće formule:

$$A^* = \left\{ A_i \mid \min_i d_i \right\} \dots\dots\dots(50)$$

2.3. TEORIJA SIVIH SISTEMA

„ In the Kingdom of Randomania... “

2.3.1. Uvod

2.3.1.1. Istorijat

Brzi razvoj novih teorija sistema u nauci, su postali važna karakteristika moderne teorije nauke i tehnologije. Primera radi, od 1940-tih pojavile su se teorija sistema, teorija informacija, fuzzy matematika, kibernetika, teorija haosa, dinamika i mnoge druge teorije sistema. Teorija sivih sistema (eng. *Grey System Theory*) je jedna od tih teorija, koja se pojavila znatno kasnije, početkom 1980-tih. Kada su istraživanja nauka sistema, metoda i tehnologija sistemskog inženjeringa (projektovanja sistema), upotrebljene u različitim tradicionalnim disciplinama (npr. menadžment, teorija odlučivanja), dobijena je cela nova grupa novih rezultata i ishoda. Takva istorijska pozadina je omogućila okruženje i tlo pogodno za brz razvoj teorije sivih sistema u poslednjih 30 godina. Sve je počelo sa profesorom Deng Ju-Longom, koji je 1982. godine, objavio prvi istraživački rad u oblasti

sivih sistema pod naslovom „*Control Problems of Grey Systems*“¹¹². Ova nova teorija je ubrzo privukla pažnju međunarodne akademske zajednice, tako da su mnogi poznati i priznati kineski, ruski akademici, naučnici sa Harvard univerziteta, dali pozitivne ocene i komentare novoj teoriji i podržali je. Nakon toga počinje njena primena u analizi, modelovanju, predviđanju, odlučivanju, kontroli, sa značajnim uticajem na razne sisteme uključujući društvene, ekonomske, naučne i tehnološke, industrijske, poljoprivredne, finansijske, vojne, medicinske, transportne, ekološke sisteme, itd. Teorija sivih sistema se pojavila kao efektivan model za analizu sistema sa delimično poznatim i delimično nepoznatim informacijama tj. nepotpunim informacijama.¹¹³

2.3.1.2. Osnovne osobine sivih sistema

Mnogi sistemi, kao što su društveni, ekonomski, industrijski, ekološki, biološki, prirodno su nazvani po oblasti i domenima kojima pripadaju njihovi predmeti istraživanja. Nasuprot tome, ime sivih sistema je izabrano na osnovu boje predmeta istraživanja tj. tačnosti informacije koja se koristi. Na primer, u teoriji kontrole, nijansa boje se obično koristi da ukaže na stepen jasnoće dostupnih informacija. Ovde koristimo reč „crna“ (*eng. black*) da prikazemo nepoznatu informaciju, „bela“ (*eng. white*) za potpuno tačnu i izvesnu informaciju i „siva“ (*eng. grey*) za informaciju koja je jednim delom poznata ali ima i primese neizvesnosti. Shodno ovoj konstataciji imamo i „bele“, „crne“ i „sive“ sisteme.

U svakodnevним društvenim, ekonomskim i naučno-istraživačkim aktivnostima, često se susrećemo sa situacijama koje uključuju nepotpune informacije. Na primer, za svako prilagođavanje sistema cena u privredi, donosioci odluka se često suočavaju sa teškoćama da nemaju određenu informaciju o efektima promene cene na potrošače, na cenu robe... Sistemi električne energije su teški za praćenje i posmatranje zbog stohastičkih parametara napona i struje. Te poteškoće su prouzrokovane nedovoljnim znanjem o kretanju i parametrima. *Predmet istraživanja teorije sivih sistema* se sastoji od takvih neizvesnih sistema koji su samo delimično poznati sa malim uzorcima i skromnim informacijama. Teorija se fokusira na generisanje i otkrivanje delimično poznatih informacija da bi se ostvario tačan opis i razumevanje materijalnog sveta. Na osnovu svega do sada rečenog, stanje nepotpunog sistema informacija može postojati u jednom od sledeća četiri slučaja¹¹⁴:

1. informacija o parametrima je nepotpuna;
2. informacija o strukturi sistema je nepotpuna;

¹¹² Deng, J.L. (1982). Control Problems of Grey System. *Systems and Control Letters*. Vol.1, No. 5, 288-294

¹¹³ Liu, S.; Lin, Y. (2006). *Grey Information: Theory and Practical Applications With 60 Figures*. Springer-Verlag London Limited

¹¹⁴ Liu, S.; Lin, Y. (2010). *Grey System: Theory and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

3. informacija o *granicama* sistema je nepotpuna;
4. informacija o *ponašanju* sistema je nepotpuna.

Nepotpunost informacija je osnovni smisao „sivog“ koncepta. Značenje „sivog“ se može proširiti za različite situacije i uglove posmatranja na problem (tabela 2.3.1).

Tabela 2.3.1. Proširenja „sivog“ koncepta

Koncept Situacija	Crn	Siv	Beo
Informacija	nepoznata	nepotpuna	u potpunosti poznata
Pojavljivanje	tamno	pomućeno	jasno
Proces	nov	promenljiv	star
Svojstvo	haotično	više promenljivih	poredak
Metod	negacija	promena na bolje	potvrda
Odnos	slobodan	tolerantan	rigorozan
Ishod	nema rešenja	više rešenja	jedinstveno rešenje

Izvor: Liu, S.; Lin, Y. (2010). *Grey System: Theory and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Osnovni principi sivih sistema¹¹⁵

Aksioma 1. (Princip informacionih razlika): „Razlika“ implicira postojanje informacije. Svaki delić informacije mora da ima neku vrstu „razlike“;

Aksioma 2. (Princip nejedinstvenosti): Rešenje problema sa nekompletnom i neodređenom informacijom nije jedinstveno;

Aksioma 3. (Princip minimalne informacije): Jedna karakteristika teorije sivih sistema je da ona omogućava najveću i najbolju upotrebu dostupnih „minimalnih količina informacija“ ;

Aksioma 4. (Princip prepoznavanja baze): Informacija je osnova na kojoj ljudi prepoznaju i razumeju prirodu;

Aksioma 5. (Princip prioriteta novih informacija): Funkcija novih pojedinačnih informacija je veća od starih;

Aksioma 6. (Princip apsolutnog sivila): „Nepotpunost“ (neodređenost) informacija je apsolutna.

2.3.1.3. Poređenje nekih nedeterminističkih metoda

Verovatnoća i statistika, fuzzy matematika i teorija sivih sistema su tri teorije koje su najčešće primenjivane u istraživanjima nedeterminističkih sistema. Čak i pored činjenice da su njihovi predmeti istraživanja sa različitim stepenom neizvesnosti, istovetnost ovih teorija se ogleda u

¹¹⁵ Deng, J.L. (1982). Control Problems of Grey System. *Systems and Control Letters*. Vol.1, No. 5, 288-294

njihovoj sposobnosti da nepotpunost i neizvesnost učine značajno smislenim. Međutim, razlike među ovim teorijama postoje i odnose se upravo na to kakva i kako se neizvesnost (nesigurnost) posmatra.

Snaga *fuzzy matematike* je u proučavanju problema sa „prepoznatljivom neizvesnošću“ (*eng. recognitive uncertainties*). Svi predmeti istraživanja fuzzy matematike imaju karakteristiku „jasne namere bez jasnog proširenja“. Primer fuzzy koncepta je pojam „mlad čovek“: zna se šta znači biti mlad čovek, ali je veoma teško definisati konačan opseg godina u okviru koga je čovek mlad, a van njega to nije. Dakle, proširenje ovog pojma nije jasno definisano. Osnovna ideja fuzzy matematike se zasniva na takozvanim funkcijama pripadnosti (*eng. membership functions*) zasnovanim na iskustvu.

Verovatnoća i statistika proučavaju fenomen „stohastičke neizvesnosti“. Ovde se posmatra relativna frekvencija realizacije određenog događaja u većem broju eksperimenata. Da bi ova teorija funkcionisala i davala pouzdane rezultate potrebno je da se u osnovi posmatraju uzorci velikog obima i da se oni ponašaju po određenim pravilima odnosno da imaju određene raspodele (distribucije) verovatnoće.

Na osnovu do sada rečenog, za *teoriju sivih sistema* možemo reći da se razvila iz potrebe za proučavanjem problema „malih uzoraka i oskudnih informacija“ (*eng. small samples and poor information*). Ovakve probleme prethodne dve teorije ne mogu uspešno da reše. Kroz pokrivenost informacija i generisanjem serija, teorija sivih sistema traži realne uzorke zasnovane na modeliranju malog broja (nekoliko) raspoloživih podataka. Za razliku od fuzzy matematike, ova teorija se bavi predmetima istraživanja koji imaju „jasno proširenje ali nejasnu nameru“. Na primer, konstatacija: „vlada planira da kontroliše celokupnu nacionalnu populaciju između 1.5 do 1.6 milijardi stanovnika do 2050.“, sadrži sivi (grey) kocept upravo u informaciji o opsegu „između 1.5 do 1.6“, gde je jasno proširenje ali je nejasna namera - veličina (obim) same populacije. Poređenje ove tri teorije, dato je u tabeli 2.3.2.

Tabela 2.3.2. Poređenje teorije sivih sistema, verovatnoće i statistike i fuzzy matematike

	Teorija sivih sistema	Verovatnoća i statistika	Fuzzy matematika
Predmet istraživanja	Neizvesnost oskudnih informacija	Stohastička neizvesnost	Kognitivna neizvesnost
Osnovni skupovi	Sivi magloviti skupovi	Kantorovi skupovi	Fuzzy skupovi
Metode	Pokrivenost informacija	Raspodela verovatnoća	Funkcije pripadnosti
Procedure	Generisanje sivih serija (nizova)	Raspodela frekvencija	Marginalno uzorkovanje
Uslovi	Bilo koja raspodela	Karakteristična raspodela	Iskustvo
Akcent na...	Namera	Namera	Proširenje
Karakteristike	Mali uzorak	Veliki uzorak	Iskustvo

Izvor: Liu, S.; Lin, Y. (2006). *Grey Information: Theory and Practical Applications With 60 Figures*. Springer-Verlag London Limited

2.3.1.4. Značaj teorije sivih sistema u razvoju nauke

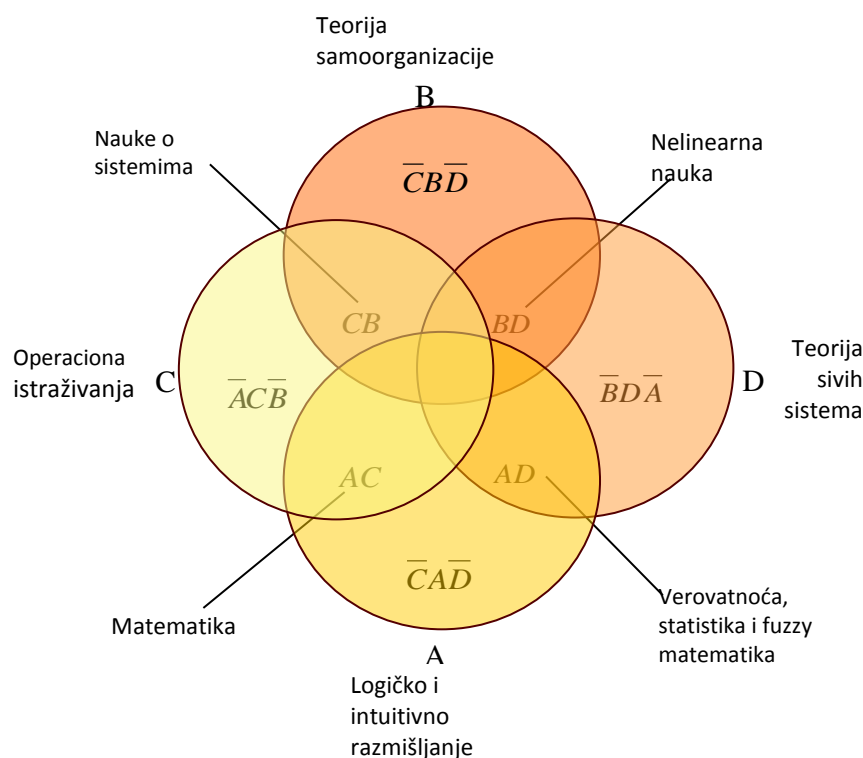
Kao relativno nova, teorija sivih sistema je generalno priznata od strane civilne i akademske zajednice. U protekle tri decenije, profesor Deng i njegovi sledbenici su u velikoj meri doprineli razvoju nauke i tehnologije. Teorija je uspešno primenjena u mnogim oblastima uključujući industriju, poljoprivredu, energetske resurse, transport, geologiju, meteorologiju, ekologiju, hidrologiju, medicinu, ekonomiju, društvene teme... Slično, u proizvodnim oblastima, profiti su bili ostvareni zahvaljujući uspešnoj primeni nove teorije sivih sistema, dok su jednu od primena teorije sivih sistema (intervalnih sivih brojeva) u oblasti flotiranja bakra učinili Stanujkic i dr.¹¹⁶. Ona je promovisala i svrstala u naučne okvire neke nove naučne predmete kao što su: siva (grey) hidrologija, siva geologija, medicina, siva teorija kontrole, siva teorija haosa, itd.¹¹⁷

Do današnjeg dana, veliki broj naučnika sa različitih geografskih područja, uključujući Kinu, Austriju, Australiju, Kanadu, Englesku, Nemačku, Rusiju, Ameriku su uključili primenu teorije sivih sistema u mnoga naučna istraživanja. Shodno tome, nova dostignuća iz ove oblasti su uvršćena u više od 200 časopisa od kojih je većina indeksirana na SCI listi, održava se veliki broj naučnih konferencija na temu unapređenja ove teorije, stotine doktoranata i mastera koriste logiku sivih sistema u svojim naučnim istraživanjima. Ilustracije radi, samo u Kini je završeno više od 160 naučnih istraživačkih projekata koji se tiču teorije sivih sistema, od kojih je 142 dobilo nagrade na nacionalnom ili pokrajinskom nivou.

Pozicija teorije sivih sistema u spektru interdisciplinarnih nauka se može videti na slici 2.3.1., pri čemu se ona shvata kao naučna metodologija rešavanja neodređenih semi (polu) - kompleksnih problema. U poređenju sa verovatnoćom, statistikom i fuzzy matematikom, koja proučavaju jednostavne probleme sa neizvesnošću, teorija sivih sistema, koja se bavi neizvesnim i semi (polu)-kompleksnim problemima, predstavlja novu dimenziju u ljudskom učenju. Stoga problemi koji se tiču kompleksnosti i neizvesnosti će moći da se reše jedino sa novim prodorima i otkrićima u nelinearnoj nauci.

¹¹⁶ 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.

¹¹⁷ Liu, S. (1993). Fixed weight grey clustering evaluation analysis. *New Methods of Grey Systems*. pp. 178-184. Agriculture Press, Beijing.



Slika 2.3.1. Venov dijagram klasifikacije unakrsnih disciplina
 Izvor: Liu, S.; Lin, Y. (2010). *Grey System: Theory and Application.*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

2.3.2. Sivi brojevi i operacije

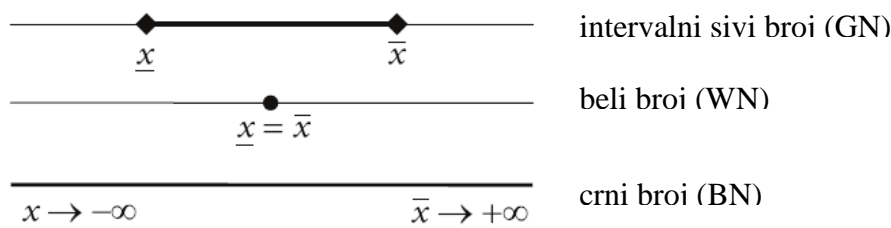
Deng je 1982. godine uveo koncept sivih sistema (*eng. Grey Systems*) kao drugačiji model za predstavljanje neizvesnosti. U sivim sistemima, informacije su klasifikovane u tri kategorije: bele (sa potpuno izvesnim, sigurnim informacijama), sive (sa nedovoljnim, nepotpunim informacijama) i crne (sa potpuno nepoznatim informacijama). Svaki sivi sistem je opisan sivim brojevima, sivim jednačinama, sivim matricama, pri čemu su sivi brojevi elementarni atomi (ćelije) ovog sistema.

2.3.2.1. Sivi brojevi

Sivi broj (*eng. Grey Number*), označen sa $\otimes x$, je takav broj čija je tačna vrednost nepoznata, ali je poznat njegov opseg (granice) u okviru koga leži njegova vrednost. U aplikacijama, sivi broj je uglavnom inteval ili opšti skup brojeva.¹¹⁸:

¹¹⁸ Liu, S.; Lin, Y. (2006). *Grey Information: Theory and Practical Applications With 60 Figures*. Springer-Verlag London Limited

1. *sivi broj samo sa donjom granicom*: broj koji ima donju ali nema definisanu gornju granicu; označavamo ga sa $\otimes x = [\underline{x}, \infty]$, gde \underline{x} predstavlja donju granicu sivog broja $\otimes x$ koja je fiksirana (konkretna) vrednost;
2. *sivi broj samo sa gornjom granicom*: broj koji ima gornju ali nema definisanu donju granicu; označavamo ga sa $\otimes x = [-\infty, \bar{x}]$, gde \bar{x} predstavlja gornju granicu sivog broja $\otimes x$ koja je fiksirana (konkretna) vrednost;
3. **intervalni sivi broj (GN)** (eng. *Interval Grey Number*): vrsta sivog broja koja ima definisanu i gornju \bar{x} i donju granicu \underline{x} ; označavamo ga sa $\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}] = [x', \underline{x} \leq x' \leq \bar{x}]$, slika 2.3.2.;
4. *neprekidni sivi broj i diskretni sivi broj*: sivi broj koji može da uzme konačan ili prebrojiv broj mogućih diskretnih vrednosti je *diskretan sivi broj*; ukoliko uzima vrednosti unutar intervala onda je taj broj *neprekidan*;
5. *crni i beli brojevi*: kada je $\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}]$, a donja i gornja granica su jednake $\underline{x} = \bar{x}$, onda intervalni sivi broj prelazi u *beli broj (WN)* (eng. *White Number*) – deterministički broj; ukoliko $\underline{x} \rightarrow -\infty, \bar{x} \rightarrow +\infty$, onda se sivi intervalni broj $\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}]$, pretvara u *crni broj (BN)* (eng. *Black Number*) $\otimes x = (-\infty, +\infty)$ koji nema definisanu ni donju ni gornju granicu, slika 2.3.2.



Slika 2.3.2. Beli, crni i intervalni sivi brojevi

Izvor: Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Jovanovic, R.; **Stojanovic, S.** (2012). An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers. *Technological and Economic Development of Economy*. 18(2): 331–363.

2.3.2.2. Operacije sa intervalnim sivim brojevima

Pretpostavimo da imamo dva siva intervalna broja: $\otimes x_1 = [\underline{x}_1, \bar{x}_1], \underline{x}_1 < \bar{x}_1$ i

$$\otimes x_2 = [\underline{x}_2, \bar{x}_2], \underline{x}_2 < \bar{x}_2 .$$

Osnovne operacije sa sivim brojevima $\otimes x_1$ i $\otimes x_2$, su definisane na sledeći način¹¹⁹:

$$1. \text{ sabiranje: } \quad \otimes x_1 + \otimes x_2 = [\underline{x}_1 + \underline{x}_2, \bar{x}_1 + \bar{x}_2] \dots\dots\dots(51)$$

$$2. \text{ aditivni inverz: } \quad -\otimes x_2 = [\bar{x}_2, \underline{x}_2] \dots\dots\dots(52)$$

$$3. \text{ oduzimanje: } \quad \otimes x_1 - \otimes x_2 = [\underline{x}_1 - \bar{x}_2, \bar{x}_1 - \underline{x}_2] \dots\dots\dots(53)$$

$$4. \text{ množenje: } \quad \otimes x_1 \cdot \otimes x_2 = [\underline{x}_1 \cdot \underline{x}_2, \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2] \dots\dots\dots(54)$$

$$5. \text{ recipročna vrednost: } \quad \otimes x_2^{-1} = \left[\frac{1}{\bar{x}_2}, \frac{1}{\underline{x}_2} \right] \dots\dots\dots(55)$$

$$6. \text{ deljenje: } \quad \otimes x_1 \div \otimes x_2 = [\underline{x}_1, \bar{x}_1] \cdot \left[\frac{1}{\bar{x}_2}, \frac{1}{\underline{x}_2} \right] = \left[\frac{\underline{x}_1}{\bar{x}_2}, \frac{\bar{x}_1}{\underline{x}_2} \right] \dots\dots\dots(56)$$

$$7. \text{ množenje skalarom: } \quad k \cdot \otimes x_1 = [k \cdot \underline{x}_1, k \cdot \bar{x}_1], \quad k \in \mathbb{R}, k > 0, \quad \underline{x}_1 < \bar{x}_1 \dots\dots\dots(57)$$

$$8. \text{ stepenovanje: } \quad \otimes x_1^k = [\underline{x}_1^k, \bar{x}_1^k], \quad k \in \mathbb{R}, k > 0, \quad \underline{x}_1 < \bar{x}_1 \dots\dots\dots(58)$$

Osim operacija sa sivim intervalnim brojevima, potrebno je navesti dodatne definicije i relacije koje se primenjuju na njima¹²⁰.

1. Jezgro sivog broja (eng. Kernel of Grey Number)

Neka je $\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}], \underline{x} < \bar{x}$, intervalni sivi broj, onda je broj

$$\hat{\otimes} = \frac{1}{2}(\underline{x} + \bar{x}) \dots\dots\dots(59)$$

jezgro sivog broja $\otimes x$.

2. Stepen sivog (eng. Degree of Greyness) intervalnog sivog broja $\otimes x$, u oznaci

$g^o(\otimes x)$ se definiše kao¹²¹:

¹¹⁹ Deng, J. L. (1992). *An Introduction to Grey Mathematics - Grey Hazy Set*. Press of Huazhong University of Science and Technology. Wuhan.

¹²⁰ Liu, S.; Lin, Y. (2010). *Grey System: Theory and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

$$g^o(\otimes x) = \frac{\mu(\otimes x)}{\mu(\Omega)}, \dots\dots\dots(60)$$

gde su: Ω - domen (osnovni skup) intervalnog sivog broja;

μ – mera definisana na domenu Ω : $\mu(\Omega)$

$\mu(\otimes x)$ - mera (dužina intervala- rastojanje između gornje i donje granice intervalno sivog broja);

Imajući u vidu osobine mere i činjenice da je $\otimes x \in \Omega$, stepen sivog zadovoljava uslov normalnosti tj. $0 \leq g^o(\otimes x) \leq 1$ i reflektuje stepen neizvesnosti intervalno sivog broja. Beli broj je kompletno determinisan broj i njegov stepen sivog je 0. Crni broj je u potpunosti nepoznat, pa je njegov stepen sivog 1. Što je g^o bliži 0, manji je nivo neizvesnosti sivog broja i obrnuto. Sa porastom rastojanja između granica, raste i nivo sivog tj. povećava se neizvesnost koja je vezana za vrednosti sivog broja.

3. *Izbeljena vrednost (eng. Whitened Value)* intervalno sivog broja $\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}]$, $\underline{x} < \bar{x}$ je deterministički broj čija vrednost leži između donje i gornje granice za $\otimes x$. Izbeljena vrednost $x_{(\lambda)}$ se može definisati na sledeći način¹²²:

$$x_{(\lambda)} = \lambda \cdot \underline{x} + (1 - \lambda) \cdot \bar{x} \text{ ili} \dots\dots\dots(61a)$$

$$x_{(\lambda)} = (1 - \lambda) \cdot \underline{x} + \lambda \cdot \bar{x} \dots\dots\dots(61b)$$

gde je λ *koeficijent beljenja (eng. Whitening Coefficient)* i $\lambda \in [0,1]$.

Za $\lambda=0.5$, dobijamo sledeći izraz: $x_{(\lambda=0.5)} = \frac{1}{2}(\underline{x} + \bar{x})$.

(a) Pretpostavimo da su $x_{(\alpha)}$ i $x_{(\beta)}$ izbeljenje vrednosti intervalno sivih brojeva

redom, $\otimes x_1 = [\underline{x}_1, \bar{x}_1]$, $\underline{x}_1 < \bar{x}_1$ i $\otimes x_2 = [\underline{x}_2, \bar{x}_2]$, $\underline{x}_2 < \bar{x}_2$:

$$x_{(\alpha)} = \alpha \cdot \underline{x}_1 + (1 - \alpha) \cdot \bar{x}_1 \dots\dots\dots(62a)$$

$$x_{(\beta)} = \beta \cdot \underline{x}_2 + (1 - \beta) \cdot \bar{x}_2 \dots\dots\dots(62b)$$

Kada je $\alpha = \beta$, kažemo da su sivi brojevi $\otimes x_1$ i $\otimes x_2$ *sinhroni*.

Kada je $\alpha \neq \beta$, kažemo da su sivi brojevi $\otimes x_1$ i $\otimes x_2$ *asinhroni*.

¹²¹ Liu, S.; Fang, Z.; Yang, Y.; Forrest, J. (2012). General grey numbers and their operations. *Grey Systems: Theory and Application*. Vol. 2, No. 3, pp. 341-349.

¹²² Liu, S.; Lin, Y. (2006). *Grey Information: Theory and Practical Applications With 60 Figures*. Springer-Verlag London Limited.

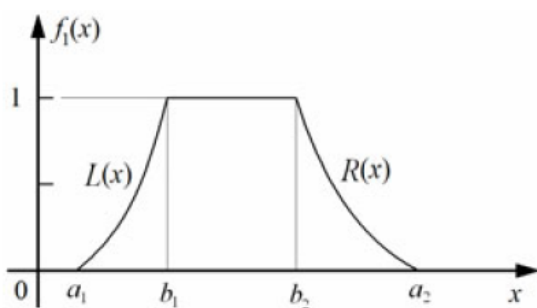
(b) Neprekidna funkcija sa fiksiranom početnom i krajnjom vrednošću, rastuća sa leve strane i opadajuća sa desne, naziva se *tipična težinska funkcija beljenja* (eng. *Typical Weight Function Of Whitenization*).

Tipična težinska funkcija beljenja se definiše kao (slika 2.3.3.(a)):

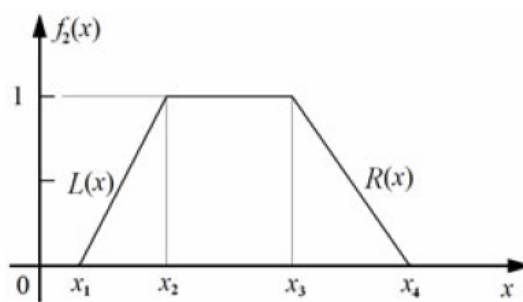
$$y = f_1(x) = \begin{cases} L(x), & x \in [a_1, b_1] \\ 1, & x \in [b_1, b_2] \\ R(x), & x \in (b_2, a_2] \end{cases} \dots\dots\dots(63)$$

U aplikacijama, prikladnije je funkcije $L(x)$ i $R(x)$ prikazati linearnim, tako da važi (slika 2.3.3.(b)):

$$y = f(x) = \begin{cases} L(x) = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}, & x \in [x_1, x_2] \\ 1, & x \in [x_2, x_3] \\ R(x) = \frac{x_4 - x}{x_4 - x_3}, & x \in (x_3, x_4] \end{cases} \dots\dots\dots(64)$$



(a)



(b)

Slika 2.3.3. Tipične težinske funkcije beljenja

Izvor: Liu, S.; Lin, Y. (2010). *Grey System: Theory and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

4. *Znakovno rastojanje* (eng. *Signed Distance*): Neka su $\otimes x_1 = [\underline{x}_1, \bar{x}_1], \underline{x}_1 < \bar{x}_1$ i

$\otimes x_2 = [\underline{x}_2, \bar{x}_2], \underline{x}_2 < \bar{x}_2$, dva pozitivna intervalna siva broja. Rastojanje između $\otimes x_1$ i $\otimes x_2$

može da se izračuna kao znakovna razlika između njegovih centara, kao što sledi¹²³:

$$d(\otimes x_1, \otimes x_2) = \frac{\underline{x}_1 + \bar{x}_1}{2} - \frac{\underline{x}_2 + \bar{x}_2}{2} = \frac{1}{2} \{(\underline{x}_1 - \underline{x}_2) + (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)\} \dots\dots\dots(65)$$

¹²³ Eberly, D. H. (2007). *3D Game Engine Design: a Practical Approach To Real-Time Computer Graphics*. Gulf Professional Publishing

2.4. INTERNET INFORMACIONI RESURSI

„Information is power – if you have the right tools...“

2.4.1. Uvod

Internet je moćno globalno sredstvo razmene i isporuke informacionih resursa. *Internet informacioni resursi* predstavljaju sve vidove izvora informacija na internetu¹²⁴.

Klasifikacija informacionih resursa na Internetu (*internet informacionih resursa*)^{125, 126} može se vršiti po raznim osnovama, neki od njih su:

1. web stranice - najrasprostranjeniji i najkorišćeniji informacioni resurs koji predstavlja stranice sa hiperlinkovima. Stranice osim tekstova mogu da sadrže grafiku, zvuk i video informacije;
2. fajl serveri - upotreba interneta kao tradicionalan način čuvanja podataka;
3. telekonferencije;
4. baze podataka - može se pristupiti preko internet mreže. Često sadrži tekst i druge informacije.

„Internet je mreža koja radi na globalnom nivou kao skup svih računarskih mreža, provajdera i njihovih korisnika. On je otvoreni sistem komunikacije i razmene podataka, audio i video signala sa otvorenim standardima. U veoma kratkom vremenu, internet je zauzeo jedno od najznačajnijih mesta u oblasti skladištenja, pretraživanja i iskorišćenja različitih informacija. Zahvaljujući mogućnostima koje pruža, ljudi brzo uspostavljaju komunikaciju, razmenjuju informacije i na taj način eliminišu barijere prostorne udaljenosti i vremenskih razlika“¹²⁷. Internet pruža:

- kreiranje web prezentacija sa podacima, mogućnošću predavljanja i uspostavljanja kontakta i komunikacije;
- pretragu sajtova i baza podataka različitih naučnih i državnih institucija, kao i pojedinaica; pretraživanje i čitanje miliona dokumenata arhiviranih na kompjuterima i serverima širom sveta; pretraživanje i razmena softvera; pretragu po elektronskim bibliotekama; pretragu i preuzimanje podataka iz virtuelnih biblioteka i enciklopedija koje se nalaze na serverima interneta;

¹²⁴ <http://library.uaf.edu/ls101-evaluation>

¹²⁵ Jacobson, T. (2000). *Critical Thinking and the Web: Teaching Users to Evaluate Internet Resources*. Pittsburgh: Library Instruction Publications

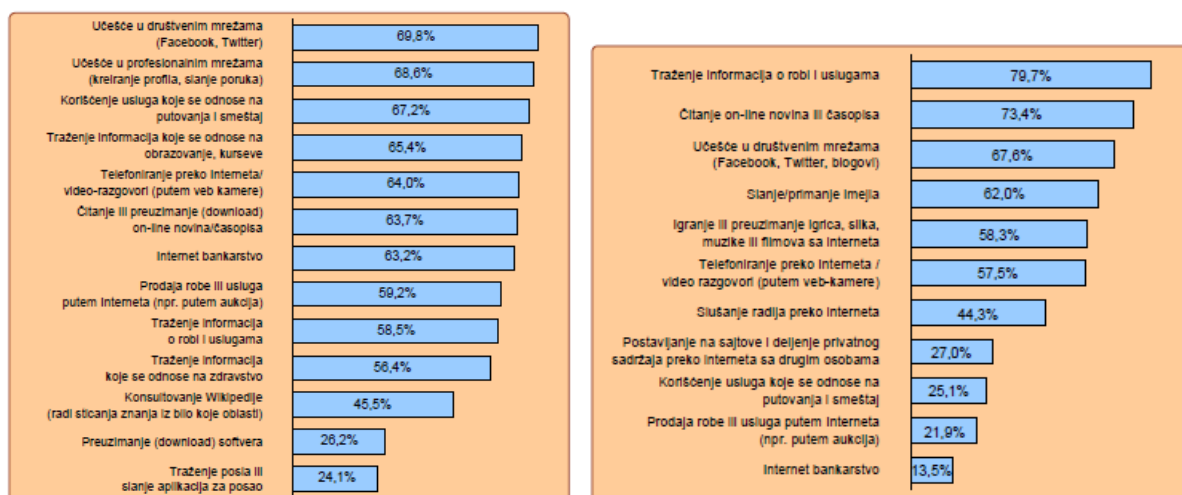
¹²⁶ <http://tuj.asenevtsi.com/InfResurs/InfResurs18.htm>

¹²⁷ Pantović, V.; Dinić, S.; Starčević, D. (2002). *Savremeno poslovanje i internet tehnologije – Uvod u digitalnu ekonomiju*. Energoprojekt - InGraf, Beograd

- razmenu elektronske pošte preko e-mail korisnika kroz jedinstvenu identifikaciju;
- komunikaciju u okviru web konferencija i učešće u diskusionim grupama na različite teme;
- učešće u videokonferencijskoj komunikaciji, sastancima i nastavi;
- pretragu kataloga ponuda različitih poslovnih sistema, elektronska trgovina;
- distribuciju elektronskih publikacija;
- ponudu i prodaju proizvoda i usluga i stvaranje elektronskog tržišta i biznisa;
- interaktivno učenje i distancionu edukaciju.

Interesovanje za internet resurse, po istraživanjima Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije za 2011. i 2014. godinu respektivno, može se videti iz tabele:

Tabela 2.4.1. Interesovanje za tipove internet informacionih resursa u Srbiji, u 2011. god. i 2014. god.



Izvor: <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=204>

Istorijat

„Internet je nastao 1969. godine pod okriljem Agencije za napredne odbrambene istraživačke projekte (DARPA) američkog sekretarijata odbrane. Tako je nastala prva mreža računara ARPANET koja je omogućavala razmenu informacija u smislu održavanja vojnih komunikacija, mada je ubrzo počela da se koristi i u mirnodopske svrhe. Osnovni problem koji se javljao, bio je u samom dizajnu takve mreže tj. u zavisnosti mreže od komunikacionih stanica koje su mogle biti uništene tokom napada. U to vreme se postavljalo pitanje da li je moguće dizajnirati takvu mrežu koja će moći brzo da preusmeri saobraćaj i zaobiđe čvorove koji su van funkcije, na šta je bio dat odgovor u teoriji i kasnije rezultiralo lansiranjem Darpa Internet programom. U to vreme Internet se uglavnom koristio u akademske i vojne svrhe.

Verovatno je najvažniji trenutak u razvoju Interneta bio u 1983. godini, kad je tadašnja mreža prešla sa NCP-a (Network Control Protocol) na TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), što je značilo prelazak na tehnologiju kakva se i danas koristi. Tvorci TCP/IP protokola su bili Vinton Cerf i Robert Kan.

Sa druge strane prvo objavljivanje WWW (World Wide Web) se desilo u Cernu 1989. godine. Web je u osnovi razvijen kako bio omogućio lako deljenje informacija između naučnika koji rade na različitim Univerzitetima i institutima širom sveta.

Slobodna javna upotreba Interneta počela je devedesetih godina, pri čemu je krajem 1994. godine Web imao 10000 servera, od kojih su 2000 bili komercijalni kao i 10 miliona korisnika. Pretpostavlja se da danas Internet koristi oko milijardu ljudi, pri čemu ih je najviše iz Severne Amerike i Dalekog istoka, ali upotrebom bežičnih tehnologija došlo je i do porasta broja korisnika i u manje razvijenim zemljama sa lošijom infrastrukturom (u Africi, Latinskoj Americi)¹²⁸.

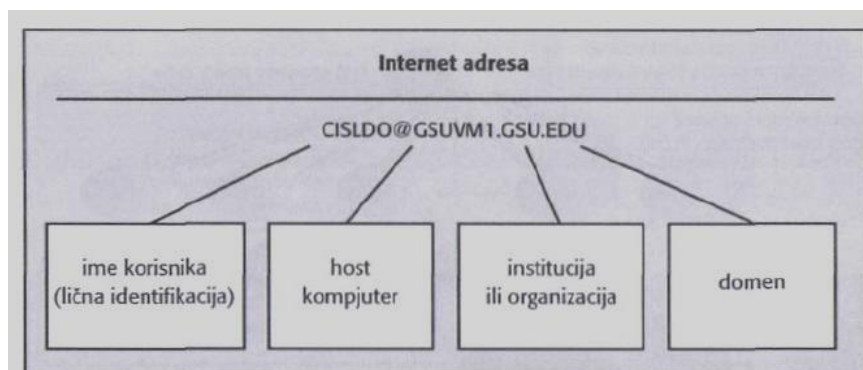
WWW - *World Wide Web* (svetska mreža) predstavlja multimedijalni deo interneta koji služi za pronalaženje i transfer informacija, podataka, teksta, slika, zvuka, animacija i dr. Čini je veliki broj prezentacija raznih institucija, sistema i pojedinaca koji se nalaze na različitim lokacijama i domenima. Mnogi koriste pojmove Internet i Web (World Wide Web) kao sinonime, ali u stvari ta dva pojma jesu srodna ali različita. „*Web je servis Interneta koji je najzaslužniji za njegov munjeviti razvoj. Naime, do 1990-tih Internet su za prijavljivanje na udaljene računare, transfer datoteka sa lokalnih na udaljene računare i obratno, prijem i slanje vesti i elektronske pošte koristili prvenstveno naučnici, istraživači, akademski krugovi i studenti. Web predstavlja prvu Internet aplikaciju koja je privukla pažnju široke javnosti i dramatično izmenila način interakcije ljudi unutar njihovih radnih okruženja i izvan njih. Podigao je Internet od samo jedne od mnogih mreža za razmenu podataka do pozicije neprikosnovene i najveće mreže za razmenu podataka*“¹²⁸. Web koristi HTTP (*eng. Hyper Text Transfer Protocol*) protokol čija je namena objavljivanje i prezentacija HTML dokumenata, tj. Web stranica. Osnovne komponente Web servisa su:

1. protokol kojim se server distribuira (HTTP);
2. format dokumenata kojima se sadržaj servisa distribuira (HTML);
3. server (web server ili HTTP server);
4. klijent (web čitač: korisnički program – npr. Internet Explorer, Mozilla, Firefox);
5. adresa dokumenata/resursa (URI/URL);
6. web strane odnosno web prezentacije (web stranice se u većini slučajeva sastoje od osnovne HTML datoteke i nekoliko referencijalnih objekata).

¹²⁸ Kelly Rainer Jr, R.; Turban, E. (2009). *Uvod u informacione sisteme*. drugo izdanje. Data status, Beograd

Internet adrese i sistem naziva domena¹²⁹

Svaki korisnik i svaki kompjuter na Internetu poseduje jedinstvenu adresu. Internet adresa se sastoji iz četiri dela: (1) lična identifikacija korisnika, (2) naziv host kompjutera, (3) naziv institucije ili organizacije i (4) naziv domena (slika 2.4.1).



Slika 2.4.1. Internet adrese

Izvor: Jovanović, M. (2009). *Programski Paketi – Internet Tehnologije*. Sinopsis predavanja. Mašinski fakultet, Niš

Identifikacija pojedinačnih kompjutera na mreži vrši se uz pomoć numeričkih adresa, sačinjenih od nizova brojeva, koje se nazivaju njihovim **Internet protocol (ili IP) adresama** (npr. 207.46.230.219, 207.171.181.16, 66.218.71.102). Očigledno je, da bi prosečan korisnik teško mogao da upamti više od dve - tri adrese u ovakvom, numeričkom obliku. Zato je kreiran takozvani **sistem naziva domena** (eng. *Domain Name System - DNS*).

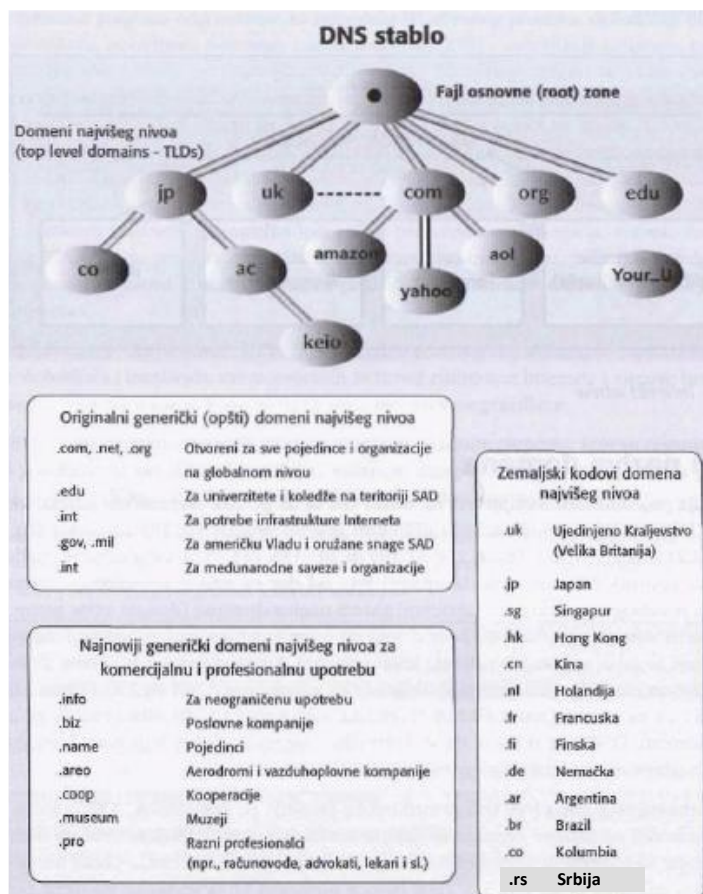
U stvari, nazivi domena predstavljaju prepoznatljive nazive; nazive kompjutera na Internetu koji se lako pamte (na primer: microsoft.com, amazon.com, yahoo.com). Svaki naziv domena odgovara jednoj dodeljenoj IP adresi. Osnovna namena DNS-a je u tome da se korisniku omogući pristup bilo kom kompjuteru na planeti jednostavnim unošenjem njegovog naziva domena.

„Podela domena (slika 2.4.2.):

- poslovna web prezentacija (.com.rs): prodaja proizvoda ili usluga. Poslovne web prezentacije se koriste za promovisanje firme, usluge ili proizvoda;
- lična (personalna) web prezentacija: pružanje informacija o pojedincu ili grupi (sadrži informacije ili bilo koji sadržaj koji pojedinac želi da postavi). Internet adresa se sastoji iz niza nastavaka;
- organizacijska web prezentacija (.org.rs): predstavlja organizacije (obično nevladine) sa sopstvenim idejama i programima;
- obrazovna web prezentacija (.edu.rs): pružanje informacija o obrazovnoj ustanovi ili prezentacija informacija u vezi obrazovanja ili obrazovnog materijala;

¹²⁹ Jovanović, M. (2009). *Programski Paketi – Internet Tehnologije*, sinopsis predavanja. Mašinski fakultet, Niš

- akademske web prezentacije (.ac.rs): pružanje informacija o akademskim ustanovama (kao što su univerziteti, instituti) ili prezentacija informacija u vezi akademskog obrazovanja;
- zabavne web aplikacije (.com.rs);
- web stranica novosti (News) (.com.rs): pružanje informacija o aktuelnim događajima, posvećena vestima i komentarima;
- blog predstavlja web stranicu koja se koristi za vođenje on-line dnevnika, može uključivati raspravu na forumima ili čet sobe. Internet adresa je niz nastavaka¹²⁹.



Slika 2.4.2. Nazivi internet domena

Izvor: Jovanović, M. (2009). *Programski Paketi – Internet Tehnologije*. Sinopsis predavanja. Mašinski fakultet, Niš

2.4.2. Fakultetski i akademski internet informacioni resursi

„Integracija informaciono telekomunikacionih tehnologija u svakodnevnom životu otvara vrata povećanoj upotrebi mreže informacionih resursa. Popularizacija interneta u društvu i razvoj infrastrukture pokreće dalji razvoj društva baziran na znanju.

Pozitivno u ulozi interneta u on-line komunikaciji jeste razumevanje i korišćenje edukacionih mogućnosti interneta, omogućavanje širokog ranga resursa i servisa, kao i kreiranje globalne svestranosti i obaveštenosti.

Internet je kreirao odlične mogućnosti za informativne institucije da prošire njihove kolekcije baza podataka, kao i tržišta i prostor na kome deluju. Šira politika podržavanja razvoja i primene informaciono telekomunikacione infrastrukture direktno doprinosi i utiče na popularizaciju Interneta. Eksploatacijom potencijala ovih tehnoloških resursa, web biblioteke i baze podataka mogu povećati njihovu kolekciju, pospešiti uspeh za stvaranje šireg varijeteta informacionih resursa i olakšati i pojednostaviti pristup i dostupnost za njihovo sve šire korišćenje¹³⁰. Primer jedne odlično osmišljene web biblioteke, koja je dostupna korisnicima širom sveta je i biblioteka Univerziteta u Torontu¹³¹.

„On-line komunikacija veoma živo transformiše proces učenja i obrazovanja. Vodeća promena na putu učenja jeste organizovanje i isporuka neophodnog znanja na adekvatan i efektivan način. Bez takve promene kroz tehnološku bazu, obrazovanje ostaje samo marginalna aktivnost, a u isto vreme izaziva i enormno povećanje troškova. Da bi tehnološke promene bile efektivne obično se zahteva da budu praćene značajnim strukturnim i organizacionim promenama i iskorišćenjem svih potencijala za postizanje njihove potpune afirmacije i realizacije pozitivnih efekata¹³⁰.”

Danas se kvalitetno obrazovanje ne može sprovesti bez pametne primene interneta u nastavi. Ova primena obuhvata tri osnovne oblasti¹³²:

- korišćenje interneta od strane studenata u samoj nastavi;
- upotreba resursa na internetu od strane nastavnog kadra;
- korišćenje interneta za vannastavne aktivnosti.

„Primena interneta u nastavi ima širok spektar:

Za fakultet:

- prezentacija fakulteta putem fakultetske web stranice;
- internet marketing za upis kvalitetnih studenata;
- razvoj novih programa u saradnji sa institucijama i srodnim ustanovama na lokalnom i evropskom nivou;
- pružanje dodatnih nastavnih programa i sadržaja.

Za nastavni kadar:

- korišćenje materijala i informacija sa interneta u pripremi nastave;
- komunikacija sa institucijama i studentima;
- učešće i sprovođenje programa na nacionalnom i evropskom nivou;

¹³⁰ <http://www.ftm.kg.ac.rs>

¹³¹ <https://oneresearch.library.utoronto.ca/>

¹³² Sahin, J. G.; Balta, S.; Ercan, T. (2010). The Use Of Internet Resources By University Students During Their Course Projects Elicitation: A Case Study. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*. volume 9, Issue 2, 234-244.

- lično usavršavanje i samoedukacija;
- sprovođenje on-line edukacije.

Za studente:

- prikupljanje materijala za seminarske radove;
- samoedukacija korišćenjem specijalizovanih resursa na internetu;
- učešće u timskim projektima na nacionalnom i internacionalnom nivou;
- sprovođenje on-line edukacije.”¹³³

Studenti su po učestalosti korišćenja interneta treći po redu i najčešće ga koriste u pretraživačke svrhe zato što je to pogodno za njihovo studiranje, štedi vreme, jeftinije je i jednostavnije od tradicionalnih metoda pretraživanja (biblioteke). Fascinantno je otkriti da danas studenti mogu pristupiti različitim materijalima i referencama, stranu po stranu, za njihova istraživanja u svim mogućim oblastima.

Kolika je uloga interneta u pribavljanju informacija vezanih za nauku, kako među potencijalnim studentima, studentima, profesorima i akademskoj populaciji uopšte, može se sagledati iz sledeće tabele 2.4.2. (istraživanje sprovedeno u Americi, 2006. godine)¹³⁴.

Tabela 2.4.2. Internet kao resurs za novosti i informacije o nauci

40 miliona Amerikanaca se oslanja na internet kao na primarni izvor informacija i novosti u nauci
Internet je izvor kome bi ljudi prvo pribegli u cilju traženja informacija o određenoj naučnoj oblasti
Udobnost korišćenja igra ključnu ulogu u privlačenju ljudi da koriste internet u naučne svrhe
Između 40% i 50% korisnika interneta dobijaju informacije o određenoj naučnoj oblasti upravo preko interneta ili e-maila
70% internet korisnika koristi internet da bi utvrdio značenje nekog naučnog pojma ili koncepta
68% korisnika traži on-line odgovor na pitanje o nekom naučnom konceptu ili teoriji
51% srednjoškolaca koristi internet da bi dobilo informacije o budućem obrazovanju (fakultetu koji želi da upiše)
websajt fakulteta je na drugom mestu u procesu odlučivanja prilikom upisivanja određenog fakulteta, posle usmene preporuke (eng. word of mouth) koja zauzima prvo mesto sa 73%
55% koristi internet za rešavanje školskih zadataka
43% korisnika preuzima sa interneta (eng. download) naučne podatke, grafike, tabele

Izvor: Horrigan, J. B. 2006. *The Internet as a Resource for News and Information about Science*. Washington, DC: Pew Internet & American Life Project

<http://www.pewinternet.org/2006/11/20/the-internet-as-a-resource-for-news-and-information-about-science/>
<http://www.slideshare.net/EnVeritasGroup/research-study-college-admission-student-digital-media-habits>

¹³³ <http://www.ukessays.co.uk/essays/theology/advantages-and-disadvantages-internet-research-purposes.php>

¹³⁴ Horrigan, J. B. (2006). *The Internet as a Resource for News and Information about Science*. Washington, DC: Pew Internet & American Life Project

<http://www.pewinternet.org/2006/11/20/the-internet-as-a-resource-for-news-and-information-about-science/>
<http://www.slideshare.net/EnVeritasGroup/research-study-college-admission-student-digital-media-habits>

2.4.3. Zašto evaluacija?

„Do skora je bilo relativno jednostavno sve informacione izvore podeliti na *primarne i sekundarne štampane izvore*. Primarni su naučne monografije, časopisi, zbornici sa kongresa, disertacije, patent i sl., a sekundarni su bibliografije, enciklopedije, leksikoni, rečnici i sl. Principijelno svako istraživanje započinjalo je pronalaženjem podataka o postojećoj naučnoj literaturi na datu temu u sekundarnim izvorima informacija i zatim potragom za primarnim izvorima kako bi se ta literatura pročitala i iz nje izvuklo ono što je bitno za započeto istraživanje. *Pojava elektronskih publikacija* nije promenila tu podelu, samo je pojednostavila pretraživanje i ubrzala proces pronalaženja i nabavke literature, a pojavile su se i nove mogućnosti pronalaženja informacija preko velikog broja neformalnih kanala za komunikaciju među svetskim istraživačima preko Interneta”¹³⁵.

Do sada smo uglavnom govorili o prednostima interneta, ali kako internet sam po sebi nije više tehnološki nego društveni fenomen, to dovodi do raznih *opasnosti na koje možemo da naiđemo korišćenjem interneta*. Prva velika opasnost je neproverenost i nepouzdanost informacija. Za razliku od tradicionalnih biblioteka koje jesu skladište informacija, ali čije su informacije kroz štampanu literaturu proverene i recenzirane, to sa internetom nije slučaj. „Razvojem blogova, foruma, sajtova za razmenu dokumenata i virtuelnim svetovima – razlika između korisnika i autora se zamaglila. Korisnici interneta mogu da kreiraju velike delove sadržaja sajta, kao što su blogerski postovi, video snimci na Jutjubu i foto galerije. Identifikovanje, filtriranje i etiketiranje „neprikladnih“ sajtova postaje sve teže. Iako tehnike automatskog filtriranja već postoje, automatsko prepoznavanje, filtriranje i etiketiranje vizuelnih sadržaja ne postoji.“¹³⁶ Internet sadržaj nema urednike ni recenzente.

Opasnosti koje vrebaju sa interneta ne moraju da budu viđene samo kroz prizmu netačne ili nepouzdate informacije. One mogu biti daleko veće. Celokupni predmet o validnosti podataka na internetu ima težnju da iznedri novu industriju. Postoje sponzorirani web sajtovi koji teže da raskrinkaju on-line mitove, časopise i biltene koji se bave evaluacijom web materijala. Predmet prevara na WWW se proteže kroz različite discipline i aspekte svakodnevnog života. Dele se saveti za izbegavanje prevara, krađe identiteta, davanje novca lažnim dobrotvornim organizacijama. Navode se web sajtovi vladinih kancelarija za kontakt

¹³⁵ Filipi-Matutinović, S. (2013). *Naučne informacije u Srbiji - protok, dostupnost, vrednovanje*. Univerzitetska biblioteka «Svetozar Marković», Beograd

<http://kobson.nb.rs/upload/documents/oNamaPredavanja/PR2013TekstZaDoktorante.pdf>

¹³⁶ Kurbalija, J. (2011). *Uvod u upravljanje internetom*. AS design, Beograd

za pravni lek kada ste prevareni na internetu. Osnovne prevare na internetu su u domenu: e-trgovine, krađe identiteta i u slučaju kada web sajt „izigrava“ doktora¹³⁷.

Od pre 30-tak godina od kada je kreiran WWW, pa do danas, njegov kontinualni rast je praćen takvim uspehom da je danas postao bitan alat za poslovanje zahvaljujući svom domašaju, prihvatljivosti i različitim interaktivnim mogućnostima među kojima i mogućnost deljenja informacija¹³⁸. Zapravo, internet tehnologija pruža mogućnost kompaniji da bude konkurentna na tržištu. Ipak, da bi se to desilo, neophodno je da se razume da nije kritično pitanje o tome da se donese odluka o korišćenju interneta, već je potrebno znanje o tome kako ga koristiti¹³⁹. To samo po sebi iziskuje potrebu za interakcijom između korisnika i kompjutera (web stranica, odnosno dizajnera istih) u vidu analize web korisnosti (*eng. Web Usability Analysis*). Sa porastom globalne konkurencije, korisnost web sajtova je privukao pažnju ne samo istraživača nego i menadžera web sajtova, dizajnera i administratora širom sveta, sve u cilju da se određeni internet informacioni resurs (IIR) učini tačnijim, korisnijim, lakšim i prihvatljivijim za upotrebu. *Otuda i ideja za evaluacijom IIR-a, sa aspekta određivanja kriterijuma koji utiču na kvalitet jedne web stranice.*

2.4.4. Kriterijumi za evaluaciju kvaliteta

Korisnost internet informacionih resursa (IIR) upravo ukazuje na evaluaciju performansi web stranica baziranih na upotrebi određenih kriterijuma za evaluaciju kvaliteta (evaluacioni kriterijumi). Kako se za ocenu IIR koristi veći broj kriterijuma, ovaj problem može biti sagledan kao problem višekriterijumskog (MCDM) odlučivanja.

Izbor kriterijuma za evaluaciju alternativa u MCDM problemu je jako kompleksan zadatak. Identifikacija odgovarajućeg skupa kriterijuma za određeni skup ciljeva je kreativan proces. U nekim slučajevima postoje ciljevi za koje ne postoje jasni kriterijumi za direktno merenje nivoa ostvarenja, pa se u tom slučaju za ostvarenje ciljeva koriste kriterijumi koji su prikladni za merenje, a indirektno odražavaju ostvarenje ciljeva. Prilikom određivanja kriterijuma (skupa kriterijuma) za dati cilj, treba da su zadovoljene sledeće dve osobine: *merljivost* (kriterijum mora biti praktično razumljiv kako bi se odredila vrednost na određenoj mernoj skali za datu alternativu) i *laka shvatljivost* (vrednost kriterijuma mora dovoljno da označava stepen koji je cilj ispunio).

¹³⁷ Mintz, A. P. (2002). *Web of Deception: Misinformation on the Internet*. Information Today, Inc., New Jersey

¹³⁸ Ranganathan, C.; Ganapathy, S. (2002). Key dimensions of business-to-consumers web sites. *Information & Management*. 39:457–465.

¹³⁹ Porter, M. E. (2001). Strategy and the internet. *Harvard Business Review*. 79(3):62–78.

Skup kriterijuma koji označava ukupan problem višekriterijumske optimizacije trebalo bi da ima sledeće osobine: *operacionalnost* (koristi analizi problema), *potpunost* (svi aspekti problema prikazani su kriterijumima), *nesuvišnost*, *međusobna nezavisnost kriterijuma* (ni jedan aspekt problema nije ocenjen pomoću kriterijuma više od jedan put), *optimalnu veličinu skupa* (prevelik broj ponderisanja analizu čini težom) i *minimalnost* (nema konačnog skupa kriterijuma koji predstavljaju isti problem ali sa manjim brojem elemenata).

Kriterijumi za evaluaciju imaju veliki značaj za MCDM modele, mada se njihovom analizom nije bavio veliki broj naučnika. Keeney i Raiffa (1976)¹⁴⁰ su zaključili da bi izabrani kriterijumi za evaluaciju trebalo da zadovolje sledećih pet principa: kompletnost (*eng. completeness*), rasčlanljivost (*eng. decomposability*), nesuvišnost, neredundantnost (*eng. non-redundancy*), operativnu izvodljivost (*eng. operational feasibility*) i minimalnu veličinu. Nakon njih su Pomerol i Barba-Romero (2000)¹⁴¹ naglasili značaj dva principa: (1) kompletnost (*eng. completeness*): identifikovani su svi kriterijumi potrebni za određeni problem odlučivanja i (2) nesuvišnost, neredundantnost (*eng. non-redundancy*): ako se makar jedan od evaluacionih kriterijuma ukloni sa liste, preostali skup kriterijuma više ne zadovoljava zahtev kompletnosti. Stanujkic *i dr.* (2014)¹⁴² je istakao da skup kriterijuma za evaluaciju mora da zadovolji sledeća tri principa: kompletnost, neredundantnost i minimalnu veličinu.

Napomena: minimalna veličina skupa kriterijuma kao princip je uveden iz razloga što veliki broj kriterijuma – bez obzira na mogućnost hijerarhijske dekompozicije - može voditi ka stvaranju suviše kompleksnih MCDM modela koji mogu biti manje praktični za primenu.

I pored svega do sada rečenog, navedeni kriterijumi su uopšteni kriterijumi (nisu konkretizovani), pa uprkos znatnom broju istraživanja koji su u vezi sa evaluacionim kriterijumima kvaliteta internet informacionih resursa (IIR), *ne postoji definisan univerzalni skup kriterijuma za evaluaciju web stranica*. Shodno tome, mnogi autori su predlagali različite kriterijume koji variraju po pitanju broja, stepena opštosti ili specifičnosti i nivoa preciznosti¹⁴³. Pored toga, neke klasifikacije kriterijuma su dali:

¹⁴⁰ Keeney, R.L.; Raiffa, B. (1976). *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Wiley, New York

¹⁴¹ Pomerol, J.C.; Barba-Romero, S. (2000). *Multi-criterion decisions in management: Principles and practice*. Kluwer Academic Publishers, USA

¹⁴² Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Milanovic, D.; Magdalinovic, S.; Popovic, G. (2014). An efficient and simple multiple criteria model for a grinding circuit selection based on MOORA method. *Informatica*. 25(1), 73-93.

¹⁴³ Park, K. S.; Lim, C. H. (1999). A structured methodology for comparative evaluation of user interface designs using usability criteria and measures. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 23:379-389.

- Nielsen (2003)¹⁴⁴, koji je utvrdio kriterijume kao što su: lakoća učenja, efikasnost, memorabilnost, greške, zadovoljstvo korisnika;
- Microsoft kao glavne kategorije izdvaja: sadržaj, lakoća korišćenja, promocija, prilagođavanje i personalizacija, emocionalna reakcija (Keeker, 1997)¹⁴⁵;
- ISO predstavlja kao standardne kriterijume: efektivnost, efikasnost i zadovoljstvo¹⁴⁶;
- Pearson i Pearson (2008)¹⁴⁷ izdvajaju: sadržaj, dostupnost, prilagođavanje i personalizacija, brzina učitavanja, navigacija;
- Stanujkić i Jovanović (2012)¹⁴⁸ navode kriterijume značajne za evaluaciju upravo web stranica fakulteta (po Kapounu¹⁴⁹): tačnost i potpunost informacija (*eng. Accuracy*), pouzdanost (*eng. Authority*), ažuriranje (*eng. Currency*), objektivnost – nepristrasnost (*eng. Objectivity*), sveobuhvatnost (*eng. Coverage*).

Hijerarhijsku dekompoziciju kriterijuma internet informacionih resursa dao je još i Smith, 1997. On je naveo sedam grupa kriterijuma sa različitim brojem podkriterijuma u okviru svake od njih¹⁵⁰.

Međutim, ono što je slično u svim studijama je činjenica da je kod evaluacije kvaliteta potrebno da se sagleda niz različitih mera kriterijuma i s'obzirom da svi kriterijumi nisu podjednako važni, oni trebaju da imaju svoje težine (značaj). Kao rezultat, kontekst u kome se evaluira kvalitet IIR odnosno web stranice (sajta) mora da bude određen i preciziran, što u velikoj meri zavisi od subjektivne procene razvijene od strane korisnika u obliku kvantitativnih mera¹⁵¹.

¹⁴⁴ Nielsen, J. (2003). *Usability 101: Introduction to usability*. <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>.

¹⁴⁵ Keeker, K. (1997). *Improving web site usability and appeal: Guidelines compiled by msn usability research*. [http://msdn.microsoft.com/enus/library/cc889361\(off.11\).aspx](http://msdn.microsoft.com/enus/library/cc889361(off.11).aspx).

¹⁴⁶ International Organization for Standardization (1998). ISO 9241-11. *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: Guidance on Usability*. Geneva

¹⁴⁷ Pearson, J. M.; Pearson, A. M. (2008). An exploratory into determining the relative importance of key criteria in web usability: A multicriteria approach. *Journal of Computer Information Systems*. pages 115–127.

¹⁴⁸ Stanujkic, D.; Jovanovic, R. (2012), Measuring A Quality Of Faculty Website Using Aras Method, *Contemporary Issues In Business, Management And Education*: 545-554.

¹⁴⁹ Kapoun, J. (1998). *Teaching undergrads WEB evaluation: A guide for library instruction*. C&RL News, 522-523.

¹⁵⁰ Smith, A. (1997). Testing the Surf: Criteria for Evaluating Internet Information Resources. *Computer Systems Review* 8, no. 3 <http://epress.lib.uh.edu/pr/v8/n3/smit8n3.html>

¹⁵¹ Agarwal, R. ; Venkatesh, V. (2002). Assessing a firm's web presence: A heuristic evaluation procedure for the measurement of usability. *Information Systems Research*. 13(2):168–186.

3. RAZVOJ MODELA I EMPIRIJSKA VERIFIKACIJA

„ You can't discover a new ocean, until
you have the courage to leave the shore...“

3.1. RAZVOJ GREY MOORA METODE

Napomena: GREY MOORA metoda je novo proširenje MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva i **predstavlja naučni doprinos ove doktorske disertacije**. Vrednost i značaj GREY MOORA metode je potvrđen štampanjem rada „*An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers*“, autora: Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Jovanovic, R.; S. Stojanovic, u časopisu na SCI listi (**impact faktor 3.224**): *Technological and Economic Development of Economy*, 18(2)(2012): 331–363., ISSN 2029-4913. Ono što ide u prilog validnosti ovog proširenja je i činjenica da je upravo jedan od autora MOORA metode, Edmundas Kazimieras Zavadskas, glavni i odgovorni urednik ovog časopisa, čime se uvećava značaj i prihvaćenost GREY MOORA metode od strane šire naučne populacije. Ovaj rad ima do sada 15 citata (bez autocitata) od strane autora čiji su radovi objavljeni uglavnom u časopisima koji su na SCI listi.

U ovom poglavlju je za objašnjenje GREY MOORA metodologije, preuzeta notacija iz originalnog rada, koja se donekle razlikuje od usvojenog načina obeležavanja pojmova koji su korišćeni u poglavlju 2.2.2.

Procedura izbora najbolje alternative korišćenjem MOORA metode uključuje nekoliko bitnih etapa koji trebaju da se sagledaju pre samog proširenja MOORA metode na intervalne sive brojeve. Te etape su:

Etapa 1: transformacija vrednosti alternativa u bezdimenzionalne veličine – nezavisne od sistema jedinica;

Etapa 2: određivanje ukupnog indeksa performansi i rangiranje posmatranih alternativa na osnovu dela MOORA metode koji se naziva *Pristup sistema odnosa* (eng. *Ratio System Approach*);

Etapa 3: definisanje rastojanja između posmatranih alternativa i referentne tačke na osnovu dela MOORA metode koji se naziva *Pristup referentne tačke* (eng. *Reference Point Approach*).

3.1.1. ETAPA 1: transformacija u bezdimenzionalne veličine

Prvi korak koji treba da bude razmotren je upravo način transformacije vrednosti alternativa u bezdimenzionalne veličine tj. u veličine koje ne zavise od sistema jedinica. Upoređivanjem sa drugim metodama normalizacije, *vektorska normalizacija* je najkompleksnija. Stoga se u nekim proširenjima drugih MCDM metoda, vektorska normalizacija često zamenjuje jednostavnijim, uglavnom linearnom transformacijom – *max metoda*¹⁵². Međutim, ovaj pristup ne predstavlja opšte usvojeno pravilo. Za normalizaciju vrednosti alternativa izraženih u obliku sivih intervalnih brojeva, Jahanshahloo i dr. (2006)¹⁵³, predlaže upotrebu sledeće formule:

$$\otimes x_{ij}^* = \frac{\otimes x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\underline{x}_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots\dots\dots(66)$$

pri čemu su:

$\otimes x_{ij}^* = \left[\underline{x}_{ij}^*, \bar{x}_{ij}^* \right], \underline{x}_{ij}^* < \bar{x}_{ij}^*$, normalizovani intervalni sivi broj - element na poziciji (i,j) normalizovane matrice odlučivanja;

$\otimes x_{ij} = \left[\underline{x}_{ij}, \bar{x}_{ij} \right], \underline{x}_{ij} < \bar{x}_{ij}$ element matrice odlučivanja intervalnih sivih brojeva alternative j nad i -tim kriterijumom;

$A = \left[\otimes x_{ij} \right]_{m \times n}$, matrica vrednosti intervalnih sivih brojeva $\otimes x_{ij}$.

Formula (66) daje odgovarajući obrazac za normalizaciju vrednosti alternativa predstavljenih intervalnim sivim brojevima. Međutim, u slučaju višekriterijumskih optimizacija koje zahtevaju naizmeničnu upotrebu crisp¹⁵⁴ i intervalnih sivih brojeva, gore navedena formula ne daje zadovoljavajuće rezultate. Stoga, predlažemo upotrebu formule:

¹⁵² Wang, Y. M., Elhag, T. M. S., 2006. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, *Expert Systems with Applications* 31(1): 309–319.

¹⁵³ Jahanshahloo, G. R.; Lotfi, F. H.; Izadikhah, M. 2006. An algorithmic method to extend TOPSIS for decision-making problems with interval data, *Applied Mathematics and Computation* 175(2): 1375–1384.

¹⁵⁴ crisp broj - određeni (determinisani) broj; konkretna tačka na brojnoj osi.

$$\otimes x_{ij}^* = \frac{\otimes x_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (\underline{x}_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots \dots \dots (67)$$

Na osnovu ove formule, gornja i donja granica intervalno sivog broja $\otimes x_{ij}^* = [\underline{x}_{ij}^*, \bar{x}_{ij}^*]$, $\underline{x}_{ij}^* < \bar{x}_{ij}^*$ se mogu definisati na sledeći način:

$$\bar{x}_{ij}^* = \frac{\bar{x}_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (\underline{x}_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}} \quad \text{i} \quad \underline{x}_{ij}^* = \frac{\underline{x}_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (\underline{x}_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots \dots (68)$$

U **Prilogu 1** ćemo dokazati da je formula (67) bolje rešenje za normalizaciju intervalnih sivih brojeva od formule (66).

3.1.2. ETAPA 2: određivanje ukupnog indeksa performansi na osnovu *Pristupa sistema odnosa MOORA metode*

Za optimizaciju zasnovanu na pristupu sistema odnosa MOORA metode (*eng. Ratio System Part of the Moora Method*), polazimo od formula:

$$y_i^* = y_i^+ - y_i^- \dots \dots \dots (69)$$

$$y_i^+ = \sum_{j \in \Omega_C^+} s_j x_{ij}^* + \sum_{j \in \Omega_G^+} \otimes s_j x_{ij}^* \dots \dots \dots (70)$$

$$y_i^- = \sum_{j \in \Omega_C^-} s_j x_{ij}^* + \sum_{j \in \Omega_G^-} \otimes s_j x_{ij}^* \dots \dots \dots (71)$$

gde su: y_i^* ukupan indeks performansi alternative i ; y_i^+ i y_i^- ukupne sume maksimizirajućih (minimizirajućih) vrednosti alternativa i redom po kriterijumima; s_j je težina, značaj (težinski koeficijent) j -tog kriterijuma; x_{ij}^* i $\otimes x_{ij}^*$ su normalizovane vrednosti alternative i po različitim kriterijumima koje su izražene u obliku crisp ili intervalnih sivih brojeva; Ω_C^+ i Ω_G^+ su skupovi prihodnih (maksimizirajućih) kriterijuma izraženih u obliku crisp ili intervalnih sivih brojeva; Ω_C^- i Ω_G^- su skupovi rashodnih (minimizirajućih) kriterijuma izraženih u obliku crisp ili intervalnih sivih brojeva. Zamenom formula (70) i (71) u formulu (69), dobija se sledeća formula:

$$y_i^* = \sum_{j \in \Omega_C^+} s_j x_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_C^-} s_j x_{ij}^* + \sum_{j \in \Omega_G^+} \otimes s_j x_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} \otimes s_j x_{ij}^* \dots \dots \dots (72)$$

Na osnovu formula (72) i (61b), (65) (oblast 2.3.2.2) dobija se konačan i kompletan oblik formule:

$$y_i^* = \sum_{j \in \Omega_C^+} s_j x_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_C^-} s_j x_{ij}^* + (1 - \lambda) \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \underline{x}_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \underline{x}_{ij}^* \right) + \lambda \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \bar{x}_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \bar{x}_{ij}^* \right). \quad (73)$$

gde su: s_j težinski koeficijent j -tog kriterijuma; x_{ij}^* normalizovana vrednost i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum, $j \in \Omega_C$; \underline{x}_{ij}^* i \bar{x}_{ij}^* su normalizovane granice intervalnog sivog broja koje predstavljaju vrednosti i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum i $j \in \Omega_G$, respektivno; Ω_C i Ω_G su skupovi kriterijuma izraženih u obliku crisp ili intervalnih sivih brojeva, respektivno; λ je koeficijen beljenja; y_i^* je ukupan indeks performansi alternative i ; Ω_C^+ i Ω_G^+ su skupovi prihodnih (maksimizirajućih) kriterijuma izraženih u obliku crisp ili intervalnih sivih brojeva; Ω_C^- i Ω_G^- su skupovi rashodnih (minimizirajućih) kriterijuma izraženih u obliku crisp ili intervalnih sivih brojeva; $i = 1, 2, \dots, m$ za alternative i $j = 1, 2, \dots, n$ za kriterijume.

Dobijena formula je prilično kompleksna, ipak i kao takva, omogućava izbor najprikladnije alternative, tj. optimizaciju, u slučaju rešavanja mnogih kompleksnih problema u realnom životu, kao što su:

- problemi odlučivanja u kojima je prikladnije da su vrednosti alternativa izražene istovremeno crisp i intervalnim sivim brojevima;
- problemi odlučivanja u kojima je prikladnije da su vrednosti alternativa izražene intervalnim sivim brojevima, kao što su problemi koji zahtevaju pouzdane i sigurne procene i predviđanja
- problemi koji zahtevaju ispitivanje više opcija kako bi se izabrala najprikladnija alternativa, odnosno provera varijanti koje proizilaze iz optimističkih, realnih i pesimističkih stavova donosioca odluka.

U slučaju rešavanja kompleksnih problema iz realnog života koji zahtevaju istovremenu upotrebu crisp i intervalnih sivih brojeva, formula (73) obezbeđuje adekvatnu mogućnost da rangira i bira najprikladniju alternativu.

U slučaju rešavanja dobro-strukturiranih problema, drugi deo formule (73) koji uključuje uticaj kriterijuma čije su vrednosti izražene preko intervalnih sivih brojeva, nema uticaja na indeks performansi i stoga se formula (73) može transformisati u sledeći oblik:

$$y_i^* = \sum_{j \in \Omega_C^+} x_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_C^-} x_{ij}^* \quad \text{ili} \dots\dots\dots (74)$$

$$y_i^* = \sum_{j \in \Omega_C^+} s_j x_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_C^-} s_j x_{ij}^*, \text{ kada kriterijumi imaju različite težine (značaj) } \dots\dots (75)$$

Formule (74) i (75) imaju isto značenje kao i formule (42), (43) i (44) u originalnoj MOORA metodi.

Sa druge strane, u slučaju rešavanja polu(semi)-struktuiranih problema, prvi deo formule (73) koji uključuje uticaj kriterijuma čije su vrednosti izražene preko crisp brojeva, nema uticaja na indeks performansi i stoga se formula (73) može transformisati u sledeći oblik:

[1] kada kriterijumi imaju iste težine:

$$y_i^* = (1-\lambda) \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} x_{ij} - \sum_{j \in \Omega_G^-} x_{ij} \right) + \lambda \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} \bar{x}_{ij} - \sum_{j \in \Omega_G^-} \bar{x}_{ij} \right) \dots\dots\dots(76)$$

[2] kada donosioci odlika nemaju preferencije:

$$y_i^* = \frac{1}{2} \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j x_{ij} - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j x_{ij} \right) + \frac{1}{2} \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \bar{x}_{ij} - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \bar{x}_{ij} \right) \dots\dots\dots(77)$$

[3] kada donosioci odluka nemaju preferencije i kriterijumi imaju iste težine:

$$y_i^* = \frac{1}{2} \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} x_{ij} - \sum_{j \in \Omega_G^-} x_{ij} \right) + \frac{1}{2} \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} \bar{x}_{ij} - \sum_{j \in \Omega_G^-} \bar{x}_{ij} \right) \dots\dots\dots(78)$$

Tokom rešavanja problema, tj. rangiranja alternativa, stav donosioca odluka može ležati između pesimističkog i optimističnog, upravo koeficijent beljenja λ omogućava izražavanje stepena pesimizma ili optimizma donosioca odluka.

U slučaju posebno izraženog optimizma, koeficijent beljenja λ , u skladu sa formulom (61b), oblast 2.3.2.2., uzima veće vrednosti ($\lambda \rightarrow 1$) i rangiranje alternativa je uglavnom bazirano na gornjim granicama intervala pomoću kojih je i iskazana ukupna vrednost svake alternative $y_{i(\lambda=1)} = \bar{y}_i^*$. Sa druge strane, u slučaju posebno izraženog pesimizma, koeficijent beljenja λ , u skladu sa formulom (61b) oblast 2.3.2.2., uzima manje vrednosti ($\lambda \rightarrow 0$) i rangiranje alternativa je uglavnom bazirano na donjim granicama intervala $y_{i(\lambda=0)} = \underline{y}_i^*$.

3.1.3. ETAPA 3: određivanje ukupnog indeksa performansi na osnovu *Pristupa referentne tačke MOORA metode*

Najprikladnija alternativa zasnovana na *pristupu referentne tačke MOORA metode* (eng. *Reference Point Approach of the MOORA Method*) kada su vrednosti alternativa izražene konkretnim (tačnim) vrednostima, se može odrediti uz pomoć formule (o čemu je bilo reči u poglavlju 2.2.2.6):

$$\min_i \max_j d_{ij} \dots\dots\dots(79)$$

$$d_{ij} = |r_j - x_{ij}^*|; \dots\dots\dots(80)$$

$$r_j = \begin{cases} \max_i x_{ij}^* & \text{za prihodne kriterijum e} \\ \min_i x_{ij}^* & \text{za rashodne kriterijum e} \end{cases} \dots\dots\dots(81)$$

gde je: x_{ij}^* normalizovana vrednost alternative i u odnosu na kriterijum j ; r_j je j -ta koordinata referentne tačke; d_{ij} je apsolutna vrednost rastojanja alternative i u odnosu na j -tu koordinatu referentne tačke; $i = 1, 2, \dots, m$ za alternative; $j = 1, 2, \dots, n$ za kriterijume.

Međutim, ova formula mora da se prilagodi u slučajevima kada se *pristup referentne tačke MOORA metode* koristi za rešavanje kompleksnih problema iz realnog života. Da bi se detaljno objasnio *novi pristup (autora)*, počinje se sa min-max metrikom definisanom formulom (79).

U cilju rešavanja mnogih kompleksnih problema iz realnog života, vrednosti kriterijuma su istovremeno izraženi preko crisp i intervalnih sivih brojeva. U ovom slučaju, referentna tačka se ne može adekvatno izraziti jednostavno uz pomoć tačke u n -dimenzionalnom prostoru. Smatramo da je *referentna siva tačka* prikladnije rešenje, gde koordinate ove tačke mogu biti i crisp i intervalni sivi brojevi u zavisnosti od toga koji tip vrednosti imaju alternative u odnosu na izabrane kriterijume. Stoga, za definisanje d_{ij} i r_j za kriterijum j za različite slučajeve, predlaže se sledeće:

- [1] *za kriterijum j sa crisp vrednostima*, odgovarajuća koordinata referentne sive tačke može se izračunati koristeći formulu (81), a rastojanje od referentne tačke uz pomoć formula (80) i formule:

$$d_{ij} = s_j |r_j - x_{ij}^*| \text{ kada kriterijumi imaju različite težine } s_j. \dots\dots\dots(82)$$

- [2] *za kriterijume čije su vrednosti izražene uz pomoć sivih intervalnih brojeva*, formule su kompleksnije, pogotovu kada donosioci odluka imaju mogućnost da izraze svoje stavove o optimizmu ili pesimizmu. Iz tog razloga, polazimo od sledećih formula:

$$d_{ij} = (1 - \lambda) \underline{d}_{ij} + \lambda \bar{d}_{ij}; \text{ ili } \dots\dots\dots(83)$$

$$d_{ij} = s_j \left((1 - \lambda) \underline{d}_{ij} + \lambda \bar{d}_{ij} \right) \dots\dots\dots(84)$$

kada kriterijumi imaju *različite težine* s_j , gde je:

$$\underline{d}_{ij} = |r_j - \underline{x}_{ij}^*|; \text{ i } \dots\dots\dots(85)$$

$$\bar{d}_{ij} = |\bar{r}_j - \bar{x}_{ij}^*|, \dots\dots\dots(86)$$

pri čemu je: λ - koeficijent beljenja; \underline{d}_{ij} i \bar{d}_{ij} rastojanje alternative i u odnosu na j -tu koordinatu referentne sive tačke; s_j - težina kriterijuma j ; $i = 1, 2, \dots, m$ za alternative; $j = 1, 2, \dots, n$ za kriterijume.

U predloženom pristupu, svaka koordinata referentne sive tačke je predstavljena odgovarajućim intervalnim sivim brojevima čije su granice definisane uz pomoć formula:

$$\left. \begin{array}{l} \bar{r}_j = \max_i x_{ij}^* \\ \underline{r}_j = \min_i x_{ij}^* \end{array} \right\} \text{ za prihodne kriterijume; } i \dots \dots \dots (87)$$

$$\left. \begin{array}{l} \bar{r}_j = \min_i x_{ij}^* \\ \underline{r}_j = \max_i x_{ij}^* \end{array} \right\} \text{ za rashodne kriterijume } \dots \dots \dots (88)$$

U zavisnosti od preferencija donosioca odluka, tj. vrednosti koeficijenta beljenja, formule (83) i (84) mogu imati sledeće specifične oblike:

[1] u slučaju *krajnje pesimističnog stava* donosioca odluka, ($\lambda=0$):

$$d_{ij(\lambda=0)} = \begin{cases} \underline{d}_{ij} & \text{kada kriterijum } i \text{ imaju iste težine;} \\ s_j \underline{d}_{ij} & \text{kada kriterijum } i \text{ imaju različite težine.} \end{cases} \dots \dots \dots (89)$$

[2] u slučaju *umerenog optimizma* ili kada donosioc odluka nema jasno izražene preferencije, ($\lambda=0.5$):

$$d_{ij(\lambda=0.5)} = \begin{cases} (\underline{d}_{ij} + \bar{d}_{ij}) / 2 & \text{kada kriterijum } i \text{ imaju iste težine} \\ s_j (\underline{d}_{ij} + \bar{d}_{ij}) / 2 & \text{kada kriterijum } i \text{ imaju različite težine} \end{cases} \dots \dots \dots (90)$$

[3] i konačno, u slučaju *krajnje optimističkog stava* donosioca odluka, ($\lambda=1$):

$$d_{ij(\lambda=1)} = \begin{cases} \bar{d}_{ij} & \text{kada kriterijum } i \text{ imaju iste težine} \\ s_j \bar{d}_{ij} & \text{kada kriterijum } i \text{ imaju različite težine} \end{cases} \dots \dots \dots (91)$$

Prilog 2 dokazuje da je formula (84) bolje rešenje za definisanje rastojanja alternativa od referentne tačke u ovom pristupu MOORA metode za slučaj intervalnih sivih brojeva.

3.2. EMPIRIJSKI DEO

„When the going gets tough, the tough get empirical“
Jon Carroll

3.2.1. Izbor kriterijuma i alternativa

Kako je u prethodnom odeljku 3.1. razvijeno novo proširenje MOORA metode višekriterijumskog odlučivanja: GREY MOORA i detaljno prikazana njena metodologija, što samo po sebi predstavlja *naučni doprinos ove doktorske disertacije, u ovom delu ćemo se pozabaviti dokazom praktične primenljivosti razvijene metode*. U okviru zaključka, kada budemo govorili o budućim istraživanjima, biće naveden veliki broj oblasti u kojima se očekuje primena GREY MOORA metode, dok je *za svrhe ove disertacije izabrana oblast primene u okviru internet informacionih resursa*. Sama po sebi, ova oblast je jako široka i obuhvata sve moguće izvore informacija koji se mogu dobiti putem interneta. Kako je uočen rastući trend upotrebe interneta u obrazovne i naučne svrhe, bilo upotrebom web prezentacija stranica fakulteta i instituta, dalje upotrebom elektronskih baza časopisa, disertacija, sve većim korišćenjem platformi za e-learning, te kako nema velikog broja radova iz ove oblasti, *ukazala se potreba za verifikacijom nove metode upravo u ovoj podoblasti internet informacionih resursa*.

„Visoko obrazovanje je danas postalo deo globalnog pokreta prema novom načinu stvaranja i korišćenja znanja. Nov način je fokusiran na rešavanje problema, osetljiv je na potrebe korisnika, ulaže velike napore u kvalitet i kvantitet, te prelazi granice na putu prema interdisciplinarnosti. U ekonomiji zasnovanoj na znanju, vlada gleda univerzitete kao pokretače društvenih promena i ekspanzije napretka. Biti konkurentan na svetskom tržištu, danas znači ulagati u visoko obrazovanje. Paralelno s ulaganjem države u visoko obrazovanje, univerziteti moraju sami pronalaziti dodatna nevladina sredstva finansiranja. Institucije koje su donedavno bile okrenute isključivo prema svoje tri primarne funkcije: podučavanju, istraživanju i služenju društvu, sada se moraju okrenuti preduzetništvu i komercijalizaciji. Studenti s druge strane zahtevaju sve više, odrastaju spojeni na internetom 24 sata dnevno, te su uz takvu dostupnost znanja i informacija sve više zahtevniji i kritičniji prema nekvalitetnim obrazovnim i akademskim internet sadržajima (konkretno se misli na fakultetske web stranice).“⁴⁹ S'obzirom da je internet postao daleko značajniji resurs za komunikaciju fakulteta sa okolinom, to je dizajniranje i održavanje web stranica sada daleko odgovorniji posao. Kako web stranice predstavljaju ogledalo fakulteta, neophodno je da one budu kvalitetno izrađene.

Upravo iz tog razloga javlja se *potreba za evaluacijom kvaliteta web stranica* (fakultetskih i akademskih) preko izbora adekvatnog skupa kriterijuma kojim bi se ocenio kvalitet web stranice i skrenula pažnja na značajnost istih. Kako imamo veliki broj kvalitativnih kriterijuma (koje ćemo transformisati u numeričke vrednosti) za ocenu odnosno evaluaciju, *u pitanju je problem višekriterijumskog odlučivanja (MCDM)*. Dakle osnovni cilj rešavanja ovog problema je evaluacija fakultetskih internet resursa definisanjem skupa kriterijuma, dok će se kasnije odabirom skupa alternativa i upotrebom višekriterijumskih metoda odlučivanja (među kojima je i novo proširenje GREY MOORA), izvršiti rangiranje izabranih alternativa (fakultetski internet resursi) i utvrditi njihov poredak, sve u cilju uočavanja preferencija internet korisnika (studenti, profesori) prilikom pretraživanja ili pronalaženja određenih obrazovnih web sadržaja. Šta jedan internet resurs (prezentacija, stranica) treba da sadrži i koji kriterijumi kvaliteta imaju veći značaj za korisnike kako bi na najefikasniji način stigli do željene informacije, pitanje je na koje odgovor trebamo da damo u okviru *društvenog doprinosa ove disertacije*.

3.2.1.1. Izbor kriterijuma

Nakon definisanja MCDM problema i postavljenog cilja rešavanja tog problema, potrebno je definisati veći broj kriterijuma koji opisuju taj problem. *Izbor kriterijuma uglavnom nije jednostavan zadatak i ima esencijalnu ulogu i uticaj na krajnje rešenje.*

O izboru kriterijuma za evaluaciju internet informacionih resursa bilo je reči u okviru poglavlja 1.7. i 2.4.4. gde je naveden veliki broj autora i njihova spoznaja kriterijuma od značaja za evaluaciju internet resursa. Zaključak je bio da različiti autori predlažu ne samo različite kriterijume već i različit broj kriterijuma za evaluaciju internet informacionih resursa. U zavisnosti od toga koji se internet resursi posmatraju, značajnost kriterijuma se menja. Shodno tome, predloženi kriterijumi često imaju različito značenje i različiti uticaj na ukupni kvalitet web stranica. Na primer, web stranice fakulteta imaju različitu svrhu od recimo web stranica koje su samo informativnog karaktera ili stranica za e-trgovinu, internet stranica za komunikaciju i upoznavanje itd., pa je stoga potrebno precizno definisati posebne kriterijume za ocenu web stranica fakulteta.

U početku je posmatran veliki broj kriterijuma koji utiču na kvalitet internet informacionih resursa: relevantnost autora, tačnost sadržaja, kompletnost sadržaja, ažurnost, interaktivnost, dizajn, ciljana publika, kredibilitet, upotrebljivost, preciznost, pokrivenost, pristupačnost, navigacija, funkcionalnost, dostupnost web sajta, personalizacija, jednostavnost korišćenja, greške, brzina učitavanja i drugi. *Uzimajući u obzir i literaturu koja se bavi ovom*

tematikom, kao i činjenicu da ćemo se ograničiti na akademske i fakultetske internet resurse, od 8 kriterijuma koji su ušli u uži izbor (sadržaj, ažuriranje, navigacija i jednostavno korišćenje, tačnost i potpunost informacija, pouzdanost informacija, dizajn, studentski web servis, naučno-istraživački rad), izabrano je 7 kriterijuma (tačnost i potpunost informacija, pouzdanost informacija su spojeni u jedan kriterijum). Smatra se da se kriterijum pouzdanosti u slučaju fakultetskih internet resursa podrazumeva tj. da ipak iza svake internet stranice fakulteta stoji sam fakultet kao organizacija i da kriterijum pouzdanosti u ovom slučaju nije sporan (za razliku od internet informacionih resursa koji se odnose na druge oblasti, gde je kriterijum pouzdanosti od velike važnosti, pri čemu verovatno ima i najveći značaj).

Dakle, kriterijumi koji su izabrani za rešavanje višekriterijumskog problema odlučivanja koji se odnosi na kvalitet fakultetskih internet informacionih resursa i koje ćemo primenjivati dalje prilikom rangiranja alternativa (fakultetskih web stranica) su:

- C1. sadržaj (*eng. Content*);
- C2. ažuriranje (*eng. Currency; Up to Date*);
- C3. navigacija i jednostavno korišćenje (*eng. Navigability and Ease of Use*);
- C4. tačnost, potpunost i pouzdanost informacija (*eng. Accuracy and Authority*);
- C5. dizajn (*eng. Design*);
- C6. studentski web servis (SWS) (*eng. Student's Web Service*);
- C7. naučno-istraživački rad (NIR) (*eng. Scientific Research*).

U tabeli 3.2.1. su dati izabrani kriterijumi zajedno sa opisom njihovih karakteristika. Smatramo da je opis karakteristika svakog od kriterijuma dovoljan kako bi se shvatilo na šta se kriterijumi odnose, tako da kriterijume nećemo dodatno detaljnije opisivati.

Tabela 3.2.1. Izabrani kriterijumi evaluacije i njihove karakteristike

Kriterijumi	Karakteristike kriterijuma
Sadržaj	<ul style="list-style-type: none"> • Informacije objavljene na web stranici su prikladne, jasne i razumljive; • Sveobuhvatnost i relevantnost sadržaja; • Količina i raznovrsnost informacija: <ul style="list-style-type: none"> – web stranica ima bar neke od sledećih celina (početna, o fakultetu, nastavno osoblje, kontakt, studentski servis, upis, studije, vesti, biblioteka, web-mail...); – Web stranica postoji na ćirilicom i latinićnom alfabetu i identična je na oba; – Web stranica postoji na najmanje jednom stranom jeziku.
Ažuriranje	<ul style="list-style-type: none"> • Web stranica fakulteta se redovno ažurira: <ul style="list-style-type: none"> – svi linkovi su ažurirani; nepostojanje mrtvih linkova; – jasno vidljiv datum poslednjeg ažuriranja stranice; • Na web stranici postoji „Arhiva“ za zastarele (korisne) informacije; • Na web stranici fakulteta su informacije aktuelne i pravovremeno objavljene.

<i>Navigacija i jednostavno korišćenje</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Postoje više alternativnih načina navigacije na web stranici; • Dobra funkcionalna struktura i uređenje web stranice; • Na stranici postoji dobar sistem pretrage (opcija <i>Search</i>) i <i>online</i> pomoć; • Obezbeđena je mapa sajta; • Navigacija na web stranici je jednostavna i laka za upotrebu; • Adekvatan sistem menija i prečica; • Web stranica se brzo i lako učitava.
<i>Tačnost, potpunost i pouzdanost informacija</i>	<p><i>Tačnost, potpunost</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Informacije na web stranici su bitne, precizne, jasne i razumljive; • Jasno navedeni izvori informacija; • Informacije se „drže teme“ i zadovoljavaju Vaša očekivanja i potrebe pretraživanja web stranice; • Uočavanje (i štampanje) određenih informacija sa lakoćom. <p><i>Pouzdanost</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Koliko domen web stranice (.edu, .ac, .gov) utiče na Vaše poverenje prema sajtu? • Jasno naveden pripadajući Univerzitet fakulteta; • Dostupni su kontakti (e-mail, telefon..) organizacije; • Da li postoje opcije „O nama“, „Akreditacija“, „Biografije“, „Akti Fakulteta“?
<i>Dizajn</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Interesantan i privlačan izgled stranice; • Dizajn web stranice fakulteta je u skladu sa sadržajem; • Upotreba multimedija kako bi se web stranica učinila vizuelno atraktivnom; • Dizajn web stranice ima odgovarajući izbor fonta, boja i slika.
<i>Studentski web servis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Na web stranici fakulteta nalazi se: <ul style="list-style-type: none"> – sve o upisu – vodič za studente; – kalendar nastave i raspored časova; – raspored polaganja ispita i rezultati ispita; – obaveštenja; – materijali sa predavanja, testovi za proveru znanja, razni materijali za učenje; – studentski forum; • Postoji mogućnost on-line prijave ispita na web stranici fakulteta.
<i>Naučno-istraživački rad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Na web stranici fakulteta se mogu naći korisne informacije o: <ul style="list-style-type: none"> – istraživanjima i projektima; – izdavačkoj delatnosti i časopisima; – naučnim konferencijama; – biblioteci.

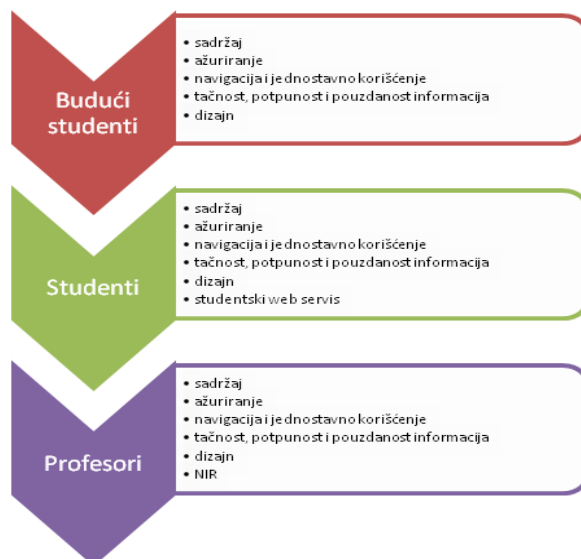
Razlozi zbog čega su izabrani navedeni kriterijumi

Potencijalni korisnici web stranica fakulteta (budući i sadašnji studenti, profesori, roditelji i drugi), obično pre donošenja odluke o studiranju ili saradnji, posećuju web stranicu da bi dobili željene informacije. Upravo te informacije mogu imati presudan uticaj na njihovu odluku da li će kontakt uopšte i ostvariti. Stoga su navedeni kriterijumi evaluacije kvaliteta fakultetskih internet informacionih resursa (IIR) izabrani upravo da obuhvate zajedničke i pojedinačne zahteve svih potencijalnih korisnika (slika 3.2.1.).

Cilj prezentovanja fakulteta na web-u jeste da se pruže potrebne informacije o delatnostima fakulteta, studijskim programima, nastavnim planovima, aktivnostima, istraživačkim programima, stipendijama i dr. Ovaj aspekt je jako bitan za informacije koje su potrebne budućim (potencijalnim) studentima fakulteta. Stoga su važni kriterijumi za ocenu kvaliteta web stranica fakulteta *sadržaj, ažuriranje i tačnost, potpunost i pouzdanost informacija*. Kako web stranice služe za reklamiranje i promociju fakulteta, tj. pružaju sliku korisnicima o fakultetu, tako je neophodno da one budu dobro dizajnirane, jasne, precizne, lake za razumevanje. Za ocenu ovog dela bitni su kriterijumi: *navigacija i jednostavno korišćenje i dizajn web stranice*.

Mali broj autora se bavio dubljom analizom web stranica fakulteta, a s obzirom na to da one imaju daleko važniju upotrebu i veliki značaj za studente u informatičkom dobu, pružanjem određenih usluga: on-line prijava ispita, konsultacije sa profesorima na web-u, dostupnost materijala sa predavanja i mnoge druge. Stoga je pored ostalih izabran još jedan kriterijum za ocenu kvaliteta web stranice, a to je *studentski web servis*, kao kriterijum koji se ne javlja kod drugih autora koji su se bavili tematikom evaluacije IIR. Web stranica fakulteta obogaćuje studentima nastavu, učenje i istraživanja, pružajući im otvorene, pristupačne i interaktivne vidove komunikacije. Fakulteti uz pomoć svojih web stranica treba da podstiču svoje studente na široko korišćenje weba kao alata za učenje i komunikaciju.

Još jedan bitan kriterijum za evaluaciju konkretno fakultetskih internet resursa, ali sada posmatran sa aspekta profesora, članova akademske zajednice, je *naučno-istraživački rad* (NIR). Zahvaljujući napretku tehnike i tehnologije, kao i prednostima koje nudi internet, pomoću web stranica fakulteta profesori su u mogućnosti da usavrše svoja znanja, da bolje koncipiraju svoja predavanja, da uporede svoju metodologiju rada sa radom njihovih kolega širom sveta, da dobiju osnovne informacije o mogućim simpozijumima, projektima, izdavačkoj delatnosti fakulteta, časopisima, kako bi mogli da pišu i objavljuju naučne radove, da ostvare saradnju sa profesorima drugih fakulteta u cilju primene naučnih saznanja kroz naučno-istraživački rad i sl.



Slika 3.2.1. Kriterijumi evaluacije kvaliteta web stranica fakulteta sa aspekta njihovih potencijalnih korisnika

Kriterijumi predstavljaju različite dimenzije iz kojih se alternative mogu posmatrati. Stoga, za potpuno definisanje jednog višekriterijumskog problema odlučivanja, osim kriterijuma, potrebno je izvršiti selekciju alternativa.

3.2.1.2. Izbor alternativa

Alternative predstavljaju različite izbore akcija koje su na raspolaganju donosiocu odluke. Određivanje skupa alternativa po pravilu je jedan od početnih koraka višekriterijumskog odlučivanja, pored definisanja kriterijuma. Alternative su moguća rešenja koja odgovaraju, manje ili više, ostvarenju cilja problema odlučivanja. Osnovna definicija je sledeća: *Skup alternativa A je osnovni skup objekata, odluka, kandidata itd., koji se proučava tokom procesa odlučivanja.* Obično se zadaje na jedan od sledećih načina:

1. ispisivanjem svih elemenata skupa A (u slučajevima kada je A konačan skup sa dovoljno malo elemenata za takav ispis) ili
2. zadavanjem jednog ili više svojstava koja zadovoljavaju svi elementi skupa A (u slučajevima kada je A ili beskonačan ili konačan, ali prevelik za ispisivanje).

Kako je cilj ove doktorske disertacije evaluacija internet informacionih resursa, s'obzirom da smo na početku ovog poglavlja, napomenuli da će se u okviru internet informacionih resursa pažnja usmeriti na fakultetske internet resurse (web stranice) i kako smo definisali kriterijume za njihovu evaluaciju, potrebno je sada *izabrati alternative, odnosno web stranice fakulteta* pomoću kojih će se utvrditi uticaj i značaj izabranih kriterijuma i izvršiti proces rangiranja višekriterijumskim metodama odlučivanja (MCDM) i pri tom verifikovati novo proširenje MOORA metode - GREY MOORA.

Stoga, ukoliko se kao alternative posmatraju internet informacioni resursi (IIR) odnosno internet stranice (konkretno - visokoškolskih institucija), možemo govoriti o verifikaciji MCDM metoda u rangiranju i određivanju kvaliteta fakultetskih web stranica (IIR-a). Ovde je cilj da se na osnovu identifikovanih alternativa (web stranica) i posebno izabranih kriterijuma po kojima će se one vrednovati, da poredak istih, od najbolje ka najgoroj, kako bi administrator, web dizajner mogao da proceni koji se kriterijumi najviše cene od strane korisnika internet usluga (akademske populacije) i da na osnovu dobijenih rangova odredi kako treba da izgleda internet informacioni resurs koji se tiče visokoškolskog obrazovanja koji će u najvećoj mogućoj meri uticati na zadovoljstvo korisnika.

Dakle, alternative će u našem slučaju biti fakultetske web strane (sajtovi). Da bi istraživanje bilo adekvatno, utvrđeno je da bi optimalan broj alternativa iznosio 10. Ukoliko bi taj broj bio veći, to bi umnogome otežalo proces evaluacije od strane ispitanika, odnosno anketnog ocenjivanja svake od alternativa po svakom kriterijumu (ima ih 7).

Način izbora 10 alternativa sastoji se u sledećem: od ukupno 146 registrovanih fakulteta na teritoriji Srbije (od kojih gotovo svi imaju svoju web stranicu), 88 čine državni fakulteti, a 58 čine fakulteti koji su u privatnom vlasništvu. Da bi selekcija 10 alternativa bila uniformna, od 88 državnih fakulteta koji čine 60% ukupnog broja fakulteta, izabrano je 6 fakulteta (3 sa Beogradskog i po 1 sa Niškog, Kragujevačkog i Novosadskog univerziteta). Ostale 4 alternative izabrane su iz redova privatnih fakulteta čiji je udeo 40% u ukupnom broju fakulteta u Srbiji (2 fakulteta sa Megatrend univerziteta i po 1 sa Singidunum i Union univerziteta). U sledećoj tabeli je dat izbor fakulteta, pri čemu je naveden univerzitet kome pripadaju i web adresa fakulteta.

Tabela 3.2.2. Izbor alternativa $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$

Naziv fakulteta	Univerzitet	web adresa
Ekonomski fakultet	Beograd	http://www.ekof.bg.ac.rs/
Elektrotehnički fakultet	Beograd	http://www.etf.bg.ac.rs/
Rudarsko-geološki fakultet	Beograd	http://www.rgf.bg.ac.rs/
Prirodno-matematički fakultet	Niš	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php
Fakultet tehničkih nauka	Novi Sad	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka
Fakultet inženjerskih nauka	Kragujevac	http://www.mfkg.rs/
Fakultet za menadžment-Zaječar	Megatrend	http://www.fmz.edu.rs/
Fakultet za poslovne studije	Megatrend	http://www.megatrend.edu.rs/fps/
Fakultet za turistički i hotelijerski menadžment	Singidunum	http://fthm.singidunum.ac.rs/
Beogradska bankarska akademija - Fakultet za bankarstvo, osiguranje i finansije	Union	http://www.bba.edu.rs/

Navedene internet stranice fakulteta predstavljaju izabranih 10 alternativa. Kako je cilj ove disertacije ukazati na kriterijume koji bi mogli poboljšati i unaprediti svrsishodnost jednog internet resursa, kao i verifikovati razvijeno proširenje MOORA metode kroz rangiranje izabranih alternativa, navedene web stranice fakulteta ćemo označiti alternativama $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$, bez određenog redosleda, kako bi izbegli moguće komentare vezane za rang istih. Dakle alternative (web stranice fakulteta) su izabrane isključivo da bi se utvrdilo kako MCDM metode funkcionišu prilikom njihovog rangiranja u odnosu na izabrane kriterijume i izvršila kasnija verifikacija modela, stoga u interesu nije proglasiti ili promovisati određene stranice (prezentacije) fakulteta kao najbolje.

3.2.2. Prikaz sprovedene ankete i rezultata

Pristup koji se koristi u ovoj doktorskoj disertaciji je kombinovani pristup koji integriše primenu kvantitativnih i kvalitativnih metoda. „U okviru kombinovane metode se koriste anketni upitnici, prikupljaju se i analiziraju i tekstualni i numerički podaci, koriste statističke obrade prikupljenih podataka i metode za višekriterijsko odlučivanje. Odabrana metodologija istraživanja je paralelna transformativna strategija u kojoj se koriste i određena teoretska znanja kako bi se provelo istraživanje u kojem se istovremeno prikupljaju i kvalitativni i kvantitativni podaci.

Metoda ankete je jedna od najčešćih metoda za prikupljanje podataka u društvenim istraživanjima. To je postupak kojim se grupi ispitanika upućuje anketni upitnik, a na temelju njihovih pisanih odgovora se istražuju podaci, informacije, stavovi i mišljenja o predmetu istraživanja.”⁴⁹

Anketa koja je sprovedena za potrebe ove doktorske disertacije imala je za *cilj* sledeće:

1. **vrednovanje značaja kriterijuma** koji utiču na kvalitet web stranica fakulteta;
2. **ocenjivanje web stranica** na osnovu zadatih kriterijuma.

Osmišljena je kao kombinacija AHP upitnika i skala procene. Upitnici su kreirani na način koji će pomoći očuvanju integriteta i konzistentnosti podataka. *Anketni upitnik* se sastoji iz tri dela i dat je u **prilogu 3** (7.3) :

- I. u prvom delu upitnika dat je sažet opis kriterijuma koji utiču na kvalitet web stranice fakulteta, u cilju upoznavanja ispitanika sa karakteristikama svakog pojedinačnog kriterijuma;
- II. drugi deo upitnika podrazumeva poređenje značaja kriterijuma po AHP metodi. U ovom delu ispitanici prvo upoređuju dva kriterijuma po značajnosti, a potom se ocenama od 1 do 9 (*Saatyjeva* skala), vrednuje jačina dominacije jednog

kriterijuma u odnosu na drugi i tako određuje njihov prioritet pri oceni web stranica. Podaci iz ovog dela upitnika dalje se obrađuju primenom AHP metode, kojom se određuju relativne težine značaja kriterijuma ukoliko je ispitanik dao odgovore koji su konzistentni (određuje se stepenom konzistencije CR koji treba da bude manji od 0.1 (10%));

- III. treći deo se odnosi na ocenjivanje fakultetskih web stranica ocenama od 1 do 10 po svakom kriterijumu ponaosob (1 - najgora ocena, 10 - najbolja). Ispitanici ocenjuju koliko je svaki od navedenih kriterijuma zastupljen na web stranici, pri čemu se njihov intenzitet rangira ocenama 1-10. Ovi podaci se dalje koriste za formiranje matrice odlučivanja na osnovu koje će se uz pomoć različitih MCDM metoda izvršiti rangiranje web stranica fakulteta na osnovu zadatih kriterijuma.

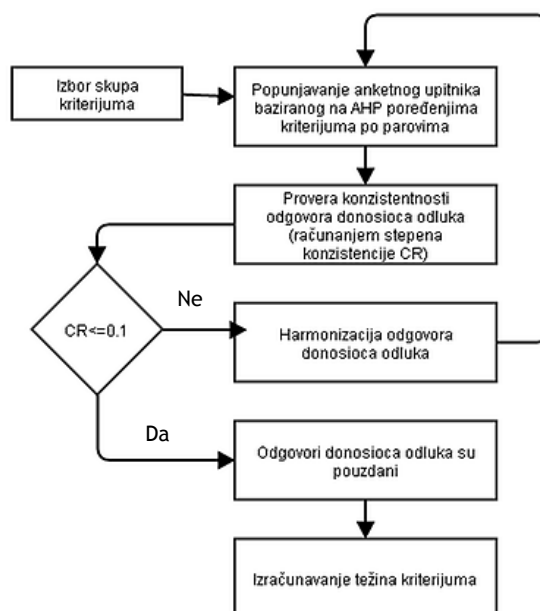
U okviru prikaza sprovedene ankete, najveću pažnju ćemo posvetiti upravo *II delu koji se odnosi na AHP upitnik*. Prednost ovog upitnika u odnosu na ostale vrste anketnih upitnika zapazilo je veliki broj naučnika i istraživača, između ostalih i Yuji Sato (2009)¹⁵⁵, gde se značaj i specifičnost ovakvog anketiranja ogleda u sledećem:

- AHP - sistem podrške za donošenje odluka može biti jedan od načina za formiranje anketnih upitnika, zbog mogućnosti da reflektuje relativni značaj ljudske percepcije određenog problema iako zahteva da ispitanici odgovaraju na kompleksna pitanja;
- koristi se u situacijama kada se odluka (izbor neke od raspoloživih alternativa i njihovo rangiranje) temelji na većem broju kriterijuma koji imaju različitu važnost i/ili koji se izražavaju pomoću različitih skala;
- vrednost AHP-a i ankete bazirane na njemu je manje u implementiranom matematičkom aparatu iz domena matrične algebre, već je više u sposobnosti da modelira rasuđivanje i iskustvo donosioca odluka pri hijerarhijskom razvrstavanju, povezivanju i vrednovanju često potpuno raznorodnih elemenata na više hijerarhijskih nivoa.

Razvijeni AHP upitnik je testiran na uzorku veličine 50 ispitanika (studentata, potencijalnih studentata i profesora). Anketu su ispitanici popunjavali na Fakultetu za menadžment u Zaječaru, dok je profesorima i studentima van teritorije Zaječara, anketa prosleđena e-mailom. Da bi konzistentnost odgovora u anketi (posebno se misli na II deo

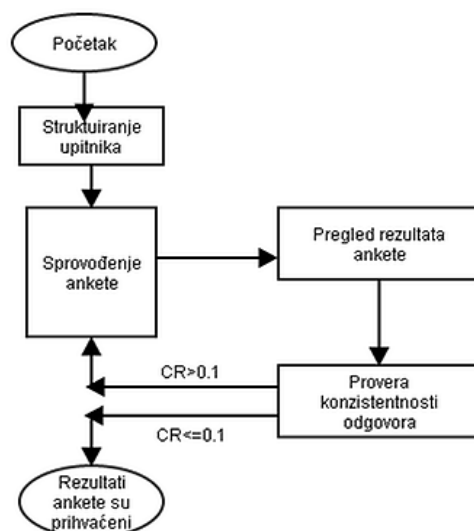
¹⁵⁵ Sato Y. (2009). How To Measure Human Perception In Survey Questionnaires. *International Journal of Analytic Hierarchy Process*. Vol 1, No 2

upitnika) bila što veća, tj. da bi se obezbedili podaci dobrog kvaliteta, svi ispitanici su pre popunjavanja ankete morali da se upoznaju sa osnovnim principima funkcionisanja AHP metode, Saatyjeve skale i značajem kriterijuma. To je učinjeno: (1) usmenim putem - profesori na Fakultetu za menadžment, master studenti koji su već slušali o MCDM metodama na predmetu Inteligentni sistemi i poslovno odlučivanje; (2) pismenim putem - putem maila u vidu sažetog objašnjenja koje je prethodilo anketi, sa osnovnim informacijama u vezi AHP metode i širim opisom postupka poređenja u parovima i korišćenja skale. Ispitanicima je posebno skrenuta pažnja na značaj dobijanja konzistentnih odgovora prilikom poređenja kriterijuma po parovima. Pravilo po kome su popunjene ankete uzimane u obzir je bilo da stepen konzistentnosti odgovora CR bude manji ili jednak 0.1 (10%) tzv. (eng. Cut-off Rule) (slika 3.2.2).



Slika 3.2.2. Postupak primene AHP upitnika

Ankete ispitanika čiji je CR bio daleko veći od 0.1 nisu dalje uzimane u obzir, a za one sa $0.1 < CR < 0.3$ sprovedeno je dvofazno istraživanje (slika 3.2.3.) - II deo upitnika je vraćen ispitaniku na doradu (ispitanici su morali iterativno da ponavljaju postupak ocenjivanja kriterijuma AHP metodom) kako bi se dobila zadovoljavajuća konzistentnost odgovora tj. postigao prag od $CR \leq 0.1$. Na kraju je od 50 anketiranih ispitanika njih 13 (8 profesora, 5 studenata) imalo konzistentne odgovore i njihove ankete odnosno mišljenje koje se tiče poređenja kriterijuma po parovima i ocena web stranica je uzeto u obzir i prihvaćeno je kao osnova za dalja izračunavanja.



Slika 3.2.3. Iterativan postupak sprovođenja AHP upitnika

Ova anketa je jako zahtevna za ispitanike jer ne zadovoljava klasične anketne forme, već je, da bi se popunila, potrebno:

- predznanje vezano za poređenje kriterijuma po AHP metodi kako bi stepen konzistentnosti bio zadovoljavajući (time je i obezbeđena veća tačnost pri izračunavanju težina-značajnosti kriterijuma i izbačena mogućnost protivurečnosti kod poređenja);
- mnogo uloženog vremena u pregledavanju svakog izabranog fakultetskog internet resursa kako bi se isti ocenio po svakom od 7 kriterijuma (treba u potpunosti shvatiti na šta se odnosi svaki kriterijum, pre nego što se počne sa njihovim ocenjivanjem).

To je bio, pored uslova da je stepen konzistentnosti $CR \leq 0.1$, još jedan ograničavajući faktor zbog koga nije uzet veliki uzorak, ali su zato rezultati i ocene dobijene anketom u potpunosti validne i konzistentne (postojane, održive). Dakle, ispitanici se u našem slučaju ne smatraju "slučajno izabranim prolaznicima", već licima koji su upućeni u materiju i čije se mišljenje poštuje i koristi kao polazna osnova za dalja izračunavanja, dakle možemo ih slobodno smatrati *donosiocima odluka*.

Razlog zbog čega je izabrana anketa kao jedan od načina za obezbeđivanje polaznih vrednosti (težine kriterijuma i ocene web stranica po kriterijumima) koji će biti osnova za dalja izračunavanja do konačnog definisanja modela evaluacije internet informacionih resursa je *primena grupnog odlučivanja i integrisanja različitih mišljenja* i uvođenje empirijske dimenzije. Upoređivanje po parovima koje je temelj AHP metode, omogućilo je donosiocima odluka grupnog odlučivanja da procene koji od navedenih kriterijuma za ocenu kvaliteta web stranice ima veći značaj iz njihovog ugla posmatranja.

Diskusija o potrebnom broju ispitanika

Kako je bilo reći o specifičnosti AHP upitnika, potrebno je pozabaviti se i pitanjem minimalnog broja ispitanika sa konzistentnim odgovorima kod AHP upitnika koje treba uzeti u razmatranje prilikom istraživanja. Kryvobokov M. (2005)¹⁵⁶ je istakao kao prednost ovog načina anketiranja upravo mali broj potrebnih ispitanika. Kauko (2002)¹⁵⁷ je naveo da je najbitnije izabrati skup ispitanika iz relevantnih grupa eksperata, smisleno - ne na slučajan način. Kada su ispitanici pažljivo izabrani, potrebno pokrivanje broja ispitanika se može postići i sa maksimalno 20 ispitanika. Battistoni E. (2013)¹⁵⁸, zaključuje da, sudeći po literaturi i AHP pouzdanim izvorima, između 75.7% i 92.9% ukupno anketiranih ispitanika nemaju odgovarajući stepen konzistentnosti odgovora i smatraju se nepouzdanim. Konzistentnih ispitanika ima tako malo da bi svaka analiza podataka bila dovedena u pitanje zbog niske statističke značajnosti.

Kao posledica toga javlja se pitanje da li treba obraditi samo nekoliko konzistentnih anketa (uvažavajući najprihvaćeniji postupak u AHP analizi rezultata) i izgubiti na statističkoj značajnosti ili zadovoljiti statističke okvire i uzeti u obzir ceo uzorak bez tzv. cut-off ograničenja i time izgubiti na konzistentnosti i pouzdanosti odgovora? Literatura koja se odnosi na AHP, između ostalog uključuje i debate na ovu temu, odnosno da li uzeti u obzir poređenja sa stepenom konzistentnosti većim od 0.1. Određeni broj naučnika smatra da je Saatijevo pravilo odbacivanja (*eng. cut-off rule*) $CR \leq 0.1$, previše strogo i rezultuje velikim brojem odbacivanja i revizije većine upitnika¹⁵⁹. Javlja se pitanje koje može biti predmet nekog budućeg istraživanja: da li prihvatanje nekonzistentnih odgovora ispitanika značajno menja uticaj na rezultat evaluacije težine kriterijuma?

U svakom slučaju, istraživanja o potrebnom broju ispitanika su još uvek aktivna.

3.2.2.1. Određivanje težina kriterijuma AHP metodom

Kako se ova disertacija odnosi na razvoj i verifikaciju višekriterijumskog modela, kao i primenu različitih višekriterijumskih metoda, posle definisanja kriterijuma i alternativa za evaluaciju internet informacionih resursa (IIR) fakulteta, potrebno je odrediti težinu (značaj) kriterijuma. U višekriterijumskom odlučivanju, kriterijumi evaluacije uglavnom imaju različit

¹⁵⁶ Kryvobokov, M. (2005). Estimating the weights of location attributes with the Analytic Hierarchy Process in Donetsk, Ukraine. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*. Volume 2, Number 2

¹⁵⁷ Kauko, T. J. (2002). *Modelling the locational determinants of house prices: neural network and value tree approaches*. PhD thesis. Utrecht: Utrecht University. 252 p

¹⁵⁸ Battistoni, E.; Fronzetti Colladon, A.; Scarabotti, L.; Schiraldi, M. M. (2013). Analytic Hierarchy Process for New Product Development. *International Journal of Engineering Business Management*. Vol 5. pg. 42

¹⁵⁹ Goepel, K. D. (2013). Implementing AHP as a standard method for MCDM in corporate enterprises. *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*

značaj (težine) i veoma je važna činjenica da one imaju veliki uticaj na izbor najprihvatljivije alternative i od suštinskog su značaja za ceo postupak odlučivanja. *Upravo će AHP metoda odigrati ključnu ulogu u određivanju težinskih koeficijenata za svaki od kriterijuma.*

Dakle, odredićemo težine sedam ($n=7$) izabranih kriterijuma. Razlog zbog koga nismo definisali više kriterijuma leži u činjenici da broj poređenja po parovima kod AHP metode za n kriterijuma iznosi $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ (kombinacije bez ponavljanja). Dakle u našem slučaju za 7 kriterijuma je potrebno izvesti 21 poređenje. Što je veći broj kriterijuma, to je veći i broj upoređivanja po parovima čime se povećava i verovatnoća nekonzistentnosti poređenja. Ovu činjenicu treba imati u vidu ukoliko želimo da koristimo AHP upitnik za potrebe određenog istraživanja. Tvorac AHP metode T. L. Saaty je istakao da je ključno da svaki klaster sadrži manje od 9 elemenata (kriterijuma)¹⁶⁰.

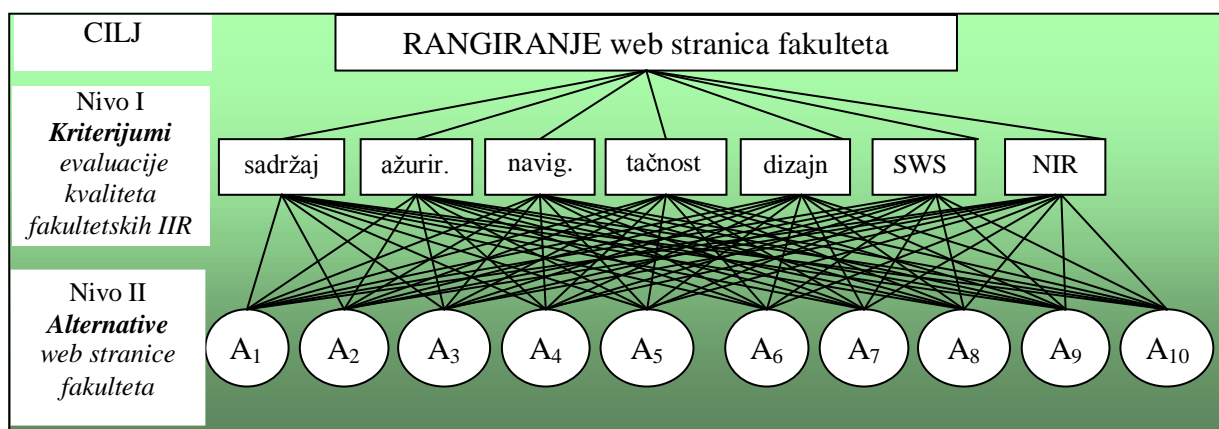
Kontekst u kome se evaluira kvalitet IIR odnosno web stranice (sajta) mora da bude određen i preciziran, što u velikoj meri zavisi od subjektivne procene razvijene od strane korisnika u obliku kvantitativnih mera. Shodno tome u ovoj disertaciji će biti primenjeno **grupno odlučivanje** za određivanje težina kriterijuma AHP metodom, pri čemu ćemo u obzir uzeti upoređivanja po parovima dobijenih upitnikom za $K=13$ ispitanika - donosioca odluka ($DM_1, DM_2, \dots, DM_{13}$). Dakle, na osnovu poređenja po parovima AHP metode (II deo ankete), za svakog ispitanika - donosioca odluke pojedinačno, odrađena je cela AHP metodologija i dobijene su težine za $n=7$ kriterijuma w_{kj} ($k=1, \dots, K, j=1, \dots, n$) na osnovu individualne procene svakog od donosioca odluka. Nakon toga je izvršena sinteza

individualnih procena izračunavanjem geometrijske sredine: $w_j = \left(\prod_{k=1}^K w_{kj} \right)^{\frac{1}{K}}; j = 1, \dots, n$

gde su: w_{kj} predstavlja težinu j -tog kriterijuma koja je određena na osnovu poređenja u parovima k -tog donosioca odluka. Na taj način su dobijene grupne težine kriterijuma koje će predstavljati ulazne podatke zajedno sa matricom odlučivanja za sve MCDM metode koje će biti testirane u sledećim poglavljima. Dakle, *celokupni postupak AHP metode ćemo prikazati na primeru jednog donosioca odluka (I), zato što je postupak analogan za sve ostale ispitanike - donosioca odluka, zatim ćemo dati zbirnu tabelu težina za sve donosioca odluka (II) i na kraju izračunati težine svakog kriterijuma (III)*. Rezultati AHP ankete - II deo, za svih 13 donosioca odluka, navedeni su u **prilogu 4** (7.4.).

¹⁶⁰ Saaty, T.L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytical Network Process*. Pittsburgh, PA

Analitički hijerarhijski proces - AHP se zasniva na ideji da se kompleksni problemi mogu znatno efikasnije rešiti njihovom *hijerarhijskom dekompozicijom*. U našem slučaju hijerarhijska dekompozicija problema je prikazana na sledećoj slici:



Slika 3.2.4. Hijerarhijska dekompozicija problema rangiranja fakultetskih IIR

(I) AHP metoda za slučaj jednog donosioca odluka (DM₁)

1. Formiranje matrice poređenja u parovima

Matrica poređenja po parovima se formira za sve parove kriterijuma i to na osnovu *Saatijeve tablice poređenja* (tabela 2.2.5. i 3.2.3.).

Tabela 3.2.3. Definisane važnosti kriterijuma

Definisane važnosti kriterijuma	
1	isti značaj
3	slaba dominacija
5	umerena dominacija
7	jaka dominacija
9	apsolutna dominacija
2, 4, 6, 8	međuvrednosti

Na osnovu mišljenja jednog donosioca odluka DM₁ (od ukupno 13), imajući u vidu prethodnu tabelu, matrica poređenja po parovima je sledećeg oblika:

Tabela 3.2.4. Matrica poređenja po parovima [a_{ij}]_{7x7}

	DM1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
		sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	0.33	0.14	3.00	0.33	0.20	0.20
C2	ažurir	3.00	1.00	0.33	3.00	3.00	0.33	0.33
C3	navigac	7.00	3.00	1.00	5.00	3.00	0.33	0.33
C4	tačnost	0.33	0.33	0.20	1.00	0.33	0.20	0.14
C5	dizajn	3.00	0.33	0.33	3.00	1.00	0.20	0.20
C6	stud	5.00	3.00	3.00	5.00	5.00	1.00	0.33
C7	nir	5.00	3.00	3.00	7.00	5.00	3.00	1.00

2. Normalizacija i izračunavanje težina

Normalizacija se vrši uz pomoć formule $a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^7 a_{ij}}$, gde se težine dobijaju na osnovu

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^7 a_{ij}^*}{n}, i = 1, \dots, 7.$$

Tabela 3.2.5. Normalizacija i izračunavanje težina definisanih kriterijuma

Normalizovana matrica								suma	Težine	Rang
sadrž	0.041	0.030	0.018	0.111	0.019	0.038	0.079	0.336	0.048	6
ažurir	0.123	0.091	0.042	0.111	0.170	0.063	0.131	0.731	0.104	4
navigac	0.288	0.273	0.125	0.185	0.170	0.063	0.131	1.235	0.176	3
tačnost	0.014	0.030	0.025	0.037	0.019	0.038	0.056	0.219	0.031	7
dizajn	0.123	0.030	0.042	0.111	0.057	0.038	0.079	0.480	0.069	5
stud	0.205	0.273	0.375	0.185	0.283	0.190	0.131	1.642	0.235	2
nir	0.205	0.273	0.375	0.259	0.283	0.570	0.393	2.358	0.337	1

3. Provera konzistentnosti

Ono što AHP metod izdvaja u odnosu na druge metode za određivanje težina kriterijuma je upravo ovaj korak. Ovom proverom ispitujemo da li su načinjena poređenja međusobno konzistentna, tj. da li je poređenje dobro izvedeno. Ukoliko je stepen konzistentnosti $|CR| = |CI / RI| < 0.1$, stepen konzistentnosti je zadovoljavajući i poređenja su prihvatljiva.

Postupak utvrđivanja konzistentnosti je dat u sledećoj tabeli.

Tabela 3.2.6. Postupak utvrđivanja konzistentnosti

POJAM	FORMULA	VREDNOST
n =		7
λ_{max} =	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{i - \text{ta vrednost u } Aw^T}{i - \text{ta vrednost u } w^T}$	7.674688
CI =	$\frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$	0.112448
RI =	iz tabele 2.2.6.	1.32
CR =	$\frac{CI}{RI}$	0.085188 < 0.1 (8.52%)

(II) Zbirna tabela težina za sve donosiocce odluka

Dakle, imamo K=13 donosioca odluka i za svakog pojedinačno su izračunate težine kriterijuma i koeficijent konzistentnosti na prethodno definisan način. Svi donosioci odluka imaju stepen konzistentnosti odgovora $CR \leq 0.1$ Dobija se matrica težina kriterijuma

$[w_{kj}]_{13 \times 7}$ zajedno sa stepenom konzistentnosti odgovora (tabela 3.2.7.).

(III) Izračunavanje ukupne težine svakog kriterijuma

Na osnovu tabele 3.2.7., računa se geometrijska sredina težina kriterijuma svih donosioca odluka po svakom kriterijumu ponaosob. Formula za izračunavanje geometrijske sredine,

odnosno težine pojedinačnog kriterijuma je: $w_j = \left(\prod_{k=1}^K w_{kj} \right)^{\frac{1}{K}}$; $j = 1, \dots, n$

gde je:

w_{kj} - težina j -tog kriterijuma koja je određena na osnovu poređenja u parovima k -tog donosioca odluka;

$K=13$ - broj donosioca odluka;

$n=7$ - broj kriterijuma.

Na kraju kao rezultat izračunavanja, dobijamo vrednosti težina kriterijuma (w_j) dobijenih geometrijskom sredinom, pri čemu važi $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ i medijane svih težina (kako bismo mogli da eventualno uporedimo ove dve mere centralne tendencije), kao i prosečne vrednosti koeficijenta konzistentnosti odgovora (tabela 3.2.8., tabela 3.2.9., tabela 3.2.10.).

Tabela 3.2.7. Zbirna tabela težina za sve donosiocje odluka (matrica težina n=7 kriterijuma za K=13 donosilaca odluka)

	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7		
	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost	dizajn	studentski servis	nir	Step. Konzistent. (CR)	%
DM1	0.048	0.104	0.176	0.031	0.069	0.235	0.337	0.08519	8.52
DM2	0.146	0.146	0.062	0.171	0.277	0.100	0.100	0.05939	5.94
DM3	0.309	0.137	0.116	0.209	0.045	0.116	0.066	0.09778	9.78
DM4	0.170	0.234	0.031	0.325	0.020	0.131	0.088	0.08017	8.02
DM5	0.085	0.045	0.272	0.362	0.023	0.024	0.190	0.07862	7.86
DM6	0.066	0.039	0.042	0.126	0.022	0.293	0.413	0.07679	7.68
DM7	0.058	0.221	0.058	0.376	0.023	0.038	0.227	0.10827	10.83
DM8	0.044	0.056	0.205	0.082	0.438	0.028	0.148	0.07047	7.05
DM9	0.085	0.234	0.049	0.369	0.022	0.187	0.055	0.09953	9.95
DM10	0.035	0.021	0.151	0.210	0.055	0.430	0.098	0.09540	9.54
DM11	0.029	0.128	0.085	0.314	0.064	0.352	0.028	0.09448	9.45
DM12	0.194	0.194	0.064	0.099	0.028	0.396	0.027	0.06590	6.59
DM13	0.093	0.210	0.064	0.157	0.031	0.419	0.026	0.09616	9.62
II	0.00000000000007861	0.000000000000275106	0.00000000000013692	0.00000000190709302	0.00000000000000006	0.00000000012588560	0.000000000000053768	0.00000000000010387	1038657861615.38

Tabela 3.2.8. Zbirna tabela težina za sve donosiocje odluka sa izračunatom geometrijskom sredinom i medijanom težina kriterijuma

	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7		
	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost	dizajn	studentski servis	nir	Step. Konzistent. (CR)	%
DM1	0.048	0.104	0.176	0.031	0.069	0.235	0.337	0.08519	8.52
DM2	0.146	0.146	0.062	0.171	0.277	0.100	0.100	0.05939	5.94
DM3	0.309	0.137	0.116	0.209	0.045	0.116	0.066	0.09778	9.78
DM4	0.170	0.234	0.031	0.325	0.020	0.131	0.088	0.08017	8.02
DM5	0.085	0.045	0.272	0.362	0.023	0.024	0.190	0.07862	7.86
DM6	0.066	0.039	0.042	0.126	0.022	0.293	0.413	0.07679	7.68
DM7	0.058	0.221	0.058	0.376	0.023	0.038	0.227	0.10827	10.83
DM8	0.044	0.056	0.205	0.082	0.438	0.028	0.148	0.07047	7.05
DM9	0.085	0.234	0.049	0.369	0.022	0.187	0.055	0.09953	9.95
DM10	0.035	0.021	0.151	0.210	0.055	0.430	0.098	0.09540	9.54
DM11	0.029	0.128	0.085	0.314	0.064	0.352	0.028	0.09448	9.45
DM12	0.194	0.194	0.064	0.099	0.028	0.396	0.027	0.06590	6.59
DM13	0.093	0.210	0.064	0.157	0.031	0.419	0.026	0.09616	9.62
II	0.00000000000007861	0.000000000000275106	0.00000000000013692	0.00000000190709302	0.00000000000000006	0.00000000012588560	0.000000000000053768	0.00000000000010387	1038657861615.38
medijana	0.085	0.137	0.064	0.209	0.031	0.187	0.098	0.08519	8.52
geometrijska sredina	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953	0.0840	8.4013

Tabela 3.2.9. Konačne težina kriterijuma i prosečan stepen konzistentnosti odgovora

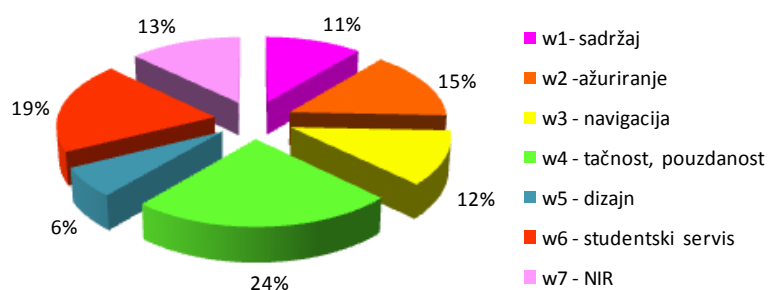
wj	w1 - sadržaj	w2 - ažuriranje	w3 - navigacija	w4 - tačnost, pouzdanost	w5 - dizajn	w6 - studentski servis	w7 - NIR	prosečan CR	prosečan CR u %
	0.082231	0.108096	0.085817	0.178787	0.047280	0.145056	0.095339	0.084013	8.401253

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

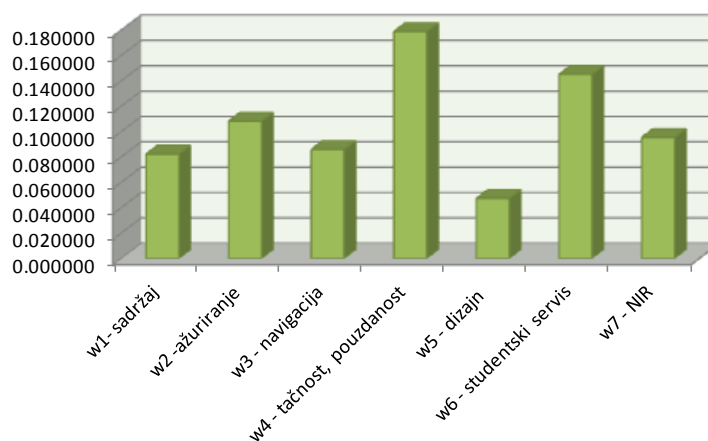
Tabela 3.2.10. Konačne težina kriterijuma (geometrijska sredina) i medijane

Kriterijum	Naziv kriterijuma	Težina kriterijuma (geometrijska sredina)	Medijana
C ₁	Sadržaj	0.0822	0.085
C ₂	Ažuriranje	0.1081	0.137
C ₃	Navigacija i jednostavno korišćenje	0.0858	0.064
C ₄	Tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	0.1788	0.209
C ₅	Dizajn	0.0473	0.031
C ₆	Studentski web servis	0.1451	0.098
C ₇	Naučno-istraživački rad (NIR)	0.0953	0.098
Suma		1	

Kako se se iz tabele 3.2.9. vidi, prosečan koeficijent konzistentnosti je $CR=0.084$, što znači da je prosečna konzistentnost odgovora $8.4\% < 10\%$, te se smatra da izračunate težine kriterijuma jesu reprezentativne i pouzdane. Iz tabele 3.2.10. vidimo da najveću težinu ima kriterijum tačnost, potpunost i pouzdanost informacija, a najmanju dizajn. Može se zaključiti da je ipak gledano iz ugla 13 donosioca odluka, koji su anketom odredili značaj i važnost jednog kriterijuma u odnosu na drugi, najznačajnije da web stranica fakulteta bude tačna, potpuna i pouzdana, a mnogo manje značaja se pridaje dizajnu i izledu. Raspodela težina kriterijuma po važnosti može se videti na slici 3.2.6., kao i procentualni udeo svakog kriterijuma pojedinačno (slika 3.2.5.).



Slika 3.2.5. Procentualni udeo težina svakog od kriterijuma



Slika 3.2.6. Raspodela težina kriterijuma po važnosti

3.2.2.2. Prikaz vrednosti alternativa po kriterijumima - matrica odlučivanja

Kako bi primenili MCDM metode, potrebno je kao ulaznu veličinu odrediti matricu odlučivanja $[x_{ij}]_{10 \times 7}$. Ona sadrži vrednosti alternativa po izabranim kriterijumima i težine kriterijuma koje smo odredili u prethodnom poglavlju. Vrednosti alternativa su dobijene:

1. prvo su na osnovu ankete (III deo) ispitanici ocenama od 1 do 10 ocenjivali (vrednovali) deset web stranica fakulteta (koje predstavljaju alternative A_1, \dots, A_{10}) po svakom od sedam zadatih kriterijuma (C_1, \dots, C_7) ponaosob, u zavisnosti od toga kako i na koji način su oni zastupljeni na web stranicama (1-loše...10-najbolje).
2. s'obzirom da je u pitanju problem višekriterijumskog odlučivanja i da se za dobijanje ocena (vrednosti) alternativa koristi grupno odlučivanje sa 13 donosioca odluka (od 50 ispitanika, njih 13 je uzeto u obzir (objašnjeno u poglavlju 3.2.2.)), konačne vrednosti alternativa po svakom kriterijumu su dobijene izračunavanjem geometrijske sredine ocena za 13 donosioca odluka:

$$x_{ij} = \left(\prod_{k=1}^K x_{ij,k} \right)^{\frac{1}{K}}; \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n, \quad \text{gde je za naš slučaj:}$$

$m=10$ - broj alternativa; $n=7$ - broj kriterijuma; $K=13$ - broj donosioca odluka;

$x_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ - element konačne matrice odlučivanja na poziciji (i, j) tj. vrednost i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum;

$x_{ij,k}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, 13$ - vrednost i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum za k -tog donosioca odluka.

Matrica odlučivanja dobijena na osnovu ocena 13 donosioca odluka prikazana je u tabeli 3.2.11., dok su rezultati ankete - ocene svakog donosioca odluka pojedinačno po alternativu u odnosu na zadati kriterijum dati u **prilogu 5 (7.5.)** :

Tabela 3.2.11. Matrica odlučivanja ocena web stranica fakulteta u odnosu na izabrane kriterijume

KRITERIJUMI	sadržaj C ₁	ažuriranje C ₂	navigacija C ₃	tačnost, pouzdanost C ₄	dizajn C ₅	studentski web servis C ₆	NIR C ₇
FAKULTETI							
težine w_j	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
smer optimizacije	max	max	max	max	max	max	max
A1	8.2622	6.7338	7.3276	8.0588	6.6714	8.7940	8.4081
A2	8.2882	7.9764	7.7558	8.1118	5.1132	7.6025	6.8033
A3	8.5548	7.4382	6.5172	8.2149	7.3187	7.4474	7.6336
A4	9.1641	9.1209	9.1209	8.5321	7.1451	8.5375	7.3782
A5	7.8329	7.7197	8.3182	8.2594	5.5590	8.5871	7.2351
A6	8.9657	8.2443	8.7940	8.5457	7.5901	8.7147	8.6936
A7	8.4024	7.5433	7.9611	8.0182	6.7526	7.1025	5.4934
A8	8.0891	7.1292	7.5151	8.3113	8.2164	6.3943	5.4541
A9	7.9891	7.5480	7.6002	7.7485	7.2282	8.2933	5.8575
A10	6.9951	6.8586	7.7431	6.7425	6.8737	8.1955	6.2015

3.3. PRIMENA METODA NA EVALUCIJU INTERNET INFORMACIONIH RESURSA

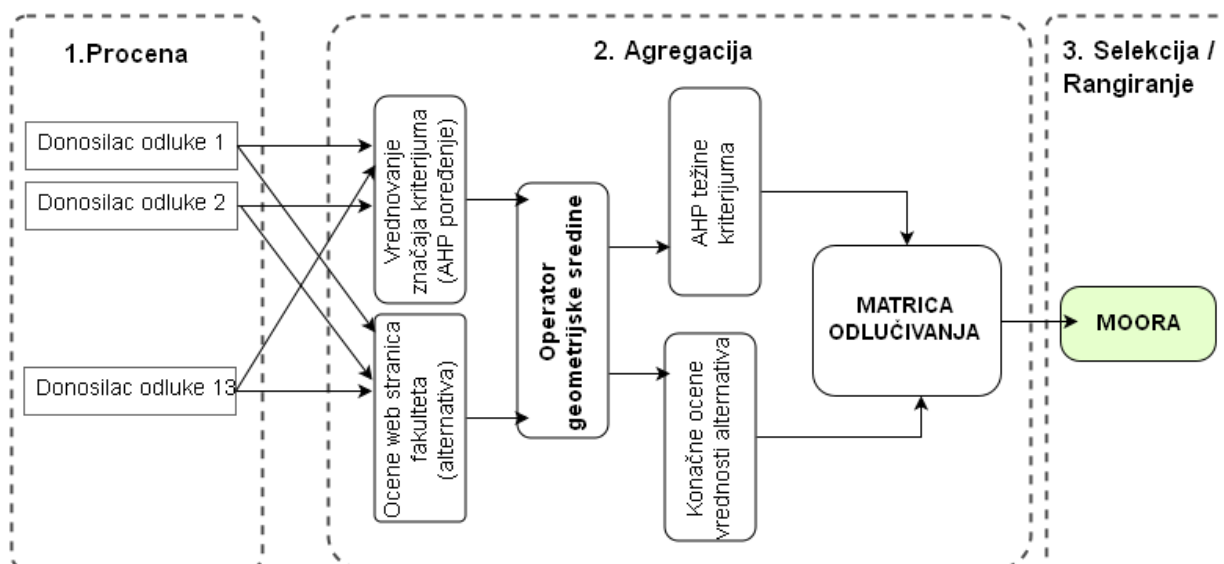
Do sada je bilo reči o: izboru kriterijuma za evaluaciju kvaliteta fakultetskih internet informacionih resursa (IIR); izboru alternativa (fakultetski IIR- web stranice fakulteta); kreiranju i sprovođenju ankete na osnovu koje su dobijene: (1) težine (značaj) izabranih kriterijuma, (2) ocene alternativa (fakultetskih web stranica) po svakom kriterijumu pojedinačno. Pošto smo konstatovali da je problem rangiranja fakultetskih IIR zbog prisustva većeg broja kriterijuma upravo višekriterijumski problem, za njegovo rešavanje je neophodna upotreba nekih od MCDM metoda. *Kako je osnova ove disertacije i njen naučni doprinos upravo u razvijenoj GREY MOORA metodi koja je novo proširenje MOORA metode na sive intervalne brojeve, neophodno je prvo proveriti kako MOORA metoda rešava navedeni problem u slučaju običnih (crisp) podataka. O verifikaciji GREY MOORA metode biće reči u narednom poglavlju 3.3.2., dok će uticaj na rangiranje fakultetskih IIR ostalih MCDM metoda biti razmotreno kroz komparativnu analizu u glavi 4. Detalji vezani za komentare rangiranja alternativa po svakoj metodi biće posebno razmatrani u okviru glave 4.*

3.3.1. Primena MOORA metode na crisp podatke

Celokupan postupak pripreme i prikupljanja ulaznih podataka potrebnih za primenu MOORA metode na rangiranje internet informacionih resursa fakulteta obuhvaćen je poglavljem 3.2. Algoritam koji prati celokupan tok pripreme podataka, prikazan je na slici 3.3.1.

S'obzirom da je postupak koji prethodi primeni MOORA metode detaljno objašnjen, sada treba prikazati mehanizme i način njene primene. Kako se MOORA metoda sastoji iz dva pristupa: Pristup sistema odnosa (*eng. Ratio System Approach-RS*) i Pristup referentne tačke (*eng. Reference Point Approach-RP*), postupak primene ove metode na dobijene podatke se sastoji iz sledećih faza:

- I) inicijalna, normalizovana i težinski normalizovana matrica odlučivanja (zajednički koraci za oba pristupa);
- II) pristup sistema odnosa;
- III) pristup referentne tačke.



Slika 3.3.1. Tok pripreme i prikupljanja ulaznih podataka potrebnih za primenu MOORA metode

D) Inicijalna, normalizovana i težinski normalizovana matrica odlučivanja

Ulazne veličine, odnosno inicijalni podaci za gotovo sve MCDM metode su težine kriterijuma i vrednosti alternativa u odnosu na svaki kriterijum (postupak dobijanja ovih podataka je detaljno izložen u poglavljima 3.2.2.1. i 3.2.2.2.) koji su elementi matrice odlučivanja.

Inicijalna matrica odlučivanja $[x_{ij}]_{10 \times 7}$, predstavljena je sledećom tabelom:

Tabela 3.3.1. Inicijalna matrica odlučivanja ocena web stranica fakulteta u odnosu na izabrane kriterijume

KRITERIJUMI	sadržaj C ₁	ažuriranje C ₂	navigacija C ₃	tačnost, pouzdanost C ₄	dizajn C ₅	studentski web servis C ₆	NIR C ₇
FAKULTETI							
težine w _j	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
smer optimizacije	max	max	max	max	max	max	max
A1	8.2622	6.7338	7.3276	8.0588	6.6714	8.7940	8.4081
A2	8.2882	7.9764	7.7558	8.1118	5.1132	7.6025	6.8033
A3	8.5548	7.4382	6.5172	8.2149	7.3187	7.4474	7.6336
A4	9.1641	9.1209	9.1209	8.5321	7.1451	8.5375	7.3782
A5	7.8329	7.7197	8.3182	8.2594	5.5590	8.5871	7.2351
A6	8.9657	8.2443	8.7940	8.5457	7.5901	8.7147	8.6936
A7	8.4024	7.5433	7.9611	8.0182	6.7526	7.1025	5.4934
A8	8.0891	7.1292	7.5151	8.3113	8.2164	6.3943	5.4541
A9	7.9891	7.5480	7.6002	7.7485	7.2282	8.2933	5.8575
A10	6.9951	6.8586	7.7431	6.7425	6.8737	8.1955	6.2015
Sum	684.6528	586.7866	623.6106	651.1411	476.3813	640.4464	490.3095
Sqrt	26.1659	24.2237	24.9722	25.5175	21.8262	25.3070	22.1429

Korak 1. U ovom koraku se vrednosti alternativa transformišu u bezdimenzionalne veličine tj. veličine koje ne zavise od sistema jedinica. MOORA metod se zasniva na

vektorskoj normalizaciji koja je najkompleksnija. Dakle, *normalizovana matrica odlučivanja* $R = [r_{ij}]_{10 \times 7}$ sadrži normalizovane elemente iz prethodne tabele i prikazana je tabelom 3.3.2.

Tabela 3.3.2. Normalizovana matrica odlučivanja

		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7
	wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
	Opt	max	max	max	max	max	max	max
R normalizovana matrica $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$	A1	0.3158	0.2780	0.2934	0.3158	0.3057	0.3475	0.3797
	A2	0.3168	0.3293	0.3106	0.3179	0.2343	0.3004	0.3072
	A3	0.3269	0.3071	0.2610	0.3219	0.3353	0.2943	0.3447
	A4	0.3502	0.3765	0.3652	0.3344	0.3274	0.3374	0.3332
	A5	0.2994	0.3187	0.3331	0.3237	0.2547	0.3393	0.3267
	A6	0.3426	0.3403	0.3522	0.3349	0.3478	0.3444	0.3926
	A7	0.3211	0.3114	0.3188	0.3142	0.3094	0.2807	0.2481
	A8	0.3091	0.2943	0.3009	0.3257	0.3764	0.2527	0.2463
	A9	0.3053	0.3116	0.3043	0.3037	0.3312	0.3277	0.2645
	A10	0.2673	0.2831	0.3101	0.2642	0.3149	0.3238	0.2801

Korak 2. Formiranje *težinski normalizovane matrice odlučivanja* $V = [v_{ij}]_{10 \times 7}$. Elementi težinski normalizovane matrice v_{ij} predstavljaju proizvod elemenata normalizovane matrice sa odgovarajućim težinama kriterijuma, odnosno težinski normalizovanu performansu i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum (tabela 3.3.3.):

Tabela 3.3.3. Težinski normalizovana matrica odlučivanja

		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7
	wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
	Opt	max	max	max	max	max	max	max
V težinski normalizovana matrica $v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$	A1	0.0260	0.0300	0.0252	0.0565	0.0145	0.0504	0.0362
	A2	0.0260	0.0356	0.0267	0.0568	0.0111	0.0436	0.0293
	A3	0.0269	0.0332	0.0224	0.0576	0.0159	0.0427	0.0329
	A4	0.0288	0.0407	0.0313	0.0598	0.0155	0.0489	0.0318
	A5	0.0246	0.0344	0.0286	0.0579	0.0120	0.0492	0.0312
	A6	0.0282	0.0368	0.0302	0.0599	0.0164	0.0500	0.0374
	A7	0.0264	0.0337	0.0274	0.0562	0.0146	0.0407	0.0237
	A8	0.0254	0.0318	0.0258	0.0582	0.0178	0.0367	0.0235
	A9	0.0251	0.0337	0.0261	0.0543	0.0157	0.0475	0.0252
	A10	0.0220	0.0306	0.0266	0.0472	0.0149	0.0470	0.0267

II) Pristup sistema odnosa (eng. *Ratio System Approach - RS*)

Težina/značaj svake alternative se određuje kao razlika suma prihodnih P_i , $i=1, \dots, 10$ i rashodnih elemenata R_i , $i=1, \dots, 10$ težinske normalizovane matrice odlučivanja $V = [v_{ij}]_{10 \times 7}$.

Korak 3. Određuju se sume prihodnih i rashodnih elemenata. Kako u našem slučaju nema rashodnih kriterijuma, tj. svi su prihodni jer je za svaki kriterijum pogodnija bolja ocena - teži se ka maksimizaciji ocena (vrednosti) kriterijuma, to je $R_i=0$, pa imamo da je razlika sume prihodnih i rashodnih elemenata:

Korak 4.

$$S_i = P_i - R_i = \sum_{j=1}^7 v_{ij}, j \in J^{max}, i = 1, \dots, 10.$$

Korak 5. Rezultati rangiranja ovog pristupa MOORA metode su sledeći (tabele 3.3.4. i 3.3.5.):

Tabela 3.3.4. Rezultati rangiranja korišćenjem pristupa sistema odnosa MOORA metode

	sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7				
wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953				
Opt	max	max	max	max	max	max	max	P	R	P-R	Rang
A1	0.0260	0.0300	0.0252	0.0565	0.0145	0.0504	0.0362	0.2387	0.000	0.2387	3
A2	0.0260	0.0356	0.0267	0.0568	0.0111	0.0436	0.0293	0.2291	0.000	0.2291	6
A3	0.0269	0.0332	0.0224	0.0576	0.0159	0.0427	0.0329	0.2314	0.000	0.2314	5
A4	0.0288	0.0407	0.0313	0.0598	0.0155	0.0489	0.0318	0.2568	0.000	0.2568	2
A5	0.0246	0.0344	0.0286	0.0579	0.0120	0.0492	0.0312	0.2379	0.000	0.2379	4
A6	0.0282	0.0368	0.0302	0.0599	0.0164	0.0500	0.0374	0.2589	0.000	0.2589	1
A7	0.0264	0.0337	0.0274	0.0562	0.0146	0.0407	0.0237	0.2226	0.000	0.2226	8
A8	0.0254	0.0318	0.0258	0.0582	0.0178	0.0367	0.0235	0.2192	0.000	0.2192	9
A9	0.0251	0.0337	0.0261	0.0543	0.0157	0.0475	0.0252	0.2276	0.000	0.2276	7
A10	0.0220	0.0306	0.0266	0.0472	0.0149	0.0470	0.0267	0.2150	0.000	0.2150	10

Tabela 3.3.5. Rangiranja od najbolje ka najgoroj alternativni korišćenjem MOORA pristupa sistema odnosa

Rang	Alternativa
1	A6
2	A4
3	A1
4	A5
5	A3
6	A2
7	A9
8	A7
9	A8
10	A10

III) Pristup referentne tačke (eng. Reference Point Approach - RP)

Težina/značaj svake alternative se određuje kao njeno maksimalno rastojanje od idealnog rešenja, nakon čega se bira alternativa sa najmanjim rastojanjem. U pitanju je Min-Max

metrika Tchebycheff-a: $A_{RP}^* = \left\{ A_i \left| \min_i \max_j d_{ij} \right. \right\}$

Korak 3. Računanje rastojanja alternative d_{ij} u odnosu na idealnu tačku, u odnosu na svaki kriterijum (tabela 3.3.6. i 3.3.7.).

Tabela 3.3.6. Izračunavanje v_j - j -te koordinate referentne tačke (idealne alternative);

		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7
	wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
	Opt	max	max	max	max	max	max	max
V težinski normalizovana matrica $v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$	A1	0.0260	0.0300	0.0252	0.0565	0.0145	0.0504	0.0362
	A2	0.0260	0.0356	0.0267	0.0568	0.0111	0.0436	0.0293
	A3	0.0269	0.0332	0.0224	0.0576	0.0159	0.0427	0.0329
	A4	0.0288	0.0407	0.0313	0.0598	0.0155	0.0489	0.0318
	A5	0.0246	0.0344	0.0286	0.0579	0.0120	0.0492	0.0312
	A6	0.0282	0.0368	0.0302	0.0599	0.0164	0.0500	0.0374
	A7	0.0264	0.0337	0.0274	0.0562	0.0146	0.0407	0.0237
	A8	0.0254	0.0318	0.0258	0.0582	0.0178	0.0367	0.0235
	A9	0.0251	0.0337	0.0261	0.0543	0.0157	0.0475	0.0252
	A10	0.0220	0.0306	0.0266	0.0472	0.0149	0.0470	0.0267
$v_j = \begin{cases} \max_i v_{ij} & j \in J^{\max} \\ \min_i v_{ij} & j \in J^{\min} \end{cases}$	vj	0.0288	0.0407	0.0313	0.0599	0.0178	0.0504	0.0374

Na osnovu gornje tabele i izračunate vrednosti v_j , dobijamo matricu rastojanja $D = [d_{ij}]_{10 \times 7}$, gde d_{ij} predstavlja apsolutnu vrednost rastojanja i -te alternative u odnosu na j -tu koordinatu referentne tačke. Matrica D i njeni elementi su prikazani u tabeli 3.3.7.

Tabela 3.3.7. Matrica rastojanja D

	A1	0.0028	0.0107	0.0062	0.0034	0.0033	0.0000	0.0012
D matrica rastojanja $d_{ij} = v_j - v_{ij} $	A2	0.0028	0.0051	0.0047	0.0030	0.0067	0.0068	0.0081
	A3	0.0019	0.0075	0.0089	0.0023	0.0019	0.0077	0.0046
	A4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0023	0.0015	0.0057
	A5	0.0042	0.0063	0.0028	0.0020	0.0058	0.0012	0.0063
	A6	0.0006	0.0039	0.0011	0.0000	0.0014	0.0005	0.0000
	A7	0.0024	0.0070	0.0040	0.0037	0.0032	0.0097	0.0138
	A8	0.0034	0.0089	0.0055	0.0016	0.0000	0.0138	0.0139
	A9	0.0037	0.0070	0.0052	0.0056	0.0021	0.0029	0.0122
	A10	0.0068	0.0101	0.0047	0.0126	0.0029	0.0034	0.0107

Korak 4. Računanje maksimalnog rastojanja (d_i) alternative A_i od idealnog rešenja

Korak 5. Rangiranje alternativa po pravilu $A^* = \left\{ A_i \mid \min_i d_i \right\}$. Oba koraka su

prikazana u tabeli 3.3.8. i tabeli 3.3.9.

Tabela 3.3.8. Izračunavanje maksimalnog rastojanja

	$d_i = \max_j d_{ij}$	Rang	
A1	0.0107	6	
A2	0.0081	4	
A3	0.0089	5	
A4	0.0057	2	
A5	0.0063	3	
A6	0.0039	1	◀
A7	0.0138	9	
A8	0.0139	10	
A9	0.0122	7	
A10	0.0126	8	

Tabela 3.3.9. Konačno rangiranje alternativa MOORA pristupom referentne tačke

Rang	Alternativa
1	A6
2	A4
3	A5
4	A2
5	A3
6	A1
7	A9
8	A10
9	A7
10	A8

3.3.2. Primena GREY MOORA metode

U ovom poglavlju ćemo praktično verifikovati predloženo proširenje MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva - GREY MOORA u slučaju internet informacionih resursa (IIR). *Ova metoda predstavlja naučni doprinos ove doktorske disertacije, dok će se društveni doprinos ogledati upravo u verifikaciji ovog metoda, čiji ćemo postupak obrazložiti u okviru ovog poglavlja.* Dakle, višekriterijumski problem odlučivanja rangiranja fakultetskih IIR (web stranica fakulteta, koji predstavljaju alternative), sa izabranim kriterijumima rangiranja i njihovim težinama (koje smo izračunali u poglavlju 3.2.2.1. na osnovu mišljenja 13 anketiranih (iterativno izabranih) donosioca odluka) rešavaćemo korišćenjem GREY MOORA metodologije. Alternative, kriterijumi i težine kriterijuma ostaju iste (poglavlja 3.2. i 3.3.1.), razlika je jedino u primeni intervalnih sivih brojeva, što će se odraziti na drugačiju matricu odlučivanja.

Još jednom ćemo ponoviti da se ovde radi o primeni MOORA metode ne na obične, crisp vrednosti (poglavlje 3.3.1.) već na intervalne sive brojeve - primenjujemo novo proširenje MOORA metode - GREY MOORA. Intervalni sivi brojevi se uvode u slučajevima kada se javlja neizvesnost ili kada ulazni podaci iz određenih razloga nisu potpuno poznati. *U našem slučaju, neizvesnost ulaznih podataka nije u velikoj meri izražena, ali primena intervalnih sivih brojeva će svakako dati novi način rangiranja alternativa i otvoriti put novim istraživanjima gde će upotreba sivih brojeva u slučaju neizvesnosti biti itekako od pomoći.*

Kao i kod MOORA metode, GREY MOORA se sastoji iz dva pristupa: Pristup sistema odnosa (*eng. Ratio System Approach*) i Pristup referentne tačke (*eng. Reference Point Approach*), postupak primene ove metode na dobijene podatke se sastoji iz sledećih etapa:

Etapa 1: Inicijalna i normalizovana matrica odlučivanja tj. transformacija vrednosti alternativa u bezdimenzionalne veličine – nezavisne od sistema jedinica;

Etapa 2: određivanje ukupnog indeksa performansi i rangiranje posmatranih alternativa na osnovu dela GREY MOORA metode koji se naziva Pristup sistema odnosa (eng. Ratio System Approach- RS);

Etapa 3: definisanje rastojanja između posmatranih alternativa i referentne tačke na osnovu dela GREY MOORA metode koji se naziva Pristup referentne tačke (eng. Reference Point Approach- RP).

Etapa 1: Inicijalna i normalizovana matrica odlučivanja

Inicijalna matrica odlučivanja sadrži inicijalne podatke koje se uglavnom tiču:

- težine kriterijuma (koje u našem slučaju ostaju nepromenjene);
- vrednosti alternativa u odnosu na svaki kriterijum pojedinačno (sada umesto običnih crisp vrednosti (ocena), imamo intervalne sive brojeve).

Da bi se formirala inicijalna matrica odlučivanja za slučaj intervalnih sivih brojeva $A = [\otimes x_{ij}]_{10 \times 7}$ datih u obliku $\otimes x_{ij} = [\underline{x}_{ij}, \bar{x}_{ij}]$, $\underline{x}_{ij} < \bar{x}_{ij}$, $i = 1, \dots, 10$; $j = 1, \dots, 7$, potrebno je da vrednost (ocena) svake alternative u odnosu na svaki pojedinačni kriterijum bude u obliku intervalnog sivog broja. To znači da će ocena svake web prezentacije fakulteta (alternativa) po svakom izabranom kriterijumu biti interval. Svaki od intervala:

$$\otimes x_{ij} = [\underline{x}_{ij}, \bar{x}_{ij}]$$
, $\underline{x}_{ij} < \bar{x}_{ij}$, $i = 1, \dots, 10$; $j = 1, \dots, 7$ (92)

ćemo dobiti na osnovu formule za donju granicu:

$$\underline{x}_{ij} = \min x_{ij,k}$$
, $k = 1, \dots, 13$, $i = 1, \dots, 10$; $j = 1, \dots, 7$ (93)

odnosno za gornju granicu:

$$\bar{x}_{ij} = \max x_{ij,k}$$
, $k = 1, \dots, 13$, $i = 1, \dots, 10$; $j = 1, \dots, 7$ (94)

gde $x_{ij,k}$, $k = 1, \dots, 13$, $i = 1, \dots, 10$; $j = 1, \dots, 7$ označava vrednost (ocenu) x_{ij} i -te alternative za j -ti kriterijum kod k -tog donosioca odluka.

Dakle donja/gornja granica predstavlja minimalnu/maksimalnu ocenu datu od strane 13 anketiranih donosioca odluka za svaku alternativu po svakom kriterijumu.

Konačno, inicijalna matrica odlučivanja u slučaju intervalnih sivih brojeva, gde je svaki element matice jedan interval, koja predstavlja ulaznu veličinu za GREY MOORA metodu, data je u tabeli 3.3.10.

Normalizovana matrica odlučivanja

Razmatra se način transformacije vrednosti alternativa u bezdimenzionalne veličine (ne zavise od sistema jedinica), što je omogućeno procesom normalizacije. U našem slučaju korišćena je vektorska normalizacija, adaptirana za slučaj intervalnih sivih brojeva. Gornja i donja granica normalizovanog intervalno sivog broja $\otimes x_{ij}^* = [\underline{x}_{ij}^*, \bar{x}_{ij}^*]$, $\underline{x}_{ij}^* < \bar{x}_{ij}^*$, $i = 1, \dots, 10$; $j = 1, \dots, 7$ se mogu definisati na sledeći način (formula (68) poglavlje 3.1.):

$$\bar{x}_{ij}^* = \frac{\bar{x}_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{10} (\underline{x}_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}} \quad \text{i} \quad \underline{x}_{ij}^* = \frac{\underline{x}_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{10} (\underline{x}_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}}, \quad i = 1, \dots, 10; j = 1, \dots, 7 \quad \text{.....(95)}$$

Na osnovu navedenih formula, jasno je da ćemo prvo odrediti matricu kvadrata (tabela 3.3.11.), a zatim i normalizovanu matricu $R = [\otimes x_{ij}^*]_{10 \times 7}$ (tabela 3.3.12.).

Tabela 3.3.10. Inicijalna matrica odlučivanja GREY MOORA metode

Wj (sj)	0.0822		0.1081		0.0858		0.1788		0.0473		0.1451		0.0953	
optimizacija	max		max		max		max		max		max		max	
Kriterijum	sadržaj C1		ažuriranje C2		navigacija C3		tačnost, pozdanost C4		dizajn C5		studentski web servis C6		NIR C7	
	$\otimes x_{i1}$		$\otimes x_{i2}$		$\otimes x_{i3}$		$\otimes x_{i4}$		$\otimes x_{i5}$		$\otimes x_{i6}$		$\otimes x_{i7}$	
Alternativa	min \underline{x}_{i1}	max \bar{x}_{i1}	min \underline{x}_{i2}	max \bar{x}_{i2}	min \underline{x}_{i3}	max \bar{x}_{i3}	min \underline{x}_{i4}	max \bar{x}_{i4}	min \underline{x}_{i5}	max \bar{x}_{i5}	min \underline{x}_{i6}	max \bar{x}_{i6}	min \underline{x}_{i7}	max \bar{x}_{i7}
A1	4	10	3	10	3	10	5	10	5	10	7	10	4	10
A2	5	10	3	10	2	10	4	10	1	10	1	10	2	10
A3	6	10	2	10	1	10	4	10	3	10	1	10	2	10
A4	7	10	8	10	8	10	6	10	5	10	7	10	2	10
A5	4	10	4	10	6	10	5	10	2	10	5	10	2	10
A6	8	10	5	10	7	10	7	10	6	10	7	10	7	10
A7	7	10	4	10	4	10	3	10	3	10	4	10	2	10
A8	5	10	2	10	3	10	6	10	6	10	3	10	1	10
A9	5	9	6	9	6	10	4	10	3	10	6	10	1	10
A10	2	10	4	10	4	10	4	9	4	9	5	10	1	10

Tabela 3.3.11. Matrica kvadrata GREY MOORA metode

	16	100	9	100	9	100	25	100	25	100	49	100	16	100
	25	100	9	100	4	100	16	100	1	100	1	100	4	100
	36	100	4	100	1	100	16	100	9	100	1	100	4	100
	49	100	64	100	64	100	36	100	25	100	49	100	4	100
	16	100	16	100	36	100	25	100	4	100	25	100	4	100
	64	100	25	100	49	100	49	100	36	100	49	100	49	100
	49	100	16	100	16	100	9	100	9	100	16	100	4	100
	25	100	4	100	9	100	36	100	36	100	9	100	1	100
	25	81	36	81	36	100	16	100	9	100	36	100	1	100
	4	100	16	100	16	100	16	81	16	81	25	100	1	100
sum	309	981	199	981	240	1000	244	981	170	981	260	1000	88	1000
$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (x_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)$		645		590		620		612.5		575.5		630		544
sqrt		25.3969		24.2899		24.8998		24.7487		23.9896		25.0998		23.3238

Tabela 3.3.12. Normalizovana matrica GREY MOORA metode

R	Wj (sj)	0.0822		0.1081		0.0858		0.1788		0.0473		0.1451		0.0953	
normalizovana	optimizacija	max		max		max		max		max		max		max	
matrica	Kriterijum	sadržaj C1		ažuriranje C2		navigacija C3		tačnost, pozdanost C4		dizajn C5		studentski web servis C6		NIR C7	
$\otimes x_{ij}^*$	Alternativa	$\otimes x_{i1}^*$		$\otimes x_{i2}^*$		$\otimes x_{i3}^*$		$\otimes x_{i4}^*$		$\otimes x_{i5}^*$		$\otimes x_{i6}^*$		$\otimes x_{i7}^*$	
		\underline{x}_{i1}^*	\overline{x}_{i1}^*	\underline{x}_{i2}^*	\overline{x}_{i2}^*	\underline{x}_{i3}^*	\overline{x}_{i3}^*	\underline{x}_{i4}^*	\overline{x}_{i4}^*	\underline{x}_{i5}^*	\overline{x}_{i5}^*	\underline{x}_{i6}^*	\overline{x}_{i6}^*	\underline{x}_{i7}^*	\overline{x}_{i7}^*
	A1	0.1575	0.3937	0.1235	0.4117	0.1205	0.4016	0.2020	0.4041	0.2084	0.4168	0.2789	0.3984	0.1715	0.4287
	A2	0.1969	0.3937	0.1235	0.4117	0.0803	0.4016	0.1616	0.4041	0.0417	0.4168	0.0398	0.3984	0.0857	0.4287
$\bar{x}_{ij} = \frac{\bar{x}_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (\underline{x}_{ij}^2 + \overline{x}_{ij}^2)}}$	A3	0.2362	0.3937	0.0823	0.4117	0.0402	0.4016	0.1616	0.4041	0.1251	0.4168	0.0398	0.3984	0.0857	0.4287
	A4	0.2756	0.3937	0.3294	0.4117	0.3213	0.4016	0.2424	0.4041	0.2084	0.4168	0.2789	0.3984	0.0857	0.4287
	A5	0.1575	0.3937	0.1647	0.4117	0.2410	0.4016	0.2020	0.4041	0.0834	0.4168	0.1992	0.3984	0.0857	0.4287
$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (\underline{x}_{ij}^2 + \overline{x}_{ij}^2)}}$	A6	0.3150	0.3937	0.2058	0.4117	0.2811	0.4016	0.2828	0.4041	0.2501	0.4168	0.2789	0.3984	0.3001	0.4287
	A7	0.2756	0.3937	0.1647	0.4117	0.1606	0.4016	0.1212	0.4041	0.1251	0.4168	0.1594	0.3984	0.0857	0.4287
	A8	0.1969	0.3937	0.0823	0.4117	0.1205	0.4016	0.2424	0.4041	0.2501	0.4168	0.1195	0.3984	0.0429	0.4287
	A9	0.1969	0.3544	0.2470	0.3705	0.2410	0.4016	0.1616	0.4041	0.1251	0.4168	0.2390	0.3984	0.0429	0.4287
	A10	0.0787	0.3937	0.1647	0.4117	0.1606	0.4016	0.1616	0.3637	0.1667	0.3752	0.1992	0.3984	0.0429	0.4287
	max	0.3150	0.3937	0.3294	0.4117	0.3213	0.4016	0.2828	0.4041	0.2501	0.4168	0.2789	0.3984	0.3001	0.4287

Tabela 3.3.13. Težinski normalizovana matrica GREY MOORA metode (pristup sistema odnosa - Ratio System Approach- RS)

V	A1	0.0130	0.0324	0.0134	0.0445	0.0103	0.0345	0.0361	0.0722	0.0099	0.0197	0.0405	0.0578	0.0164	0.0409	$\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j x_{ij}^*$	$\sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \bar{x}_{ij}^*$
težinski	A2	0.0162	0.0324	0.0134	0.0445	0.0069	0.0345	0.0289	0.0722	0.0020	0.0197	0.0058	0.0578	0.0082	0.0409	0.1394	0.3020
normalizovana	A3	0.0194	0.0324	0.0089	0.0445	0.0034	0.0345	0.0289	0.0722	0.0059	0.0197	0.0058	0.0578	0.0082	0.0409	0.0813	0.3020
matrica	A4	0.0227	0.0324	0.0356	0.0445	0.0276	0.0345	0.0433	0.0722	0.0099	0.0197	0.0405	0.0578	0.0082	0.0409	0.0805	0.3020
$\otimes v_{ij}$	A5	0.0130	0.0324	0.0178	0.0445	0.0207	0.0345	0.0361	0.0722	0.0039	0.0197	0.0289	0.0578	0.0082	0.0409	0.1877	0.3020
	A6	0.0259	0.0324	0.0223	0.0445	0.0241	0.0345	0.0506	0.0722	0.0118	0.0197	0.0405	0.0578	0.0286	0.0409	0.1286	0.3020
$v_{ij} = s_j x_{ij}^*$	A7	0.0227	0.0324	0.0178	0.0445	0.0138	0.0345	0.0217	0.0722	0.0059	0.0197	0.0231	0.0578	0.0082	0.0409	0.2037	0.3020
	A8	0.0162	0.0324	0.0089	0.0445	0.0103	0.0345	0.0433	0.0722	0.0118	0.0197	0.0173	0.0578	0.0041	0.0409	0.1131	0.3020
$\bar{v}_{ij} = s_j \bar{x}_{ij}^*$	A9	0.0162	0.0291	0.0267	0.0401	0.0207	0.0345	0.0289	0.0722	0.0059	0.0197	0.0347	0.0578	0.0041	0.0409	0.1120	0.3020
	A10	0.0065	0.0324	0.0178	0.0445	0.0138	0.0345	0.0289	0.0650	0.0079	0.0177	0.0289	0.0578	0.0041	0.0409	0.1371	0.2943
																0.1078	0.2928

Etapa 2. Pristup sistema odnosa (eng. *Ratio System Approach-RS*) GREY MOORA metode

Kao i kod pristupa sistema odnosa MOORA metode (poglavlje 3.3.1.), težina/značaj svake alternative se određuju kao razlika suma prihodnih i rashodnih elemenata težinske normalizovane matrice odlučivanja. Kao ulazne podatke ćemo koristiti matricu odlučivanja i normalizovanu matricu odlučivanja definisanu u *etapi 1*. Kako ovde koristimo intervalne sive brojeve umesto crisp brojeva, upotrebom metodologije GREY MOORA metode objašnjene u poglavlju 3.1., za dobijanje *ukupnog indeksa performansi* (y_i^*) alternative i , $i=1, \dots, 10$ (na osnovu koga ćemo i izvršiti rangiranje alternativa), korišćićemo formulu (73):

$$y_i^* = \sum_{j \in \Omega_G^+} s_j x_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j x_{ij}^* + (1-\lambda) \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \underline{x}_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \underline{x}_{ij}^* \right) + \lambda \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \bar{x}_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \bar{x}_{ij}^* \right).$$

S'obzirom da se prethodna formula odnosi na slučaj kada su za vrednosti alternativa po kriterijumima upotrebljene i crisp vrednosti (I deo formule) i intervalni sivi brojevi (II deo formule) i kako ovde razmatraju vrednosti alternativa koje su zadate samo preko intervalnih sivih brojeva, prethodna formula dobija oblik:

$$y_i^* = (1-\lambda) \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \underline{x}_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \underline{x}_{ij}^* \right) + \lambda \left(\sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \bar{x}_{ij}^* - \sum_{j \in \Omega_G^-} s_j \bar{x}_{ij}^* \right) \dots \dots \dots (96)$$

U našem slučaju, svi kriterijumi su prihodni, teži se ka maksimizaciji njihovih vrednosti, tako da u prethodnoj formuli nemamo deo koji se odnosi na rashodne kriterijume, te se konačna formula za izračunavanje ukupnog indeksa performansi i -te alternative, svodi na:

$$y_i^* = (1-\lambda) \sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \underline{x}_{ij}^* + \lambda \sum_{j \in \Omega_G^+} s_j \bar{x}_{ij}^* \dots \dots \dots (97)$$

gde su:

- s_j - težinski koeficijent j -tog kriterijuma;
- \underline{x}_{ij}^* i \bar{x}_{ij}^* , $i = 1, \dots, 10$; $j = 1, \dots, 7$ - normalizovane granice intervalnog sivog broja koje predstavljaju vrednosti i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum;
- λ - koeficijent beljenja;
- y_i^* - ukupan indeks performansi alternative i ;
- Ω_G^+ je skup prihodnih (maksimizirajućih) kriterijuma izraženih u obliku intervalnih sivih brojeva;
- $i = 1, 2, \dots, 10$ za alternative i $j = 1, 2, \dots, 7$ za kriterijume.

Težinski normalizovana matrica u GREY MOORA metodi, koju označavamo sa $V = [\otimes v_{ij}]_{10 \times 7}$, prikazana je u tabeli 3.3.13. Na osnovu nje se u zavisnosti od koeficijenta beljenja λ , dobija i konačno rangiranje alternativa (tabela 3.3.14.).

Tabela 3.3.14. Konačno rangiranje alternativa u slučaju različitog koeficijenta beljenja λ
GREY MOORA metode (pristup sistema odnosa (RS))

	$\sum_{j \in \Omega_+^*} s_j x_{ij}^*$	$\sum_{j \in \Omega_-^*} s_j \bar{x}_{ij}^*$	λ	rang		λ	rang		λ	rang		λ	rang
			0			0.3			0.5			1	
A1	0.1394	0.3020	0.1394	3		0.1882	3		0.2207	3		0.3020	1
A2	0.0813	0.3020	0.0813	9		0.1475	9		0.1916	9		0.3020	1
A3	0.0805	0.3020	0.0805	10		0.1470	10		0.1913	10		0.3020	1
A4	0.1877	0.3020	0.1877	2		0.2220	2		0.2448	2		0.3020	1
A5	0.1286	0.3020	0.1286	5		0.1806	5		0.2153	5		0.3020	1
A6	0.2037	0.3020	0.2037	1	◀	0.2332	1	◀	0.2529	1	◀	0.3020	1
A7	0.1131	0.3020	0.1131	6		0.1698	6		0.2075	6		0.3020	1
A8	0.1120	0.3020	0.1120	7		0.1690	7		0.2070	7		0.3020	1
A9	0.1371	0.2943	0.1371	4		0.1843	4		0.2157	4		0.2943	9
A10	0.1078	0.2928	0.1078	8		0.1633	8		0.2003	8		0.2928	10

Tokom rešavanja problema, tj. rangiranja alternativa, stav donosioca odluka može ležati između pesimističkog i optimističkog, upravo koeficijent beljenja λ omogućava izražavanje stepena pesimizma ili optimizma donosioca odluka. U slučaju posebno izraženog optimizma, koeficijent beljenja λ uzima veće vrednosti ($\lambda \rightarrow 1$) i rangiranje alternativa je uglavnom bazirano na gornjim granicama intervala pomoću kojih je i iskazana ukupna vrednost svake alternative. S druge strane, u slučaju posebno izraženog pesimizma, koeficijent beljenja λ uzima manje vrednosti ($\lambda \rightarrow 0$) i rangiranje alternativa je uglavnom bazirano na donjim granicama intervala. U našem slučaju vidimo da je rangiranje alternativa potpuno identično za $\lambda \in \{0, 0.3, 0.5\}$, dakle u slučaju potpunog pesimizma i umerenog optimizma, dok u slučaju apsolutnog optimizma $\lambda = 1$, rangiranje alternativa gubi smisao tako da nema potrebe razmatrati taj slučaj.

Etapa 3. Pristup referentne tačke (eng. Reference Point Approach-RP) GREY MOORA metode

Najprikladnija alternativa zasnovana na pristupu referentne tačke MOORA metode kada su vrednosti alternativa izražene konkretnim (tačnim, crisp) vrednostima, se može odrediti uz pomoć formule (79): $\min_i \max_j d_{ij}$, što znači da se rang ili značaj alternative određuje kao njeno maksimalno rastojanje od idealnog rešenja (referentne tačke), nakon čega se bira alternativa sa najmanjim rastojanjem u odnosu na referentnu tačku.

Ovaj pristup GREY MOORA metode, za razliku od prethodno rečenog, zahteva postojanje *referentne sive tačke* (rp), gde su koordinate ove tačke intervalni sivi brojevi definisani u formuli (92).

Kao i prethodni pristup i ovaj pristup ima inicijalne podatke date preko inicijalne matrice (tabela 3.3.10.) i normalizovane matrice odlučivanja (tabela 3.3.12.) koje su definisane u *etapi 1*. Na osnovu normalizovane matrice odlučivanja, potrebno je odrediti *referentnu sivu tačku* $\otimes r = (\underline{r}_j, \bar{r}_j), j = 1, \dots, 7$ uz pomoć formule (87) za prihodne kriterijume

(pošto su u našem slučaju zastupljeni samo prihodni kriterijumi):

$$\left. \begin{array}{l} \bar{r}_j = \max_i x_{ij}^* \\ \underline{r}_j = \min_i x_{ij}^* \end{array} \right\}, j = 1, \dots, 7.$$

Nakon toga se određuje rastojanje normalizovanih vrednosti alternativa, matrice $[\otimes x_{ij}^*]_{10 \times 7}$ od izračunate referentne tačke (\underline{d}_{ij} i \bar{d}_{ij} - rastojanje alternative i u odnosu na j -tu koordinatu referentne sive tačke), uz pomoć formula (85) i (86). Na taj način je dobijena *matrica rastojanja* $[\otimes d_{ij}]_{10 \times 7}$, čiji su elementi intervalni sivi brojevi $(\underline{d}_{ij}, \bar{d}_{ij})$. Rezultati ovih izračunavanja su dati u Tabeli 3.3.15.

Kako bi mogli da izvršimo konačno rangiranje alternativa pristupom referentne tačke GREY MOORA metode, elemente matrice rastojanja (intervalne sive brojeve) je potrebno uz pomoć *koeficijenta beljenja* λ da transformišemo u crisp (obične) vrednosti. To ćemo učiniti uz pomoć formule (84) koja uključuje i izračunate težine kriterijuma s_j

$$d_{ij} = s_j \left((1 - \lambda) \underline{d}_{ij} + \lambda \bar{d}_{ij} \right), i = 1, \dots, 10; j = 1, \dots, 7.$$

U zavisnosti od preferencija donosioca odluka, tj. vrednosti koeficijenta beljenja $\lambda \in \{0, 0.5, 1\}$, rezultati rangiranja variraju, što je u skladu sa očekivanjima i prikazani su u tabeli 3.3.16.

Tabela 3.3.15. Izračunavanje referentne tačke (rp) i matrica rastojanja $[\otimes d_{ij}]_{10 \times 7}$

		Kriterijumi														
		C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		
		0.0822		0.1081		0.0858		0.1788		0.0473		0.1451		0.0953		
tezine sj (wj)		max		max		max		max		max		max		max		
optimizacija		max		max		max		max		max		max		max		
$\bar{r}_j = \max_i x_{ij}^*$		r_1	\bar{r}_1	r_2	\bar{r}_2	r_3	\bar{r}_3	r_4	\bar{r}_4	r_5	\bar{r}_5	r_6	\bar{r}_6	r_7	\bar{r}_7	
$\underline{r}_j = \min_i x_{ij}^*$		RP $\otimes r$	0.3150	0.3937	0.3294	0.4117	0.3213	0.4016	0.2828	0.4041	0.2501	0.4168	0.2789	0.3984	0.3001	0.4287
rastojanja		d_{i1}	d_{i1}	d_{i2}	d_{i2}	d_{i3}	d_{i3}	d_{i4}	d_{i4}	d_{i5}	d_{i5}	d_{i6}	d_{i6}	d_{i7}	d_{i7}	
$d_{ij} = r_j - x_{ij}^* $		A1	0.1575	0.0000	0.2058	0.0000	0.2008	0.0000	0.0808	0.0000	0.0417	0.0000	0.0000	0.0000	0.1286	0.0000
$\bar{d}_{ij} = \bar{r}_j - \bar{x}_{ij}^* $		A2	0.1181	0.0000	0.2058	0.0000	0.2410	0.0000	0.1212	0.0000	0.2084	0.0000	0.2390	0.0000	0.2144	0.0000
		A3	0.0787	0.0000	0.2470	0.0000	0.2811	0.0000	0.1212	0.0000	0.1251	0.0000	0.2390	0.0000	0.2144	0.0000
		A4	0.0394	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0404	0.0000	0.0417	0.0000	0.0000	0.0000	0.2144	0.0000
		A5	0.1575	0.0000	0.1647	0.0000	0.0803	0.0000	0.0808	0.0000	0.1667	0.0000	0.0797	0.0000	0.2144	0.0000
		A6	0.0000	0.0000	0.1235	0.0000	0.0402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		A7	0.0394	0.0000	0.1647	0.0000	0.1606	0.0000	0.1616	0.0000	0.1251	0.0000	0.1195	0.0000	0.2144	0.0000
		A8	0.1181	0.0000	0.2470	0.0000	0.2008	0.0000	0.0404	0.0000	0.0000	0.0000	0.1594	0.0000	0.2572	0.0000
		A9	0.1181	0.0394	0.0823	0.0412	0.0803	0.0000	0.1212	0.0000	0.1251	0.0000	0.0398	0.0000	0.2572	0.0000
		A10	0.2362	0.0000	0.1647	0.0000	0.1606	0.0000	0.1212	0.0404	0.0834	0.0417	0.0797	0.0000	0.2572	0.0000

Tabela 3.3.16. Konačno rangiranje alternativa u slučaju različitog koefficijenta beljenja λ GREY MOORA (pristup referentne tačke-RP)

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	max		rang									
$\lambda=0$	A1	0.0130	0.0223	0.0172	0.0144	0.0020	0.0000	0.0123	0.0223	4										
	A2	0.0097	0.0223	0.0207	0.0217	0.0099	0.0347	0.0204	0.0347	9										
	A3	0.0065	0.0267	0.0241	0.0217	0.0059	0.0347	0.0204	0.0347	9										
	A4	0.0032	0.0000	0.0000	0.0072	0.0020	0.0000	0.0204	0.0204	2										
	A5	0.0130	0.0178	0.0069	0.0144	0.0079	0.0116	0.0204	0.0204	2										
	A6	0.0000	0.0134	0.0034	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	1	◀									
	A7	0.0032	0.0178	0.0138	0.0289	0.0059	0.0173	0.0204	0.0289	8										
	A8	0.0097	0.0267	0.0172	0.0072	0.0000	0.0231	0.0245	0.0267	7										
	A9	0.0097	0.0089	0.0069	0.0217	0.0059	0.0058	0.0245	0.0245	5										
	A10	0.0194	0.0178	0.0138	0.0217	0.0039	0.0116	0.0245	0.0245	5										
									min	0.0134										
$\lambda=0.5$	A1	0.0065	0.0111	0.0086	0.0072	0.0010	0.0000	0.0061	0.0111	4										
	A2	0.0049	0.0111	0.0103	0.0108	0.0049	0.0173	0.0102	0.0173	9										
	A3	0.0032	0.0134	0.0121	0.0108	0.0030	0.0173	0.0102	0.0173	9										
	A4	0.0016	0.0000	0.0000	0.0036	0.0010	0.0000	0.0102	0.0102	2										
	A5	0.0065	0.0089	0.0034	0.0072	0.0039	0.0058	0.0102	0.0102	2										
	A6	0.0000	0.0067	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	1	◀									
	A7	0.0016	0.0089	0.0069	0.0144	0.0030	0.0087	0.0102	0.0144	8										
	A8	0.0049	0.0134	0.0086	0.0036	0.0000	0.0116	0.0123	0.0134	6										
	A9	0.0065	0.0067	0.0034	0.0108	0.0030	0.0029	0.0123	0.0123	5										
	A10	0.0097	0.0089	0.0069	0.0144	0.0030	0.0058	0.0123	0.0144	7										
									min	0.0067										
$\lambda=1$	A1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀	
	A2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀
	A3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀
	A4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀
	A5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀
	A6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀
	A7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀
	A8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	◀
	A9	0.0032	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0045	9		
	A10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	10				
									min	0.0000										

Konačno rangiranje GREY MOORA metode u odnosu na oba pristupa (1) sistem odnosa (RS) i (2) referentne tačke (RP), u odnosu na različite vrednosti koeficijenta beljenja λ , odnosno različite preferencije donosioca odluka (od pesimizma, do optimizma) se može jasnije videti iz sledeće tabelle:

Tabela 3.3.17. Konačno rangiranje alternativa u slučaju različitog koeficijenta beljenja λ GREY MOORA (RS i RP pristup)

GREY MOORA RS						GREY MOORA RP					
$\lambda=0$		$\lambda=0.5$		$\lambda=1$		$\lambda=0$		$\lambda=0.5$		$\lambda=1$	
alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang
A6	1	A6	1	A1	1	A6	1	A6	1	A1	1
A4	2	A4	2	A2	1	A4	2	A4	2	A2	1
A1	3	A1	3	A3	1	A5	2	A5	2	A3	1
A9	4	A9	4	A4	1	A1	4	A1	4	A4	1
A5	5	A5	5	A5	1	A9	5	A9	5	A5	1
A7	6	A7	6	A6	1	A10	5	A8	6	A6	1
A8	7	A8	7	A7	1	A8	7	A10	7	A7	1
A10	8	A10	8	A8	1	A7	8	A7	8	A8	1
A2	9	A2	9	A9	9	A2	9	A2	9	A9	9
A3	10	A3	10	A10	10	A3	9	A3	9	A10	10

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I KOMPARATIVNA ANALIZA REZULTATA

*„Jasno je da je mnogo više pitanja nego odgovora.
To je dobro za sve oblasti nauke.
Razmislimo šta bi se desilo da je situacija suprotna:
nedostatak pitanja, a obilje odgovora?“*
Milan Zeleny

4.1. REZULTATI RANGIRANJA RAZLIČITIM MCDM METODAMA I NJIHOVA KOMPARATIVNA ANALIZA

Ključne metode u ovoj disertaciji su MOORA metoda i razvijena GREY MOORA metoda, čiji su rezultati rangiranja alternativa, odnosno njihova primena na evaluaciju internet informacionih resursa (IIR) fakulteta obrađena u prethodnoj glavi, u okviru poglavlja 3.3. Kako je naslov ove doktorske disertacije *Razvoj modela za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja*, ovde će biti reči i o rezultatima rangiranja tj. primeni ostalih metoda višekriterijumskog odlučivanja (MCDM) na rešavanje problema evaluacije IIR, a zatim će na osnovu toga biti data i sveobuhvatna komparativna analiza.

4.1.1. Rezultati rangiranja ostalih MCDM metoda

U okviru ovog poglavlja, videćemo kako pojedine MCDM metode utiču na redosled rangiranja alternativa (web stranica fakulteta - IIR) u odnosu na definisane kriterijume za evaluaciju kvaliteta fakultetskih web stranica. Metode koje ćemo razmatrati su: TOPSIS, COPRAS, ARAS i VIKOR. Metodologija ovih metoda detaljno je opisana u poglavlju 2.2.2. Kako svaka od njih zahteva definisane ulazne veličine, a to je **matrica odlučivanja** koja je zajednička za sve posmatrane MCDM metode i već je izračunata u okviru poglavlja 3.2.2.2. i data u obliku Tabele 3.2.11., ovde ćemo je navesti kao polaznu osnovu za sve ostale metode:

Tabela 3.2.11. Matrica odlučivanja $[x_{ij}]_{10 \times 7}$ ocena web stranica fakulteta u odnosu na izabrane kriterijume

KRITERIJUMI FAKULTETI	sadržaj C ₁	ažuriranje C ₂	navigacija C ₃	tačnost, pouzdanost C ₄	dizajn C ₅	studentski web servis C ₆	NIR C ₇
težine w_j	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
smer optimizacije	max	max	max	max	max	max	max
A1	8.2622	6.7338	7.3276	8.0588	6.6714	8.7940	8.4081
A2	8.2882	7.9764	7.7558	8.1118	5.1132	7.6025	6.8033
A3	8.5548	7.4382	6.5172	8.2149	7.3187	7.4474	7.6336
A4	9.1641	9.1209	9.1209	8.5321	7.1451	8.5375	7.3782
A5	7.8329	7.7197	8.3182	8.2594	5.5590	8.5871	7.2351
A6	8.9657	8.2443	8.7940	8.5457	7.5901	8.7147	8.6936
A7	8.4024	7.5433	7.9611	8.0182	6.7526	7.1025	5.4934
A8	8.0891	7.1292	7.5151	8.3113	8.2164	6.3943	5.4541
A9	7.9891	7.5480	7.6002	7.7485	7.2282	8.2933	5.8575
A10	6.9951	6.8586	7.7431	6.7425	6.8737	8.1955	6.2015

Matrica odlučivanja ukazuje na prosečne ocene (izračunate geometrijskom sredinom) za 13 ispitanika (donosioca odluka) koji su ocenjivali $m=10$ alternativa (web stranice fakulteta) osnovu $n=7$ izabranih kriterijuma za evaluaciju kvaliteta internet informacionih resursa (web strana fakulteta). Član x_{ij} označava meru realizacije j -te alternative u odnosu na i -ti kriterijum.

4.1.1.1. TOPSIS

TOPSIS (eng. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metoda je zasnovana na konceptu da izabrana alternativa treba da ima najkraće rastojanje od idealnog rešenja i najduže od anti-idealnog rešenja. *Normalizacija* koja se koristi u ovoj metodi je vektorska normalizacija. TOPSIS metoda se sastoji od 6 koraka:

1. *Izračunavanje normalizovane matrice odlučivanja* $R=[r_{ij}]_{10 \times 7}$;
2. *Izračunavanje težinski normalizovane matrice odlučivanja* $V=[v_{ij}]_{10 \times 7}$;
3. *Određivanje idealnih rešenja*: najbolja alternativa - idealno rešenje (A^*) i idealno negativno rešenje (A^-);
4. *Određivanje rastojanja alternativa od idealnih rešenja*. U ovom koraku se izračunavaju n -dimenziona Euklidska rastojanja S_i^* svih alternativa od idealnog i rastojanja S_i^- od negativno-idealnog rešenja
5. *Računanje relativne blizine alternativa idealnom rešenju*. Za svaku alternativu određuje se relativno rastojanje (RC_i) idealnom rešenju. Alternativa A_i je bliža idealnom rešenju ako je RC_i bliže vrednosti 1 ili ako je S_i^* bliže vrednosti 0.
6. *Rangiranje alternativa* po opadajućim vrednostima RC_i .

Kako je postupak prilično opširan, ovde ćemo navesti samo rezultate vezane za prvi i poslednji korak, dok će u prilogu 6 biti izložen kompletan postupak rangiranja i dobijanja najbolje alternative.

Normalizovana matrica odlučivanja $R=[r_{ij}]_{10 \times 7}$ se dobija uz pomoć matrice odlučivanja $[x_{ij}]_{10 \times 7}$ (tabela 3.2.11.), njenom vektorskom normalizacijom $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$ i ima sledeći oblik:

Tabela 4.1.1. Normalizovana matrica odlučivanja TOPSIS metode

$R = [r_{ij}]_{10 \times 7}$		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7
	wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
	Opt	max	max	max	max	max	max	max
$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$	A1	0.3158	0.2780	0.2934	0.3158	0.3057	0.3475	0.3797
	A2	0.3168	0.3293	0.3106	0.3179	0.2343	0.3004	0.3072
	A3	0.3269	0.3071	0.2610	0.3219	0.3353	0.2943	0.3447
	A4	0.3502	0.3765	0.3652	0.3344	0.3274	0.3374	0.3332
	A5	0.2994	0.3187	0.3331	0.3237	0.2547	0.3393	0.3267
	A6	0.3426	0.3403	0.3522	0.3349	0.3478	0.3444	0.3926
	A7	0.3211	0.3114	0.3188	0.3142	0.3094	0.2807	0.2481
	A8	0.3091	0.2943	0.3009	0.3257	0.3764	0.2527	0.2463
	A9	0.3053	0.3116	0.3043	0.3037	0.3312	0.3277	0.2645
	A10	0.2673	0.2831	0.3101	0.2642	0.3149	0.3238	0.2801

Nakon niza koraka koje smo prethodno definisali i detaljne procedure izračunavanja koje smo izložili u okviru priloga 6, konačno rangiranje uz pomoć izračunatog relativnog rastojanja (RC_i) u odnosu na idealno rešenje (što je RC_i bliže vrednosti 1, to je to je alternativa A_i bliža idealnom rešenju, a time i bolje rangirana), dato je u sledećoj tabeli:

Tabela 4.1.2. Rangiranje alternativa TOPSIS metodom

Alternativa	RC_i	Rang	
A1	0.62	4	
A2	0.51	6	
A3	0.53	5	
A4	0.80	2	
A5	0.63	3	
A6	0.86	1	◀
A7	0.40	8	
A8	0.38	9	
A9	0.47	7	
A10	0.36	10	

4.1.1.2. COPRAS

COPRAS (eng. *COmplex PROportional Assessment*) metoda podrazumeva rangiranje na osnovu relativnog značaja (težine) za svaku alternativu. Težina/značaj svake alternative se određuje kao "suma" prihodnih i rashodnih elemenata težinske normalizovane matrice, pri čemu se prihodni i rashodni kriterijumi različito tretiraju. Normalizacija koja se koristi u ovoj metodi je *linearna* ili *sum metod*. Tokom normalizacije se ne vrši transformacija rashodnih u prihodne kriterijume. COPRAS metoda sadrži nekoliko koraka:

1. Formiranje normalizovane matrice odlučivanja $R=[r_{ij}]_{10 \times 7}$;
2. Formiranje težinske normalizovane matrice odlučivanja $V=[v_{ij}]_{10 \times 7}$;

3. *Računanje P_i i R_i :* P_i je suma težinski normalizovanih vrednosti v_{ij} za maksimizirajuće (prihodne) kriterijume kada je smer optimizacije maksimizacija, takođe i R_i je suma za minimizirajuće (rashodne) kriterijume kada je smer optimizacije minimizacija;
4. *Određivanje relativnog značaja (težine) Q_i , za svaku alternativu;*
5. *Izbor najbolje alternative ili rangiranje alternativa:* alternative se rangiraju u rastućem redosledu, prema vrednosti Q_i .

Kao u slučaju TOPSIS metode, ceo postupak sprovođenja COPRAS metode, po koracima, biće izložen u **prilogu 7**, dok ćemo ovde navesti samo početni korak i krajnji - rezultat rangiranja.

Normalizovana matrica odlučivanja $R=[r_{ij}]_{10 \times 7}$ se dobija uz pomoć matrice odlučivanja $[x_{ij}]_{10 \times 7}$ (tabela 3.2.11.), njenom *sum metod* normalizacijom $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}$ i ima sledeći oblik:

Tabela 4.1.3. Normalizovana matrica odlučivanja COPRAS metode

$R = [r_{ij}]_{10 \times 7}$		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7
	wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
	Opt	max	max	max	max	max	max	max
$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}$	A1	0.1001	0.0882	0.0932	0.1001	0.0974	0.1104	0.1216
	A2	0.1004	0.1045	0.0986	0.1007	0.0747	0.0954	0.0984
	A3	0.1036	0.0975	0.0829	0.1020	0.1069	0.0935	0.1104
	A4	0.1110	0.1195	0.1160	0.1059	0.1044	0.1072	0.1067
	A5	0.0949	0.1012	0.1058	0.1025	0.0812	0.1078	0.1046
	A6	0.1086	0.1080	0.1118	0.1061	0.1109	0.1094	0.1257
	A7	0.1018	0.0988	0.1012	0.0996	0.0986	0.0892	0.0794
	A8	0.0980	0.0934	0.0955	0.1032	0.1200	0.0803	0.0789
	A9	0.0968	0.0989	0.0966	0.0962	0.1056	0.1041	0.0847
	A10	0.0847	0.0899	0.0984	0.0837	0.1004	0.1029	0.0897

Nakon niza koraka koje smo prethodno definisali i čije je detaljno izračunavanje izloženo u okviru priloga 7, konačno rangiranje uz pomoć izračunatog relativnog značaja Q_i (bolje je rangirana ona alternativa A_i koja ima veću vrednost Q_i), je predstavljeno sledećom tabelom:

Tabela 4.1.4. Rangiranje alternativa COPRAS metodom

Alternativa	Q_i	Rang	
A1	0.0759	3	
A2	0.0728	6	
A3	0.0735	5	
A4	0.0816	2	
A5	0.0756	4	
A6	0.0823	1	◀
A7	0.0707	8	
A8	0.0696	9	
A9	0.0723	7	
A10	0.0683	10	

4.1.1.3. ARAS

Specifičnost ARAS (*eng. A new Additive Ratio Assesment*) metode u odnosu na druge je uvođenje optimalne alternative (referentne tačke) $A_0 = [x_{0j}]_{1 \times 7}$. Performanse optimalne

alternative su definisane kao (formula (26)): $x_{0j} = \begin{cases} \max_i x_{ij}; j \in J_{\max} \\ \min_i x_{ij}; j \in J_{\min} \end{cases}$. Normalizacija koja se

ovde koristi je *linearna* ili *Sum metod*.

Koraci u ARAS metodi su definisani na sledeći način:

1. *Određivanje referentne tačke A_0 , na osnovu matrice odlučivanja, uz pomoć prethodno definisane formule;*
2. *Formiranje normalizovane matrice, pri čemu se nalazi i normalizovana vrednost referentne tačke;*
3. *Formiranje težinski normalizovane matrice i težinski normalizovane referentne tačke;*
4. *U procesu agregacije, vrši se sumiranje vrednosti težinski normalizovane matrice za svaku alternativu A_i i za referentnu tačku A_0 . Dobija se ukupni indeks performansi S_i i S_0 .*
5. *Računanje stepena korisnosti $Q_i = \frac{S_i}{S_0}$; $i = 1, 2, \dots, 10$;*
6. *Rangiranje alternativa: alternative se rangiraju na osnovu njihovih vrednosti Q_i , u rastućem poretku, a najbolje rangirana alternativa je ona koja ima najveću vrednost Q_i .*

Kao u slučaju prethodnih metoda, ceo postupak sprovođenja ARAS metode, po koracima, biće izložen u **prilogu 8**, dok ćemo ovde navesti samo početni korak i krajnji - rezultat rangiranja.

Ovde je značajno napomenuti da u svakom koraku dodajemo i izračunavanja vezana za referentnu tačku A_0 , koja na osnovu matrice odlučivanja ima koordinate (maksimalne vrednosti kriterijuma - zbog smera optimizacije):

Tabela 4.1.5. Referentna tačka (optimalna alternativa)

referentna tačka	$A_0 = [x_{0j}]_{1 \times 7}$	9.164	9.121	9.121	8.546	8.216	8.794	8.694
------------------	-------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Normalizovana matrica odlučivanja $R=[r_{ij}]_{10 \times 7}$ se dobija uz pomoć matrice odlučivanja

$$[x_{ij}]_{10 \times 7} \text{ (tabela 3.2.11.), njenom normalizacijom } r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}; & j \in J_{max} \\ \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=0}^m 1/x_{ij}}; & j \in J_{min} \end{cases} \text{ i ima sledeći oblik:}$$

Tabela 4.1.6. Normalizovana matrica odlučivanja ARAS metode

$R = [r_{ij}]_{10 \times 7}$		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7
	wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
	Opt	max	max	max	max	max	max	max
$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}; & j \in J_{max} \\ \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=0}^m 1/x_{ij}}; & j \in J_{min} \end{cases}$	A1	0.0901	0.0788	0.0835	0.0905	0.0870	0.0994	0.1080
	A2	0.0904	0.0934	0.0884	0.0911	0.0667	0.0859	0.0874
	A3	0.0933	0.0871	0.0743	0.0922	0.0954	0.0842	0.0981
	A4	0.0999	0.1068	0.1039	0.0958	0.0932	0.0965	0.0948
	A5	0.0854	0.0904	0.0948	0.0927	0.0725	0.0971	0.0929
	A6	0.0978	0.0965	0.1002	0.0959	0.0990	0.0985	0.1117
	A7	0.0916	0.0883	0.0907	0.0900	0.0881	0.0803	0.0706
	A8	0.0882	0.0834	0.0856	0.0933	0.1071	0.0723	0.0701
	A9	0.0871	0.0883	0.0866	0.0870	0.0943	0.0937	0.0752
	A10	0.0763	0.0803	0.0882	0.0757	0.0896	0.0926	0.0797
referentna tačka	Ao	0.0999	0.1068	0.1039	0.0959	0.1071	0.0994	0.1117

Nakon niza koraka koje smo prethodno definisali i čije je detaljno izračunavanje izloženo u okviru priloga 8, konačno rangiranje uz pomoć izračunatog stepena korisnosti Q_i (bolje je rangirana ona alternativa A_i koja ima veću vrednost Q_i), je predstavljeno sledećom tabelom:

Tabela 4.1.7. Rangiranje alternativa ARAS metodom

Alternativa	Q_i	Rang	
A1	0.8965	3	
A2	0.8602	6	
A3	0.8691	5	
A4	0.9642	2	
A5	0.8935	4	
A6	0.9721	1	◀
A7	0.8359	8	
A8	0.8232	9	
A9	0.8547	7	
A10	0.8073	10	

4.1.1.4. VIKOR

VIKOR (VIšekriterijumska optimizacija i KOMPromisno Rešenje) metoda se koristi za rangiranje alternativa i određivanje kompromisnog rešenja koje je najbliže idealnom. Polazna ideja VIKOR metode koristi metriku (formula (29)) koja je bazirana na L_p metrici Minkovskog, za $p=1$.

Koraci u VIKOR metodi su definisani na sledeći način:

1. Formiranje normalizovane matrice odlučivanja $R = [r_{ij}]_{m \times n}$;
2. Formiranje težinski normalizovane matrice odlučivanja $V = [v_{ij}]_{m \times n}$;
3. Računanje očekivane performanse i -te alternative (S_i) i optimističke performanse i -te alternative (R_i);
4. Računanje ukupnog indeksa performansi (Q_i) svake alternative;
5. Sortiranje vrednosti očekivanih, optimističkih i ukupnog indeksa performansi alternativa u opadajućem redosledu. Rezultat ove aktivnosti su tri liste (S_i , R_i i Q_i);
6. Određivanje kompromisnog rešenja: najbolja alternativa je ona koja ima najmanju vrednost Q i ona zauzima prvo mesto na rang listi. Alternativa A' koja je najbolje rangirana na listi Q predstavlja kompromisno rešenje ukoliko zadovolja sledeća dva uslova: (C1) prihvatljiva prednost i (C2) prihvatljiva stabilnost u donošenju odluka.

Kao u slučaju prethodnih metoda, ceo postupak sprovođenja VIKOR metode, po koracima, biće izložen u **prilogu 9**, dok ćemo ovde navesti samo početni korak i krajnji - rezultat rangiranja.

Normalizovana matrica odlučivanja $R = [r_{ij}]_{10 \times 7}$ se dobija uz pomoć matrice odlučivanja

$[x_{ij}]_{10 \times 7}$ (tabela 3.2.11.), njenom linearnom normalizacijom $r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-}$ i ima sledeći oblik:

Tabela 4.1.8. Normalizovana matrica odlučivanja VIKOR metode

$R = [r_{ij}]_{10 \times 7}$		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7
	wj	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953
	Opt	max	max	max	max	max	max	max
	$x_j^* = \max_i x_{ij}$	9.1641	9.1209	9.1209	8.5457	8.2164	8.7940	8.6936
	$x_j^- = \min_i x_{ij}$	6.9951	6.7338	6.5172	6.7425	5.1132	6.3943	5.4541
$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-}$	A1	0.4158	1.0000	0.6888	0.2700	0.4979	0.0000	0.0881
	A2	0.4038	0.4794	0.5243	0.2406	1.0000	0.4965	0.5835
	A3	0.2809	0.7049	1.0000	0.1834	0.2893	0.5611	0.3272
	A4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0075	0.3452	0.1069	0.4060
	A5	0.6137	0.5870	0.3083	0.1588	0.8563	0.0862	0.4502
	A6	0.0915	0.3672	0.1255	0.0000	0.2018	0.0331	0.0000
	A7	0.3512	0.6609	0.4455	0.2925	0.4717	0.7049	0.9879
	A8	0.4956	0.8343	0.6168	0.1300	0.0000	1.0000	1.0000
	A9	0.5417	0.6589	0.5841	0.4421	0.3184	0.2087	0.8755
	A10	1.0000	0.9477	0.5292	1.0000	0.4327	0.2494	0.7693

Nakon niza koraka koje smo prethodno definisali, pri čemu su u okviru priloga 9 u potpunosti ispoštovane i izračunate procedure korak po korak, rangiranje uz pomoć

izračunatih očekivanih performansi (S_i) i optimističkih performansi (R_i) biće prikazano u pomoćnoj tabeli 4.1.9. Kako prilikom formiranja konačne Q_i liste ukupnog indeksa performansi, treba primeniti formulu (36): $Q_i = v \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}$, $i = 1, \dots, 10$, pri čemu parametar v uzima vrednosti iz intervala $[0,1]$ (najčešće se uzima vrednost $v=0.5$), u tabeli 4.1.10. će biti prikazana rangiranja alternativa VIKOR metodom za različite vrednosti parametra v . Konačni rezultati rangiranja ukupnog indeksa performansi (Q_i) (najbolja alternativa je ona koja ima najmanju vrednost Q_i i ona zauzima prvo mesto na rang listi) biće izloženi u tabeli 4.1.11., pri čemu je razmatran samo slučaj kada je $v=0.5$.

Tabela 4.1.9. Rangiranje uz pomoć izračunatih očekivanih performansi (S_i) i optimističkih performansi (R_i)

	$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij}, i = 1, \dots, m$		$R_i = \max_j v_{ij}, i = 1, \dots, m$	
	S_i	Rang S_i	R_i	Rang R_i
A1	0.2816	4	0.1081	8
A2	0.3480	6	0.0720	4
A3	0.3442	5	0.0858	6
A4	0.0719	1	0.0387	1
A5	0.2647	3	0.0635	3
A6	0.0723	2	0.0397	2
A7	0.4096	8	0.1022	7
A8	0.4475	9	0.1451	9
A9	0.3737	7	0.0835	5
A10	0.5388	10	0.1788	10

Tabela 4.1.10. Rangiranje alternativa VIKOR metodom za različite vrednosti parametra v

Rang alternativa u zavisnosti od parametra	v											
$v=$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
A1	8	8	7	7	7	6	5	4	4	4	4	
A2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	
A3	6	6	6	5	5	5	6	6	6	6	5	
A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
A6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
A7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
A8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
A9	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	7	
A10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

Tabela 4.1.11. Konačno rangiranje alternativa VIKOR metodom ($v=0.5$)

Alternativa	Q_i $v=0.5$	Rang
A1	0.4722	6
A2	0.4145	4
A3	0.4597	5
A4	0.0000	1
A5	0.2947	3
A6	0.0040	2
A7	0.5884	8
A8	0.7818	9
A9	0.4830	7
A10	1.0000	10

Treba napomenuti da je VIKOR metoda kompromisna metoda i sama je veoma specifična jer zahteva zadovoljavanje određenih uslova kako bi prvoplasiranu alternativu proglasili najboljom. Pošto se po VIKOR metodi kao najbolje plasirana alternativa bira ona koja predstavlja kompromisno rešenje i pritom treba da bude "dovoljno bolja" od ostalih, proveravanjem uslova: (C1) - prihvatljive prednosti, izračunava se da li je drugoplasirana alternativa dovoljno udaljena od prvoplasirane i uslova (C2) - prihvatljive stabilnosti u donošenju odluka, proverava se da li je prvoplasirana alternativa na listi Q istovremeno prvoplasirana i na listama S i R . Uslov (C2) je u našem slučaju zadovoljen, ali zbog nezadovoljavanja uslova prihvatljive prednosti, alternativa A_4 nije pravo kompromisno rešenje tj. nije apsolutno najbolja, već se predlaže skup kompromisnih rešenja sastavljen od alternativa: prvoplasirane A_4 i drugoplasirane A_6 , koje se smatraju boljim u odnosu na druge.

4.1.2. Komparativna analiza dobijenih rezultata

Istraživanja u polju višekriterijumskog odlučivanja nemaju kraja i potraga za najboljom MCDM metodom je još uvek aktuelna. Širok spektar tehnika za rešavanje MCDM problema koje su danas dostupne, različite kompleksnosti i mogućnosti, mogu da zbune potencijalne korisnike. Svaka metoda ima svoje snage, slabosti i mogućnosti da se primeni. Sve ovo dovodi do fenomena poznatog kao problem nekonzistentnosti rangiranja i može biti prouzrokovan različitim MCDM metodama. Glavna kritika metoda višekriterijumskog odlučivanja je u razlikama koje su rezultat različitih tehnika primenjenih u metodama, pri čemu se za isti problem dobijaju različiti rezultati. Ove razlike u algoritmima se tiču: različitog korišćenja težina, različitog izbora najboljeg rešenja, pokušaja da se ciljevi skaliraju, uvođenja dodatnih parametara koje utiču na rešenje. N-dimenzionalne informacije koje se koriste u MCDM modelima se mogu transformisati u jednodimenzionalne koristeći MCDM metode. Metode se razlikuju još i u pristupu korišćenom da se definiše najprihvatljivija alternativa, što znači da one imaju *različite procedure agregacije, koriste različite metode normalizacije i imaju različite postupke za prihodne i rashodne kriterijume.*

Upravo zbog svega do sada rečenog, upotreba većeg broja MCDM metoda u ovoj disertaciji je shvaćena kao izazov i želja da se da doprinos kroz odgovore na pitanja vezana za upoređivanje ovih metoda. Kako se one ponašaju prilikom rangiranja alternativa i kako se može objasniti eventualni različiti rezultati rangiranja, izložićemo u poglavljima 4.1.2.1. i 4.1.2.2. koja slede. Upotreba većeg broja metoda za rešavanje istog višekriterijumskog problema rangiranja internet informacionih resursa, proističe iz želje da se sagleda

funkcionisanje MCDM metoda i uvidi neka pravilnost prilikom rangiranja, kao i da se eventualno da preporuka nekoj od metoda za dalje korišćenje i širu primenu.

4.1.2.1. MOORA i ostale metode

Komparativna analiza bazirana na teorijskoj osnovi

Posle detaljnog opisa metodologije i karakteristika najznačajnijih MCDM metoda, pre nego što se pozabavimo komparativnom analizom rezultata problema rangiranja alternativa u okviru disertacije, iznećemo neke zaključke vezane za kompleksnost procedure rangiranja i pristupa primenjenih u MOORA metodi u odnosu na druge MCDM metode¹⁶¹.

Kompleksnost: u poređenju sa drugim MCDM metodama, MOORA metoda ima za nijansu kompleksniju proceduru rangiranja od COPRAS metode, ali je ipak manje kompleksna u odnosu na TOPSIS metodu. Procedure koje se koriste za rangiranje alternativa u MOORA metodi su takođe jednostavnije od drugih metoda, na primer VIKOR metode.

Pristup: u poređenju sa drugim metodama, MOORA metoda je vrlo specifična zato što nudi dva različita pristupa za rangiranje alternativa: (1) Sistem odnosa (*eng. Ratio System*) i (2) Referentna tačka (*eng. Reference Point*).

(1) Na osnovu karakteristika *pristupa sistema odnosa* MOORA metode, ovaj pristup može biti klasifikovan kao metoda koja se zasniva na performansama (*eng. performance-based*) slično kao SAW i COPRAS metoda. Kao i u COPRAS metodi, MOORA metoda različito razmatra prihodne i rashodne kriterijume u fazi agregacije, pri čemu su procedure agregacije u ovim metodama relativno jednostavne. Ovim nismo naveli sve specifičnosti MOORA metode koju karakteriše jasno razdvajanje prihodnih i rashodnih kriterijuma što se konkretno vidi preko načina definisanja ukupnog indeksa performansi kao razlike suma procena dobijenih na osnovu prihodnih i rashodnih kriterijuma. Ovakav pristup za definisanje indeksa performansi bilo koje posmatrane alternative je precizan, logičan i relativno jednostavan za razumevanje.

(2) Drugi pristup MOORA metode, poznat kao *pristup referentne tačke* razvrstava (klasifikuje) MOORA metodu u metode zasnovane na rastojanju (*eng. distance-based*), slično kao i TOPSIS metoda. Pristup MOORA metode zasnovan na rastojanju se bazira na Minkovski metriki, koja se može iskazati uz pomoć formule:

$$\min M_i = \left\{ \sum_{j=1}^n s_j^p |r_j - x_{ij}^*|^p \right\}^{\frac{1}{p}}, i = 1, \dots, n \dots\dots\dots(98)$$

¹⁶¹ Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Jovanovic, R.; Stojanovic, S. (2012). An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers. *Technological and Economic Development of Economy*. 18(2)(2012): 331–363., ISSN 2029-4913

gde su: r_j - j -ta koordinata referentne tačke, $j=1, \dots, n$ (n -broj kriterijuma);

x_{ij}^* - normalizovana vrednost i -te alternative po j -tom kriterijumu;

s_j - težina j -tog kriterijuma;

p - parametar koji omogućava upotrebu različitih prostornih metrika, $p \in [1, \infty]$;

M_i - metrika Minkovskog za i -tu alternativu u n -dimenzionalnom prostoru.

Parametar p može da uzme vrednosti iz intervala $[1, \infty]$, ali se najčešće koriste vrednosti: 1, 2 i ∞ . Slučaj kada je $p = 1$ je poznat kao "city-block" ili *Manhattan* rastojanje. U slučaju kada je $p = 2$ u pitanju je jedna od najpoznatijih i najprimenljivijih metrika, *Euklidsko rastojanje*. Kada je $p = \infty$, reč je o *max-min* metrici. Napomenućemo da TOPSIS metoda koristi $p = 2$ metriku, dok MOORA metoda koristi $p = \infty$ metriku, što je jedan od razloga zbog koga je rangiranje alternativa *pristupom referentne tačke* ove metode precizan, logičan i relativno lak za upotrebu. U naučnim krugovima, postoje velike nesuglasice oko toga koju je metriku najbolje koristiti i koja od njih daje najbolje rezultate.

Kompartivna analiza rezultata primene MCDM metoda u evaluaciji fakultetskih internet informacionih resursa

S'obzirom da smo u prethodnim poglavljima odredili i prikazali rangiranja deset alternativa (fakultetskih internet informacionih resursa - web stranica) na osnovu izabranih sedam kriterijuma za evaluaciju kvaliteta IIR, po svim izabranim MCDM metodama, sada će biti reči o komparaciji rezultata rangiranja i njihovoj analizi.

Ishod rangiranja alternativa u odnosu na različite MCDM metode koje su primenjene za rešavanje našeg višekriterijumskog problema, najbolje ćemo videti iz priložene tabele:

Tabela 4.1.12. Rezultati rangiranja alternativa dobijeni primenom MOORA metode i različitih MCDM metoda

Metode Rangiranje	TOPSIS	CORAS	ARAS	VIKOR	MOORA (RS)	MOORA (RP)
1	A6	A6	A6	A4	A6	A6
2	A4	A4	A4	A6	A4	A4
3	A5	A1	A1	A5	A1	A5
4	A1	A5	A5	A2	A5	A2
5	A3	A3	A3	A3	A3	A3
6	A2	A2	A2	A1	A2	A1
7	A9	A9	A9	A9	A9	A9
8	A7	A7	A7	A7	A7	A10
9	A8	A8	A8	A8	A8	A7
10	A10	A10	A10	A10	A10	A8

Kao što vidimo iz priložene tabele, variranja u rangiranju alternativa - web stranica fakulteta, postoje ali su minimalna. *Za najbolje rangiranu alternativu izabrana je alternativa*

A_6 , jedino to nije slučaj kod VIKOR metode, gde je ona drugoplasirana. Zbog specifičnosti ove metode i na osnovu zapažanja koje smo u vezi rezultata rangiranja izneli u poglavlju 4.1.1.4, za skup kompromisnih rešenja je izabran skup upravo od alternativa A_4 i A_6 koje su kod svih ostalih metoda drugoplasirana i prvoplasirana alternativa. Dakle, odstupanja su neznatna. *Kao najlošije rangirana alternativa, po svim posmatranim metodama (osim kod MOORA (RP)), izabrana je alternativa A_{10} .* COPRAS, ARAS i MOORA (RS - pristup sistema odnosa), imaju potpuno identična rangiranja, što se i očekivalo jer pripadaju grupi tzv. metoda zasnovanim na performansi (*eng. performance-based*), TOPSIS metoda se od njih razlikuje jedino u rangiranju alternativa na pozicijama 3. i 4. Kod TOPSIS i VIKOR metode, male razlike u rangiranjima se uočavaju u okviru pozicija 4., 5. i 6. Primećujemo da MOORA (RP- pristup referentne tačke) metoda ima najspecifičnije rangiranje, koje se, izuzimajem prva dva mesta koja se poklapaju sa ostalim metodama, uglavnom razlikuje od ostalih. Iako po metodologiji, uglavnom podseća na TOPSIS metodu, rezultati rangiranja se ipak razlikuju, što je uglavnom posledica primene različitih procedura agregacije. Sveobuhvatniji i zahtevniji prikaz rangiranja, zajedno sa rezultatima procedura agregacije specifičnih za svaku metodu ponaosob, dat je u tabeli 4.1.13.

Tabela 4.1.13. Rezultati rangiranja alternativa dobijeni primenom MOORA metode i različitih MCDM metoda zajedno sa rezultatima procedura agregacije

Alternativa (web strane)		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	1. rang	Redosled rangiranja
Metode													
TOPSIS	RC_i	0.62	0.51	0.53	0.80	0.63	0.86	0.40	0.38	0.47	0.36	A6	$A_6 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_1 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_9 \succ A_7 \succ A_8 \succ A_{10}$
	Rang	4	6	5	2	3	1	8	9	7	10		
COPRAS	$Q_i=P_i$	0.0759	0.0728	0.0735	0.0816	0.0756	0.0823	0.0707	0.0696	0.0723	0.0683	A6	$A_6 \succ A_4 \succ A_1 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_9 \succ A_7 \succ A_8 \succ A_{10}$
	Rang	3	6	5	2	4	1	8	9	7	10		
ARAS	Q_i	0.8965	0.8602	0.8691	0.9642	0.8935	0.9721	0.8359	0.8232	0.8547	0.8073	A6	$A_6 \succ A_4 \succ A_1 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_9 \succ A_7 \succ A_8 \succ A_{10}$
	Rang	3	6	5	2	4	1	8	9	7	10		
VIKOR $v=0.5$	Q_i	0.4722	0.4145	0.4597	0.0000	0.2947	0.0040	0.5884	0.7818	0.4830	1.0000	A4 (A6)	$A_4 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1 \succ A_9 \succ A_7 \succ A_8 \succ A_{10}$
	Rang	6	4	5	1	3	2	8	9	7	10		
MOORA (RS)	$S_i=P_i$	0.2387	0.2291	0.2314	0.2568	0.2379	0.2589	0.2226	0.2192	0.2276	0.2150	A6	$A_6 \succ A_4 \succ A_1 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_9 \succ A_7 \succ A_8 \succ A_{10}$
	Rang	3	6	5	2	4	1	8	9	7	10		
MOORA (RP)	d_i	0.0107	0.0081	0.0089	0.0057	0.0063	0.0039	0.0138	0.0139	0.0122	0.0126	A6	$A_6 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1 \succ A_9 \succ A_{10} \succ A_7 \succ A_8$
	Rang	6	4	5	2	3	1	9	10	7	8		

Imajući u vidu sve do sada rečeno, zaključujemo da je MOORA metoda efektivna i perspektivna metoda, koja pruža veliki opseg mogućnosti za dodatna proširenja, što smo upravo i učinili uvođenjem GREY MOORA metode kao proširenja MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva.

4.1.2.2. GREY MOORA i ostale metode

Kao ulazni podatak za MCDM metode koje koriste samo obične crisp vrednosti (realni brojevi), koristili smo matricu odlučivanja datu tabelom 3.2.11. koja je navedena u poglavlju 4.1.1., a preuzeta iz poglavlja 3.2.2.2. Međutim, kako ovde analiziramo GREY MOORA metodu koja, za razliku od ostalih, umesto običnih, crisp brojeva koristi intervalne sive brojeve (definisane preko intervala), ulazne vrednosti su u ovom slučaju prikazane matricom odlučivanja 3.3.10., gde je donja/gornja granica intervala predstavljena minimalnom/maksimalnom ocenom datom od strane 13 anketiranih donosioca odluka za svaku alternativu po svakom kriterijumu (formule (92), (93), (94)). Kako su osnovni podaci u GREY MOORA metodi intervali, sledeći novu definisanu metodologiju u okviru poglavlja 3.1., oba pristupa ove metode (RS- sistem odnosa i RP- referentna tačka) umesto crisp brojeva, koriste intervalne brojeve, tako da smo kroz sve korake posebno računali vrednosti donjih, a posebno gornjih granica intervala. Da bi uz pomoć GREY MOORA metode mogli da damo konačno rangiranje alternativa na osnovu ukupnih indeksa performansi, potrebno je pre toga, dobijene intervale prebaciti u obične crisp vrednosti ukupnih indeksa performansi. To je učinjeno uz pomoć koeficijenta beljenja λ i to uz pomoć formule (97) za RS pristup i formule (84) za RP pristup.

U skladu sa prethodnim izlaganjem, pre nego što počnemo sa komparativnom analizom GREY MOORA i ostalih metoda pojedinačno, moramo da se osvrnemo na *značaj uvođenja intervalnih sivih brojeva*. Sada kada imamo uvid kakvo je rangiranje po GREY MOORA metodi, možemo primetiti da jedna od glavnih prednosti uvođenja intervalnih sivih brojeva u metodologiju MCDM metoda, leži u mogućnosti donosioca odluka da uz pomoć koeficijenta beljenja $0 \leq \lambda \leq 1$, može da izrazi svoj stav od pesimističkog $\lambda = 0$, do optimističkog $\lambda = 1$. Lepota uvođenja intervalnih sivih brojeva izražena je činjenicom da omogućava rad sa neizvešnošću, odnosno sa podacima koji su nedovoljno precizni. Tome idu u prilog i realne situacije u kojima mnoge vrednosti kriterijuma, kao i vrednosti alternativa po kriterijumima ne mogu da se ocene jednim konkretnim (crisp) brojem. Međutim, ukoliko su vrednosti alternativa predstavljeni intervalnim sivim brojevima tj. intervalima čija donja granica označava pesimističnu vrednost, a gornja optimističnu, uvodi se paradigma neizvesnosti u izračunavanje. Koristi se u sistemima koji su nepotpuno opisani, sa relevantno malo podataka i za koje standardne statističke pretpostavke uglavnom nisu zadovoljene.

Prvo ćemo razmotriti rezultate rangiranja GREY MOORA metode u odnosu na ostale MCDM metode (tabela 4.1.14.), a nakon toga i posebnu pažnju posvetiti uporednoj analizi MOORA i GREY MOORA metode koja je iz nje proistekla (tabela 4.1.15.).

Tabela 4.1.14. Rezultati rangiranja alternativa dobijeni primenom GREY MOORA metode i različitih MCDM metoda

TOPSIS		CORAS		ARAS		VIKOR		GREY MOORA (RS) $\lambda=0.5$		GREY MOORA (RP) $\lambda=0.5$	
alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang
A6	1	A6	1	A6	1	A4	1	A6	1	A6	1
A4	2	A4	2	A4	2	A6	2	A4	2	A4	2
A5	3	A1	3	A1	3	A5	3	A1	3	A5	2
A1	4	A5	4	A5	4	A2	4	A9	4	A1	4
A3	5	A3	5	A3	5	A3	5	A5	5	A9	5
A2	6	A2	6	A2	6	A1	6	A7	6	A8	6
A9	7	A9	7	A9	7	A9	7	A8	7	A10	7
A7	8	A7	8	A7	8	A7	8	A10	8	A7	8
A8	9	A8	9	A8	9	A8	9	A2	9	A2	9
A10	10	A10	10	A10	10	A10	10	A3	10	A3	9

Tabela 4.1.15. Rezultati rangiranja alternativa dobijeni primenom MOORA i GREY MOORA metode sa različitim koeficijentima beljenja λ

MOORA				GREY MOORA RS						GREY MOORA RP					
MOORA RS		MOORA RP		$\lambda=0$		$\lambda=0.5$		$\lambda=1$		$\lambda=0$		$\lambda=0.5$		$\lambda=1$	
alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang	alternativa	rang
A6	1	A6	1	A6	1	A6	1	A1	1	A6	1	A6	1	A1	1
A4	2	A4	2	A4	2	A4	2	A2	1	A4	2	A4	2	A2	1
A1	3	A5	3	A1	3	A1	3	A3	1	A5	2	A5	2	A3	1
A5	4	A2	4	A9	4	A9	4	A4	1	A1	4	A1	4	A4	1
A3	5	A3	5	A5	5	A5	5	A5	1	A9	5	A9	5	A5	1
A2	6	A1	6	A7	6	A7	6	A6	1	A10	5	A8	6	A6	1
A9	7	A9	7	A8	7	A8	7	A7	1	A8	7	A10	7	A7	1
A7	8	A10	8	A10	8	A10	8	A8	1	A7	8	A7	8	A8	1
A8	9	A7	9	A2	9	A2	9	A9	9	A2	9	A2	9	A9	9
A10	10	A8	10	A3	10	A3	10	A10	10	A3	9	A3	9	A10	10

Kao što vidimo iz tabele 4.1.14., izdvojili smo rangiranja kod GREY MOORA metode za $\lambda = 0.5$, što je umereno optimistični stav i najviše se koristi. *Sve metode imaju kao najbolje rangiranu alternativu A6 (osim VIKOR gde se može, osnovu tumačenja u prethodnom poglavlju 4.1.2.1., podrazumevati da alternative A4 i A6 zaslužuju isti tretman).* Za razliku od ovde navedenih MCDM metoda koje koriste crisp vrednosti i imaju približno sličan raspored alternativa, GREY MOORA osim prvog, drugog mesta i eventualno trećeg, nema velikih sličnosti u rasporedu alternativa kako sa ostalim crisp MCDM metodama, tako i među svojim pristupima. *Rezultati rangiranja alternativa nisu isti u svim slučajevima, što se i očekivalo, zato što promene intervalnih granica i koeficijenta beljenja mogu uticati na koordinate referentne tačke (RP pristup) i ukupan indeks performansi (RS pristup).*

U tabeli 4.1.15. smo prikazali rangiranje po GREY MOORA metodi u odnosu na različite koeficijente beljenja λ , kod oba pristupa. Vidimo da u slučaju $\lambda = 1$, rangiranje i nema nekog smisla, s'obzirom na sličnost ocena prilikom zadavanja gornje granice intervala (birane maksimalne ocene alternativa po svakom od kriterijuma između 13 donosioca odluka su uglavnom imale istu maksimalnu ocenu 10 - pogledati prilog 7.5. i tabelu 3.3.10.).

Na osnovu tabele 4.1.15. možemo zaključiti:

- unutar samih GREY MOORA RS i RP pristupa, rangiranja za $\lambda = 0$ i $\lambda = 0.5$ su u potpunosti identična, što znači da promena stava donosioca odluka, od pesimističnog $\lambda = 0$ (posmatraju se samo minimalne ocene web stranica) do umereno optimističnog $\lambda = 0.5$, se uglavnom ne odražava na redosled rangiranja alternativa. Veći uticaj stava donosioca odluka na rangiranje alternativa bi se odrazio u slučaju promene stava od umereno optimističnog ka optimističnom $\lambda = 1$;
- između samih GREY MOORA RS i GREY MOORA RP pristupa, primećujemo da razlike u rangiranju postoje, ali da je identično rangiranje prve dve (A6 i A4) i poslednje dve alternative (A2 i A3), što je u principu i najbitnije;
- posmatrajući samu MOORA metodu i GREY MOORA metodu, vidimo da je rangiranje prva dve alternative (A6 i A4) identično u svim pristupima, ali da se znatno razlikuju ostala rangiranja, posebno poslednje dve rangirane alternative nisu iste kod MOORA i GREY MOORA metode. To se objašnjava upravo uticajem uvođenja intervala (GREY MOORA) umesto crisp vrednosti (MOORA) kod ocenjivanja alternativa u odnosu na zadate kriterijume.

Stoga, uzimajući u obzir sve do sada rečeno u vezi rangiranja alternativa, zaključujemo da delimično različiti rezultati dobijeni korišćenjem različitih metoda na neki

način ukazuju na karakterističan slučaj kada uzajamni uticaj težina kriterijuma, primenjenih normalizacionih metoda i agregacionih procedura su posebno naglašeni. Ovde nije u pitanju slučajnost nego realnost dobijenih ishoda rangiranja. Svaka od posmatranih MCDM metoda ima svoje specifičnosti i prednosti što je upravo i razlog zbog čega izbor adekvatne MCDM metode za rešavanje višekriterijumskog problema rangiranja alternativa može da predstavlja prilično kompleksan problem koji zavisi od mnogih faktora vezanih za sam problem odlučivanja.

Ipak, u odnosu na ostale metode, MOORA metoda, kako zbog činjenice da:

- obuhvata dva pristupa: RS- pristup sistema odnosa i RP- pristup referentne tačke za definisanje indeksa performansi bilo koje posmatrane alternative, koji su precizni, logični i relativno jednostavni za razumevanje;*
- može da uključuje veći broj donosioca odluka kroz proces grupnog odlučivanja;*
- svi međusobni odnosi između kriterijuma i alternativa se istovremeno razmatraju;*
- može da uključuje različite vrste kriterijuma (numerički, opisni);*
- nije subjektivna;*

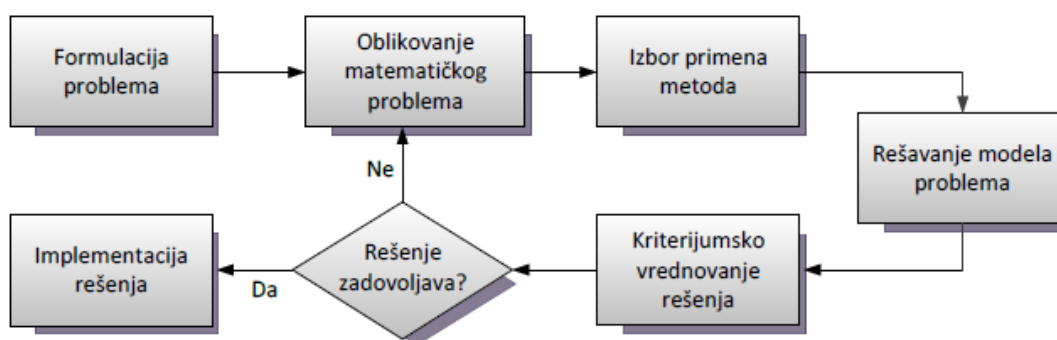
se pokazala kao efikasan i svrsishodan metod u rešavanju, kako višekriterijumskog problema razmatranog u ovoj disertaciji, tako može poslužiti i za rešavanje višekriterijumskih problema šireg domena o čemu ćemo više govoriti u okviru zaključka i budućih istraživanja (glava 5.).

Ono što je najbitnije, uspeali smo da praktično verifikujemo primenu novog proširenja MOORA metode: GREY MOORA u domenu evaluacije kvaliteta internet informacionih resursa (IIR) fakulteta (web stranica fakulteta) uz primenu intervalnih sivih brojeva, koji se koriste u slučaju neizvesnosti kada početni podaci jesu poznati ali su nedovoljno precizni. U našem slučaju, neizvesnost ulaznih podataka nije u velikoj meri izražena, ali primena intervalnih sivih brojeva je svakako dala novi način rangiranja alternativa i otvara put novim istraživanjima gde će upotreba sivih brojeva u slučaju neizvesnosti biti itekako od pomoći. GREY MOORA metoda sadrži sve navedene prednosti kao i MOORA metoda, ali je njena osnovna specifičnost leži u upotrebi intervalnih sivih brojeva koji mogu poboljšati preciznost odluke i prevazići neodređenost u neizvesnom okruženju. Predložena i verifikovana GREY MOORA metoda omogućava relativno jednostavno i efektivno rešavanje kompleksnih problema današnjice.

4.2. PREDLOG MODELA ZA EVALUACIJU INTERNET INFORMACIONIH RESURSA

Model nekog objekta, po opštoj definiciji, predstavlja uređen skup informacija kojim se iznosi predstava o entitetu¹⁶². Entitet je realni objekat, odnosno objekat koji je predmet i baza za modeliranje. Ako matematički model dobro prezentuje problem, tada se očekuje da i rešenje dobijeno pomoću modela bude adekvatno postavljenom problemu. Da bi se primenila neka metoda, poznato je u većini slučajeva da je potrebno na osnovu modela matematički formalizovati problem. Međutim, za rešavanje mnogih modela još nisu pronađene efikasne metode rešavanja. Modeli treba da omoguće čoveku da predvidi i upravlja pojavama, odnosno entitetima. U tehničkim disciplinama traži se matematički model koji pruža racionalnu interpretaciju funkcionisanja realnih entiteta. Matematički model stvarnog entiteta predstavlja uređen skup matematičkih relacija (formula, jednačina, nejednačina, logičkih uslova, relacionih operatora, operanata i sl.) koji opisuju entitet, odnosno određuju njegove karakteristike. Pri formulisanju modela mogu se razlikovati sledeće faze (slika 4.2.1):

1. formulacija problema;
2. oblikovanje matematičkog modela koji prezentuje stvarni problem realiteta;
3. izbor, razrada ili modifikacija metode za rešavanje postavljenog problema;
4. rešavanje modela pomoću metode i dobijanje rezultata;
5. kriterijumsko vrednovanje modela na osnovu rezultata testiranja;
6. implementacija dobijenog rešenja.



Slika 4.2.1. Osnovne faze rešavanja kvantitativnog modela problema

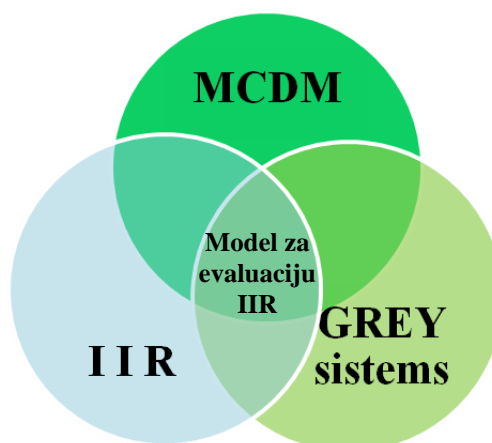
Izvor: Letić, D.; Davidović, B. (2011). *Operacioni i projektni menadžment - kvantitativni moduli*. Kompjuter biblioteka, Zrenjanin

¹⁶² Letić, D.; Davidović, B. (2011). *Operacioni i projektni menadžment - kvantitativni moduli*. Kompjuter biblioteka, Zrenjanin

Prilikom modeliranja, optimizacije i korišćenja dobijenih rezultata treba imati na umu sledeće¹⁶³:

- model je samo jedan od mogućih aproksimacija realnog sistema. Step en njegove detaljnosti zavisi od postavljenog zadatka i optimizacione metode koja se koristi. Model koji bi obuhvatao sve detalje kompleksnog sistema bio bi nezgrapan i praktično neupotrebljiv za optimizaciju;
- zadatak modela je da pomaže istraživaču, a ne da ga zameni, niti da ga oslobodi odgovornosti za donošenje odluka;
- model ne može da proizvede sasvim nove informacije o sistemu, ali omogućava da se na osnovu postojećih podataka bolje shvati sistem i njegovo ponašanje.

Na osnovu analize literature, prethodnih poglavlja (teorijski i empirijski deo), obezbeđene su odgovarajuće podloge neophodne za razvoj višekriterijumskog modela evaluacije internet informacionih resursa. Osnovni okvir za razvoj modela bazira se na primeni (1) metoda višekriterijumskog odlučivanja - MCDM metoda; (2) teorije sivih sistema - GREY SYSTEMS; (3) internet informacionih resursa - IIR.



Slika 4.2.2. Osnovni okvir za razvoj modela za evaluaciju IIR

U fazi razvijanja i izgradnje modela, pregledom naučnih i stručnih izvora, identifikovani su *ciljevi* i *mogući načini rangiranja* internet informacionih resursa (konkretno vezanih za fakultete), *kriterijumi odlučivanja* vezani za evaluaciju kvaliteta internet informacionih resursa (IIR), prednosti i nedostaci istih. Na temelju identifikovanih ciljeva i kriterijuma, kreirana je *anketa* čiji je cilj bio prikupljanje ocena alternativa (IIR fakulteta - web strana) od ispitanika, koji su zbog specifičnosti ankete (AHP) posebno obučeni, stoga se mogu zvati i donosiocima odluka. Cilj je bio dobiti sveobuhvatnu sliku o *važnosti kriterijuma*

¹⁶³ Opricović, S. (1998). *Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu*. Građevinski fakultet, Beograd

za evaluaciju kvaliteta IIR i kako potencijalni korisnici gledaju na prednosti i nedostatke istih (misli se na web strane izabranih fakulteta - alternativa), kao i rezultati rangiranja izabranih alternativa (web stranica) primenom različitih MCDM metoda.

Opšti model za evaluaciju internet informacionih resursa (IIR) primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja dat je na slici 4.2.3. Predloženi višekriterijumski model evaluacije internet informacionih resursa je umereno složen ali nastoji biti sveobuhvatan. Matematički model definisan u okviru ove doktorske disertacije se može realizovati odnosno prikazati u obliku algoritama i odgovarajućih programskih procedura. Podeljen je na 4 modula koji definišu različite procedure odnosno celine tokom rešavanja višekriterijumskog problema. *Ulazni podaci* predstavljaju ocene prethodno izabranih alternativa u odnosu na izabrane kriterijume evaluacije kvaliteta IIR dobijene anketom. Zbog prirode ankete (AHP upitnik i skala procene) i iterativnog ponavljanja procesa popunjavanja ankete do ispunjavanja uslova konzistentnosti odgovora, ovako dobijeni podaci smatraju se pouzdanim. Kao rezultati sprovedene ankete, na osnovu stavova ispitanika (donosilaca odluka), dobijaju se:

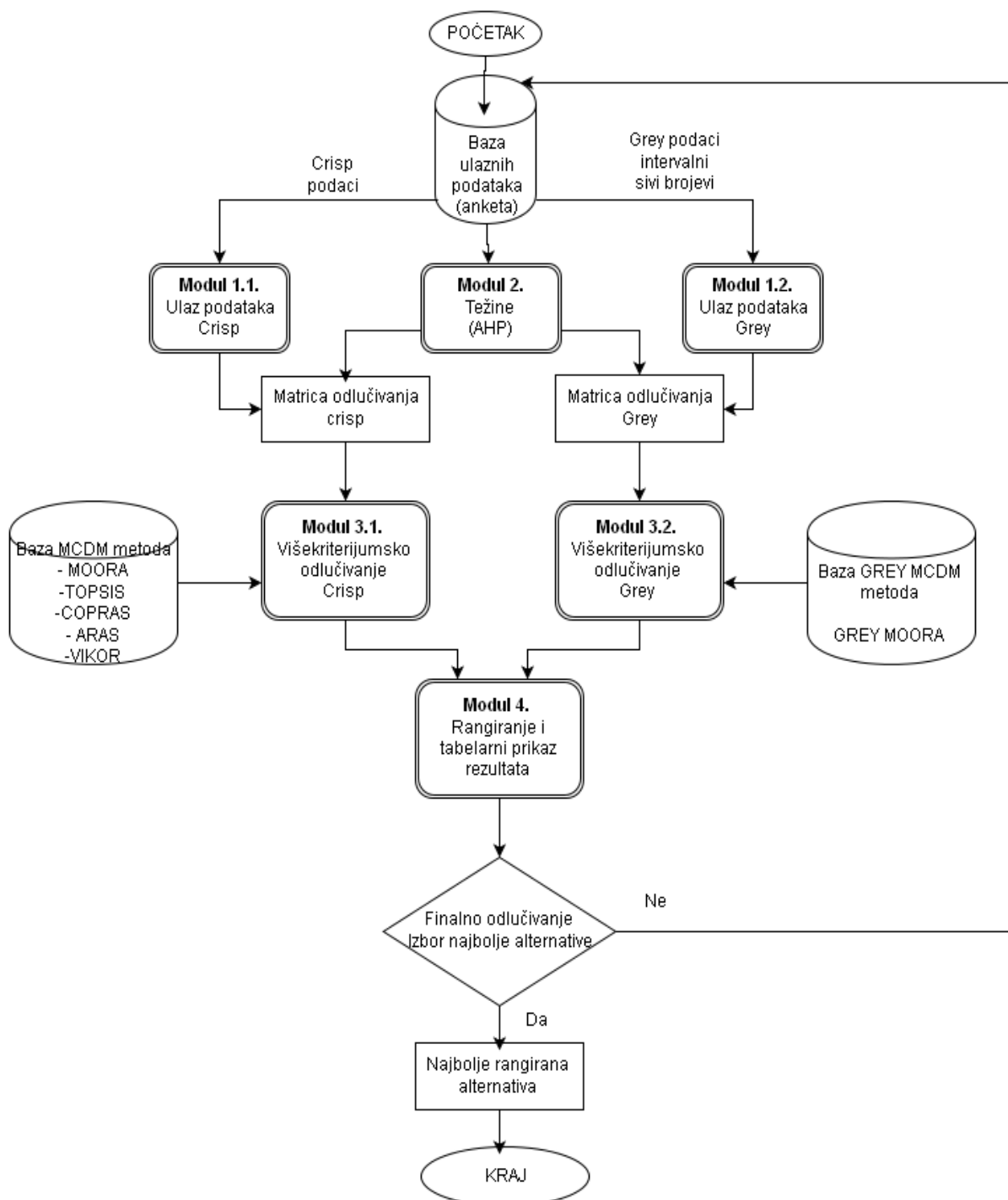
- *Modul 1.* ocene alternativa, te se model grana praktično na dva dela u zavisnosti od toga kakva se vrsta podataka razmatra:
 - *Modul 1.1.* Podaci (ocene alternativa) su obične, realne crisp vrednosti;
 - *Modul 2.1.* Podaci mogu biti nedovoljno poznati i neprecizni, pa se uključuje mogućnost uvođenja intervalnih sivih (grey) brojeva.
- *Modul 2.* AHP poređenja po parovima zadatih kriterijuma na osnovu kojih se dobijaju težine kriterijuma primenom AHP metode.

Težine (Modul 2.) i crisp ocene alternativa (Modul 1.1.) formiraju matricu odlučivanja koja će biti ulazna veličina za *Modul 3.1.* u kome se na osnovu baze MCDM metoda primenjuju navedene metode (MOORA, TOPSIS, COPRAS, ARAS i VIKOR) na ulaznu crisp matricu odlučivanja i vrši se rangiranje po svakoj od metoda.

Težine (Modul 2.) i grey ocene alternativa (Modul 1.2.) izražene intervalnim sivim brojevima, formiraju GREY matricu odlučivanja koja će predstavljati ulaznu veličinu za *Modul 3.2.* u kome se primenjuje *nova definisana GREY MOORA metoda*, da bi se dobilo konačno rangiranje alternativa za različite stavove donosioca odluka menjanjem koeficijenta beljenja $\lambda \in [0,1]$.

Konačno, rezultati rangiranja iz Modula 3.1 i Modula 3.2. se analiziraju u *Modulu 4.* gde se vrši komparativna analiza rezultata rangiranja, predlaže se primena najefikasnije metode i nakon toga bira najbolja alternativa.

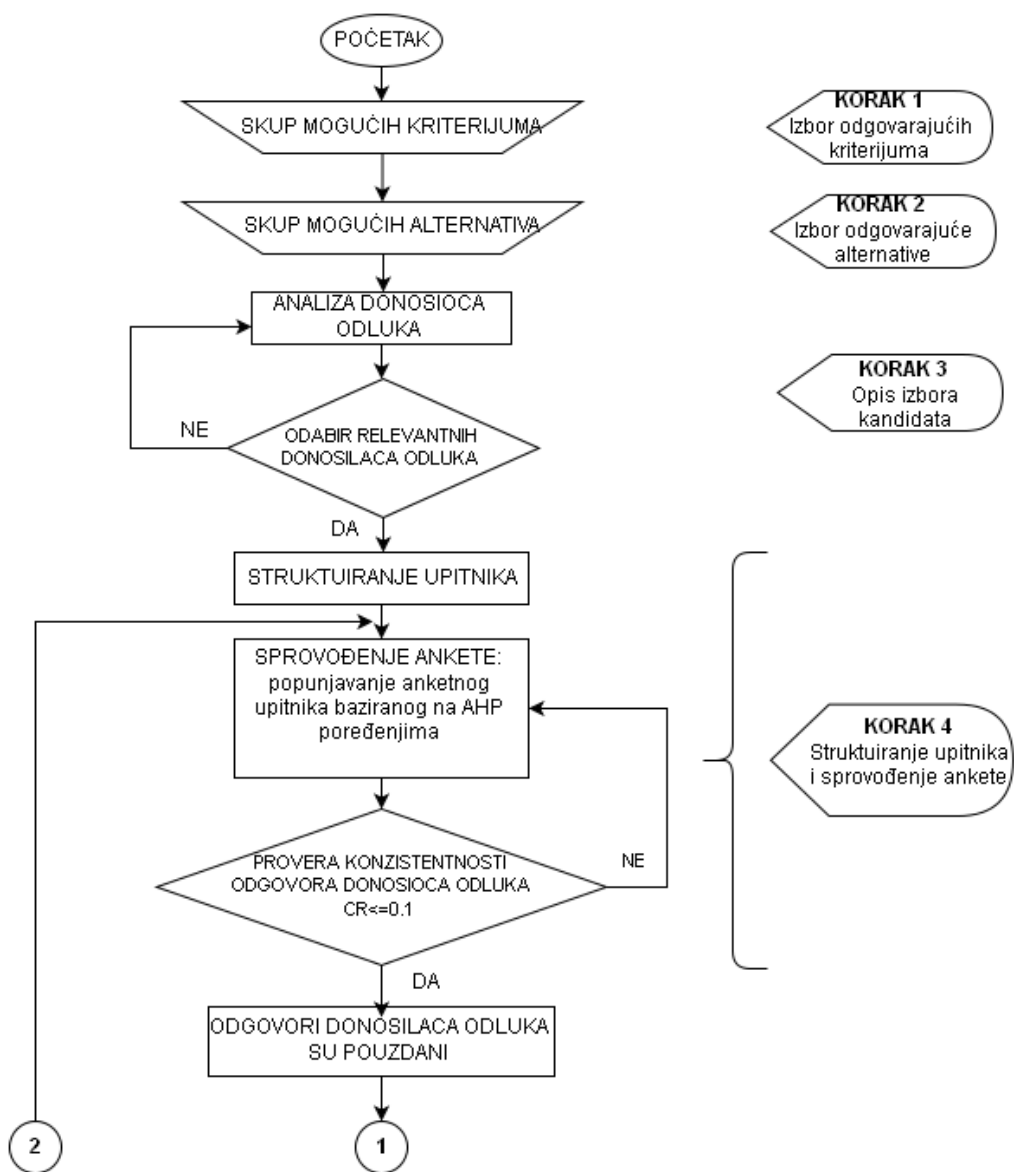
Ukoliko najbolja alternativa nije odgovarajuća i ne predstavlja rešenje višekriterijumskog problema, proces se vraća na početak.



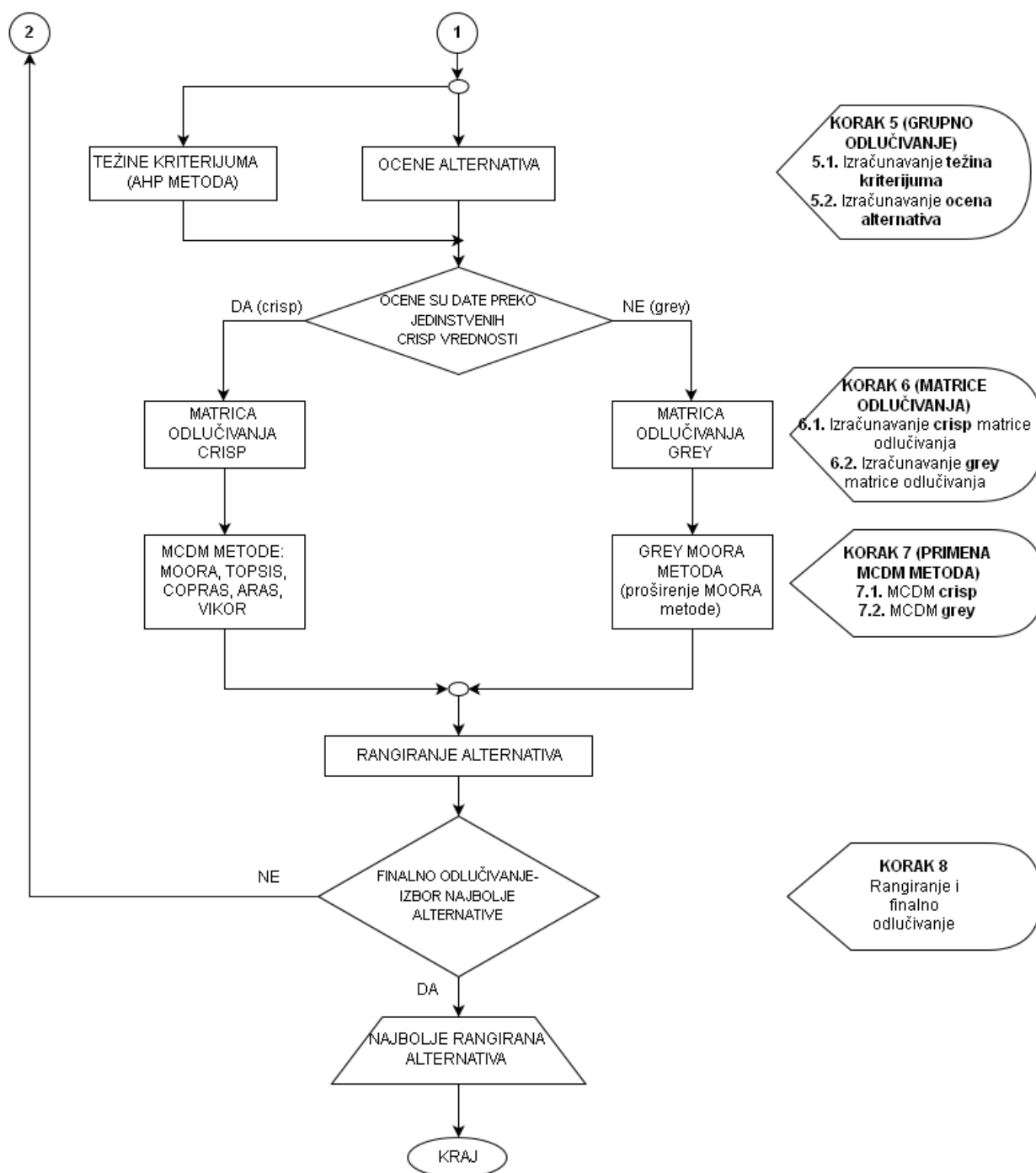
Slika 4.2.3. Opšti model za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja

Detaljniji model za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja dat je u obliku algoritma, složeniji je od opšteg modela i ima više pojedinosti vezanih za sam razvoj modela i rešavanje višekriterijumskog problema. Ovaj model je prikazan na **slici 4.2.4.a.** i **4.2.4.b.** Definisan je u 8 koraka, pri čemu se

detaljnije pojašnjenje pojedinačnih koraka daje u tačkama koje slede. Koraci 1, 2, 3, 4 su predstavljeni slikom 4.2.4.a., dok su koraci 5, 6, 7 i 8 predstavljeni slikom 4.2.4.b.



Slika 4.2.4.a. Detaljniji model za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja (koraci 1, 2, 3, 4)



Slika 4.2.4.b. Detaljniji model za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja (koraci 5, 6, 7, 8)

Korak 1. Izbor odgovarajućih kriterijuma: kako je jedan od zadataka ove disertacije upravo utvrditi adekvatne kriterijume iz skupa mnogobrojnih kriterijuma, kojim bi se na što bolji način evaluirao kvalitet internet informacionih resursa fakulteta, u ovom koraku je, proučavanjem velikog broja naučnih izvora, izdvojeno sedam kriterijuma: sadržaj; ažuriranje; navigacija i jednostavno korišćenje; tačnost, potpunost i pouzdanost informacija; dizajn; studentski web servis (SWS); naučno-istraživački rad (NIR). Detaljnija pojašnjenja u vezi ovog koraka data su u *poglavlju 3.2.1.1.*

Korak 2. Izbor odgovarajuće alternative: jedan od ciljeva ove doktorske disertacije je evaluacija internet informacionih resursa. S'obzirom da smo se ograničili na fakultetske internet resurse (web stranice) i definisali kriterijume za njihovu evaluaciju (korak 1), potrebno je u ovom koraku *izabrati alternative, odnosno web stranice fakulteta* pomoću kojih će se utvrditi uticaj i značaj izabranih kriterijuma i izvršiti proces rangiranja višekriterijumskim metodama odlučivanja. Izbor alternativa je objašnjen u *poglavlju 3.2.1.2.*

Korak 3. Opis izbora kandidata: još jedna od specifičnosti ove disertacije je i uključivanje većeg broja aktera (donosilaca odluka) u proces rešavanja zadatog višekriterijumskog problema - *grupno odlučivanje*. Zbog izabrane oblasti internet informacionih resursa (IIR) koja se odnosi na fakultetske IIR, akteri u ovom procesu odlučivanja su bili profesori, studenti i potencijalni studenti. Kako su oni popunjavali AHP anketu, koja je po mnogo čemu specifična i zahtevna, ispitanici (akteri) su morali bilo pismenim putem (preko e-maila), bilo usmenim putem (prisustvom na predavanjima) da se informišu o načinu funkcionisanja AHP metode, poređenju kriterijuma po parovima i sadržini samih kriterijuma uz pomoć kojih su ocenjivali izabrane alternative. Pojediniosti vezane za ovaj korak se mogu naći u *poglavlju 3.2.2.*

Korak 4. Struktuiranje upitnika i sprovođenje ankete: anketa koja je sprovedena za potrebe ove doktorske disertacije imala je za cilj sledeće: vrednovanje značaja kriterijuma koji utiču na kvalitet web stranica fakulteta; ocenjivanje web stranica na osnovu zadatih kriterijuma. Upitnici su kreirani na način koji će pomoći očuvanju integriteta i konzistentnosti podataka. Anketni upitnik se sastoji iz tri dela: (1) opis kriterijuma; (2) AHP upitnik; (3) ocenjivanje fakultetskih web stranica po izabranim kriterijumima - skala procene. Anketu je popunjavalo 50 ispitanika. Ankete ispitanika čiji je koeficijent konzistencije CR bio daleko veći od 0.1 nisu dalje uzimane u obzir, a za one sa $0.1 < CR < 0.3$ sprovedeno je dvofazno istraživanje: II deo upitnika je vraćen ispitaniku na doradu (ispitanici su morali iterativno da ponavljaju postupak ocenjivanja kriterijuma AHP metodom) kako bi se dobila zadovoljavajuća konzistentnost odgovora tj. postigao prag od $CR \leq 0.1$. Na kraju je od 50 anketiranih ispitanika njih 13 (8 profesora, 5 studenata) imalo konzistentne odgovore. Detaljnije u vezi ovog koraka pogledati u *poglavlju 3.2.2.* Kao izlaz iz ovog koraka je činjenica da su odgovori ispitanika (donosilaca odluka) pouzdani i konzistentni.

Korak 5. Grupno odlučivanje: na osnovu rezultata ankete su uz pomoć operatora geometrijske sredine, svedeni rezultati za 13 donosioca odluka i izračunate su težine kriterijuma i ocene alternativa.

5.1. Izračunavanje težina kriterijuma: imajući u vidu poređenja po parovima koje su ispitanici popunjavali u okviru AHP dela ankete, uz ispunjen uslov konzistentnosti

odgovora, primenom AHP metode, izračunate su težine kriterijuma za svakog donosioca odluka ponaosob, a uz pomoć geometrijske sredine, dobijena je jedinstvena težina kriterijuma. Celokupan postupak izračunavanja težina, prikazan je u *poglavljju 3.2.2.1.*

5.2. Izračunavanje ocena alternativa: ispitanici su na osnovu ankete (III deo) ocenama od 1 do 10 ocenjivali (vrednovali) deset web stranica fakulteta (koje predstavljaju alternative A_1, \dots, A_{10}) po svakom od sedam zadatih kriterijuma (C_1, \dots, C_7) ponaosob, u zavisnosti od toga kako i na koji način su oni zastupljeni na web stranicama. Konačne ocene alternativa su dobijene korišćenjem operatora geometrijske sredine, koje su ocene za 13 donosioca odluka, sveli na jedinstvene ocene svake alternative po svakom od navedenih kriterijuma. Detalji u vezi ovog koraka se mogu naći u *poglavljju 3.2.2.2.*

Korak 6. Matrice odlučivanja: kao izlazne veličine iz prethodnih koraka dobijamo *crisp matricu odlučivanja* i *grey matricu odlučivanja* u zavisnosti od toga kakve podatke posmatramo - konkretne, jedinstvene crisp vrednosti ili se javlja problem neizvesnosti sa delimično poznatim informacijama kada se koriste intervalni sivi (grey) brojevi.

6.1. Izračunavanja crisp matrice odlučivanja: ova matrica odlučivanja sadrži ocene deset izabranih alternativa u odnosu na sedam kriterijuma, pri čemu su vrednosti crisp brojevi (*poglavlje 3.2.2.2.*).

6.2. Izračunavanja grey matrice odlučivanja: matrica odlučivanja koja kao elemente umesto konkretnih vrednosti ima intervale. Detaljan postupak i obrazloženja vezana za kreiranje ove matrice data su u *poglavljju 3.3.2.*

Korak 7. Primena MCDM metoda: kao ulazne veličine za primenu MCDM metoda koriste se upravo matrice odlučivanja izračunate u prethodnom koraku. U ovom koraku se primenjuje veliki broj MCDM metoda i dobijaju rangiranja alternativa.

7.1. MCDM crisp: MOORA (objašnjeno u *poglavljju 3.3.1.*), TOPSIS, COPRAS, ARAS, VIKOR (objašnjeno u *poglavljju 4.1.1.*) koje se baziraju na primeni konkretnih crisp vrednosti u okviru matrice odlučivanja.

7.2. MCDM grey: u ovoj disertaciji poseban naučni doprinos ima novo proširenje MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva, koga smo nazvali GREY MOORA. U ovom koraku se upravo verifikuje primenljivost ove metode na konkretnom problemu evaluacije fakultetskih IIR (detaljnije u *poglavljju 3.3.2.*)

Korak 8. Rangiranje alternativa i finalno odlučivanje: u ovom koraku se vrši komparativna analiza dobijenih rezultata rangiranja (*poglavlje 4.1.2.*) iz prethodnog koraka i donosi odluka o najbolje rangiranoj alternativu uz moguć predlog najpouzdanije MCDM metode za rešavanje konkretnog problema odlučivanja.

5. ZAKLJUČAK

5.1. POTVRDA HIPOTEZA

Višekriterijumsko odlučivanje je sazrelo kao naučna oblast. Nije dovoljno nastaviti sa poboljšavanjem ili prečišćavanjem starih koncepata i paradigmi, vreme je za promenu. U cilju obezbeđivanja bolje budućnosti višekriterijumskog odlučivanja ne možemo da nastavimo da radimo stare stvari bolje, potrebno je početi stvari raditi drugačije ili, još bitnije, raditi drugačije stvari. Upravo je ova konstatacija srž doktorske disertacije, u kojoj je osim činjenice da je primenjen veliki broj višekriterijumskih metoda za rešavanje višekriterijumskog problema evaluacije internet informacionih resursa (IIR), učinjen korak napred: definisano je novo proširenje MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva - GREY MOORA koji osim što je verifikovan kroz primenu na evaluaciju IIR-a, ujedno i omogućava relativno jednostavno i efektivno rešavanje kompleksnih problema današnjice.

Na proces evaluacije kvaliteta internet informacionih resursa, svakako najveći značaj ima određivanje karakterističnog skupa kriterijuma pomoću kojih se i ocenjuje kvalitet internet resursa. Od mnoštva kriterijuma, imajući u vidu da je izvršena procena kvaliteta internet resursa posebno onih koji se odnose na naučno-istraživačku delatnost (fakultetski IIR), izdvojeni su sledeći kriterijumi: *sadržaj; ažuriranje; navigacija i jednostavno korišćenje; tačnost, potpunost i pouzdanost informacija; dizajn; studentski web servis; naučno-istraživački rad*. Višekriterijumski problem evaluacije IIR se rešava definisanjem modela koji je celovit i sveobuhvatan jer ga karakteriše višeakterski (grupno odlučivanje) i višekriterijumski pristup rešavanju posmatranog višekriterijumskog problema. Baziran je na kriterijumima vrednovanja kvaliteta internet informacionih resursa čija je relevantnost verifikovana naučnim metodama višekriterijumskog odlučivanja (MCDM), pri čemu uspešno integriše AHP metodu. Ova metoda nije slučajno izabrana. Razlog njenog odabira nije njena eventualna jednostavnost i laka primena, već činjenica da ima mehanizam kojim se obezbeđuje pouzdanost izračunatih težina (značaja) kriterijuma. Kako smo u proces određivanja težina (značaja) prethodno precizno odabranih kriterijuma za ocenu kvaliteta IIR-

a fakulteta, uključili i veliki broj ispitanika, koji su popunjavanjem ankete dali svoj sud i ocenu značaja kriterijuma, time smo u celokupni problem rešavanja uveli i proces *grupnog odlučivanja*. On uvodi značajne poteškoće u dobijanju jedinstvenog rešenja, ali zato je izbegnuta subjektivnost u procenama. Naime, popunjavanjem specifične ankete (bazirane na AHP upitniku i skali procene), prihvaćena su mišljenja o značajnosti kriterijuma i ocenama alternativa (web stranica fakulteta) samo onih ispitanika čiji su odgovori bili konzistentni (koeficijent konzistentnosti treba biti manji od 0.1 (10%)), što je upravo karakteristika AHP metode. Ovako dobijeni odgovori se smatraju pouzdanim i objektivnim, što je omogućilo precizno određivanje težina (značaja) kriterijuma. Preciznost u određivanju značaja (težina) kriterijuma se kasnije odrazila i na preciznost formiranog modela čime je dokazana **prva pomoćna hipoteza**:

Što je značaj kriterijuma preciznije određen, to je model precizniji.

Ovde je još potrebno napomenuti, da je na osnovu procene ispitanika (donosilaca odluka) koji su anketom odredili značaj i važnost jednog kriterijuma u odnosu na drugi, *najveći značaj dat kriterijumu tačnost, potpunost i pouzdanost informacija*, potom sledi studentski web servis, pa ažuriranje, nakon toga naučno istraživački rad, da bi najmanji značaj na kvalitet internet informacionih resursa fakulteta imao kriterijum dizajn. Iako smo u vremenu velikih tehničko-tehnoloških i informatičkih dostignuća, ipak se od web stranice prvenstveno očekuje da pruži tačne, potpune i pouzdane informacije, nego da zadovolji vizuelnu komponentu što znači da se mnogo manje značaja pridaje dizajnu i izgledu.

Sam naslov ove doktorske disertacije *Razvoj modela za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja*, ukazuje da će se za rešavanje postavljenog problema evaluacije i za samu izgradnju modela, koristiti veliki broj metoda višekriterijumskog odlučivanja (MCDM), između kojih i MOORA, TOPSIS, COPRAS, ARAS i VIKOR metoda. Međutim, novinu predstavlja uvođenje novog proširenja MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva - GREY MOORA metode, koja će u mnogo čemu izvršiti uticaj na konačno rangiranje posmatranih alternativa. Jedna od glavnih prednosti uvođenja intervalnih sivih brojeva u metodologiju MCDM metoda, leži u mogućnosti donosioca odluka da uz pomoć koeficijenta beljenja $0 \leq \lambda \leq 1$, može da izrazi svoj stav od pesimističkog $\lambda = 0$, do optimističkog $\lambda = 1$. Lepota uvođenja intervalnih sivih brojeva izražena je činjenicom da omogućava rad sa neizvešnošću, odnosno sa podacima koji su nedovoljno precizni. Komparativnom analizom dobijenih rezultata rangiranja alternativa po kvalitetu u odnosu na izabrane kriterijume, primenom svih navedenih metoda došli smo do

zaključka da je prednost uvođenja intervalnih sivih brojeva leži u činjenici da mogu poboljšati preciznost odluke i prevazići neodređenost u neizvesnom okruženju. Samim tim je i dokazana **druga pomoćna hipoteza**, koja glasi:

Upotrebom intervalnih sivih brojeva umesto crisp brojeva očekuje se kreiranje efikasnijeg i fleksibilnijeg metoda za modeliranje realnih problema u odlučivanju.

Kao rezultat istraživanja sprovedenih u ovoj disertaciji i na osnovu dokazanih pomoćnih hipoteza, definisan je složen i precizan model za vrednovanje kriterijuma kvaliteta internet informacionih resursa i rangiranje alternativa (IIR fakulteta) na osnovu izabranih kriterijuma. Osnovni okvir za razvoj modela bazira se na primeni (1) metoda višekriterijumskog odlučivanja - MCDM metoda; (2) teorije sivih sistema - GREY SYSTEMS; (3) internet informacionih resursa - IIR. Model je definisan na dva načina: (1) kao opšti model - široko primenljiv u mnogim naučnim oblastima za rešavanje višekriterijumskih problema odlučivanja i (2) kao detaljniji model za evaluaciju IIR primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja. Ovi modeli očito uključuju AHP metodu za određivanje težina kriterijuma, dok se za rangiranje alternativa MCDM metodama koriste dva pristupa: (1) kada su podaci dati konkretnim (crisp) vrednostima i (2) kada se javlja problem neizvesnosti sa delimično poznatim informacijama kada se koriste intervalni sivi (grey) brojevi. Imajući u vidu dokazane pomoćne hipoteze i činjenicu da su procesu formiranja modela učinjeni značajni napori objedinjavanja:

- empirijskih rezultata (dobijenih anketom);
- grupnog odlučivanja;
- velikog broja MCDM metoda;
- uvođenja intervalnih sivih brojeva (preko GREY MOORA metode),

skoro je izvesno da definisani model osim dokazane primene na evaluaciju internet informacionih resursa može biti i široko primenljiv, što je upravo dokaz i **osnovne hipoteze**, koja glasi:

Moguće je kreirati široko primenljiv model za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja.

5.2. DOPRINOS

Rezultati naučno-istraživačkog rada doktorske disertacije predstavljaju originalan rad širokog aplikativnog karaktera.

Polazeći od postavljenih ciljeva disertacije, realizovana su odgovarajuća istraživanja, čiji se rezultati i doprinosi ogledaju u novinama koje se mogu sagledati kroz:

1. Naučni doprinos

- MOORA metoda je relativno nova metoda višekriterijumskog odlučivanja (*MCDM* metoda) koju karakteriše efikasan i lako razumljiv pristup i predstavlja logički zasnovanu proceduru za izbor najbolje alternative u skupu većeg broja dostupnih alternativa na osnovu izabranih kriterijuma. Pored velikog broja *MCDM* metoda, *MOORA* metoda kao nova metoda nije imala novo proširenje. Stoga kombinovanjem koncepta intervalnih sivih brojeva (*eng. Interval Grey Numbers*) i *MOORA* metode, **razvijeno je novo proširenje MOORA metode pod nazivom GREY MOORA, u čemu se i ogleda glavni naučni doprinos ove disertacije.** Novo proširenje *MOORA* metode se koristi u slučaju neizvesnosti, kada radimo sa delimično poznatim informacijama, primenom intervalnih sivih brojeva. Prihvaćenost novog modela *GREY MOORA*, odnosno proširenja *MOORA* metode na intervalne sive brojeve je potvrđena objavljivanjem rada „*An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers*”, autora: *Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Jovanovic, R.; Stojanovic, S.* u časopisu na SCI listi (**impact faktor 3.224**): *Technological and Economic Development of Economy*, 18(2)(2012): 331–363. Validnost ovog metoda je potvrdio i sam autor *MOORA* metode, Edmundas Kazimieras Zavadskas, objavljivanjem rezultata u časopisu čiji je on glavni i odgovorni urednik.
- Disertacija ima i značajan naučni doprinos u razvijanju višekriterijumskog odlučivanja, kao specifičnog naučnog područja, sa posebnim akcentom na izvršenu *detaljnu klasifikaciju MCDM metoda*;
- Doprinos u metodologiji i *proširivanju naučnog saznanja iz oblasti Teorije sivih sistema* koja je nedovoljno poznata u našim naučnim krugovima.

Nesumljiv naučni doprinos ove disertacije, samu disertaciju čini originalnim naučnim delom.

2. Društveni doprinos

- U ovoj disertaciji je, detaljnom analizom dosadašnjih izvora literature koje se bave ovom tematikom, *predložen skup kriterijuma* za evaluaciju konkretno fakultetskih internet resursa. Posebno je važno napomenuti i primenu specifičnog *AHP upitnika* za

određivanje težina definisanih kriterijuma, koji radu daje i empirijski i naučno-istraživački značaj. Samim tim se i jedan od doprinosa ove disertacije ogleda u ukazivanju na kriterijume koji će biti sažete smernice programerima i web dizajnerima da izrađuju kvalitetnije web stranice namenjenoj široj akademskoj populaciji (kako potencijalnim studentima, studentima, tako i profesorima koji kroz fakultetske sajtove žele da dobiju adekvatne informacije vezane za naučno-istraživački rad);

- *Verifikacija, kako razvijene GREY MOORA metode, tako i velikog broja izabranih MCDM metoda, na rešavanje problema evaluacije internet informacionih resursa sa akcentom na internet resurse fakulteta u cilju procene kvaliteta istih u konkurentnom okruženju i dobijanja validnih i kvalitetnih informacija prilikom pretraživanja, ima poseban značaj s'obzirom na nedovoljnu pažnju koja je posvećena rešavanju ovog problema na našim prostorima.*
- *Komparativnom analizom rezultata rangiranja alternativa (fakultetskih web strana, odnosno internet informacionih resursa) na osnovu MCDM metoda: MOORA, TOPSIS, COPRAS, ARAS, VIKOR, smo došli do zaključka da se MOORA metoda pokazala kao efikasan i svrsishodan metod u rešavanju, kako višekriterijumskog problema razmatranog u ovoj disertaciji, tako može poslužiti i za rešavanje višekriterijumskih problema šireg domena. Predlog ove metode važi za slučaj kada se koriste konkretni (crisp) podaci, dok se u slučaju neizvesnosti kada početni podaci jesu poznati ali su nedovoljno precizni, predlaže upotreba GREY MOORA proširenja MOORA metode na upotrebu intervalnih sivih brojeva. Predložena i verifikovana GREY MOORA metoda sadrži sve navedene prednosti kao i MOORA metoda, pri čemu omogućava relativno jednostavno i efektivno rešavanje kompleksnih problema današnjice.*
- **Konačni doprinos se upravo ogleda u formiranom modelu višekriterijumskog odlučivanja za evaluaciju internet informacionih resursa (fakulteta) čime je dokazana praktična primenljivost modela. Novi model je verifikovan primenom različitih MCDM metoda, kao i novog GREY MOORA proširenja za slučaj evaluacije IIR čime su:**
 1. izabrani i definisani kriterijumi za evaluaciju internet informacionih resursa fakulteta;
 2. određene su težine (na osnovu sprovedene ankete sa AHP upitnikom) izabranih kriterijuma što ukazuje na važnost: a) određenih kriterijuma prilikom određivanja kvaliteta internet resursa; b) grupnog odlučivanja prilikom rešavanja problema višekriterijumskog odlučivanja;
 3. rangirane izabrane alternative (IIR fakulteta - web stranice fakulteta) čime je izvršena kompletna verifikacija primenjenih MCDM metoda i GREY MOORA metode na rešavanje izabranog višekriterijumskog problema odlučivanja.

Za model se očekuje da će naći širu primenu u modeliranju i rešavanju složenijih problema odlučivanja u menadžmentu i ekonomiji, posebno onih koji se odnose na neizvesnost i predikciju, s'obzirom da model uključuje i intervalne sive brojeve koji se i sami koriste u situacijama kada neizvesnost igra ključnu ulogu u procesu odlučivanja.

5.3. BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

S'obzirom na svakodnevne probleme donošenja odluka u raznim oblastima ljudskih aktivnosti, odlučivanje i razvoj modela za podršku odlučivanju su od velikog značaja za razvoj društva uopšte. Navedeni pravci budućih istraživanja imaju značaj za razvoj oblasti višekriterijumskog odlučivanja kao i praktične primene kod vrednovanja različitih alternativa i pri donošenju odluka. Jedan od ciljeva disertacije je da se pokrenu dalja istraživanja koja će dovesti do većeg kvaliteta internet resursa namenjenih široj akademskoj populaciji.

Razvijeni model je otvoren za dalje kontinualno unapređenje sa ciljem otklanjanja nedostataka i povećanja efikasnosti. Istovremeno, veoma je fleksibilan i može biti primenljiv u mnogim naučnim oblastima. U tom kontekstu, pravci budućih istraživanja razvijenog višekriterijumskog modela za evaluaciju internet informacionih resursa se ogledaju u sledećem:

- model može da posluži kao osnova za razvoj savremenih sistema za višekriterijumsku podršku odlučivanju;
- mogu se proširiti oblasti primene postojećeg modela na sledeće oblasti: ekonomija (ekonomski modeli vezani za biznis); menadžment; proizvodno okruženje; izbor projekata u raznim oblastima (investicioni, infrastrukturni...); izbor dobavljača; selekcija kandidata; izbor proizvoda i dizajna procesa; izbor proizvodnih strategija, prilagođavanje sistema cena u privredi; itd.;
- baza metoda za dodeljivanje težina se može proširiti, tako da se umesto primenjene AHP metode, pokuša sa primenom SWARA, Entropy metode, itd.;
- može se proširiti baza MCDM metoda za rešavanje odgovarajućeg višekriterijumskog problema odlučivanja, pa se pored posmatranih metoda, mogu kombinovati i ELECTRE, PROMETHEE, MULTIMOORA metoda, metode kompromisnog programiranja, NAIADE, itd.;
- u okviru samih MCDM metoda koje su primenjene u modelu, mogu se izvršiti razne transformacije koje se ogledaju u uvođenju različitih agregacionih procedura; uvođenju različitih metoda normalizacije;

- eventualno proširenje nove GREY MOORA metode na primenu fuzzy brojeva (trougaoih, trapezoidnih...);
- razvoj internet aplikacije – za rešavanje višekriterijumskog problema u realnom vremenu sa bilo kojeg mesta u bilo koje vreme.

5.4. PUBLIKOVANI REZULTATI

Autor disertacije je objavio sledeće radove u časopisima, referenciranim u WoS, koji se nalaze na SCI listi i tiču se tematike razmatrane u ovom doktoratu. U pitanju je konkretno višekriterijumsko odlučivanje, MOORA metoda, primena intervalnih brojeva i teorije sivih sistema.

1. 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. ISSN 1611-1699 (Print), 2029-4433 (Online) **(M21)**
2. Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Jovanovic, R.; **Stojanovic, S.** (2012). An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers. *Technological and Economic Development of Economy*, 18(2): 331–363., ISSN 2029-4913. **(M21)**
3. Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; **Stojanovic, S.**; Jovanovic; R. (2012). Extension of Ratio System Part of MOORA Method for Solving Decision-Making Problems with Interval Data, *Informatica*, 23 (1): 141-145., ISSN 0868-4952. **(M21)**

6. LITERATURA

1. Aczel, J.; Alsina, C. (1986). On synthesis of judgments. *Social-Economic Planning Sciences*, 20:333-339.
2. Aczel, J.; Saaty, T. L. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgment. *Journal of Mathematical Psychology*, 27:93-102.
3. Agarwal, R. ; Venkatesh, V. (2002). Assessing a firm's web presence: A heuristic evaluation procedure for the measurement of usability. *Information Systems Research*. 13(2):168–186.
4. Alberts, D. S.; Papp D. S. (1997). *The Information Age: An Anthology on Its Impact and Consequences*. CCRP Publication Series
5. Albuquerque, A. B.; Belchior, A. D. (2002). E-commerce Web Sites: A Qualitative Evaluation. *Proceedings of the 11th International World Wide Web Conference*, Honolulu, Hawaii.
6. Antucheviciene, J.; Zakarevicius, A.; Zavadskas, E.K. (2011). Measuring Congruence Of Ranking Results Applying Particular MCDM Methods. *Informatica*. 22(3): 319-338.
7. Aydin, S.; Kahraman, C. (2012). Evaluation of E-commerce Website Quality Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approach. *International Journal of Computer Science (IAENG)*, 39(1): 64–70.
8. Battistoni, E.; Fronzetti Colladon, A.; Scarabotti, L.; Schiraldi, M. M. (2013). Analytic Hierarchy Process for New Product Development. *International Journal of Engineering Business Management*. Vol 5. pg. 42
9. Bernroider, E.; Stix, V. (2007). A Method Using Weight Restrictions in Data Envelopment Analysis for Ranking and Validity Issues in Decision Making. *Computers & Operations Research*, 34(1): 2637–2647.

10. Berthon, P. R.; Pitt, L. F.; Watson, R. T. (1996). The World Wide Web As an Advertising Medium: Toward Understanding of Conventional Efficiency. *Journal of Advertising Research*, 36(1): 43–53.
11. Begičević N. (2008). *Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja E-učenja*. Fakultet Organizacije i Informatike Varaždin
12. Božinović, M. (2012). *Operaciona istraživanja*. Ekonomski fakultet, Kosovska Mitrovica
13. Brans, J. P. (1984). A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis. *Operational Research '84*, North Holland
14. Brauers, W.K.M. (2004). *Optimization Methods for a Stakeholder Society: A Revolution in Economic Thinking by Multiobjective Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
15. Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA Method And Its Application To Privatization In A Transition Economy, *Control and Cybernetics*. Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences 35(2): 445–469.
16. Brauers, W. K. M. (2008). Multi-objective Decision Making By Reference Point Theory for a Wellbeing Economy. *Operations Research International Journal*, 8(1): 89–104.
17. Brauers, W.K.M.; Zavadskas E. K.; Peldschus F.; Turskis Z. (2008). Multi-objective decision-making for road design. *Transport*. 23(3): 183–193
18. Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Vilutiene, T. (2008a). Multi-objective Contractor's Ranking by Applying the MOORA Method. *Journal of Business Economics and Management*, 9(4): 245–255.
19. Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Turskis, Z. (2008b). Multi-objective Decision-making for Road Design. *Transport*, 23(3): 183–193.
20. Brauers, W. K. M.; Ginevicius, R. (2009). Robustness in Regional Development Studies. The Case of Lithuania. *Journal of Business Economics and Management*, 10(2): 121–140.
21. Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. (2009). Robustness of the Multi-objective MOORA Method With a Test for the Facilities Sector. *Technological and Economic Development of Economy*, 15(2): 352–375.

22. Brauers W.K.M.; Zavadskas E. K. (2010). Project Management By MULTIMOORA As An Instrument For Transition Economies. *Technological And Economic Development Of Economy, Baltic Journal On Sustainability*. 16(1): 5–24
23. Brauers, W. M. K.; Ginevicius, R. (2010). The Economy of the Belgian Regions Tested with MULTIMOORA. *Journal of Business Economics and Management*, 11(2): 173–209.
24. Burstein, F.; Holsapple, C. W. (2008). *Handbook on Decision Support Systems 1: Basic Themes*. International Handbooks on Information Systems. Springer, Heidelberg.
25. Center for Learning and Teaching, SUNY Empire State College. (2009). Evaluating Web Pages: Techniques to Apply & Questions to Ask. *Finding Information on the Internet: A Tutorial*. UC Berkeley Library. <<http://www.lib.berkeley.edu/TeachingLib/Guides/Internet/Evaluate.html>>
26. Chai, J.; Liu, J.; Ngai, E. (2013). Application of decision making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*. 40(10), str. 3872–3885
27. Chakraborty, S.; Yeh, C-H. (2007). A Simulation Based Comparative Study of Normalization Procedures in Multiattribute Decision Making. *Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases*. Corfu Island, Greece.
28. Chakraborty, S. (2010). Application of the MOORA Method for Decision Making in Manufacturing Environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54 (9–12): 1155–1166.
29. Chang, C.H.; Lin, J.J.; Linc, J.H.; Chiang, M.C. (2010). Domestic Open-End Equity Mutual Fund Performance Evaluation Using Extended TOPSIS Method With Different Distance Approaches. *Expert Systems with Applications*. 37(6): 4642-4649
30. Chen, M. F.; Tzeng, G. H. (2004). Combining Grey Relation and TOPSIS Concepts for Selecting an Expatriate Host Country. *Mathematical and Computer Modeling*, 40(13): 1473–1490.
31. Cheong, C.; Jie L.; Meng, M.; Hui Lan, A. (2008). Design and Development of Decision Making System Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *American Journal of Applied Sciences*. 5 (7): 783-787.
32. Covaliu, Z. (2003). *Decision Analysis: Concepts, Tools and Promis*. Fair Isaac Corporation
33. Čupić, M.; Tummala, R.; Suknović, M. (2003). *Odlučivanje – formalni pristup*, FON

34. Daellenbach, H. G.; McNickle, D. C. (2005). *Management science: Decision making through systems thinking*. Palgrave Macmillan
35. Davidaviciene, V.; Tolvaisas, J. (2011). Measuring Quality of E-Commerce Web Sites: Case of Lithuania. *Economics and Management [Ekonomika ir vadyba]*, 16(1): 723-729.
36. Deng, J. L. (1982). Control Problems of Grey System. *Systems and Control Letters*. Vol.1, No. 5, 288-294.
37. Deng, J. L. (1992). *An Introduction to Grey Mathematics - Grey Hazy Set*. Press of Huazhong University of Science and Technology. Wuhan.
38. Dodson, J.; Spackmen, M.; Pearman A.; Phillips L. (2001). *Multi-criteria Analysis: A Manual, Department of Environment*. Transport and Regions (DETR), Rotherdam
39. Doumpos, M.; Zopounidis, C. (2004). *Multicriteria Decision Aid Classification Methods (Applied Optimization)*. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow
40. Du, J. C.; Sheen, D. H. (2005). Development of Pavement Permanent Deformation Prediction Model by Grey Modelling Method. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 22(2): 109–121.
41. Dyer, J. S.; Fishburn, P. C.; Steuer, R. E.; Wallenius, J.; Zionts, S. (1992). Multiple criteria decision making. multiattribute utility theory: the next ten years. *Management Science*, 38(5):645–654.
42. Eberly, D. H. (2007). *3D Game Engine Design: a Practical Approach To Real-Time Computer Graphics*. Gulf Professional Publishing
43. Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Science + Business Media, Inc., Boston
44. Filipi-Matutinović, S. (2013). *Naučne informacije u Srbiji - protok, dostupnost, vrednovanje*. Univerzitetska biblioteka «Svetozar Markovic», Beograd
45. Fitzgerald, S. P. (2002). *Decision Making*. Capstone Publishing (a Wiley company)
46. Forman, E.; Selly, M. A. (2007). Decision By Objectives (How to convince others that you are right). *Expert Choice Inc.* <<http://www.expertchoice.com/assets/dbo/chapter4.pdf>>
47. Ganoulis, J. (2003). Evaluating Alternative Strategies for Wastewater Recycling and Reuse in the Mediterranean Area. *Water Science and Technology*, 3(1): 11–19.

48. G-H. Tzeng; Huang , J-J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making, methods and applications*. Taylor&Francis Group, Boca Raton
49. Gilboa, I. (2011). *Making better decisions: decision theory in practice*. John Wiley & Sons, Inc.
50. Goepel, K. D. (2013). Implementing AHP as a standard method for MCDM in corporate enterprises. *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*
51. Hansson, S. O. (2005). *Decision Theory: A Brief Introduction*. Department of Philosophy and the History of Technology. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm
52. Haq, A. N.; Kannan, G. (2007). A Hybrid Normalized Multi Criteria Decision Making for the Vendor Selection in a Supply Chain Model. *International Journal of Management and Decision Making*, 8(5/6): 601–622.
53. Horrigan, J. B. (2006.) *The Internet as a Resource for News and Information about Science*. Washington, DC: Pew Internet & American Life Project
54. Hwang, C. L.; Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: A State of the Art Survey. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 186*. Springer-Verlag, Berlin.
55. Hwang, C.L.; Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making—Methods and Applications*. Springer, New York
56. International Organization for Standardization (1998). ISO 9241-11. *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: Guidance on Usability*. Geneva
57. Jacobson, T. (2000). *Critical Thinking and the Web: Teaching Users to Evaluate Internet Resources*.Pittsburgh: Library Instruction Publications
58. Jahanshahloo, G. R.; Lotfi, F. H.; Izadikhah, M. (2006). An algorithmic method to extend TOPSIS for decision-making problems with interval data, *Applied Mathematics and Computation* 175(2): 1375–1384.
59. Jahanshahloo, G. R.; Lotfi, F. H.; Davoodi, A. R. (2009). Extension of TOPSIS for Decision-Making Problems with Interval Data: Interval Efficiency. *Mathematical and Computer Modelling*, 49(5–6): 1137–1142.
60. Jovanović, M. (2009). *Programski Paketi – Internet Tehnologije*, sinopsis predavanja. Mašinski fakultet, Niš

61. Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Banaitis, A.; Satkauskas, G. (2007). Defining the Utility and Market Value of a Real Estate: a Multiple Criteria Approach. *International Journal of Strategic Property Management*, 11(2): 107–120.
62. Kapoun, J. (1998). *Teaching Undergrads WEB Evaluation: A Guide for Library Instruction*. C&RL News, 522-523.
63. Karmakar, S.; Mujumdar, P. P. (2006). Grey Fuzzy Optimization Model for Water Quality Management of a River System. *Advances in Water Resources*, 29(1): 1088–1105.
64. Kauko, T. J. (2002). *Modelling the locational determinants of house prices: neural network and value tree approaches*. PhD thesis. Utrecht: Utrecht University. 252 p
65. Keeker, K. (1997). *Improving web site usability and appeal: Guidelines compiled by msn usability research*. [http://msdn.microsoft.com/enus/library/cc889361\(office.11\).aspx](http://msdn.microsoft.com/enus/library/cc889361(office.11).aspx).
66. Keeney, R.L.; Raiffa, B. (1976). *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Wiley, New York
67. Kelly Rainer Jr, R.; Turban, E. (2009). *Uvod u informacione sisteme*. drugo izdanje. Data status, Beograd
68. Klein, B. (2002). Internet Data Quality: Perceptions of Graduate and Undergraduate Business Students. *Journal of Business and Management*, 8(4): 425-432.
69. Kodikara, P. N. (2008). *Multi-Objective Optimal Operation of Urban Water Supply Systems - Doctoral Dissertation*. Faculty of Health, Engineering and Science. Victoria University, Australia
70. Kolarov, V.; Srđević, B. (2004). *Ahp vrednovanje samohodnih mašina za navodnjavanje primenom različitih metoda prioritizacij.*, *Vodoprivreda* 0350-0519, 36 209-210 p. 265-273.
71. Kracka, M.; Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. (2010). Ranking Heating Losses in a Building by Applying the MULTIMOORA. *Inzinerine Ekonomika – Engineering Economics*, 21(4): 352–359.
72. Kryvobokov, M. (2005). Estimating the weights of location attributes with the Analytic Hierarchy Process in Donetsk, Ukraine. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*. Volume 2, Number 2
73. Kurbalija, J. (2011). *Uvod u upravljanje internetom*. AS design, Beograd

74. Letić, D.; Davidović, B. (2011). *Operacioni i projektni menadžment - kvantitativni moduli*. Kompjuter biblioteka, Zrenjanin
75. Li, Y.; Suo, J.; Zhou, S. (2010). A Novel Assessment Based on Grey AHP. *Applied Mechanics and Materials*, 26–28(1): 269–272.
76. Liesio, J. (2003). *Non-dominated Portfolios in Capital Budgeting with Interval-valued Project Outcomes*. Mat-2108. Independent Research Project in Applied Mathematics
77. Lin, Y. H.; Lee, P. C.; Chang, T. P.; Ting, H. I. (2008). Multi-attribute Group Decision Making Model Under the Condition of Uncertain Information. *Automation in Construction*, 17(6): 792–797.
78. Liu, S. (1993). Fixed weight grey clustering evaluation analysis. *New Methods of Grey Systems*. pp. 178-184. Agriculture Press, Beijing.
79. Liu, S.; Lin, Y. (2006). *Grey Information: Theory and Practical Applications With 60 Figures*. Springer-Verlag London Limited
80. Liu, P. D. (2009). Multi-attribute decision-making method research based on interval vague set and TOPSIS method. *Technological and Economic Development of Economy*, 15(3): 453–463.
81. Liu, S.; Lin, Y. (2010). *Grey System: Theory and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
82. Liu, S.; Fang, Z.; Yang, Y.; Forrest, J. (2012). General grey numbers and their operations. *Grey Systems: Theory and Application*. Vol. 2, No. 3, pp. 341-349.
83. Lootsma, F. A. (1999). *Multi-Criteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgement – Applied Optimization*. Vol. 29. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London
84. Lu, J.; Zhang G.; Ruan D.; Wu F. (2007). *Multi-Objective Group Decision Making Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques Series*. Electrical and Computer Engineering, Vol. 6. Imperial College Press, London
85. Matheus, A. (2004). Web Design Quality Versus Web Information Quality. *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Quality*, (ICIQ-04)
86. Medineckiene, M.; Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. (2010). Sustainable construction taking into account the building impact on the environment. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 18(2): 118–127.

87. Merwe, R.; Bekker, J. (2003). A framework and methodology for evaluating e-commerce web sites. *Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy*, 13(5): 330–341.
88. Mintz, A. P. (2002). *Web of Deception: Misinformation on the Internet*. Information Today, Inc., New Jersey
89. Nielsen, J. (2003). *Usability 101: Introduction to usability*.
90. Opricović, S. (1998). *Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu*. Građevinski fakultet, Beograd, 302 str.
91. Opricovic, S.; Tzeng, G.H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*. 156(2): 445-455.
92. Pantović, V.; Dinić, S.; Starčević, D. (2002). *Savremeno poslovanje i internet tehnologije – Uvod u digitalnu ekonomiju*. Energoprojekt - InGraf, Beograd
93. Park, K. S.; Lim, C. H. (1999). A structured methodology for comparative evaluation of user interface designs using usability criteria and measures. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 23:379–389.
94. Pavličić, D. (2004). *Teorija odlučivanja*. Ekonomski fakultet Beograd, Beograd, str. 180.
95. Pearson, J. M.; Pearson, A. M. (2008). An exploratory into determining the relative importance of key criteria in web usability: A multicriteria approach. *Journal of Computer Information Systems*. pages 115–127.
96. Pomerol, J.C.; Barba-Romero, S. (2000). *Multi-criterion decisions in management: Principles and practice*. Kluwer Academic Publishers, USA
97. Pomerol, J-Ch.; Barba-Romero, S. (2000). *Multicriteria Decision Making in Business*. Kluwer, New York
98. Popovic, G.; Stanujkic, D.; Stojanovic, S. (2012). Investment project selection by applying COPRAS method and imprecise data. *Serbian Journal of Management*. 7(2): 257- 269.
99. Porter, M. E. (2001). Strategy and the internet. *Harvard Business Review*. 79(3):62–78.
100. Ranganathan, C.; Ganapathy, S. (2002). Key dimensions of business-to-consumers web sites. *Information & Management*. 39:457–465.

101. Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
102. Saaty, T.L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytical Network Process*. Pittsburgh, PA
103. Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York
104. Saaty, T.; L., Shang, J. S. (2007). Group Decision Making: Head-Count versus Intensity of Preference. *Socio-Economic Planning Sciences*, 41, pp. 22-37.
105. Saaty, T. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Science*. Vol.1, No.1, str. 83-98
106. Saaty, T. L.; Peniwati, K. (2008). *Group Decision Making: Drawing Out and Reconciling Differences*. RWS Publications, Pittsburgh.
107. Sahin, J. G.; Balta, S.; Ercan, T. (2010). The Use Of Internet Resources By University Students During Their Course Projects Elicitation: A Case Study. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*. volume 9, Issue 2, 234-244.
108. Sato Y. (2009). How To Measure Human Perception In Survey Questionnaires. *International Journal of Analytic Hierarchy Process*. Vol 1, No 2
109. Savitha, K.; Chandrasekar, C. (2011). Trusted Network Selection Using SAW and TOPSIS Algorithms For Heterogeneous Wireless Networks. *International Journal of Computer Applications*. 26(8): 22-29.
110. Smith, A. (1997). Testing the Surf: Criteria for Evaluating Internet Information Resources. *Computer Systems Review* 8, no. 3 <http://epress.lib.uh.edu/pr/v8/n3/smit8n3.html>
111. Srđević B.; Srđević, Z.; Zoranović, T. (2002). Promethee, Topsis i CP u višekriterijumskom odlučivanju u poljoprivredi. *Letopis naučnih radova*. Godina 26, broj 1, strana 5-23.
112. Srđević, B. (2003). Metodi i rešenja višekriterijumske analize u poljoprivredi. *Agroekonomika* 32. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 307-312.
113. Stanujkic, D.; Jovanovic, R. (2012), Measuring A Quality Of Faculty Website Using Aras Method, *Contemporary Issues In Business, Management And Education*: 545-554.

114. Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Jovanovic, R.; **Stojanovic, S.** (2012). An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers. *Technological and Economic Development of Economy*. 18(2): 331–363.
115. Stanujkic, D.; **Stojanovic, S.**; Jovanovic, R.; Magdalinovic, N. (2013). A framework for Commutation Circuits Design evaluation using grey compromise programming. *Journal of Business Economics and Management*, 14(supplement 1): S188.-S212.
116. Stanujkic, D.; Đorđević, B.; Đorđević, M. (2013). Comparative Analysis Of Some Prominent MCDM Methods: A Case Of Ranking Serbian Banks. *Serbian Journal of Management*. 8 (2) 213 – 241.
117. Stanujkic, D.; Magdalinovic, N.; Milanovic, D.; Magdalinovic, S.; Popovic, G. (2014). An efficient and simple multiple criteria model for a grinding circuit selection based on MOORA method. *Informatica*. 25(1), 73-93.
118. Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-Criteria Decision Making Methods: A comparative Study. Volume 44 of Applied Optimization*. Kluwer Academic Publishers.
119. Tummala, V.R.; Čupić, M. (1991). *Savremeno odlučivanje*. Naučna knjiga, Beograd
120. Turskis, Z.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F. (2009). Multi-criteria Optimization System for Decision Making in Construction Design and Management. *Economics Of Engineering Decisions*. Engineering Economics. No 1 (61)
121. Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. (2010). A novel method for multiple criteria analysis: Grey additive ratio assessment (ARAS-G) method. *Informatica*, 21(4): 597–610.
122. Ustinovichius, L.; Zavadskas, E.K.; Podvezko, V. (2007). Application Of A Quantitative Multiple Criteria Decision Making (MCDM-1) Approach To The Analysis Of Investments In Construction. *Control and Cybernetics*. 36(1): 251–268.
123. Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. J. Wiley, New York
124. Viteikiene, M.; Zavadskas, E.K. (2007). Evaluating the Sustainability of Vilnius City Residential Areas. *Journal of Civil Engineering and Management*. 13(2): 149-155.
125. Wang, Y. M., Elhag, T. M. S., 2006. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, *Expert Systems with Applications* 31(1): 309–319.

126. Wu, C. C.; Chang, N. B. (2003). Grey input-output analysis and its application for environmental cost allocation. *European Journal of Operational Research*, 145(1): 175–201.
127. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Sarka, V. (1994). The New Method of Multicriteria Complex Proportional Assessment of Projects. *Technological and Economic Development of Economy*. 1(3): 131-139.
128. Zavadskas, E.K.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J.; Marina, V. (2008). Multicriteria selection of project managers by applying grey criteria. *Technological and Economic Development of Economy*. 14(4):462-477.
129. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2008). Selection of the effective dwelling house walls by applying attributes values determined at intervals. *Journal of Civil Engineering and Management*, 14(2): 85–93.
130. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Vilutiene, T. (2009). Multicriteria evaluation of apartment blocks maintenance contractors: Lithuanian case study. *International Journal of Strategic Property Management*, 13(4): 319–338.
131. Zavadskas, E.K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2009). Multi-attribute decision making model by applying grey numbers. *Informatica*. 20(2): 305-320.
132. Zavadskas E.K.; Turskis, Z. (2010). A New Additive Ratio Assessment (ARAS) Method In Multicriteria Decision Making. *Technological and Economic Development of Economy*. 16:2, 159-172.
133. Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Vilutiene, T. (2010a). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(3): 123–141.
134. Zavadskas, E. K.; Vilutiene, T.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2010b). Contractor selection for construction works by applying SAW-G and TOPSIS grey techniques. *Journal of Business Economics and Management*, 11(1): 34–55.
135. Zavadskas, E.K.; Vainiunas, P.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. (2012). Multiple Criteria Decision Support System For Assessment Of Projects Managers In Construction. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. 11(2): 501-520.

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*. Volume 20(1): 165–179

Internet izvori:

<http://www.lib.berkeley.edu/TeachingLib/Guides/Internet/Evaluate.html>

<http://www.expertchoice.com/assets/dbo/chapter4.pdf>

<http://library.uaf.edu/ls101-evaluation>

<http://tuj.asenevtsi.com/InfResurs/InfResurs18.htm>

<http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=204>

<http://www.ftm.kg.ac.rs>

<https://oneseach.library.utoronto.ca/>

<http://www.ukessays.co.uk/essays/theology/advantages-and-disadvantages-internet-research-purposes.php>

<http://www.pewinternet.org/2006/11/20/the-internet-as-a-resource-for-news-and-information-about-science/>

<http://www.slideshare.net/EnVeritasGroup/research-study-college-admission-student-digital-media-habits>

<http://kobson.nb.rs/upload/documents/oNamaPredavanja/PR2013TekstZaDoktorante.pdf>

<http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>

[http://msdn.microsoft.com/enus/library/cc889361\(office.11\).aspx](http://msdn.microsoft.com/enus/library/cc889361(office.11).aspx).

<http://epress.lib.uh.edu/pr/v8/n3/smit&n3.html>

BPMSG AHP Online System <http://bpmsg.com/academic/ahp.php>

Gliffy: Online Diagram Software and Flow Chart Software <https://www.gliffy.com/>

Flow Chart Maker: <https://www.draw.io/>

7. PRILOZI

7.1. PRILOG 1 (GREY MOORA NORMALIZACIJA)

Da li je kvadratni koren polovine sume kvadrata donjih i gornjih granica intervalnih sivih brojeva kojima su predstavljene vrednosti svake alternative u odnosu na pojedinačni kriterijum, najbolji izbor za imenilac u MOORA metodi tj. da li je formula:

$$\otimes x_{ij}^* = \frac{\otimes x_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (x_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \dots\dots\dots (99)$$

najbolji izbor za normalizaciju?

Da bi dokazali predloženi pristup, uzećemo veoma jednostavan primer. Pretpostavimo da treba da se rangiraju dve alternative A_1 i A_2 , koje su zasnovane na dva kriterijuma C_1 i C_2 , koji imaju iste težine (značaj) i oba su prihodnog tipa, pa je stoga smer optimizacije – maksimizacija.

Inicijalni podaci potrebni za rangiranje pomenutih alternativa su dati u tabeli 7.1.1.

Tabela 7.1.1. Inicijalni podaci

	C_1	C_2
	max	max
A_1	3	5
A_2	5	3

Podaci dobijeni nakon normalizacije vrednosti korišćenjem formule:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \dots\dots\dots (100)$$

i rangiranje alternative na osnovu *Ratio System (RS)* i *Reference Point (RP)* pristupa MOORA metode su prikazane u tabeli 7.1.2.

Tabela 7.1.2. Rangiranje alternativa po *RS I RP* pristupu MOORA metode

Podaci					Rezultati			
Inicijalni		Normalizovani			Ratio System (RS)		Reference Point (RP)	
C_1	C_2	C_1	C_2	$x_{1j}^* + x_{2j}^*$	Rang	$\max(x_{1j}^*, x_{2j}^*)$	Rang	
max	max	max	max					
x_{1j}	x_{2j}	x_{1j}^*	x_{2j}^*					
A_1	3	5	0.51	0.86	1.37	1	0.86	1
A_2	5	3	0.86	0.51	1.37	1	0.86	1
Norma	5.83	5.83						

Kao što se vidi iz prethodne tabele, rezultati tj. rangovi alternativa dobijeni na osnovu navedena dva pristupa MOORA metode su jednaki.

Da bi se pružio dokaz da je formula (99) prikladnija za normalizaciju, napravićemo neznatnu modifikaciju inicijalnih podataka tj. vrednosti alternativa po kriterijumu C_2 koje su prikazane u vidu intervalnih sivih brojeva, gde su gornja i donja granica intervala jednake (tabela 7.1.3.)

Tabela 7.1.3. Modifikovani inicijalni podaci

	C_1		C_2	
	x_{1j}	x_{2j}	\underline{x}_{2j}	\bar{x}_{2j}
	max	max	max	max
A_1	3	5	5	5
A_2	5	3	3	3

Tabela 7.1.4. sadrži dva izračunavanja koja variraju u zavisnosti od upotrbijene formule normalizacije.

U *I slučaju* vrednosti alternativa izraženih crisp brojevima su normalizovane formulom (100) dok su vrednosti izražene sivim intervalnim brojevima normalizovane uz pomoć formule:

$$\otimes x_{ij}^* = \frac{\otimes x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij}^2 + \bar{x}_{ij}^2)}} \dots\dots\dots(101)$$

Ukupan indeks performansi svih posmatranih alternativa zasnovanih na *Ratio System (RS)* pristupu MOORA metode je dobijen na osnovu formule (73) (oblast 3.1.) i $\lambda=0.5$.

U *II slučaju* umesto formule (101) korišćena je formula (99).

Tabela 7.1.4. Rangiranje alternativa po RS I RP pristupu MOORA metode

	Podaci						Resultati						
	Inicijalni			Normalizovani			Ratio System		Reference Point				
	C ₁		C ₂	C ₁		C ₂	(51)	Rang	C ₁	C ₂		max _i d _{ij}	Rang
	x _{1j}	\underline{x}_{2j}	\bar{x}_{2j}	x _{1j} [*]	\underline{x}_{2j} [*]	\bar{x}_{2j} [*]		max	d _{1j}	\underline{d}_{2j}	\bar{d}_{2j}		min
Slučaj I													
A1	3	5	5	0.51	0.61	0.61	1.12	2	0.34	0.25	0.25	0.34	1
A2	5	3	3	0.86	0.36	0.36	1.22	1	0.00	0.49	0.49	0.49	2
Norma - RP ¹⁶⁴	5.83	8.25	8.25	0.86	0.36	0.36							
Slučaj II													
A1	3	5	5	0.51	0.86	0.86	1.37	1	0.34	0.00	0.00	0.34	1
A2	5	3	3	0.86	0.51	0.51	1.37	1	0.00	0.34	0.34	0.34	1
Norma - RP	5.83	5.83	5.83	0.86	0.86	0.86							

Kao što se može videti iz prethodne tabele, formula (99) omogućava prikladniji način normalizacije kada problem odlučivanja zahteva istovremenu upotrebu crisp i intervalnih sivih brojeva.

7.2. PRILOG 2 (GREY MOORA RASTOJANJE)

Kako izmeriti rastojanje između intervalnog sivog broja i referentne tačke?

Postupak za definisanje rastojanja između intervalnog sivog broja i referentne tačke je daleko komplikovaniji nego postupak koji se koristi za definisanje rastojanja između crisp brojeva i referentne tačke i on takođe pokreće tri dileme:

1. Koja karakteristika intervalnog sivog broja u pristupu *Referentne tačke* (eng. *Reference Point Approach*) MOORA metode najbolje prikazuje intervalne sive brojeve: njegova donja, gornja granica, sredina ili neka druga karakteristika?
2. Kako definisati referentnu tačku kada su vrednosti alternativa u odnosu na kriterijume dati korišćenjem sivih intervalnih brojeva ili kada su vrednosti izražene istovremenom upotrebom crisp i intervalnih sivih brojeva?
3. Šta je zapravo referentna tačka u slučaju intervalnih sivih brojeva? Samo crisp tačka u n -dimenzionalnom prostoru ili siva referentna tačka tj. neko sivo telo u n -dimenzionalnom prostoru?

Upotreba samo jedne granice intervalnog sivog broja ne omogućava adekvatno predstavljanje intervala u svim mogućim slučajevima optimizacije. U cilju dokaza za izrečenu tvrdnju, počecemo sa jednostavnim primerom. U ovom primeru nećemo krenuti od vrednosti

¹⁶⁴ Vrste u tabeli koje sadrže norme u kolonama sa inicijalnim podacima i referentnim tačkama u kolonama sa normalizovanim podacima

alternativa po kriterijumima zato što one imaju uticaj na imenilac koji je korišćen u formuli za normalizaciju, stoga takav primer može da bude nepraktičan za dalje izlaganje. Dakle, polazi se od normalizovane matrice odlučivanja (tabela 7.2.1.):

Tabela 7.2.1. Inicijalni podaci i rezultati rangiranja dobijeni pristupom Referentne tačke MOORA metode

	Podaci				Rezultati					
	Normalizovani				Reference Point – Referentna tačka					
	C1	C2			C1	C2			$\max_i d_{ij}$	Rank
max	max									
Slučaj I										
	x_{1j}^*	x_{2j}^*		x_m^*	d_{1j}	d_{2j}				
A ₁	0.3	0.5		0.5	0.2	0.0			0.2	1
A ₂	0.5	0.3		0.3	0.0	0.2			0.2	1
max _j	0.5	0.5								
Slučaj II										
	x_{1j}^*	\underline{x}_{2j}^*	\bar{x}_{2j}^*	x_m^*	d_{1j}	\underline{d}_{2j}	\bar{d}_{2j}			
A ₁	0.3	0.2	0.8	0.5	0.2	0.0	0.0		0.2	2
A ₂	0.5	0.2	0.4	0.3	0.0	0.0	0.4		0.4	1
max _j	0.5		0.8	0.5						
Slučaj III										
	x_{1j}^*	\underline{x}_{2j}^*	\bar{x}_{2j}^*	x_m^*	d_{1j}	\underline{d}_{2j}	\bar{d}_{2j}	$d_{2j(\lambda=0.5)}$		
A ₁	0.3	0.2	0.8	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1
A ₂	0.5	0.2	0.4	0.3	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	1
max _j	0.5	0.2	0.8	0.5						

Prikazani primer iz prethodne tabele je sačinjen od tri osnovna dela u kojima su dve alternative A₁ i A₂, rangirane pod različitim uslovima na osnovu dva kriterijuma C₁ i C₂ sa jednakim težinama i istim smerom optimizacije.

U *Slučaju I* vrednosti alternativa koje se odnose na kriterijume C₁ i C₂ su prikazane crisp podacima. U *Slučaju II i III* vrednosti alternativa koje se odnose na kriterijum C₂ su intervalni sivi brojevi gde su granice intervala formirane tako da je intervalna sredina ista sa

$$\text{odgovarajućom tačnom (crisp) vrednošću iz Slučaja I: } \frac{\underline{x}_{2j}^* + \bar{x}_{2j}^*}{2} = x_m^* = x_{2j}^* .$$

Rezultati rangiranja alternativa dobijenih u *Slučaju I* i *Slučaju II* nisu isti. To se i očekivalo zato što promene intervalnih granica mogu uticati na koordinate referentne tačke.

Verovatno najjednostavniji način rangiranja alternativa je da su intervalni sivi brojevi predstavljeni svojim srednjim vrednostima i da se preostali deo postupka optimizacije izvrši kao u slučaju primene crisp brojeva. Međutim, ovakim pristupom prednosti upotrebe intervalnih sivih brojeva značajno opadaju. Intervalni sivi brojevi mogu da se koriste za adekvatnije predstavljanje problema odlučivanja ali njihova upotreba se neće odraziti na optimizaciju zasnovanu na *Pristupu referentne tačke MOORA* metode.

Primena intervalnih brojeva je takođe ispitivana u drugim metodama, posebno TOPSIS metodi. Jednim od karakterističnih pristupa primene intervalnih sivih brojeva i TOPSIS metode može se smatrati i pristup korišćen u Jahanshahloo *et al.* (2006)¹⁶⁵.

Nažalost, rezultati istraživanja dobijenih primenom intervalnih sivih brojeva u drugim MCDM metodama se ne mogu direktno primeniti u MOORA metodi. Na primer, MOORA metod koristi *min-max metriku* i rastojanje do referentne tačke, dok TOPSIS metod koristi *euklidsko rastojanje* do idealne i anti-idealne tačke.

Da bi obezbedili efektivnu upotrebu intervalnih sivih brojeva u MOORA metodi za definisanje rastojanja svake alternative do referentne tačke, počecemo sa formulom $d_{ij} = (1-\lambda)\underline{d}_{ij} + \lambda\bar{d}_{ij}$ ili $d_{ij} = s_i \left((1-\lambda)\underline{d}_{ij} + \lambda\bar{d}_{ij} \right)$, kada kriterijumi imaju različite težine.

U predloženom pristupu, umesto upotrebe klasične referentne tačke¹⁶⁶, predlažemo upotrebu „sive referentne tačke“ čije su koordinate predstavljene odgovarajućim intervalnim sivim brojevima sa granicama definisanim formulama ((87) i (88) poglavlje 3.1.):

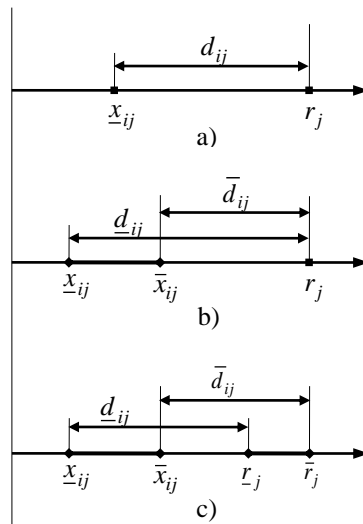
$$\left. \begin{array}{l} \bar{r}_j = \max_i x_{ij}^* \\ \underline{r}_j = \min_i x_{ij}^* \end{array} \right\} \text{ za prihodne kriterijume; } i$$

$$\left. \begin{array}{l} \bar{r}_j = \min_i x_{ij}^* \\ \underline{r}_j = \max_i x_{ij}^* \end{array} \right\} \text{ za rashodne kriterijume}$$

Slika 7.1. prikazuje tri karakterična pristupa teorije referentne tačke. Prvi *pristup (a)* prikazuje rastojanje između konkretne tačke i referentne tačke. Sledeći *pristup (b)* prikazuje rastojanje između intervalnog sivog broja i klasične referentne tačke, dok poslednji *pristup (c)* predstavlja rastojanje između intervalnog sivog broja i sive referentne tačke.

¹⁶⁵ Jahanshahloo, G. R., Lotfi, F. H., Izadikhah, M. 2006. An algorithmic method to extend TOPSIS for decision-making problems with interval data. *Applied Mathematics and Computation* 175(2): 1375–1384

¹⁶⁶ Kada se kombinuju crisp i intervalni sivi brojevi, crisp brojevi su predstavljeni intervalnim sivim brojevima sa istom donjom i gornjom granicom.



Slika 7.2.1. Karakteristični pristupi referentne tačke

Pristup (b) u našem primeru daje nepodesne rezultate rangiranja. Uz upotrebu predloženog pristupa (grafički prikazan na slici 7.2.1.), dobijamo adekvatne rezultate. Za $\lambda=0.5$, dobijeni rezultati su isti kao i u *Slučaju I*. Konačno, koeficijent λ omogućava donosiocima odluka da daju veći značaj donjim, odnosno gornjim granicama.

7.3. PRILOG 3 (AHP ANKETA)

Anketa

Vrednovanje značaja kriterijuma koji utiču na kvalitet web stranica fakulteta i ocenjivanje web stranica na osnovu zadatih kriterijuma

I. Kako bi mogli da adekvatno ocenite kriterijume koji utiču na kvalitet web stranica (*fakulteta*), molim Vas da se upoznate sa samim kriterijumima i njihovim karakteristikama.

Kriterijumi	Karakteristike kriterijuma
<i>Sadržaj</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Informacije objavljene na web stranici su prikladne, jasne i razumljive; • Sveobuhvatnost i relevantnost sadržaja; • Količina i raznovrsnost informacija: <ul style="list-style-type: none"> – web stranica ima bar neke od sledećih celina (početna, o fakultetu, nastavno osoblje, kontakt, studentski servis, upis, studije, vesti, biblioteka, web-mail...); – Web stranica postoji na ćirilichnom i latiničnom alfabetu i identična je na oba; – Web stranica postoji na najmanje jednom stranom jeziku.
<i>Ažuriranje</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Web stranica fakulteta se redovno ažurira: <ul style="list-style-type: none"> – svi linkovi su ažurirani; nepostojanje mrtvih linkova; – jasno vidljiv datum poslednjeg ažuriranja stranice; • Na web stranici postoji „Arhiva“ za zastarele (korisne) informacije; • Na web stranici fakulteta su informacije aktuelne i pravovremeno objavljene.
<i>Navigacija i jednostavno korišćenje</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Postoje više alternativnih načina navigacije na web stranici; • Dobra funkcionalna struktura i uređenje web stranice; • Na stranici postoji dobar sistem pretrage (opcija <i>Search</i>) i <i>online</i> pomoć; • Obezbeđena je mapa sajta; • Navigacija na web stranici je jednostavna i laka za upotrebu; • Adekvatan sistem menija i prečica; • Web stranica se brzo i lako učitava.
<i>Tačnost, potpunost i pouzdanost informacija</i>	<p>Tačnost, potpunost</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informacije na web stranici su bitne, precizne, jasne i razumljive; • Jasno navedeni izvori informacija; • Informacije se „drže teme“ i zadovoljavaju Vaša očekivanja i potrebe pretraživanja web stranice; • Uočavanje (i štampanje) određenih informacija sa lakoćom. <p>Pouzdanost</p> <ul style="list-style-type: none"> • Koliko domen web stranice (.edu, .ac, .gov) utiče na Vaše poverenje prema sajtu? • Jasno naveden pripadajući Univerzitet fakulteta; • Dostupni su kontakti (e-mail, telefon..) organizacije; • Da li postoje opcije „O nama“, „Akreditacija“, „Biografije“, „Akti Fakulteta“?
<i>Dizajn</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Interesantan i privlačan izgled stranice; • Dizajn web stranice fakulteta je u skladu sa sadržajem; • Upotreba multimedija kako bi se web stranica učinila vizuelno atraktivnom; • Dizajn web stranice ima odgovarajući izbor fonta, boja i slika.
<i>Studentski web servis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Na web stranici fakulteta nalazi se: <ul style="list-style-type: none"> – sve o upisu – vodič za studente; – kalendar nastave i raspored časova; – raspored polaganja ispita i rezultati ispita; – obaveštenja; – materijali sa predavanja, testovi za proveru znanja, razni materijali za učenje; – studentski forum; • Postoji mogućnost on-line prijave ispita na web stranici fakulteta.
<i>Naučno-istraživački rad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Na web stranici fakulteta se mogu naći korisne informacije o: <ul style="list-style-type: none"> – istraživanjima i projektima; – izdavačkoj delatnosti i časopisima; – naučnim konferencijama; – biblioteci.

II Leva strana tabele (za svaki red): prvo izaberite po Vama značajniji kriterijum (A ili B), markirajući kvadratić ispod značajnijeg kriterijuma, a zatim u **desnoj strani** tabele izaberite jačinu dominacije (1-9) izabranog kriterijuma nad onim drugim, takođe markirajući kvadratić.

KRITERIJUMI		Koliko je jaka dominacija jednog nad drugim kriterijumom: 1 - isti značaj; 3 - slaba dominacija 5 - umerena dominacija; 7 - jaka dominacija 9 – apsolutna dominacija				
DOMINANTNIJI kriterijum A ili B		KOLIKO JE izabrani kriterijum DOMINANTAN u odnosu na drugi?				
		1	3	5	7	9
<input type="checkbox"/> sadržaj	<input type="checkbox"/> ažuriranje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> sadržaj	<input type="checkbox"/> navigacija i jednostavno korišćenje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> sadržaj	<input type="checkbox"/> tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> sadržaj	<input type="checkbox"/> dizajn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> sadržaj	<input type="checkbox"/> studentski web servis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> sadržaj	<input type="checkbox"/> naučno-istraživački rad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ažuriranje	<input type="checkbox"/> navigacija i jednostavno korišćenje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ažuriranje	<input type="checkbox"/> tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ažuriranje	<input type="checkbox"/> dizajn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ažuriranje	<input type="checkbox"/> studentski web servis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ažuriranje	<input type="checkbox"/> naučno-istraživački rad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> navigacija i jednostavno korišćenje	<input type="checkbox"/> tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> navigacija i jednostavno korišćenje	<input type="checkbox"/> dizajn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> navigacija i jednostavno korišćenje	<input type="checkbox"/> studentski web servis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> navigacija i jednostavno korišćenje	<input type="checkbox"/> naučno-istraživački rad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	<input type="checkbox"/> dizajn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	<input type="checkbox"/> studentski web servis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	<input type="checkbox"/> naučno-istraživački rad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> dizajn	<input type="checkbox"/> studentski web servis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> dizajn	<input type="checkbox"/> naučno-istraživački rad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> studentski web servis	<input type="checkbox"/> naučno-istraživački rad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- III. Molim Vas, posetite navedene web stranice fakulteta i vrednujte (ocenite) ocenama od 1 do 10, zadate kriterijume u zavisnosti od toga kako i na koj način su zastupljeni na web stranicama (1- loše...10-najbolje).

Kriterijumi Web stranice fakulteta	Sadržaj	Ažuriranje	Navigacija i jednostavno korišćenje	Tačnost, potpunost i pouzdanost informacija	Dizajn	Studentski web servis	Naučno-istraživački rad
	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10
http://www.ekof.bg.ac.rs/							
http://www.etf.bg.ac.rs/							
http://www.rgf.bg.ac.rs/							
http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php							
http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka							
http://www.mfkg.rs/							
http://www.fmz.edu.rs/							
http://www.megatrend.edu.rs/fps/							
http://fthm.singidunum.ac.rs/							
http://www.bba.edu.rs/							

7.4. PRILOG 4 (REZULTATI AHP ANKETE - II DEO)

		DM1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	0.33	0.14	3.00	0.33	0.20	0.20	
C2	ažurir	3.00	1.00	0.33	3.00	3.00	0.33	0.33	
C3	navigac	7.00	3.00	1.00	5.00	3.00	0.33	0.33	
C4	tačnost	0.33	0.33	0.20	1.00	0.33	0.20	0.14	
C5	dizajn	3.00	0.33	0.33	3.00	1.00	0.20	0.20	
C6	stud	5.00	3.00	3.00	5.00	5.00	1.00	0.33	
C7	nir	5.00	3.00	3.00	7.00	5.00	3.00	1.00	

		DM2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	1.00	2.00	1.00	0.33	2.00	2.00	
C2	ažurir	1.00	1.00	2.00	1.00	0.33	2.00	2.00	
C3	navigac	0.50	0.50	1.00	0.50	0.25	0.50	0.50	
C4	tačnost	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	
C5	dizajn	3.00	3.00	4.00	0.50	1.00	3.00	3.00	
C6	stud	0.50	0.50	2.00	1.00	0.33	1.00	1.00	
C7	nir	0.50	0.50	2.00	1.00	0.33	1.00	1.00	

		DM3	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	3.00	3.00	1.00	7.00	3.00	7.00	
C2	ažurir	0.33	1.00	1.00	1.00	7.00	1.00	1.00	
C3	navigac	0.33	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	
C4	tačnost	1.00	1.00	1.00	1.00	7.00	3.00	3.00	
C5	dizajn	0.14	0.14	0.33	0.14	1.00	1.00	1.00	
C6	stud	0.33	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00	5.00	
C7	nir	0.14	1.00	1.00	0.33	1.00	0.20	1.00	

		DM4	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	0.33	5.00	0.33	9.00	3.00	3.00	
C2	ažurir	3.00	1.00	7.00	0.33	9.00	3.00	3.00	
C3	navigac	0.20	0.14	1.00	0.14	2.00	0.20	0.20	
C4	tačnost	3.00	3.00	7.00	1.00	9.00	3.00	3.00	
C5	dizajn	0.11	0.11	0.50	0.11	1.00	0.11	0.20	
C6	stud	0.33	0.33	5.00	0.33	9.00	1.00	3.00	
C7	nir	0.33	0.33	5.00	0.33	5.00	0.33	1.00	

		DM5	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	3.00	0.14	0.14	7.00	4.00	0.33	
C2	ažurir	0.33	1.00	0.14	0.11	3.00	3.00	0.14	
C3	navigac	7.00	7.00	1.00	0.33	9.00	9.00	3.00	
C4	tačnost	7.00	9.00	3.00	1.00	9.00	9.00	2.00	
C5	dizajn	0.14	0.33	0.11	0.11	1.00	1.00	0.11	
C6	stud	0.25	0.33	0.11	0.11	1.00	1.00	0.11	
C7	nir	3.00	7.00	0.33	0.50	9.00	9.00	1.00	

		DM6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	2.00	1.00	0.50	7.00	0.11	0.11	
C2	ažurir	0.50	1.00	1.00	0.20	3.00	0.11	0.11	
C3	navigac	1.00	1.00	1.00	0.20	3.00	0.11	0.11	
C4	tačnost	2.00	5.00	5.00	1.00	7.00	0.33	0.14	
C5	dizajn	0.14	0.33	0.33	0.14	1.00	0.11	0.11	
C6	stud	9.00	9.00	9.00	3.00	9.00	1.00	0.50	
C7	nir	9.00	9.00	9.00	7.00	9.00	2.00	1.00	

		DM7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	0.11	1.00	0.11	7.00	1.00	1.00	0.20
C2	ažurir	9.00	1.00	9.00	0.33	7.00	7.00	7.00	0.50
C3	navigac	1.00	0.11	1.00	0.11	7.00	1.00	1.00	0.20
C4	tačnost	9.00	3.00	9.00	1.00	9.00	9.00	9.00	2.00
C5	dizajn	0.14	0.14	0.14	0.11	1.00	0.50	0.14	0.14
C6	stud	1.00	0.14	1.00	0.11	2.00	1.00	1.00	0.14
C7	nir	5.00	2.00	5.00	0.50	7.00	7.00	7.00	1.00

		DM8	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	1.00	0.14	1.00	0.11	1.00	1.00	0.20
C2	ažurir	1.00	1.00	0.14	1.00	0.14	3.00	3.00	0.33
C3	navigac	7.00	7.00	1.00	2.00	0.33	7.00	7.00	1.00
C4	tačnost	1.00	1.00	0.50	1.00	0.20	4.00	4.00	1.00
C5	dizajn	9.00	7.00	3.00	5.00	1.00	9.00	9.00	7.00
C6	stud	1.00	0.33	0.14	0.25	0.11	1.00	1.00	0.11
C7	nir	5.00	3.00	1.00	1.00	0.14	9.00	9.00	1.00

		DM9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	0.20	3.00	0.14	5.00	0.20	3.00	3.00
C2	ažurir	5.00	1.00	3.00	0.33	7.00	3.00	3.00	7.00
C3	navigac	0.33	0.33	1.00	0.14	3.00	0.20	1.00	1.00
C4	tačnost	7.00	3.00	7.00	1.00	9.00	3.00	5.00	5.00
C5	dizajn	0.20	0.14	0.33	0.11	1.00	0.11	0.20	0.20
C6	stud	5.00	0.33	5.00	0.33	9.00	1.00	5.00	5.00
C7	nir	0.33	0.14	1.00	0.20	5.00	0.20	1.00	1.00

		DM10	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	3.00	0.20	0.11	0.33	0.11	0.33	0.33
C2	ažurir	0.33	1.00	0.14	0.11	0.33	0.11	0.14	0.14
C3	navigac	5.00	7.00	1.00	0.33	3.00	0.33	3.00	3.00
C4	tačnost	9.00	9.00	3.00	1.00	3.00	0.14	3.00	3.00
C5	dizajn	3.00	3.00	0.33	0.33	1.00	0.11	0.33	0.33
C6	stud	9.00	9.00	3.00	7.00	9.00	1.00	5.00	5.00
C7	nir	3.00	7.00	0.33	0.33	3.00	0.20	1.00	1.00

		DM11	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	0.20	0.33	0.14	0.20	0.11	1.00	1.00
C2	ažurir	5.00	1.00	3.00	0.33	3.00	0.20	5.00	5.00
C3	navigac	3.00	0.33	1.00	0.14	5.00	0.14	3.00	3.00
C4	tačnost	7.00	3.00	7.00	1.00	7.00	1.00	9.00	9.00
C5	dizajn	5.00	0.33	0.20	0.14	1.00	0.14	3.00	3.00
C6	stud	9.00	5.00	7.00	1.00	7.00	1.00	9.00	9.00
C7	nir	1.00	0.20	0.33	0.11	0.33	0.11	1.00	1.00

		DM12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	1.00	5.00	3.00	7.00	0.33	7.00	7.00
C2	ažurir	1.00	1.00	5.00	3.00	7.00	0.33	7.00	7.00
C3	navigac	0.20	0.20	1.00	0.33	5.00	0.14	3.00	3.00
C4	tačnost	0.33	0.33	3.00	1.00	5.00	0.14	5.00	5.00
C5	dizajn	0.14	0.14	0.20	0.20	1.00	0.14	1.00	1.00
C6	stud	3.00	3.00	7.00	7.00	7.00	1.00	9.00	9.00
C7	nir	0.14	0.14	0.33	0.20	1.00	0.11	1.00	1.00

		DM13	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
			sadrž	ažurir	navigac	tačnost	dizajn	stud	nir
C1	sadrž	1.00	0.33	3.00	0.33	3.00	0.20	5.00	5.00
C2	ažurir	3.00	1.00	5.00	3.00	7.00	0.20	7.00	7.00
C3	navigac	0.33	0.20	1.00	0.20	3.00	0.14	5.00	5.00
C4	tačnost	3.00	0.33	5.00	1.00	5.00	0.20	7.00	7.00
C5	dizajn	0.33	0.14	0.33	0.20	1.00	0.14	1.00	1.00
C6	stud	5.00	5.00	7.00	5.00	7.00	1.00	9.00	9.00
C7	nir	0.20	0.14	0.20	0.14	1.00	0.11	1.00	1.00

7.5. PRILOG 5 (REZULTATI ANKETE - III DEO)

DM1	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		9	7	8	8	7	9	10
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		7	10	7	8	6	10	9
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		10	10	10	10	8	10	8
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		9	9	8	8	7	7	10
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		9	10	9	9	8	9	9
6	http://www.mkg.rs/		10	10	9	10	8	8	8
7	http://www.fmz.edu.rs/		8	7	9	8	5	7	5
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		7	7	7	7	9	7	4
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		7	7	6	7	9	10	4
10	http://www.bba.edu.rs/		7	7	7	4	6	7	6

DM2	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		4	3	3	5	5	8	4
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		9	9	9	8	5	9	6
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		10	10	10	10	9	10	10
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		10	10	9	10	8	9	9
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		7	8	7	8	5	7	6
6	http://www.mkg.rs/		10	10	10	10	10	8	10
7	http://www.fmz.edu.rs/		10	10	10	10	10	10	10
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		6	2	3	8	7	3	2
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		7	6	6	7	7	8	2
10	http://www.bba.edu.rs/		2	5	4	5	4	8	3

DM3	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		8	7	6	8	5	8	5
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		8	7	9	9	8	9	8
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		10	8	10	9	9	10	8
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		7	8	8	7	7	8	6
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		7	6	8	8	5	5	6
6	http://www.mkg.rs/		8	7	8	8	6	8	7
7	http://www.fmz.edu.rs/		8	6	9	8	8	6	5
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		8	8	9	8	9	5	5
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		10	9	9	9	10	10	10
10	http://www.bba.edu.rs/		9	5	8	6	7	5	7

DM4	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		10	10	10	10	10	10	10
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		10	10	10	10	6	10	8
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		8	10	6	10	8	8	9
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		10	10	10	10	8	10	10
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		10	10	10	10	10	10	10
6	http://www.mkg.rs/		9	8	8	9	8	9	9
7	http://www.fmz.edu.rs/		9	10	8	7	8	8	7
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		10	10	10	10	10	10	9
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		9	8	7	9	10	10	8
10	http://www.bba.edu.rs/		10	10	10	9	8	10	10

DM5	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		10	8	8	8	5	8	9
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		8	8	10	7	4	1	2
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/								
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		10	8	10	8	5	8	2
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		10	8	10	10	4	10	2
6	http://www.mkg.rs/		10	9	10	8	8	10	10
7	http://www.fmz.edu.rs/		8	4	6	8	8	5	3
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		8	8	10	8	8	4	9
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		10	7	10	9	7	7	9
10	http://www.bba.edu.rs/		10	9	10	9	8	9	8

DM7	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		10	10	10	9	8	9	9
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		10	10	10	10	10	10	10
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/								
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		10	9	10	9	7	10	10
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		10	10	9	9	8	10	10
6	http://www.mkg.rs/		9	10	9	9	7	10	9
7	http://www.fmz.edu.rs/		9	10	10	9	8	9	9
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		9	9	9	9	7	9	9
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		10	8	7	9	6	8	9
10	http://www.bba.edu.rs/		9	8	10	9	6	9	9

DM8	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		7	6	6	5	5	7	9
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		6	6	5	4	5	8	7
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		6	4	4	6	9	9	9
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		10	10	10	6	10	8	7
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		4	4	6	5	2	9	7
6	http://www.mkg.rs/		9	8	10	7	10	9	10
7	http://www.fmz.edu.rs/		7	6	8	8	7	8	8
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		9	8	10	8	9	4	6
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		5	8	9	4	3	8	6
10	http://www.bba.edu.rs/		5	4	7	6	8	9	8

DM9	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		8	8	8	8	7	10	10
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		10	9	10	9	7	10	8
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		9	9	9	9	7	10	9
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		9	10	9	9	7	9	8
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka								
6	http://www.mkg.rs/		8	7	8	9	6	7	7
7	http://www.fmz.edu.rs/		8	8	9	10	8	8	7
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		9	9	8	10	9	9	9
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		9	9	8	10	9	9	8
10	http://www.bba.edu.rs/		8	8	8	5	7	8	8

DM10	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		8	3	7	9	7	10	10
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		5	3	2	7	1	6	5
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		6	2	1	4	3	1	2
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		10	9	9	10	8	10	9
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		7	6	9	8	7	7	9
6	http://www.mkg.rs/		9	5	7	7	6	8	9
7	http://www.fmz.edu.rs/		10	7	9	10	6	9	7
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		9	8	7	9	10	7	6
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		9	6	7	8	7	8	8
10	http://www.bba.edu.rs/		6	6	8	9	7	8	8

DM11	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		9	9	9	9	8	9	9
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		9	9	8	9	3	9	9
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		9	9	8	9	5	9	8
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		9	9	8	9	6	9	7
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		9	9	8	9	6	9	8
6	http://www.mkg.rs/		9	9	9	9	8	9	9
7	http://www.fmz.edu.rs/		8	8	4	3	3	7	2
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		8	7	8	8	6	8	5
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		9	9	9	9	10	9	8
10	http://www.bba.edu.rs/		9	8	8	9	7	9	8

DM12	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		9	8	9	9	7	8	8
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		8	8	10	8	6	9	8
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		9	10	10	8	9	9	9
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		7	8	9	8	7	7	7
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		6	6	8	6	6	9	7
6	http://www.mkg.rs/		8	8	8	7	7	8	7
7	http://www.fmz.edu.rs/		7	9	8	8	7	6	7
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		9	9	8	9	9	7	8
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		8	7	7	8	6	7	6
10	http://www.bba.edu.rs/		7	6	7	8	9	8	6

DM13	FAKULTETI	KRITERIJUMI	sadržaj	ažuriranje	navigacija	tačnost, pouzdanost	dizajn	studentski WS	NIR
1	http://www.ekof.bg.ac.rs/		10	8	8	10	6	9	10
2	http://www.etf.bg.ac.rs/		10	9	9	10	5	9	6
3	http://www.rgf.bg.ac.rs/		10	10	8	10	10	9	10
4	http://www.pmf.ni.ac.rs/pmf/index.php		10	10	9	9	7	10	9
5	http://www.ftn.uns.ac.rs/691618389/fakultet-tehnickih-nauka		8	9	7	9	3	10	9
6	http://www.mkg.rs/		10	8	9	9	8	10	10
7	http://www.fmz.edu.rs/		10	9	8	10	8	8	8
8	http://www.megatrend.edu.rs/fps/		10	7	8	9	8	8	10
9	http://fthm.singidunum.ac.rs/		7	7	7	7	7	9	10
10	http://www.bba.edu.rs/		7	8	8	7	8	10	9

Napomena: Možemo primetiti da u u nekim anketama nedostaju ocene pojedinih web stranica. To se desilo usled nemogućnosti donosioca odluka, da u trenutku popunjavanja ankete učita navedenu stranicu. Taj nedostatak je ispravljen na taj način što se u konačnom geometrijskoj sredini, koja uključuje i proizvod odgovarajućih elemenata, praznim mestima dodeljena vrednost 1, jer u tom slučaju proizvod ostaje nepromenjen, dok je u konačnoj formuli uzet manji broj donosioca odluka (onoliko koliko je dalo ocenu za određenu web stranu), kako bi geometrijska sredina bila validna i adekvatno izračunata.

7.6. PRILOG 6 (TOPSIS METODA – POSTUPAK I REZULTATI RANGIRANJA)

Kriterijumi																				
Alternative	sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7													
težine	0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953													
optimizacija	max	max	max	max	max	max	max													
A1	8.2622	6.7338	7.3276	8.0588	6.6714	8.7940	8.4081													
A2	8.2882	7.9764	7.7558	8.1118	5.1132	7.6025	6.8033													
A3	8.5548	7.4382	6.5172	8.2149	7.3187	7.4474	7.6336													
A4	9.1641	9.1209	9.1209	8.5321	7.1451	8.5375	7.3782													
A5	7.8329	7.7197	8.3182	8.2594	5.5590	8.5871	7.2351													
A6	8.9657	8.2443	8.7940	8.5457	7.5901	8.7147	8.6936													
A7	8.4024	7.5433	7.9611	8.0182	6.7526	7.1025	5.4934													
A8	8.0891	7.1292	7.5151	8.3113	8.2164	6.3943	5.4541													
A9	7.9891	7.5480	7.6002	7.7485	7.2282	8.2933	5.8575													
A10	6.9951	6.8586	7.7431	6.7425	6.8737	8.1955	6.2015													
sum								684.6528	586.7866	623.6106	651.1411	476.3813	640.4464	490.3095						
sqrt								26.16587	24.22368	24.9722	25.51747	21.82616	25.30704	22.14293						
SRQT	26.1659	24.2237	24.9722	25.5175	21.8262	25.3070	22.1429													
R	0.3158	0.2780	0.2934	0.3158	0.3057	0.3475	0.3797													
r _{ij}	0.3168	0.3293	0.3106	0.3179	0.2343	0.3004	0.3072													
$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}$	0.3269	0.3071	0.2610	0.3219	0.3353	0.2943	0.3447													
	0.3502	0.3765	0.3652	0.3344	0.3274	0.3374	0.3332													
	0.2994	0.3187	0.3331	0.3237	0.2547	0.3393	0.3267													
	0.3426	0.3403	0.3522	0.3349	0.3478	0.3444	0.3926													
	0.3211	0.3114	0.3188	0.3142	0.3094	0.2807	0.2481													
	0.3091	0.2943	0.3009	0.3257	0.3764	0.2527	0.2463													
	0.3053	0.3116	0.3043	0.3037	0.3312	0.3277	0.2645													
	0.2673	0.2831	0.3101	0.2642	0.3149	0.3238	0.2801													
V	0.0260	0.0300	0.0252	0.0565	0.0145	0.0504	0.0362													
v _{ij}	0.0260	0.0356	0.0267	0.0568	0.0111	0.0436	0.0293													
$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$	0.0269	0.0332	0.0224	0.0576	0.0159	0.0427	0.0329													
	0.0288	0.0407	0.0313	0.0598	0.0155	0.0489	0.0318													
	0.0246	0.0344	0.0286	0.0579	0.0120	0.0492	0.0312													
	0.0282	0.0368	0.0302	0.0599	0.0164	0.0500	0.0374													
	0.0264	0.0337	0.0274	0.0562	0.0146	0.0407	0.0237													
	0.0254	0.0318	0.0258	0.0582	0.0178	0.0367	0.0235													
	0.0251	0.0337	0.0261	0.0543	0.0157	0.0475	0.0252													
	0.0220	0.0306	0.0266	0.0472	0.0149	0.0470	0.0267													
Max	0.0288	0.0407	0.0313	0.0599	0.0178	0.0504	0.0374													
Min	0.0220	0.0300	0.0224	0.0472	0.0111	0.0367	0.0235													

7.9. PRILOG 9 (VIKOR METODA – POSTUPAK I REZULTATI RANGIRANJA)

		sadržaj C1	ažuriranje C2	navigacija C3	tačnost, pouzdanost C4	dizajn C5	studentski web servis C6	NIR C7			
wj		0.0822	0.1081	0.0858	0.1788	0.0473	0.1451	0.0953			
Opt		max	max	max	max	max	max	max			
A1		8.2622	6.7338	7.3276	8.0588	6.6714	8.7940	8.4081			
A2		8.2882	7.9764	7.7558	8.1118	5.1132	7.6025	6.8033			
A3		8.5548	7.4382	6.5172	8.2149	7.3187	7.4474	7.6336			
A4		9.1641	9.1209	9.1209	8.5321	7.1451	8.5375	7.3782			
A5		7.8329	7.7197	8.3182	8.2594	5.5590	8.5871	7.2351			
A6		8.9657	8.2443	8.7940	8.5457	7.5901	8.7147	8.6936			
A7		8.4024	7.5433	7.9611	8.0182	6.7526	7.1025	5.4934			
A8		8.0891	7.1292	7.5151	8.3113	8.2164	6.3943	5.4541			
A9		7.9891	7.5480	7.6002	7.7485	7.2282	8.2933	5.8575			
A10		6.9951	6.8586	7.7431	6.7425	6.8737	8.1955	6.2015			
	max	9.1641	9.1209	9.1209	8.5457	8.2164	8.7940	8.6936			
	min	6.9951	6.7338	6.5172	6.7425	5.1132	6.3943	5.4541			
$x_j^+ = \max_i x_{ij}$	x*	9.1641	9.1209	9.1209	8.5457	8.2164	8.7940	8.6936			
$x_j^- = \min_i x_{ij}$	x-	6.9951	6.7338	6.5172	6.7425	5.1132	6.3943	5.4541			
R normalizovana matrica	A1	0.4158	1.0000	0.6888	0.2700	0.4979	0.0000	0.0881			
	A2	0.4038	0.4794	0.5243	0.2406	1.0000	0.4965	0.5835			
	A3	0.2809	0.7049	1.0000	0.1834	0.2893	0.5611	0.3272			
	A4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0075	0.3452	0.1069	0.4060			
	A5	0.6137	0.5870	0.3083	0.1588	0.8563	0.0862	0.4502			
$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-}$	A6	0.0915	0.3672	0.1255	0.0000	0.2018	0.0331	0.0000			
	A7	0.3512	0.6609	0.4455	0.2925	0.4717	0.7049	0.9879			
	A8	0.4956	0.8343	0.6168	0.1300	0.0000	1.0000	1.0000			
	A9	0.5417	0.6589	0.5841	0.4421	0.3184	0.2087	0.8755			
	A10	1.0000	0.9477	0.5292	1.0000	0.4327	0.2494	0.7693			
V težinski normalizovana matrica	A1	0.0342	0.1081	0.0591	0.0483	0.0235	0.0000	0.0084			
	A2	0.0332	0.0518	0.0450	0.0430	0.0473	0.0720	0.0556			
	A3	0.0231	0.0762	0.0858	0.0328	0.0137	0.0814	0.0312			
	A4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0163	0.0155	0.0387			
	A5	0.0505	0.0635	0.0265	0.0284	0.0405	0.0125	0.0429			
$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$	A6	0.0075	0.0397	0.0108	0.0000	0.0095	0.0048	0.0000			
	A7	0.0289	0.0714	0.0382	0.0523	0.0223	0.1022	0.0942			
	A8	0.0408	0.0902	0.0529	0.0232	0.0000	0.1451	0.0953			
	A9	0.0445	0.0712	0.0501	0.0790	0.0151	0.0303	0.0835			
	A10	0.0822	0.1024	0.0454	0.1788	0.0205	0.0362	0.0733			
		$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij}, i = 1, \dots, m$			$R_i = \max_j v_{ij}, i = 1, \dots, m$						
		S_i	R_{s_i}	R_i	R_{r_i}	S _{Pt}	R _{Pt}	Q_i	R_{q_i}	Q_i	R_{q_i}
	A1	0.2816	4	0.1081	8	0.4491	0.4953	0.4722	6	0.4907	8
	A2	0.3480	6	0.0720	4	0.5913	0.2378	0.4145	4	0.2731	4
	A3	0.3442	5	0.0858	6	0.5831	0.3363	0.4597	5	0.3610	6
	A4	0.0719	1	0.0387	1	0.0000	0.0000	0.0000	1	0.0000	1
	A5	0.2647	3	0.0635	3	0.4129	0.1766	0.2947	3	0.2002	3
	A6	0.0723	2	0.0397	2	0.0010	0.0070	0.0040	2	0.0064	2
	A7	0.4096	8	0.1022	7	0.7232	0.4536	0.5884	8	0.4805	7
	A8	0.4475	9	0.1451	9	0.8044	0.7592	0.7818	9	0.7637	9
	A9	0.3737	7	0.0835	5	0.6464	0.3195	0.4830	7	0.3522	5
	A10	0.5388	10	0.1788	10	1.0000	1.0000	1.0000	10	1.0000	10
	$S^+ = \min_i S_i$	S ⁺ = 0.0719		$R^+ = \min_i R_i$	R ⁺ = 0.0387						
	$S^- = \max_i S_i$	S ⁻ = 0.5388		$R^- = \max_i R_i$	R ⁻ = 0.1788						

$$Q_i = v \frac{S_i - S^+}{S^- - S^+} + (1-v) \frac{R_i - R^+}{R^- - R^+}, i = 1, \dots, m$$

v = 0.5 v = 0.1

C 1. Prihvatljiva prednost		$Q(A'') - Q(A') \geq DQ$													
		$DQ = 1/(m+1)$	DQ=	0.1111111											
A4= A'		0.000													
A6= A''		0.004													
$Q(A'') - Q(A') = 0.004$			C1 nije zadovoljen												
C 2. Prihvatljiva stabilnost u donošenju odluka: Najprihvatljivija alternativa, odnosno kompromisno rešenje, takode mora biti prvoplasirana na listama S i R															
Ovaj uslov je zadovoljen															
Kako nije zadovoljen uslov C1, traži se maksimalan podskup skupa alternativa koji zadovoljava uslov $Q(A^{(N)}) - Q(A') < DQ$															
	alternativa	rang	$Q(A^{(N)}) - Q(A') < DQ$												
	A6	2	0.004												
	A5	3	0.295												
	A2	4	0.415												
	A3	5	0.460												
	A1	6	0.472												
	A9	7	0.483												
	A7	8	0.588												
	A8	9	0.782												
	A10	10	1.000												
Odavde sledi da jedino drugoplasirana alternativa A6, zadovoljava uslova da je udaljena od prvoplasirane A4 : $0.004 < 0.1111$															
Stoga se može izdvojiti podskup alternativa A4 i A6, koje se smatraju boljim u odnosu na ostale.															
Qi vrednosti u zavisnosti od parametra v															
	v=	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1			
	A1	0.4953	0.4907	0.4861	0.4815	0.4769	0.4722	0.4676	0.4630	0.4584	0.4538	0.4491			
	A2	0.2378	0.2731	0.3085	0.3438	0.3792	0.4145	0.4499	0.4852	0.5206	0.5559	0.5913			
	A3	0.3363	0.3610	0.3857	0.4103	0.4350	0.4597	0.4844	0.5091	0.5338	0.5584	0.5831			
	A4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
	A5	0.1766	0.2002	0.2239	0.2475	0.2711	0.2947	0.3184	0.3420	0.3656	0.3893	0.4129			
	A6	0.0070	0.0064	0.0058	0.0052	0.0046	0.0040	0.0034	0.0028	0.0022	0.0016	0.0010			
	A7	0.4536	0.4805	0.5075	0.5344	0.5614	0.5884	0.6153	0.6423	0.6692	0.6962	0.7232			
	A8	0.7592	0.7637	0.7682	0.7728	0.7773	0.7818	0.7863	0.7908	0.7954	0.7999	0.8044			
	A9	0.3195	0.3522	0.3849	0.4176	0.4503	0.4830	0.5156	0.5483	0.5810	0.6137	0.6464			
	A10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			
Rang alternativa u zavisnosti od parametra v															
	v=	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1			
	A1	8	8	7	7	7	6	5	4	4	4	4			
	A2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6			
	A3	6	6	6	5	5	5	6	6	6	6	5			
	A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	A5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
	A6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	A7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
	A8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9			
	A9	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	7			
	A10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
v=0.5															
		Qi	Rqi												
	A1	0.4722	6												
	A2	0.4145	4												
	A3	0.4597	5												
	A4	0.0000	1												
	A5	0.2947	3												
	A6	0.0040	2												
	A7	0.5884	8												
	A8	0.7818	9												
	A9	0.4830	7												
	A10	1.0000	10												