

UNIVERZITET U BIHAĆU

TEHNIČKI FAKULTET BIHAĆ

BIHAĆ

Odsjek: Elektrotehnički odsjek

Smjer: Informatika

Seminarski rad iz predmeta:

METODE I MODELI OPTIMIZACIJE

Tema:

**VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE**

**Predmetni nastavnik:** *V. prof. dr. Fatka Kulenović*

*doc. dr. Aladin Crnkić*

**Student:** *Ibrahim Ćehić*

**Broj indeksa:** *3v mag-ET*

*Bihać, april 2023. god.*

## **SAŽETAK**

U ovom radu razvijena je web aplikacija za rješavanje problema rangiranja studenata na konkursu za stipendiju, uz korištenje Javascript frameworka Angular. Aplikacija omogućuje unos studenata i kriterija, te njihovo rangiranje na temelju Saatyevog metoda višekriterijumskog odlučivanja. Kriterijumi se mogu mijenjati i prilagođavati, što omogućuje fleksibilnost u donošenju odluka. Rezultat rangiranja prikazuje se u tablici s jasno vidljivom rang listom svakog kandidata. Aplikacija pruža lakšu i bržu procjenu svakog kandidata na temelju više kriterija, što omogućava bolje razumijevanje cjelokupne slike o svakom kandidatu. Razvoj ove aplikacije može biti od koristi u mnogim situacijama koje uključuju višekriterijsko odlučivanje, a posebno u situacijama gdje se donose odluke o dodjeli stipendija ili sl.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
2. TEORIJA VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA .....	4
2.1. Metode višekriterijumskog odlučivanja.....	5
2.1.1. Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP).....	6
2.1.2. Model ponderisanih suma .....	8
2.2. Teorija izbora u višekriterijumskom odlučivanju .....	8
2.3. Analiza i priprema podataka za višekriterijumsko odlučivanje .....	9
2.4. Upravljanje rizikom u višekriterijumskom odlučivanju .....	10
2.5. Primjena višekriterijumskog odlučivanja .....	11
2.6. Prednosti i ograničenja višekriterijumskog odlučivanja .....	12
2.7. Budućnost višekriterijumskog odlučivanja.....	13
3. PRIMJENA VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA.....	14
3.1. Opis problema.....	14
3.2. Odabir metode višekriterijumskog odlučivanja .....	14
3.3. Identifikacija kriterija.....	15
3.4. Primjena AHP metode na problemu rangiranja studenata prijavljenih na konkurs za stipendije.....	16
4. RAZVOJ WEB APLIKACIJE KAO RJEŠENJE PROBLEMA RANGIRANJA STUDENATA UPOTREBOM AHP METODE .....	20
4.1. Razvoja aplikacije u Angular web frameworku.....	20
4.2. Početna stranica .....	21
4.3. Stranica „Unos studenata“ .....	22
4.4. Stranica „Pregled studenata“.....	22
4.5. Stranica „Definisanje kriterija“ .....	23
4.6. Stranica „Rang lista“ .....	26
5. ZAKLJUČAK.....	27

5. Reference .....	28
--------------------	----

## **1. UVOD**

Ako uzmemo u obzir da svakodnevno donosimo veliki broj odluka. Neke od tih odluka donosimo lahko, npr. Koji program gledati na tv-u, da li da pijemo čaj ili kafu. Donošenje ovakvih odluka je lahko iz razloga što koristimo samo jedan kriterijum prilikom odlučivanja. Međutim, neke odluke je znatno teže donijeti, i za njihovo donošenje potrebno je znatno više vremena. Takve odluke mogu biti npr. Odabir destinacije za odmor, kupovina automobila i sl., gdje više nije dovoljan samo jedan kriterij za odabir, veće je potrebno uvesti i neke dodatne kriterijume. Što više kriterijuma uzmemo u obzir, odluka će biti kvalitetnija. Ovakav oblik odlučivanja naziva se višekriterijumsko odlučivanje.

Odlučivanje je dio svakodnevnog života, a staro je koliko i čovječanstvo. Međutim tek posljednjih nekoliko decenija razvila se posebna naučna disciplina koja se bavi problematikom donošenja odluka. Prema tome može se konstatovati da postoje dva moguća tipa odlučivanja: Intuitivno odlučivanje, poznato od davnina, i podrazumjeva donošenje odluka na osnovu iskustva, slobodnih procjena i uvjerenja donosioca odluka. Drugi tip odlučivanja odnosi se na naučno odlučivanje. U okviru teorije odlučivanja razvijene su savremene metode i modeli koji služe kao podrška u odlučivanju. Odluke su u većoj mjeri objektivnije, zasnovane na naučnim osnovama a sve manje na inuiciju donosioca odluke [1].

## **2. TEORIJA VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA**

Višekriterijumsko odlučivanje je proces donošenja odluka u situacijama kada postoji više faktora ili kriterijuma koji treba da se uzmu u obzir. To se obično primjenjuje u složenim situacijama gdje se ne može jednostavno izabrati jedan kriterijum koji bi bio presudan za donošenje odluke.

Pri višekriterijumskom odlučivanju, prvo se identifikuju kriterijumi koji su relevantni za donošenje odluke, a zatim se procjenjuje svaki kriterijum zasebno. Ovi kriterijumi se obično mjere korištenjem numeričkih skala ili drugih kvantitativnih metoda. Nakon toga, koriste se tehnike višekriterijumskog odlučivanja kako bi se utvrdila najbolja opcija, na osnovu svih procenjenih kriterijuma [2].

## 2.1. Metode višekriterijumskog odlučivanja

Metode višekriterijumskog odlučivanja su matematički pristupi koji omogućavaju donošenje odluka u situacijama kada postoje različiti kriterijumi i alternativne opcije. U nastavku su opisane najčešće korištene metode višekriterijumskog odlučivanja.

1. Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) - ova metoda omogućava strukturiranje i analizu kriterijuma i alternativa u hijerarhijskoj strukturi. AHP se zasniva na ideji da je moguće kvantifikovati i uporediti kriterijume različitih nivoa hijerarhije.
2. Metoda zasnovana na rangiranju - ova metoda se zasniva na rangiranju alternativa na osnovu skupa kriterijuma. Svaka alternativa dobija rang na osnovu zbirne ocjene koja se dobija sabiranjem težina kriterijuma i ocjena koje su dodjeljene alternativama.
3. Metoda višestrukih kriterijuma - ova metoda se zasniva na pristupu koji koristi matematičke modele kako bi se pronašla najbolja alternativa na osnovu postavljenih kriterijuma.
4. Metoda građanskog izbora - ova metoda se zasniva na participativnom procesu donošenja odluka. U ovom slučaju, građani ili predstavnici zainteresovanih grupa mogu dati svoj glas i izabrati alternativu koja najbolje odgovara njihovim potrebama i zahtjevima.

Važno je napomenuti da se izbor metode višekriterijumskog odlučivanja zasniva na specifičnim zahtjevima i situacijama [3].

Tehnike procjene alternativa u višekriterijumskom odlučivanju su različiti pristupi za procjenu i rangiranje alternativa na osnovu postavljenih kriterijuma. Neke od najčešće korištenih tehnika uključuju:

- Analitički hijerarhijski proces (Analytic Hierarchy Process - AHP): Tehnika koja koristi strukturiranu hijerarhijsku matricu kako bi se utvrdio relativni značaj svakog kriterijuma i alternative u odnosu na ostale. Takođe, AHP omogućava da se ovi značaji kombiniraju kako bi se dobio ukupni značaj alternative.
- TOPSIS: Tehnika koja rangira alternative na osnovu njihove blizine idealnoj alternativni i udaljenosti od negativne idealne alternative.
- PROMETHEE: Tehnika koja poredi alternative na osnovu njihovih karakteristika u odnosu na postavljene kriterijume i donosi odluku o tome koja alternativa je najbolja.

- ELECTRE: Tehnika koja se oslanja na matricu preferencija koja uzima u obzir preferencije donosioca odluke u odnosu na alternative.
- MOORA: Tehnika koja se fokusira na optimizaciju alternativa kroz uzastopno eliminisanje i ocenjivanje alternativa na osnovu ciljnih funkcija.
- GRA: Tehnika koja koristi grafikone kako bi prikazala alternativu na osnovu kriterijuma i daje ocjenu koja se temelji na relativnom odnosu prema drugim alternativama.
- Weighted Sum Model (WSM): Tehnika koja koristi težinske koeficijente za svaki kriterijum kako bi se utvrdio ukupni značaj alternativa.
- Fuzzy višekriterijumsko odlučivanje: Tehnika koja uzima u obzir neizvjesnost i neodređenost u podacima kako bi se procijenila alternativa. Ova tehnika se može primijeniti na većinu višekriterijumskih odluka.
- Grey relational analysis: Tehnika koja koristi Grey System Theory za vrednovanje alternativa, koja uzima u obzir nejasnoće i varijabilnosti u podacima.

Ove tehnike procjene alternativa u višekriterijumskom odlučivanju su samo neke od najčešće korištenih. Postoje i druge tehnike koje se mogu koristiti u zavisnosti od specifične situacije i problema koji se rješavaju [7].

### **2.1.1. Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP)**

AHP je skraćenica engleskog naziva Analytical Hierarchy Process, što u prijevodu znači analitički hijerarhijski proces. „Pridjev 'analitički' označava da se ova metoda koristi brojevima, riječ 'hijerarhijski' označava da model AHP postavlja ciljeve, kriterije, podkriterije i alternative, a riječ 'proces' označava rješavanje problematike u određenom kontinuitetu” [12]. U posljednjih nekoliko godina AHP metoda postaje sve popularnija i jedna od najčešće korištenih jer je sličan načinu na koji pojedinac rješava složene probleme i razlaže ih na jednostavnije komponente. Razvio ga je Thomas L. Saaty 70-ih godina 20. stoljeća. Metoda pomaže nosiocu odluke u rješavanju složenih višekriterijumskih problema odlučivanja. Kada koristite ove metode, donosilac odluke samostalno postavlja kriterijume po važnosti i na osnovu njih vrši selekciju najbolje alternative, što je i cilj samog modela. AHP metoda je široko primjenjiva. "T. Saaty navodi situacije u kojima se AHP može koristiti: lične odluke, socio-psihološko polje, u poslovanju, neprofitnim agencijama, javnopolitičkim pitanjima, međunarodnom kontekstu, procjena/predviđanje" [12].

Glavni matematički alat koji se koristi u AHP metodi su matrice. Element  $a_{ij}$  matrice A označava relativnu važnost kriterija  $i$  u odnosu na kriterij  $j$ . Ako se uzme da je  $n$  broj alternativa

ili kriterija čije je težine odnosno prioritete  $w_i$  potrebno odrediti na temelju procjene vrijednosti njihovih omjera koji se označavaju prema sljedećem [13]:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$$

Iz gore navedenog, matrica odnosa relativnog značaja A je izvedena:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

U slučaju konzistentnih procjena vrijedi  $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ , što ispunjava uvjet jednakosti:

$A \cdot w = n \cdot w$ , gdje  $w$  označava vektor prioriteta [14].

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Matrica A je pozitivna recipročna matrica zbog elemenata koje ispunjavaju uvjet jednačine:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Element iznad glavne dijagonale jednak je recipročnoj vrijednosti svog simetričnog elementa ispod glavne dijagonale. Matrica A ima rang 1 ( $r(A) = 1$ ) te ima svojstvenu vrijednost koja je jednaka  $n$ . Kako je suma svojstvenih vrijednosti pozitivne matrice jednaka tragu te matrice, svojstvena vrijednost različita od nule ima vrijednost  $n$  [13]:

$$\lambda_{max} = n$$

Budući da svako odstupanje od konzistencije utječe na promjenu svojstvenih vrijednosti, AHP metodom definiran je indeks konzistencije CI [14].

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

$\lambda_{\max}$  označava najveću vrijednost matrice usporedbi, dok je  $n$  broj kriterija ili alternativa koji se uspoređuju. Što je manja razlika između  $\lambda_{\max}$  i  $n$ , konzistentnost je veća.

Omjer konzistencije (CR) izračunava se dijeljenjem indeksa konzistencije (CI) sa slučajnim indeksom konzistencije (RI). Ako omjer konzistencije iznosi 0,10 ili manje, tada je procjena, odnosno odgovor donositelja odluke konzistentan, no ukoliko je omjer konzistencije viši od 0,10, potrebno je istražiti zbog čega je došlo do nekonzistentnosti.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

### 2.1.2. Model ponderisanih suma

Model ponderisanih suma" (eng. "Weighted Sum Model") je matematički model koji se koristi u različitim područjima, kao što su statistika, ekonomija, računarstvo, itd. Ovaj model se koristi za kombiniranje više faktora u jednu ukupnu vrijednost, pri čemu se svaki faktor može različito težiti u konačnom rezultatu. U rješavanju problema višekriterijuskog odlučivanja, metoda ponderisanih suma spada među najjednostavnije metode. Konkretno, model ponderisane sume se koristi za izračunavanje ponderisanih suma, pri čemu se svakom faktoru dodeljuje težina. Ponderisani zbir se dobija množenjem svakog faktora njegovom ponderisanom vrednošću, a zatim sabiranjem svih ovih proizvoda.

Matematički, model ponderirane sume može se opisati sljedećom formulom:

$$A_i = \sum_{j=1}^n w_j a_{ij}$$
$$i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$w_j$  su ponderi (težine) svakog pojedinog faktora  $C_j$  i  $a_{ij}$  su vrijednosti svakog pojedinog faktora alternative  $A_i$  kada se procjenjuje u smislu kriterija  $C_j$ .

Primjena modela ponderisanih suma je široka i može se koristiti u različitim područjima, kao što su ocjenjivanje kvalitete proizvoda, donošenje poslovnih odluka, evaluacija performansi zaposlenika, itd [15].

## 2.2. Teorija izbora u višekriterijuskm odlučivanju

Teorija izbora je osnova za razumjevanje višekriterijuskog odlučivanja, koje se bavi procesom odabira najbolje alternative među više opcija koje ispunjavaju različite kriterije. U teoriji izbora, ključni koncepti su izbor, preferencija i vrijednost [4].



Preferencija se definiše kao odnos između dva elementa, koji pokazuje koji element preferiramo nad drugim. Vrijednost se odnosi na korisnost ili zadovoljstvo koje izvlačimo iz nekog elementa. Izbor je proces odabira najbolje alternative, koja ima najveću vrijednost u odnosu na druge alternative[4].

U višekriterijumskom odlučivanju, teorija izbora se koristi za mjerenje preferencija i vrijednosti alternativa na osnovu različitih kriterija. To se može postići korištenjem različitih matematičkih modela, kao što su matrice preferencija, modeli teorije grafova, teorija skupova i drugi [4].

Postoji nekoliko tehnika za mjerenje preferencija i vrijednosti, kao što su AHP (analitički hijerarhijski proces), ANP (analitički mrežni proces), TOPSIS (tehnika za preferenciju poretka po sličnosti sa idealnim rješenjem) i druge. Svaka tehnika ima svoje prednosti i nedostatke, pa se izbor tehnike zasniva na specifičnostima problema i potrebama odlučivanja [5].

Teorija izbora u višekriterijumskom odlučivanju je složen proces, koji zahtijeva pažljivu analizu i mjerenje preferencija i vrijednosti alternativa u odnosu na različite kriterije. Korištenjem odgovarajućih matematičkih modela i tehnika mogu se donijeti racionalne odluke koje odgovaraju specifičnim potrebama odlučivanja [5].

### **2.3. Analiza i priprema podataka za višekriterijumsko odlučivanje**

Analiza i priprema podataka važni su koraci u procesu donošenja odluka po više kriterijuma. Pravilno pripremljeni podaci će osigurati pouzdanost i kvalitetan izbor u konačnoj odluci. Evo nekih od ključnih faza u analizi i pripremi podataka za donošenje višekriterijumskih odluka:

- Identifikacija kriterijuma - Prvi korak u pripremi podataka je identifikacija kriterijuma koji su važni za donošenje odluke. Ovi kriterijumi treba da budu jasno definisani i opisani kako bi se olakšala analiza.
- Izbor metoda mjerenja - Nakon što su kriterijumi identifikovani, sljedeći korak je odabir odgovarajućih metoda mjerenja. Ovo će se razlikovati ovisno o vrsti podataka koji se koriste, ali može uključivati standardne metode mjerenja, ankete ili druga istraživanja.
- Normalizacija podataka – Kada se podaci prikupe, potrebno ih je normalizirati kako bi se olakšala analiza. Normalizacija se obično radi kako bi se omogućilo poređenje različitih kriterija koji se mogu mjeriti u različitim jedinicama.

- Ponderi kriterijuma – Sljedeći korak je utvrđivanje važnosti svakog kriterija u donošenju odluke. Ovo se može postići korištenjem različitih metoda, kao što su tehnike hijerarhije analize (AHP) ili tehnike analize mreže (ANP).
- Analiza uticaja - Nakon što se utvrde ponderi kriterijuma, potrebno je analizirati kako će promena jednog kriterijuma uticati na druge kriterijume. To se može postići korištenjem različitih tehnika, kao što su ANP ili PROMETHEE.
- Evaluacija alternativa – Nakon što su kriterijumi normalizovani i utvrđene težine, sledeći korak je evaluacija svake alternative u odnosu na kriterijume. To se može postići korištenjem različitih metoda, kao što su TOPSIS, PROMETHEE ili AHP metoda.
- Donošenje odluke - Na kraju procesa potrebno je izabrati najbolju alternativu na osnovu analize i evaluacije podataka.

Upotreba odgovarajućih tehnika i metoda u analizi i pripremi podataka pomoći će u postizanju kvalitetne i pouzdane odluke u višekriterijumskom odlučivanju [6].

#### **2.4. Upravljanje rizikom u višekriterijumskom odlučivanju**

Upravljanje rizikom u višekriterijumskom odlučivanju je važan proces u kojem se donosioci odluka bave različitim mogućim ishodima, vjerojatnostima i posljedicama svake alternative prije nego što donesu odluku. Ovo uključuje prepoznavanje, analizu, procjenu i kontrolu rizika koji se mogu pojaviti u procesu donošenja odluka [3].

Neki od koraka u upravljanju rizikom u višekriterijumskom odlučivanju su:

- Identifikacija rizika: Prepoznavanje i definisanje potencijalnih rizika koji se mogu pojaviti u procesu donošenja odluka.
- Analiza rizika: Procjena vjerojatnosti da će se rizici dogoditi, težine i učinaka koji bi mogli biti posljedica pojave svakog rizika.
- Upravljanje rizikom: Izbor strategija i akcija koje se mogu poduzeti kako bi se smanjili ili eliminirali rizici, te planiranje i primjena mjera koje će omogućiti da se rizici kontroliraju i upravljaju.
- Praćenje i revizija: Praćenje rizika i evaluacija efektivnosti primijenjenih mjera za upravljanje rizikom.

U višekriterijumskom odlučivanju, postoji nekoliko metoda koje se mogu koristiti za upravljanje rizikom, uključujući:

- Analiza osjetljivosti: Ova metoda se koristi za identifikaciju i procjenu uticaja promjena u jednom od kriterija na ukupni rezultat donošenja odluke.
- Analiza scenarija: Ova metoda se koristi za identifikaciju i analizu potencijalnih scenarija koji bi mogli utjecati na rezultate donošenja odluke.
- Monte Carlo simulacija: Ova metoda se koristi za simulaciju mogućih ishoda i vjerojatnosti za svaku alternativu, na temelju kojih se može procijeniti rizik i upravljati njime.
- Fuzzy logika: Ova metoda se koristi za obradu nesigurnih i nejasnih informacija koje se javljaju u procesu donošenja odluka.

Upravljanje rizikom u višekriterijumskom odlučivanju je ključno za donošenje informiranih i sigurnih odluka, a korištenje odgovarajućih metoda i tehnika može pomoći u smanjenju rizika i poboljšanju kvalitete odluka [8].

## **2.5. Primjena višekriterijumskog odlučivanja**

Višekriterijumsko odlučivanje ima široku primjenu u realnom svijetu, a primjeri primjene su:

- U poslovnom svijetu, višekriterijumsko odlučivanje se može primijeniti za odabir dobavljača, procjenu alternativa za širenje poslovanja, odabir projekata za investiranje, ili za odabir strategije upravljanja rizicima.
- U zdravstvenom sektoru, višekriterijumsko odlučivanje se koristi za donošenje odluka o odabiru terapije ili o lijekovima koji trebaju biti uvršteni u javni zdravstveni sustav.
- U graditeljstvu, višekriterijumsko odlučivanje se koristi za odabir građevinskih materijala, za odabir lokacije za novu građevinu ili za odabir najbolje alternative za gradnju infrastrukture.
- U financijama, višekriterijumsko odlučivanje se koristi za odabir najboljih alternativa za investiranje, za procjenu kreditnog rizika i sl.
- U okolišnoj politici, višekriterijumsko odlučivanje se koristi za procjenu utjecaja na okoliš određenih aktivnosti ili za odabir najboljih alternativa za očuvanje okoliša.
- U obrazovanju, višekriterijumsko odlučivanje se koristi za donošenje odluka o proračunu i za odabir najboljih alternativa za razvoj programa i usluga.
- U vojsci, višekriterijumsko odlučivanje se koristi za odabir strategija, taktika i oružja.

Ovo su samo neki primjeri primjene višekriterijumskog odlučivanja u realnom svijetu. Višekriterijumsko odlučivanje se može primijeniti u gotovo svim područjima gdje se donose odluke koje uključuju više kriterija [9].

## **2.6. Prednosti i ograničenja višekriterijumskog odlučivanja**

Višekriterijumsko odlučivanje je proces donošenja odluka u kojem se uzimaju u obzir različiti faktori i ciljevi koji mogu biti međusobno suprotstavljani ili komplementarni. Postoje brojne prednosti i ograničenja ovog pristupa.

Prednosti:

- Uzima u obzir različite faktore i ciljeve: Višekriterijumsko odlučivanje omogućava da se uzmu u obzir različiti faktori i ciljevi prilikom donošenja odluka, što može dovesti do boljih i održivijih odluka.
- Sistematičan pristup: Višekriterijumsko odlučivanje pruža sistematičan pristup donošenju odluka, koji omogućava da se u potpunosti razmotre svi relevantni faktori.
- Bolje razumjevanje problema: Višekriterijumsko odlučivanje omogućava da se bolje razumije problem i njegove složenosti, što može pomoći u identifikaciji rješenja koja najbolje odgovaraju situaciji.
- Mogućnost uključivanja različitih strana: Višekriterijumsko odlučivanje omogućava uključivanje različitih strana u proces donošenja odluka, što može pomoći u stvaranju održivih i inkluzivnih rješenja.
- Mogućnost promjene prioriteta: Višekriterijumsko odlučivanje omogućava da se prioriteti promjene tokom procesa donošenja odluka, što može omogućiti bolju prilagodbu promjenljivim okolnostima.

Ograničenja:

- Kompleksnost: Višekriterijumsko odlučivanje je često kompleksan proces, koji zahtjeva značajne resurse i ekspertizu za primjenu.
- Subjektivnost: Višekriterijumsko odlučivanje uključuje procjene i subjektivne vrijednosti, što može dovesti do različitih rezultata u zavisnosti od perspektive osobe koja vrši procjenu.
- Dostupnost podataka: Višekriterijumsko odlučivanje zahtjeva kvalitetne podatke o različitim faktorima koji se uzimaju u obzir, a ovi podaci nisu uvijek lahko dostupni ili precizni.

- Vrijeme i resursi: Višekriterijumsko odlučivanje može biti vremenski i resursno zahtjevan proces, što može predstavljati ograničenja za organizacije i pojedince.
- Mogućnost manipulacije: Višekriterijumsko odlučivanje može biti podložan manipulaciji i utjecaju različitih interesnih grupa, što može utjecati na rezultate procesa donošenja odluka.

## **2.7. Budućnost višekriterijumskog odlučivanja**

Budućnost višekriterijumskog odlučivanja zavisiće od brojnih faktora, uključujući napredak tehnologije, društvene i ekonomske promjene, kao i razvoj novih metoda i pristupa. Evo nekoliko mogućnosti kako bi se višekriterijumsko odlučivanje moglo razvijati u budućnosti:

- Integracija sa vještačkom inteligencijom: Razvoj vještačke inteligencije otvara mogućnosti za razvoj novih algoritama i metoda koji mogu poboljšati efikasnost i preciznost višekriterijumskog odlučivanja. Integracija vještačke inteligencije može pomoći u procesu prepoznavanja, prikupljanja i obrade velikih količina podataka, a također može pružiti i prijedloge za rješenja na osnovu ranijih iskustava.
- Veće učešće korisnika: Kako se društvo sve više okreće prema kulturi participacije, višekriterijumsko odlučivanje može se razviti tako da više uključuje korisnike i druge zainteresovane strane. Razvoj novih platformi za učešće korisnika može pomoći u osnaživanju korisnika i poboljšanju kvaliteta odluka.
- Integracija sa održivim razvojem: Sve veća pažnja posvećuje se održivom razvoju, koji podrazumjeva uravnoteženje društvenih, ekonomskih i ekoloških faktora. Višekriterijumsko odlučivanje može biti korisno u ovom kontekstu tako što može pružiti strukturiranu metodu za procjenu i donošenje odluka o održivosti.

Razvoj novih metoda i pristupa: Iako postoje različite metode i pristupi višekriterijumskog odlučivanja, dalji razvoj novih metoda i pristupa može biti koristan u kontekstu novih izazova i situacija.

Ukratko, višekriterijumsko odlučivanje će se nastaviti razvijati i prilagođavati u skladu sa napretkom tehnologije i promjenama u društvu i ekonomiji. Integracija sa vještačkom inteligencijom, veće učešće korisnika, integracija sa održivim razvojem i razvoj novih metoda i pristupa su neke od mogućnosti koje bi mogle pomoći u daljem razvoju ove oblasti.

### **3. PRIMJENA VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA**

Višekriterijumsko odlučivanje se primjenjuje u različitim poslovnim situacijama. Na primjer, ova metoda se može koristiti za odabir dobavljača, uzimajući u obzir faktore kao što su kvalitet, cijena, vrijeme isporuke, pouzdanost dobavljača itd. Također, ovaj metod se može primijeniti i u procesu investiranja u nove projekte, gdje se razmatra nekoliko kriterijuma kao što su očekivani prinos, rizik, vrijeme povrata investicije itd.

Uvođenje višekriterijumskog odlučivanja u poslovne procese može pomoći u poboljšanju kvaliteta donošenja odluka. Naime, ovakav pristup omogućava donošenje informisane odluke uzimajući u obzir više faktora i kriterijuma, čime se smanjuje mogućnost donošenja odluke na osnovu samo jednog faktora [3].

#### **3.1. Opis problema**

Višekriterijumsko odlučivanje je metoda odlučivanja u kojoj se različiti faktori (ili kriterijumi) uzimaju u obzir kako bi se rangirali pojedinci, organizacije ili projekti. U kontekstu konkursa za stipendije, može se primijeniti višekriterijumsko odlučivanje kako bi se odredilo kojim studentima će biti dodijeljena stipendija.

Za primjer primjene višekriterijumskog odlučivanja uzeti će se Javni konkurs za dodjelu stipendija u akademskoj 2021/2022. godine Općine Velika Kladuša. Prema objavljenom konkursu pravo prijave na Javni konkurs za dodjelu stipendije za akademsku 2021/2022. godinu imaju studenti prvog i drugog ciklusa studija po Bolonjskom sistemu, kao i studenti prve do šeste godine po starom sistemu školovanja (zavisno od dužine trajanja studija) [11].

#### **3.2. Odabir metode višekriterijumskog odlučivanja**

Postoji nekoliko različitih metoda višekriterijumskog odlučivanja koje se mogu primijeniti u ovom slučaju, a neke od najčešćih su:

- Model ponderisane sume - ovaj metod se zasniva na dodeljivanju faktora ponderisanja (pondera) svakom od kriterijuma koji se uzimaju u obzir, kako bi se utvrdilo koliko svaki od kriterijuma doprinosi konačnoj ocjeni. Nakon toga, svaki kandidat se rangira na osnovu konačnog rezultata koji je dobio.
- Proces analitičke hijerarhije (Analytic Hierarchy Process) - ovaj metod se zasniva na kreiranju hijerarhijske strukture kriterijuma i podkriterija koji se uzimaju u obzir, kako bi se utvrdilo njihovo međusobno rangiranje. Nakon toga, svakom od kriterijuma i

podkriterijuma se dodjeljuju ponderi, a kandidati se rangiraju na osnovu konačnog rezultata koji su dobili.

- Organizacijski metod za rangiranje preferencija za procjenu obogaćivanja – PROMETHEE – ovaj metod se zasniva na poređenju svakog para kandidata prema svakom od kriterija, kako bi se utvrdilo koji je od kandidata bolji po tom kriteriju. Nakon toga se utvrđuje ukupna preferencija za svakog kandidata, a kandidati se rangiraju na osnovu konačnog rezultata koji su dobili.

Svaka od ovih metoda ima svoje prednosti i nedostatke, a izbor odgovarajuće metode treba da se zasniva na kontekstu konkurencije, raspoloživim resursima i preferencijama donosioca odluke.

### **3.3. Identifikacija kriterija**

Prema objavljenom konkursu identificirati su kriteriji za svaku od stavki koji će biti uzeti u obzir prilikom odabira dobitnika stipendije:

- **svi izuzetno uspješni studenti** (student koji je prvi put upisan na prvu godinu studija i koji je proglašen učenikom generacije u srednjoj školi ili ima prosječnu ocjenu 5,0 u završnom razredu srednje škole; student II ciklusa koji je proglašen za studenta generacije I ciklusa; student koji je u prethodnoj akademskoj godini imao prosječnu ocjenu 9,00 ili veću; student koji je osvojio prvo, drugo ili treće mjesto na međunarodnim takmičenjima u znanju ili sportu u kalendarskoj godini koja prethodi akademskoj godini u kojoj se vrši dodjela stipendije);
- **svi najteži socijalni slučajevi** (student bez oba roditelja; student sa tjelesnim oštećenjem od najmanje 60%; student bez roditeljskog staranja);
- **po četiri studenta za svako deficitarno zanimanje** (doktor medicine; magistar farmacije; diplomirani veterinar ili doktor veterine; diplomirani inženjer, master ili bachelor geodezije; diplomirani inženjer, master ili bachelor informatike; diplomirani inženjer, master ili bachelor arhitekture, diplomirani inženjer, master ili bachelor građevine, diplomirani inženjer, master ili bachelor mašinstva, diplomirani inženjer, master ili bachelor elektrotehnike, profesor njemačkog jezika; profesor muzičke kulture i profesor likovne kulture.
- **određeni broj studenata iz kategorije socijalni slučaj** (na osnovu bodovanja slijedećih elemenata: godina studija; uspjeh u prethodnoj godini studija (školovanja); broj članova domaćinstva; invalidnost roditelja studenta (tjelesna ili radna); studenti iz

porodice u kojoj jedan ili više članova porodice boluju od teške bolesti i nisu sposobni za rad, a nemaju rješenje o invalidnosti; student bez jednog roditelja; student neutvrđenog očinstva; student rastavljenih roditelja ili student samohranog roditelja; broj studenata iz domaćinstva; broj učenika u osnovnoj i srednjoj školi i mjesečni prihod po članu domaćinstva).

Kandidati koji su prijavljeni za općinsku stipendiju po osnovu deficitarnih zanimanja, ako ne ostvare stipendiju po ovom osnovu, njihove prijave će biti bodovane kao socijalni slučaj. Sve Prijave će se bodovati, bez obzira na visinu prihoda po članu domaćinstva .

Komisija za dodjelu stipendije Općine Velika Kladuša će na osnovu prispjelih prijava i raspoložive dokumentacije izvrši bodovanje za kandidate iz kriterija socijalni slučaj, kao i za kandidate za stipendiju koji nisu ostvarili pravo na stipendiju za deficitarna zanimanja i utvrditi Preliminarnu rang listu kandidata [11].

Preliminarna rang lista će se formirati tako da se na istu prvo stave kandidati čije prijave ne podliježu bodovanju, zatim kandidati koji su ispunili uvjet za stipendiju po osnovu deficitarnih zanimanja. Nakon toga na rang listu, do ukupnog broja stipendija, koji je će utvrđen u skladu sa članom 1. stav 3. Odluke o stipendiranju studenata u akademskoj 2021/2022. godini, stavljaju se kandidati iz kriterija socijalni slučaj, počev od kandidata sa najvećim brojem bodova [11].

Prema konkursu prijave studenata koji pripadaju grupama: „svi izuzetno uspješni studenti“ i „svi najteži socijalni slučajevi“ se ne boduju. Tako da bodovanje studenata će biti izvršeno samo za grupe studenata deficitarnog zanimanja i kategorije socijalni slučaj.

### **3.4. Primjena AHP metode na problemu rangiranja studenata**

U problemu višekriterijumskog odlučivanja za opis i razlikovanje alternativa koriste se sljedeći pojmovi:

1. Skup alternativa  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$
2. Atributi- odnosno osobine svake od alternativa bitni su za postizanje cilja odnosno rješavanje problema. Svaki od atributa je jedna funkcija  $(f_1, f_2, \dots, f_k)$  koja svakoj od alternativa pridružuje određenu vrijednost.
3. Kriteriji- numeričke funkcije koje treba maksimizirati ili minimizirati. Kriteriji  $f_j$  mogu biti kriteriji koristi (veća vrijednost je bolja, npr. profit) ili kriterij troška (manja vrijednost je bolja, npr. cijena robe ili usluge). U problemu odlučivanja svi kriteriji ne moraju biti jednako važni. Zbog toga im se pridružuju težine ili relativne vrijednosti (ponderi)  $w_1, w_2, \dots, w_k$ .



4. Ciljevi- prethodno zadane vrijednosti nekih pokazatelja ili razine koju želimo postići. Problem odlučivanja svodi se na to da se identificira alternativa koja je najbolja u odnosu na sve kriterije.

Prema tome možemo formirati tabelu odnosno formalni zapis višekriterijumskog odlučivanja. U ovoj tabeli navedeni su podaci o alternativama bitni za donošenje odluke. Osim zaglavlja, tabela sadrži redova koliko ima i alternativa, i kolonona koliko ima i kriterija koji se koriste za njihovo vrednovanje. U tabelu se upisuju i težine ili relativne vrijednosti kriterija  $w_1, w_2, \dots, w_k$ .

	$f_1(\cdot)$	$f_2(\cdot)$	...	$f_j(\cdot)$	...	$f_k(\cdot)$
	$w_1$	$w_2$	...	$w_j$	...	$w_k$
$a_1$	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$	...	$f_j(a_1)$	...	$f_k(a_1)$
$a_2$	$f_1(a_2)$	$f_2(a_1)$	...	$f_j(a_2)$	...	$f_k(a_2)$
...	...	...	...	...	...	...
$a_i$	$f_1(a_i)$	$f_2(a_i)$	...	$f_j(a_i)$	...	$f_k(a_i)$
...	...	...	...	...	...	...
$a_n$	$f_1(a_n)$	$f_2(a_n)$	...	$f_j(a_n)$	...	$f_k(a_n)$

Tabela odlučivanja na primjeru rangiranja studenata na konkursu za dodjelu stipendija:

	godina studija	uspjeh u prethodnoj godini	broj članova domaćinstva	invalidnost roditelja	Bolest članova bez rješenja o invalidnosti	student bez jednog roditelja	student neutvrđenog očitstva	rastavljeni roditelji ili student samohrani roditelj	broj studenata iz domaćinstva	broj učenika u osnovnoj i srednjoj školi	mjesečni prihod po članu domaćinstva
Težine	$w_{gs}$	$w_u$	$w_{b\check{c}d}$	$w_{ir}$	$w_{b\check{c}bi}$	$w_{sbr}$	$w_{no}$	$w_{rsr}$	$w_{bsd}$	$w_{bu}$	$w_{pp\check{c}}$
Tip kriterija	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	min
Jedinica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	KM

Da bi se moglo računati sa ovako različitim podacima metodom višekriterijumskog odlučivanja potrebno je uraditi postupak svođenja kriterijumskih vrijednosti iz tablice odlučivanja na uporedive skale. Taj postupak se naziva normalizacija. Kod postupka normalizacije može se pretpostaviti da su svi kriteriji koristi. U slučaju kriterija troška („što manje to bolje“), prvo se kriterijumske vrijednosti zamijene recipročnim vrijednostima, zatim se te vrijednosti

normaliziraju. Normalizacija se može uraditi na više načina, neki su prikazani u sljedećoj tabeli [16]:

Postotna normalizacija(pomoću maksimalne kriterijumske vrijednosti)	Svaki element tabele odlučivanja dijeli se s maksimalnom vrijednošću kolone kojoj pripada. Tako se dobijaju relativne vrijednosti u odnosu na vrijednost najbolje alternative po promatranom kriterijumu. Obično se ta vrijednost izražava u postotku.	$r_{ij} = \frac{f_j(a_i)}{\max_i f_j(a_i)}$
Vektorska normalizacija	Svaki element tabele odlučivanja dijeli se s korijenom iz sume kvadrata elemenata kolone kojem pripada.	$r_{ij} = \frac{f_j(a_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (f_j(a_i))^2}}$
Normalizacija pomoću sume transformacija	Svaki element tablice odlučivanja podijeli se sa sumom kolone u kojoj se nalazi. Na taj način dobija se postotni udio svake ocjene u ukupnoj sumi svih ocjena koje su alternative dobile po tom kriteriju (atributu).	$r_{ij} = \frac{f_j(a_i)}{\sum_i f_j(a_i)}$
Normalizacija pomoću raspona kriterijumskih vrijednosti	Kriterijumske vrijednosti zamijene se omjerom razlike između promatrane vrijednosti i najmanje vrijednosti i raspona u kojem se kreću vrijednosti promatranog kriterijuma.	$r_{ij} = \frac{f_j(a_i) - \min_i f_j(a_i)}{\max_i f_j(a_i) - \min_i f_j(a_i)}$

Očito je da vrijedi  $0 \leq r_{ij} \leq 1$  i ocjena je bolja što je  $r_{ij}$  bliže 1.

Sljedeći korak je postupak svođenja kriterija na kriterije koristi, tj. što više to bolje. Za vrijednosti koji predstavljaju kriterije troška računamo recipročnu vrijednost. Nakon što izračunamo recipročnu vrijednost za kriterije troška, slijedi postupak normalizacije, u ovom slučaju je urađeno postupkom „postotne normalizacije“, postupak i formula su objašnjeni u tabeli iznad. Na osnovu dostupnih podataka, moguće je izračunati koja ponuda je najbolja, pod pretpostavkom da su svi kriteriji jednako važni. Svi kriterijski podaci su pretvoreni u "veće je bolje" vrijednosti i mogu se usporediti jer su skalirani u rasponu od 0 do 1. Kriterijske vrijednosti mogu se sabrati kako bi se dobila ukupna vrijednost za svaku ponudu, iako se obično normaliziraju računanjem udjela u zbroju vrijednosti svih ponuda kako bi se dobila konačna rang lista [16].

U nastavku ćemo opisati postupak izračunavanja težina kriterija koji je vrlo jednostavan. Za procjenu važnosti kriterija koristit ćemo Saatyevu ljestvicu, koja se koristi za vrednovanje alternativa odluke, ali se također primjenjuje za utvrđivanje prioriteta alternativa u odnosu na

kriterije prema kojima se uspoređuju. Kriteriji se upoređuju sa vrijednostima od 1-9 prema tabeli ispod.

Intenzitet	Definicija	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dva kriterijuma ili alternative podjednako doprinose cilju.
3	Umjereno važnije	Na osnovu iskustva i procjena, umjerena prednost se daje jednom kriteriju ili alternativu u odnosu na drugi.
5	Strogo važnije	Na osnovu iskustva i prosuđivanja, jedan kriterijum ili alternativa ima veliku prednost u odnosu na drugi.
7	Vrlo stroga, dokazana važnost	Jedan kriterij ili alternativa izrazito se favoriziraju u odnosu na drugi; njihova dominacija dokazuje se u praksi.
9	Ekstremna važnost	S najvećom sigurnošću utvrđeni su dokazi koji favorizuju jedan kriterij ili verziju u odnosu na drugi.
2,4,6,8	Ekstremna važnost	

Sljedeći korak je postavljanje tabele omjera kriterija prema prethodnoj tabeli, odnosno težinski odnos između svakog kriterijuma međusobno. Na osnovu tih podataka formira se težinska matrica [6]. Ova matrica je označena sa  $A$ , njen element u  $i$ -tom redu i  $j$ -toj koloni je omjer težina  $i$ -tog i  $j$ -tog kriterija. Ovaj omjer je označen sa  $a_{ij}$ , vrijedi  $a_{ij} = w_i / w_j$ .

Postupak za izračunavanje približnih vrijednosti pondera (prioriteta) kriterija na osnovu procjena omjera njihovog značaja izvodi se u tri koraka:

Izračunaju se sume kolona matrice procijenjenih omjera važnosti kriterija.

Matrica se normalizira dijeljenjem svih elemenata određene kolone sumom te kolone.

Težine kriterija (prioriteti) dobijaju se kao prosječne vrijednosti elemenata redova normalizirane matrice. Ovaj postupak je približan, ali pruža zadovoljavajuće tačna rješenja ako se izbjegnu greške koje mogu dovesti do prevelike nekonzistentnosti procjena. Ovaj postupak se obično primjenjuje u slučajevima kada se uspoređuje manji broj kriterija ili alternativa [6].

#### **4. RAZVOJ WEB APLIKACIJE KAO RJEŠENJE PROBLEMA RANGIRANJA STUDENATA UPOTREBOM AHP METODE**

Izrada web aplikacije za rješavanje problema rangiranja studenata na konkursu za stipendije predstavlja koristan alat za organizatore i studente koji se prijavljuju za stipendije. Ova aplikacija bi omogućuje jednostavan način za prijavu i obradu podataka koje studenti daju u svojim aplikacijama, te bi automatski izračunala rang listu na osnovu postavljenih kriterija.

Aplikacija uključuje funkcije kao što su:

- Kreiranje profila studenata i prijava putem obrasca koji bi sadržavao relevantne informacije kao što su ocjene, godina studija, mjesečni prihod i druge relevantne podatke za konkurs za stipendije.
- Prilagođavanje kriterijuma za odabir studenata, kao što su ocjene, vannastavne aktivnosti i finansijska podrška.
- Automatsko izračunavanje rang liste na osnovu unešenih podataka i postavljenih kriterijuma.
- Mogućnost pregleda, sortiranja i filtriranja podataka aplikacije.
- Rangiranje studenata bez postavljenih težinskih vrijednosti kriterijuma.

Ova web aplikacija bi smanjila vrijeme i trud potreban za obradu aplikacija i izračunavanje rangiranja. Takođe bi smanjila mogućnost ljudske greške, omogućila uvid u sve relevantne informacije i omogućila efikasan način informisanja studenata o ishodu konkursa.

##### **4.1. Razvoja aplikacije u Angular web frameworku**

Izrada web aplikacije za rješavanje problema rangiranja studenata na konkursu za stipendije u Angularu predstavlja korisno softversko rješenje jer bi omogućila razvoj moderne, skalabilne i brze aplikacije.

Angular je popularan web okvir otvorenog koda koji koristi TypeScript, HTML i CSS za razvoj aplikacija na jednoj stranici (SPA). Aplikacija je razvijena u platformi Angular koristeći njegove komponente i usluge za manipulaciju podacima.

Komponente i usluge koje su korištene prilikom izrade aplikacije:

- Usmjerivači (eng. Routers): Koristi se za upravljanje rutama aplikacija i prikazom različitih komponenti.

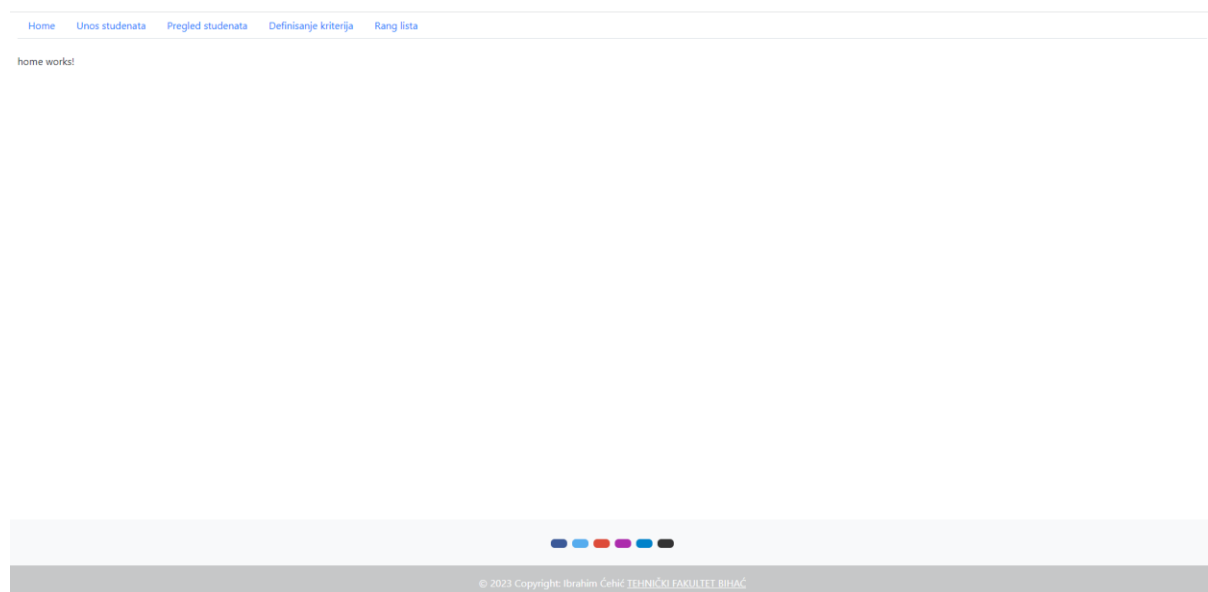
- **Reaktivni obrasci** (eng. **Reactive Forms**): Koriste se za kreiranje obrasca za prijavu studenata koji bi se lahko potvrdio i poslao serveru na obradu.
- **HttpClient**: Koristi se za komunikaciju sa serverom za preuzimanje podataka o studentima i slanje na server za izračunavanje rang liste.
- **Presretači** (eng. **Interceptors**): Koriste se za dodavanje tokena za autentifikaciju korisnika prilikom slanja zahtjeva serveru.
- **Cijevi** (eng. **Pipes**): Koriste se za manipulaciju i prikaz podataka prikazanih u aplikaciji.

Razvoj aplikacije u Angularu omogućava integraciju sa drugim popularnim tehnologijama kao što su Firebase, Node.js i Express. Firebase se koristi za pohranjivanje podataka i host aplikacije, dok se Node.js i Express koriste za kreiranje API-ja za pristup bazi podataka.

Konačno, razvoj u Angularu bi omogućio kreiranje responsive aplikacije koja bi se lahko prilagodila različitim uređajima i omogućila korisnicima da pristupe aplikaciji na bilo kojem uređaju s internetskom vezom.

## 4.2. Početna stranica

Početna stranica web aplikacije za rješavanje problema rangiranja studenata na konkursu za stipendiju sadrži kratak osvrt na problem, kratko objašnjenje metode kojom je izvršena procjena alternativa i uputstvo za korištenje aplikacije. Sve stranice aplikacije dijele isti navigacijski dio i zaglavlje. Svaki dio stranice je jasno označen i korisnici se jednostavno mogu navigirati kroz aplikaciju. Dodatni sadržaj i karakteristike se mogu dodati nakon inicijalnog razvoja stranice, ovisno o potrebama i željama korisnika.



Slika 1. izgled pocetne stranice

### 4.3. Stranica „Unos studenata“

Ova stranica predstavlja formu za unos podataka o studentima koji se prijavljuju za stipendiju. Na ovoj stranici studenti mogu unijeti svoje ime i prezime, godinu studija, prosjek ocjena, uspjeh u prethodnoj godini školovanja, te ostale relevantne podatke potrebne prema objavljenom konkursu.

Forma je jednostavna za korištenje i prikladna za brz unos podataka. Nakon što korisnik unese sve potrebne informacije, pritiskom na gumb "Unesite studenta" podaci se spremaju u bazu podataka, te se korisniku ispisuje poruka o uspješnom unosu, ali i ukoliko unos ne bude uspješan. Ova stranica pomaže organizatorima konkursa da prikupe sve potrebne informacije o studentima na jednom mjestu te olakšava proces rangiranja prijava za stipendiju.

Home Unos studenata Pregled studenata Definisanje kriterija Rang lista

Ime

Prezime

Univerzitet

Fakultet

Prijava koja se ne boduje ☐

Deficitarno zanimanje ☐

Invalidnost roditelja ☐

Bolest članova porodice bez rješenja o invalidnosti ☐

Student bez jednog roditelja ☐

Student neutvrđenog očinstva ☐

Student rastavljenih roditelja ili student samohranog roditelja ☐

Godina studija

Ciklus

Uspjeh u prethodnoj godini

Broj članova domaćinstva

Broj studenata iz domaćinstva

Broj učenika u osnovnoj ili srednjoj školi iz domaćinstva

Mjesečni prihod domaćinstva

Reset forme Unesite studenta

© 2023 Copyright: Ibrahim Čehić TEHNIČKI FAKULTET BIHAĆ

Slika 2. Stranica za unos studenata

Forma za unos podataka koristi validatore, tako da student neće moći biti unešen u bazu sve dok sva polja za unos ne budu popunjena. Također pritiskom na taster „Reset forme“, briše se sav sadržaj forme.

### 4.4. Stranica „Pregled studenata“

Nakon unosa studenata u bazu, na stranici „Pregled studenata“ može se vidjeti tabela svih studenata koji su unešeni u bazu, tj. prijavljeni na konkurs. Tabela sadrži osnovne podatke o studentima, ali i opciju uklanjanja studenta iz baze.

<a href="#">Home</a> <a href="#">Unos studenata</a> <a href="#">Pregled studenata</a> <a href="#">Definisanje kriterija</a> <a href="#">Rang lista</a>									
#	Ime	Prezime	Univerzitet	Fakultet	Godina studija	Ciklus	Deficitarno zanimanje	Bez bodovanja	Opcije
1	Ibrahim	Cehic	Bihac	Tehnici	1	2	NE	NE	<a href="#">Delete</a>
2	Omer	Bijelic	Travnik	Rudarski	1	1	NE	NE	<a href="#">Delete</a>
3	Azra	Selakovic	U Sarajevu	Pravni	3	1	NE	NE	<a href="#">Delete</a>
4	Amina	Kuduzovic	U Tuzli	Zdravstveni	4	1	NE	NE	<a href="#">Delete</a>
5	Almir	Pasic	Konjic	Rudarski	2	2	NE	NE	<a href="#">Delete</a>
6	Salih	Salkic	Mostar	Fit	3	1	NE	NE	<a href="#">Delete</a>

© 2023 Copyright: Ibrahim Cehić TEHNIČKI FAKULTET BIHAĆ

Slika 4. Tabela unešenih studenata u bazu

## 4.5. Stranica „Definisanje kriterija“

Ova stranica služi za definiranje kriterija po kojima će se studenti rangirati na konkursu za stipendiju. Na ovoj stranici organizatori konkursa mogu definirati kriterije koji će biti uzeti u obzir prilikom odabira studenata.

Forma sadrži polja u kojima se definira naziv kriterija, opis kriterija te važnost kriterija u odnosu na ostale kriterije. Organizatori konkursa mogu definirati koliko god kriterija smatraju potrebnim i odrediti njihovu važnost prema vlastitim kriterijima.

Nakon što su svi kriteriji definirani, pritiskom na gumb "Izračunaj vrijednosti alternativa" podaci se spremaju u bazu podataka. Ova stranica pomaže organizatorima da jasno i transparentno defniraju kriterije po kojima će se studenti rangirati, olakšavajući proces odlučivanja o dodjeli stipendija.

Saatyjeve ljestvice formira se tablica (matrica) uporedbi kriterija												
	wgs	wu	wbčd	wir	wbčbi	wsbr	wno	wrsr	wbsd	wbu	wppč	ciklus
wgs	1	3	4	8	2	2	2	3	1	1	1	1
wu	0.333	1	4	1	1	1	6	2	1	2	1	1
wbčd	0.25	0.25	1	1	3	2	1	2	1	4	2	6
wir	0.125	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
wbčbi	0.5	1	0.333	1	1	1	1	2	1	1	6	2
wsbr	0.5	1	0.5	1	1	1	5	1	1	1	1	2
wno	0.5	0.167	1	1	1	0.2	1	1	1	5	2	1
wrsr	0.333	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	1
wbsd	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
wbu	1	0.5	0.25	1	1	1	0.2	1	1	1	5	2
wppč	1	1	0.5	0.5	0.167	1	0.5	1	1	0.2	1	1
ciklus	1	1	0.167	1	0.5	0.5	1	1	1	0.5	1	1
SUMA kolona	7.542	11.417	14.25	18	13.167	12.7	20.7	18	12	18.7	24	20

Slika 5. Unos vrijednosti odnosa kriterija Saatyeva matrica

Prema slici vrijednost matrice se unose u gornji dio iznad dijagonale matrice, dijagonala matrice ima vrijednost 1, dok vrijednosti ispod dijagonale u ovom slučaju nije moguć unos jer one predstavljaju recipročne vrijednosti njihovih simetrija. Na dnu tabele prikazana je suma kolona matrice.



Normalizacija tabele, dijeljenje svih elemenata kolone sa sumom te kolone													
	wgs	wu	wbčd	wir	wbčbi	wsbr	wno	wrsr	wbsd	wbu	wppč	ciklus	Prosječna vrijednost
wgs	0.133	0.263	0.281	0.444	0.152	0.157	0.097	0.167	0.083	0.053	0.042	0.05	0.16
wu	0.044	0.088	0.281	0.056	0.076	0.079	0.29	0.111	0.083	0.107	0.042	0.05	0.109
wbčd	0.033	0.022	0.07	0.056	0.228	0.157	0.048	0.111	0.083	0.214	0.083	0.3	0.117
wir	0.017	0.088	0.07	0.056	0.076	0.079	0.048	0.111	0.083	0.053	0.083	0.05	0.068
wbčbi	0.066	0.088	0.023	0.056	0.076	0.079	0.048	0.111	0.083	0.053	0.25	0.1	0.086
wsbr	0.066	0.088	0.035	0.056	0.076	0.079	0.242	0.056	0.083	0.053	0.042	0.1	0.081
wno	0.066	0.015	0.07	0.056	0.076	0.016	0.048	0.056	0.083	0.267	0.083	0.05	0.074
wrsr	0.044	0.044	0.035	0.028	0.038	0.079	0.048	0.056	0.083	0.053	0.042	0.05	0.05
wbsd	0.133	0.088	0.07	0.056	0.076	0.079	0.048	0.056	0.083	0.053	0.042	0.05	0.069
wbu	0.133	0.044	0.018	0.056	0.076	0.079	0.01	0.056	0.083	0.053	0.208	0.1	0.076
wppč	0.133	0.088	0.035	0.028	0.013	0.079	0.024	0.056	0.083	0.011	0.042	0.05	0.053
ciklus	0.133	0.088	0.012	0.056	0.038	0.039	0.048	0.056	0.083	0.027	0.042	0.05	0.056

Slika 6. Prikaz tabele normalizacije kriterija

Normalizacija kriterija se odnosi na dijeljenje svih elemenata kolone sa sumom te kolone, zatim se za svaki od kriterija računa prosječna vrijednost, prosječna vrijednost se koristi za određivanje alternativa.

Težine (prioriteti) kriterijuma																	
Težine (prioriteti) kriterija izračunaju se kao prosječne vrijednosti elemenata redova normalizirane matrice. Svaki od elemenata matrice množimo sa normaliziranim prosječnom vrijednošću za određeni kriterij.																	
Izračunaj vrijednosti alternativa																	
#	Ime	Prezime	Univerzitet	Fakultet	Godina studija 0.16	Ciklus 0.056	wu 0.109	wbčd 0.117	wir 0.068	wbčbi 0.086	wsbr 0.081	wno 0.074	wrsr 0.05	wbsd 0.069	wbu 0.076	wppč 0.053	Vrijednost alternativa
1	Ibrahim	Čehić	BHAC	Technicki	1.00	2.00	8.00	5.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	1700.00	92.68
2	Omar	Bijelić	Travnik	Rudarski	1.00	1.00	9.00	5.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	990.00	52.57
3	Azra	Sejaković	U Sarajevu	Pravni	3.00	1.00	9.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2500.00	135.83
4	Amina	Kuduzović	U Tuzli	Zdravstveni	4.00	1.00	9.00	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	550.00	31.44

Slika 6. Prikaz tabele vrijednosti kriterija za svaku od alternativa

Prema tabeli sa slike 6 za svaki kriterijum za svaku alternativu se množi sa prosječnom vrijednosti dobijenom normalizacijom. Vrijednosti se računaju pritiskom na dugme „Izračunaj vrijednosti alternativa“, a za rangiranje alternativa sumiraju se vrijednosti dobijene za sve kriterijume.

#### 4.6. Stranica „Rang lista“

Tabela sa rang listom studenata prikazuje rezultate rangiranja studenata na konkursu za stipendiju. U ovoj tabeli su studenti poredani po njihovom ukupnom bodovnom rejtingu, koji je izračunat na osnovu definisanih kriterija i ocjena koje su dobili po tim kriterijima. Studenti su rangirani u silaznom redoslijedu, što znači da se prvo prikazuje student sa najvišim rejtingom, a zatim studenti silazno prema rejtingu.

Na stranici se mogu pronaći dva podioka, jedan sadrži rangiranje studenata ukoliko su svi kriterijumi jednake važnosti prikazano na slici 7. Rangiranje kriterijima jednake važnosti se odnosi na postupak rangiranja koji se primjenjuje kada se svi kriteriji koji se koriste za ocjenjivanje alternativa smatraju jednako važnima. To znači da se svaki kriterij tretira jednako i da nijedan kriterij ne dobija prednost u odnosu na druge.

Rangiranje kriterijima jednake važnosti							
Rangiranje kriterijima sa težinskim vrijednostima							
#	Ime	Prezime	Univerzitet	Fakultet	Godina studija	Ciklus	Zbir svih kolona u redu:
1	Amina	Kuduzovic	U Tuzli	Zdravstveni	4	1	6.02
2	Ibrahim	Cehic	Bihac	Tehnicki	1	2	5.09
3	Almir	Pasic	Konjic	Rudarski	2	2	5.00
4	Omer	Bijelic	Travnik	Rudarski	1	1	4.94
5	Azra	Selakovic	U Sarajevu	Pravni	3	1	4.75
6	Salih	Salkic	Mostar	Fit	3	1	4.54

Slika 7. Tabela rang liste sa kriterijumima jednake važnosti

Drugi podiok sadrži tabelu rang liste studenata sa težinskim vrijednostima kriterijuma.

Rangiranje kriterijima jednake važnosti							
Rangiranje kriterijima sa težinskim vrijednostima							
#	Ime	Prezime	Univerzitet	Fakultet	Godina studija	Ciklus	Vrijednost alternativa težinski
1	Azra	Selakovic	U Sarajevu	Pravni	3	1	135.83
2	Salih	Salkic	Mostar	Fit	3	1	97.95
3	Ibrahim	Cehic	Bihac	Tehnicki	1	2	92.68
4	Omer	Bijelic	Travnik	Rudarski	1	1	52.57
5	Almir	Pasic	Konjic	Rudarski	2	2	47.75
6	Amina	Kuduzovic	U Tuzli	Zdravstveni	4	1	31.44

Slika 8. Tabela rang liste studenata sa težinskim vrijednostima kriterijuma

Tabela sadrži informacije o svakom studentu, kao što su ime i prezime, godina studija i fakultet, i sl. kao i njihov ukupni bodovni rejting. Informacije o rejtingu studenta po pojedinačnim kriterijima može se pogledati na stranici „Definisanje kriterija“. Na ovaj način, organizatori

konkursa mogu vidjeti koji su kriteriji imali najveći uticaj na rangiranje studenata, što može pomoći u donošenju odluka o dodjeli stipendija.

Tabela sa rang listom studenata predstavlja važan alat za organizatore konkursa, jer im omogućava da na jednom mjestu vide sve informacije o studentima i njihovom rangiranju. To olakšava proces odlučivanja o tome koji studenti će dobiti stipendiju i na koji način će se sredstva rasporediti.

## **5. ZAKLJUČAK**

Višekriterijsko odlučivanje je proces donošenja odluka u kojem se uzimaju u obzir različiti kriteriji, a cilj je pronaći najbolje rješenje. U ovom slučaju, aplikacija za rangiranje studenata za stipendiju omogućava unos različitih kriterija (npr. uspjeh u prethodnoj godini školovanja, dodatne aktivnosti, finansijska situacija) i računa ukupne vrijednosti za svakog studenta.

Ovisno o važnosti svakog kriterija, težine se mogu dodijeliti pomoću Saatyjeve ljestvice i izračunati se ukupne vrijednosti koristeći ponderirane vrijednosti. Na kraju, rang lista se generira na temelju tih ukupnih vrijednosti, a studenti se rangiraju po veličini od najveće do najmanje ukupne vrijednosti.

Uzimajući u obzir više kriterija, ova aplikacija za rješavanje problema rangiranja studenata na konkursu za stipendiju omogućava donošenje informirane odluke temeljene na više faktora, što može dovesti do boljih i pravednijih odluka.

Uz pomoć višekriterijskog odlučivanja, aplikacija omogućuje lakšu i bržu procjenu svakog kandidata na temelju više kriterija, što omogućava bolje razumijevanje cjelokupne slike o svakom kandidatu. Također, moguće je lahko mijenjati prioritete kriterija, što omogućava fleksibilnost u donošenju odluka i omogućava prilagodbu procesa rangiranja različitim potrebama i situacijama.

## 5. Reference

- [1] Metode odlučivanja, Prof. dr Milan Nikolić, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2012.
- [2] Razvoj modela za evaluaciju internet informacionih resursa primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja, doktorska disertacija, Sanja Stojanović, Zaječar, 2016
- [3] Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), 83-98.
- [4] Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1976). Decision with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. John Wiley & Sons.
- [5] Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). Multiple criteria decision analysis: An integrated approach. Springer Science & Business Media.
- [6] Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill.
- [7] Tzeng, G.-H. and Huang, J.-J. (2011). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. CRC Press.
- [8] Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications. Springer.
- [9] Dilber Uzun Ozsahin, Hüseyin Gökçekuş, Berna Uzun, James LaMoreaux (2021). Application of Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental and Civil Engineering
- [10] Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2020). Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys. Springer.
- [11] <https://velikakladusa.gov.ba/javni-konkurs-za-dodjelu-studentskih-stipendija-u-akademskoj-2021-2022-godini/> (Pogledano 22.02.2023. god.)
- [12] Dragičević, M. (2007). Metoda analitičko hijerarhijskog procesa u funkciji povećanja kvalitete strateškog marketinškog planiranja.

- [13] Doktorski rad: Begičević, N. (2008). Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja e-učenja. Fakultet organizacije i informatike Varaždin, Sveučilište u Zagrebu.
- [14] Saaty, T. L. I Vargas, L. G. (2012.). Models, Methods, Concepts & Applications of the AnalyticHierarchy Process., 2nd Edition, Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- [15] Fishburn, P.C. (1967) Additive Utilities with Incomplete Product Set: Applications to Priorities and Assignments. ORSA Publication, Baltimore.
- [16] [https://arhiva2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/3600882/mod\\_resource/content/1/METODA%20AHP.pdf](https://arhiva2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/3600882/mod_resource/content/1/METODA%20AHP.pdf) (Pogledano 27.02.2023. god.)