

VIŠEKRITERIJSKO ODLUČIVANJE

AHP metoda

Odlučivanje

Pod donošenjem odluke podrazumjevamo izbor neke od alternativa kojima se rješava dani problem. U problemu odlučivanja postoje ciljevi koji se žele postići odlukom, kriteriji kojima se mjeri postizanje tih ciljeva, težine tih kriterija koje odražavaju njihovu važnost i alternativna rješenja problema. Podaci i informacije o tim elementima problema odlučivanja odgovarajućim postupcima sažimaju se u po jedan broj za svaku alternativu, te se na temelju tih vrijednosti određuje rang lista alternativa. U ovom poglavlju opisat ćemo problem odlučivanja i jednu metodu koja se može upotrijebiti da bi se donijela kvalitetna odluka. Naglasak će biti stavljen na nužnost da se prijedlog odluke utemelji na racionalnim argumentima koji omogućuju provjeru i provođenje analize osjetljivosti.

Problem odlučivanja

Pod pojmom odlučivanja podrazumijevat ćemo postupak izbora jedne od mogućih varijanti (alternativa) odluke. Glavni elementi problema odlučivanja su *ciljevi* koji se žele postići odlukom, *alternativa* između kojih se bira i *kriteriji* koji se koriste kod izbora. Pod *ciljem* se podrazumijeva stanje sustava koje želimo postići odlukom. U nekim slučajevima se taj cilj može opisati preciznije (kod odluke koliko temeljito pripremiti ispit možemo si postaviti cilj «Želim postići prosječnu ocjenu na studiju višu od 4,5.»), a ponekad se cilj ne kvantificira (takav cilj si postavljamo kad planiramo izlazak; «Pogledajmo dobar film!»). *Kriteriji* su atributi kojima se opisuju alternative i njihova svrha je da direktno ili indirektno daju informacije o tome u kojoj mjeri se pojedinom alternativom ostvaruje željeni cilj. U danom problemu odlučivanja svi kriteriji obično nisu jednako važni, a relativna važnost kriterija proizlazi iz preferencija donositelja odluke što je povezana s njegovim vrijednosnim sustavom i ostalim psihološkim karakteristikama. Kod izbora kriterija i određivanja njihovih važnosti treba uzeti u obzir i druge specifičnosti donositelja odluke. Napr. odličan učenik srednje škole će se pri izboru fakulteta na kojem želi studirati služiti kriterijima različitim od onih koje će koristiti učenik koji je jedva prošao na maturi. Ukoliko oni i koriste neke zajedničke kriterije, vrlo je vjerojatno da oba ne daju jednaku važnost istim kriterijima.

Kod donošenja odluke potrebno je raspolagati podacima o alternativama. U idućem odjeljku opisuju se informacijska podloga za donošenje odluke.

Tablica odlučivanja (ulazni podaci)

Informacije s kojima raspolaže donositelj odluke kad se suočava s problemom odlučivanja mogu se prikazati u obliku *tablice odlučivanja*. Uobičajeno je da svakoj alternativu (tj. mogućoj odluci) u tablici pripadne jedan redak u koji se redom upisuju vrijednosti kriterija na temelju kojih se alternative uspoređuju. Metodu koju ćemo prikazati u ovom tekstu ilustrirat ćemo pomoću problema izbora odredišta za maturalno ili apsolventsko putovanje.

Definiranje problema

Putničke agencije nude obilje standardnih aranžmana od kojih je odabrano nekoliko poznatijih koji su prikazani u tablici 1.

Alternative	Kriteriji i njihove relativne važnosti				
	Ukupni Troškovi(€)	Mogućnosti zabave	Ostali sadržaji	Boravak (dana)	Trajanje (dana)
	0,20	0,20	0,20	0, 20	0,20
Španjolska I	270	velike	Rang 3	5	8
Španjolska II	334	velike	Rang 3	5	7
Grčka	340	manje	Rang 2	6	8
R-F-SM	240	najmanje	Rang 1	4	6

Tablica 1: Tablica odlučivanja za problem izbora odredišta za maturalno putovanje

Alternative su opisane s kriterijima i svakoj od njih pripada jedan red u tablici 1. Navodimo ključne podatke o tim odredištima kako bi se mogla opravdati utemeljenost procjena na temelju kojih će se donijeti odluka:

Španjolska I: Ovo je poznato odredište Lloret de Maar u varijanti prijevoza autobusom. U tom mjestu su brojne mogućnosti zabave po pristupačnim cijenama, ali da bi se doživjelo nešto drugo treba planirati dodatne troškove puta u Barcelonu ili druga mjesta s više kulturnih sadržaja. Iako je put dug i zamoran, on ima i svoje prednosti jer se putuje atraktivnim područjima južne Francuske s manjim zadržavanjima na poznatim turističkim odredištima.

Španjolska II: Ovo je u biti isti aranžman kao i prethodni, jedino se na povratku leti avionom i put skraćuje za jedan dan. Zauzvrat se djelomično gubi mogućnost kraćih stajanja u poznatim mjestima azurne obale.

Grčka: Konačno odredište je Atena. Putuje se dan i noć kombinacijom brod-autobus. Ima više kulturnih sadržaja nego prethodni aranžmani.

R-F-SM: Ovo putovanje uključuje boravak u Rimu, Firenci i San Marinu. Mogućnosti zabave postoje ali su najskuplje u odnosu na razmatrane alternative. Ovaj aranžman odskače po velikoj ponudi kulturnih sadržaja.

Navedeno je pet kriterija za ovaj problem odlučivanja, s time da se oni mogu rastaviti na podkriterije. Tako bi imalo smisla *Troškove* rastaviti na podkriterije *fiksni troškovi* i *dodatni troškovi* (za neku pretpostavljenu razinu neobaveznih aktivnosti). Ovaj kriterij izražen je kvantitativno. Kriterije *Mogućnost zabave* i *Ostali sadržaji* možemo izraziti samo kvalitativno bilo opisom koji je dan u tablici, bilo oznakom za rang. Kriterij *Boravak* uveden je da bi se razlikovalo vrijeme boravka na odredištu od ukupnog trajanja puta koje je također navedeno. Smatra se da je nepovoljniji onaj aranžman u kojem je veći omjer ukupnog trajanja i boravka na odredištu. To se, međutim, može kompenzirati atraktivnošću puta i usputnim sadržajima o čemu treba voditi računa kod sinteze svih kriterijalnih vrijednosti.

Podatke iz ove tablice možemo smatrati ulaznim podacima za model odlučivanja. Međutim, to nisu jedini ulazni podaci u problemu odlučivanja. Kad se u donošenju odluke koristi više kriterija rijetko su svi kriteriji jednako važni. Zbog toga se kriterijima pridružuju *težine* koje odražavaju njihove relativne važnosti. Težine se mogu izraziti u postotku tako da je njihova suma jednaka 100 ili se normaliziraju tako da njihova suma iznosi 1. U određivanju težina mogu se koristiti procjene donositelja odluke, a razvijene su i složenije metode za njihovo izračunavanje. U

tablici 1 svim kriterijima pridružene su jednake težine. Kasnije ćemo pokazati kako se mogu izračunati težine kriterija. Kao što se to vidi iz našeg primjera, vrijednosti kriterija (stupci u tablici odlučivanja) mogu se izraziti brojevima ili opisno. Uloga kriterija je da opišu alternative na takav način da se za dvije alternative jasno može odrediti koja je u odnosu na promatrani kriterij povoljnija. Ukoliko je napr. promatrani kriterij cijena, povoljnija je jeftinija alternativa.

Kao kriterijske vrijednosti mogu se pojaviti i pozicije s rang liste alternativa po promatranom kriteriju kada ne postoji opće prihvaćena mjera za taj kriterija ili je donositelj odluke zadovoljan s tom razinom preciznosti. Kao kriterijske vrijednosti u tablici odlučivanja mogu se javljati brojevi s različitim skala; ordinalnih, intervalnih i omjernih. *Ordinalne skale* omogućuju rangiranje alternativa, ali ne daju informaciju o razlikama između tih rangova (u našem primjeru ordinalne skale koriste se za kriterije *Mogućnosti zabave* i *Ostali sadržaji*). *Intervalne skale* temelje se na konstantnim jedinicama mjere (u našem primjeru *Troškovi*, *Boravak* i *Trajanje*). Intervalne skale omogućuje točno određivanje razlika među alternativama. *Omjerne skale* koriste se kod mjerenja dužine, težine, volumena i slično. Pomoću ovih skala izražava se koliko puta je jedna alternativa bolja od neke druge.

Podaci iz tablice odlučivanja se pomoću metoda za odlučivanje prevode u takav oblik koji omogućuje donositelju odluke da donese odluku. U nastavku se opisuju izlazni podaci koji se dobivaju obradom ulaznih podataka pomoću metoda za odlučivanje.

Rezultati

Na temelju opisanih ulaznih podataka koji su na raspolaganju donositelju odluke, on mora odlučiti kojoj alternativni će dati prednost. Ta odluka temelji se na uspoređivanju podataka koje sadrži tablica odlučivanja i važnosti koju dajemo kriterijima. Izlazni podaci dobivaju se kao rezultat primjene neke od metoda za odlučivanje i oni mogu biti u različitom obliku.

Najčešće se izlazni podaci modela odlučivanja javljaju u vidu rang liste alternativa. Rang lista alternativa može se pojaviti kao direktan rezultat primjenjenog postupka, napr. ako se po svakom kriteriju načini rang lista i onda se one objedine u konačnu rang listu izračunavanjem prosječnog ranga svake alternative. Druga mogućnost je da se u analizi podataka iz tablice odlučivanja primjenjuje neki postupak koji kao rezultat svakoj alternativni pridružuje određeni broj. U tom slučaju se rang lista alternativa dobije na temelju brojčanih vrijednosti pridruženih alternativama.

U idućem poglavlju ukratko se opisuju samo osnovne ideje na kojima se temelje metode za odlučivanje.

Metoda AHP

Metode koje se koriste za uspoređivanje i rangiranje alternativa na temelju podataka iz tablice odlučivanja moraju na neki način uzeti u obzir prednosti koje neka alternativa ima u odnosu na ostale, usporediti te prednosti s njezinim nedostacima i sve to izraziti jednim brojem. Ukoliko kriteriji imaju različite važnosti, treba uzeti u obzir i njihove težine. Metode koje se mogu upotrebiti u ovoj situaciji temelje se na određenim pretpostavkama koje se matematički karakteriziraju. Ovisno o tome kakav je model načinjen potrebno je poznavati odgovarajuću matematičku teoriju da bi se on riješio. Ukoliko se matematički model koji se primjenjuje u analizi problema odlučivanja temelji na jednostavnijim matematičkim tehnikama, njegov rezultat ima ograničenu vrijednost u primjeni i teže je argumentirati odluku. Najpoznatije metode

za uspoređivanje i rangiranje alternativa u problemima odlučivanja su Analitički hijerarhijski proces (AHP metoda), ELECTRE (postoji nekoliko varijacija ove metode) i PROMETHEE. Pomoću metoda ELECTRE i PROMETHEE skup alternativa uređuje se na temelju procjena o tome u kojoj mjeri su razlike u kriterijskim vrijednostima alternativa značajne za njihovo razlikovanje.

AHP metoda temelji se na uspoređivanju alternativa u parovima. U ovom poglavlju knjige opisuje se detaljnije ta metoda.

Rangiranje alternativa na temelju usporedbi u parovima

Da bi razumjeli ovu metodu poslužiti ćemo se jednim jednostavnim primjerom. Pretpostavimo da imamo tri kamena A , B i C za koje znamo da ukupno teže 22 kg, ali nam nisu poznate njihove pojedinačne težine. Pretpostavimo da znamo omjere težina $A:B=2:1$ (kamen A je dvostruko teži od kamena B) i $A:C=3:1$ (kamen A je trostruko teži od kamena C). Iz ovoga proizlazi diobeni omjer težina $6:3:2$ iz kojeg lako izračunamo da su tražene težine kamenja redom 12, 6 i 4 kg. Sad nije teško zamisliti da umjesto kamenja uspoređujemo međusobno kriterije te da im izračunamo težine kao mjeru njihove važnosti. Isto tako možemo uspoređivati alternative po prioritetima da bi odredili prioritet svake od njih. Problemi nastaju zbog toga što naše procjene obično nisu konzistentne. U primjeru s kamenjem na temelju poznatih omjera težina proizlazi da je omjer težina drugog i trećeg kamena $B:C=3:2$. U tom slučaju kaže se da su omjeri $A:B$, $A:C$ i $B:C$ konzistentni. Međutim, kad bi tražili od nekoga da uzme ove kamenove u ruke i da procijeni omjere njihovih težina, malo je vjerojatno da bi te procjene bile konzistentne. U tom slučaju kod računanja težina kamenja ne bi mogli primijeniti pravila iz računa diobe. Pretpostavimo napr. da smo dobili procijenjenu vrijednost omjera $B:C=4:3$. Taj omjer zajedno s omjerom $A:B=2:1$ daje diobeni omjer $8:4:3$. Ako bi pak omjeru $B:C=4:3$ pridružili procijenjeni omjer $A:C=3:1$ dobili bi diobeni omjer $9:4:3$, dakle različit od $8:4:3$. Dakle, ukoliko se od donositelja odluke traže *procjene* težina kriterija ili prioriteta alternativa u parovima u realnim problemima odlučivanja, te procjene će biti najčešće nekonzistentne.

Da bi se izračunale težine kriterija i prioriteta alternativa iz usporedbi u parovima u slučaju nekonzistentnosti tih procjena, potreban je složeniji matematički model koji ovdje nećemo prikazati. Umjesto toga prikazat ćemo jednu približnu metodu računanja težina kriterija i prioriteta alternativa na temelju njihovih uspoređivanja u parovima.

Postupak za računanje težina kriterija i prioriteta alternativa iz usporedbi u parovima

Ovim postupkom računaju se prioriteta alternativa i težine kriterija čije vrijednosti u najvećoj mjeri zadovoljavaju uvjete zadane međusobnim omjerima i čija ukupna suma je jednaka 1.

1. korak – formira se matrica (tablica) omjera prioriteta (težina). U i -tom redu i j -tom stupcu te matrice nalazi se vrijednost procijenjenog omjera prioriteta alternative A_i i alternative A_j . Ukoliko se daju procjene relativnih važnosti kriterija, onda je to vrijednost omjera njihovih težina. Za naš primjer s kamenjem u slučaju kada su procjene nekonzistentne ($A : B = 2, A : C = 3$ i $B : C = 4 : 3$) ta matrica izgleda ovako:

	A	B	C
A	1	2	3
B	1/2	1	4/3
C	1/3	3/4	1

Tako se napr. vrijednost omjera A:B=2 nalazi u prvom redu (A) i drugom stupcu (B).

2. korak: izračunaju se sume stupaca (11/6, 15/4 i 16/3) i na temelju toga izračuna se nova *normalizirana* matrica, na taj način da se svaki element prethodne matrice podijeli sa sumom stupca kojem pripada:

$$\begin{bmatrix} 6/11 & 8/15 & 9/16 \\ 6/22 & 4/15 & 1/4 \\ 2/11 & 1/5 & 3/16 \end{bmatrix}$$

3. korak: težine (prioriteti) se izračunaju kao prosječne vrijednosti elemenata pojedinih redova:

$$w_1 = (6/11 + 8/15 + 9/16)/3 = 0,547$$

$$w_2 = (6/22 + 4/15 + 1/4)/3 = 0,263$$

$$w_3 = (2/11 + 1/5 + 3/16)/3 = 0,19$$

Vidi se da je zbroj ovih težina iznosi 1. Izračunate vrijednosti odgovaraju težinama kriterija, odnosno prioritetima alternativa.

Ovaj postupak u slučaju konzistentnih procjena omjera veličina daje njihove točne vrijednosti (uzmite primjer s kamenjem čije smo težine izračunali na početku)!

U procjeni vrijednosti omjera težina kriterija i važnosti alternativa pomaže nam Saatyeva skala. Ta skala prikazuje se u idućem odjeljku.

Saatyjeva skala

Primjenimo prikazani postupak da bi smo odredili težine kriterija za naš problem izbora odredišta za apsolutno putovanje. Pitanje je kako procijeniti omjere važnosti dvaju kriterija kada se njihove vrijednosti izražavaju kvantitativno, kvalitativno i u različitim mjernim jedinicama? Za donošenje tih procjena služimo se Saatyevom skalom. Saatyeva skala je omjerna skala koja ima pet stupnjeva intenziteta i četiri međustupnja, a svakom od njih odgovara vrijednosni sud o tome koliko puta je jedan kriterij važniji od drugog. Ista skala koristi se i kod uspoređivanja dviju alternativa, ali u tom slučaju se vrijednosti sa skale interpretiraju kao prosudbe koliko puta veća prednost (prioritet) se daje jednoj alternativu u odnosu na drugu.

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dva kriterija ili alternative jednako doprinose cilju
3	Umjereno važnije	Na temelju iskustva i procjena daje se umjerena prednost jednom kriteriju ili alternativu u odnosu na drugu
5	Strogo važnije	Na temelju iskustva i procjena strogo se favorizira jedan kriterij ili alternativa u odnosu na drugi
7	Vrlo stroga, dokazana važnost	Jedan kriterij ili alternativa izrazito se favorizira u odnosu na drugi; njegova dominacija dokazuje se u praksi
9	Ekstremna važnost	Dokazi na temelju kojih se favorizira jedan kriterij ili alternativa u odnosu na drugi potvrđeni su s najvećom uvjerljivošću
2,4,6,8	Međuvrijednosti	

Tablica 2: Saaty-eva skala

Iz tablice se vidi da je vrijednost 9 maksimalna vrijednost koja se može dati omjeru važnosti kriterija. Može se postaviti pitanje imamo li mi u svom sustavu vrijednosti pravi osjećaj za tu i ostale vrijednosti sa Saaty-veve skale? Može se pokazati da pojedinac, i bez posebnog treninga, može koristiti tu skalu za davanje konzistentnih procjena ukoliko poznaje problematiku na koju se odnosi problem odlučivanja (tako naprimjer iz iskustva znamo da se znanje u školama ocjenjuje ocjenama u rasponu od 1 – 5, a vremenom smo razvili i osjećaj za prepoznavanje razine znanja koja odgovara pojedinoj ocjeni).

U slijedećoj tablici nalaze se procjene omjera važnosti kriterija, dobivene od grupe studenata, na temelju kojih ćemo rangirati odredišta za apsolutno putovanje.

	Troškovi	Mogućnosti zabave	Ostali sadržaji	Boravak	Trajanje
Troškovi	1	3	5	4	5
Mogućnosti zabave	1/3	1	3	2	3
Ostali sadržaji	1/5	1/3	1	1/2	1
Smještaj	1/4	1/2	2	1	2
Trajanje	1/5	1/3	1	1/2	1

Tablica 3: Omjeri težina kriterija

Vidi se npr. da su studenti procijenili da su *Troškovi* strogo važniji (na Saaty-ovoj skali vrijednost 5) kriterij od kriterija *Ostali sadržaji*.

Primjenimo li postupak za približno računanje težina kriterija objašnjen u odjeljku 6, kao rezultat dobijemo slijedeće vrijednosti težina kriterija:

Kriterij	Težina
Troškovi	0,48
Mogućnosti zabave	0,22
Ostali sadržaji	0,08
Boravak	0,14
Trajanje	0,08

Tablica 4: Težine kriterija izračunate iz njihovih procijenjenih omjera

Na sličan način računaju se prioriteta alternativa na temelju njihovih usporedbi u parovima. Preostaje nam da pokažemo kako se oba ova postupka sjedinjuju u modelu cjelovitog problema odlučivanja s ciljem da se alternative rangiraju na temelju više kriterija.

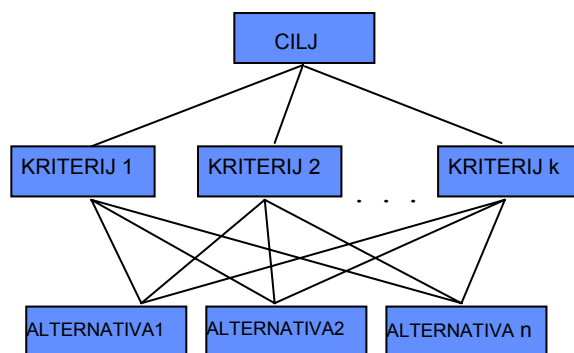
U slijedećem odjeljku pokazat ćemo kako se postavljanje problema odlučivanja i procjenjivanje omjera važnosti kriterija i prioriteta alternativa povezuje u jedinstveni postupak.

Analitički hijerarhijski proces (AHP - Analytic Hierarchy Process)

Analitički hijerarhijski proces ili AHP metoda (Saaty, 1980) spada u najpoznatije i posljednjih godina najviše korištene metode za višekriterijsko odlučivanje. Njezina popularnost temelji se u prvom redu na činjenici da je vrlo bliska načinu na koji pojedinac intuitivno rješava složene probleme rastavljajući ih na jednostavnije. Drugi važan razlog zašto je ta metoda tako popularna je kvalitetan softver Expert Choice koji je dostupan i u demo verziji.

Rješavanje složenih problema odlučivanja pomoću ove metode temelji se na njihovom rastavljanju na komponente; cilj, kriterije (podkriterije) i alternative. Ti elementi se potom povežu u model s više razina (*hijerarhijsku strukturu*) pri čemu je na vrhu cilj, a na prvoj nižoj razini su glavni kriteriji. Kriteriji se mogu rastaviti na podkriterije, a na najnižoj razini nalaze se alternative. Druga važna komponenta AHP metode je matematički model pomoću kojeg se računaju prioriteta (težine) elemenata koji su na istoj razini hijerarhijske strukture. Primjenu ove metode objasniti ćemo u slijedeća četiri koraka:

- (1) Razvije se hijerarhijski model problema odlučivanja s ciljem na vrhu, kriterijima i podkriterijima na nižim razinama, te alternativama na dnu modela. Na slici 1 prikazan je jedan takav opći model.



Slika 1. Osnovni AHP model s ciljevima, kriterijima i alternativama

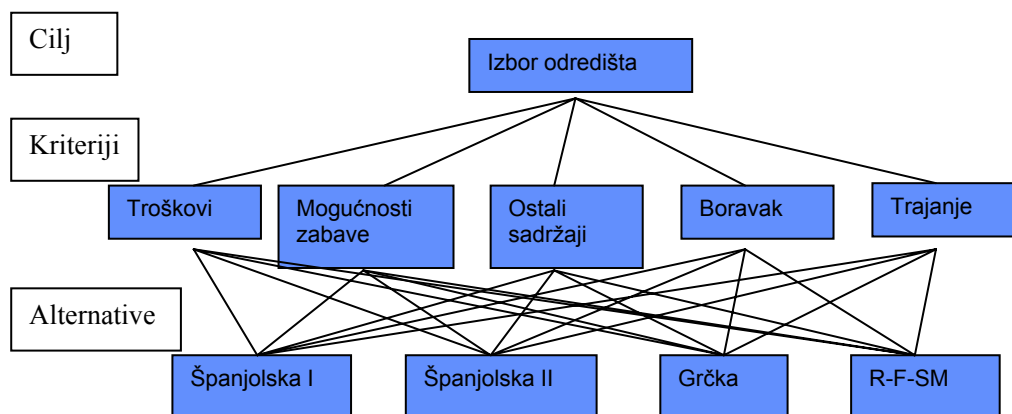
- (2) U svakom čvoru hijerarhijske strukture pomoću Saatyevе skale u parovima se međusobno uspoređuju elementi tog čvora koji se nalaze neposredno ispod njega i izračunaju se njihove lokalne težine. Pritom se kriteriji međusobno uspoređuju u parovima u odnosu na to koliko puta je jedan od njih važniji za mjerenje postizanja cilja od drugog. Alternative se međusobno uspoređuju u parovima po svakom od kriterija procjenjujući u kojoj mjeri se po tom kriteriju jednoj od njih daje prednost u odnosu na drugu.
- (3) Iz procjena relativnih važnosti elemenata odgovarajuće razine hijerarhijske strukture problema izračunaju se lokalne težine kriterija i podkriterija, a na posljednjoj razini prioriteti alternativa. Ukupni prioriteti alternativa izračunaju se tako da se njihovi lokalni prioriteti ponderiraju s težinama svih čvorova kojima pripadaju gledajući od najniže razine u hijerarhijskom modelu prema najvišoj i zatim zbroje.
- (4) Provodi se tzv. analiza osjetljivosti.

Primjenimo ovaj postupak na naš primjer izbora odredišta za absolventsko putovanje.

Korak 1: Hijerarhijski model tog problema je na slici 2.

Korak 2: Procjene omjera težina kriterija dane su u tablici 3. Na temelju tih procjena izračunate su težine i prikazane u tablici 4. Preostaje nam da se po svakom od kriterija uspoređivanjem u parovima procjene omjeri prioriteta alternativa te da se izračunaju ti prioriteti.

Usporedimo prvo alternative po kriteriju *Troškovi*. Iako su pripadne kriterijalne vrijednosti kvantitativno izražene, ne bi bilo dobro kao omjere prioriteta uzeti pripadne omjere troškova. Naime, procjena prednosti koju dajemo odredištu *Španjolska I* u odnosu na *Španjolska II* ovisi o našoj materijalnoj situaciji i o našem stavu prema onome što možemo dobiti u skupljoj varijanti. Zbog toga je i kod kvantitativnih kriterija opravdano koristiti Saatyevu skalu.



Slika 2: Hijerarhijski model problema izbora odredišta za absolventsko putovanje

U tablici 3 nalaze se procjene omjera prioriteta odredišta po kriteriju *Troškovi* i njihovi izračunati prioriteti po tom kriteriju. Tako je npr. vrijednost omjera prioriteta

koji se daju odredištu Španjolska I i odredištu Grčka 5, tj. Španjolska I se prema Saaty-evoj skali «strogo preferira» u odnosu na odredište Grčka.

	Š I	Š II	G	R	Prioriteti
Š I	1	5	5	1/2	0,35
Š II	1/5	1	1	1/5	0,08
G	1/5	1	1	1/5	0,08
R	2	5	5	1	0,49

Tablica 3: Prioriteti alternativa po kriteriju *Troškovi*

U tablicama 4, 5,6 i 7 nalaze se procjene omjera prioriteta odredišta po ostalim kriterijima i izračunati prioriteti.

	Š I	Š II	G	R	Prioriteti
Š I	1	2	5	7	0,51
Š II	1/2	1	4	6	0,33
G	1/5	1/4	1	3	0,11
R	1/7	1/6	1/3	1	0,05

Tablica 4: Prioriteti alternativa po kriteriju *Mogućnosti zabave*

	Š I	Š II	G	R	Prioriteti
Š I	1	2	1/5	1/7	0,08
Š II	1/2	1	1/5	1/7	0,06
G	5	5	1	1/3	0,28
R	7	7	3	1	0,57

Tablica 5: Prioriteti alternativa po kriteriju *Ostali sadržaji*

	Š I	Š II	G	R	Prioriteti
Š I	1	1	1/3	3	0,20
Š II	1	1	1/3	3	0,20
G	3	3	1	5	0,52
R	1/3	1/3	1/5	1	0,08

Tablica 6: Prioriteti alternativa po kriteriju *Boravak*

	Š I	Š II	G	R	Prioriteti
Š I	1	3	1	5	0,39
Š II	1/3	1	1/3	3	0,15
G	1	3	1	5	0,39
R	1/5	1/3	1/5	1	0,07

Tablica 7: Prioriteti alternativa po kriteriju *Trajanje*

Korak 3: Na temelju procjena omjera prioriteta koje se nalaze u tablicama 3-7 izračunati su lokalni prioriteti odredišta. Ukupni prioritet pojedinog odredišta izračuna se tako da se zbroje njegovi lokalni prioriteti ponderirani se s težinama kriterija

(nalaze se u prvom redu tablice 8). Napr. prioritet odredišta *Španjolska I* izračuna se kao vrijednost izraza:

$$p(\check{S}pI) = 0,35 \cdot 0,48 + 0,51 \cdot 0,22 + 0,08 \cdot 0,08 + 0,20 \cdot 0,14 + 0,39 \cdot 0,08 = 0,35$$

U gornjem izrazu u produktu $0,35 \cdot 0,48$ prvi faktor je prioritet odredišta *Španjolska I* a drugi faktor je težina kriterija *Troškovi*.

U tablici 8 nalaze se lokalni prioriteti svih odredišta, težine kriterija i izračunati su ukupni prioriteti odredišta.

Alternative	Kriteriji i njihove težine					Ukupni prioriteti alternativa
	Troškovi (€)	Mogućnosti zabave	Ostali sadržaji	Boravak (dana)	Trajanje (dana)	
	0,48	0,22	0,08	0,14	0,08	
Španjolska I	0,35	0,51	0,08	0,20	0,39	0,35
Španjolska II	0,08	0,33	0,06	0,20	0,15	0,16
Grčka	0,08	0,11	0,28	0,52	0,39	0,19
R-F-SM	0,49	0,05	0,57	0,08	0,07	0,30

Tablica 8: Lokalni i ukupni prioriteti alternativa

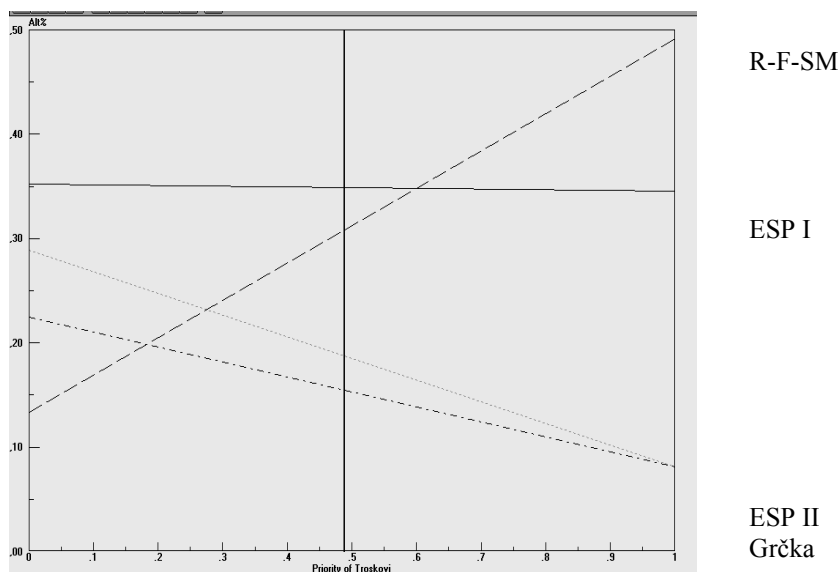
Korak 4: U promatranom primjeru ulazni podaci za model pomoću kojeg smo izračunali prioritete bili su procjene relativnih važnosti kriterija i procjene omjera lokalnih prioriteta odredišta. Može se pretpostaviti da te procjene mogu varirati u nekim rasponima, a da te promjene još uvijek budu u skladu s preferencijama donositelja odluke. *Analiza osjetljivosti* provodi se s ciljem da se vidi u kojoj mjeri se promjene ulaznih podataka odražavaju na ukupne prioritete alternativa.

Da bi se došlo do zaključka da li je rang lista odredišta dovoljno stabilna u odnosu na prihvatljive promjene ulaznih podataka trebalo bi izračunati prioritete odredišta za brojne različite kombinacije ulaznih podataka. U idućem odjeljku pokazat ćemo kako se analiza osjetljivosti može provesti na kvalitetan i razumljiv način uz pomoć softvera Expert Choice.

Program EXPERT CHOICE

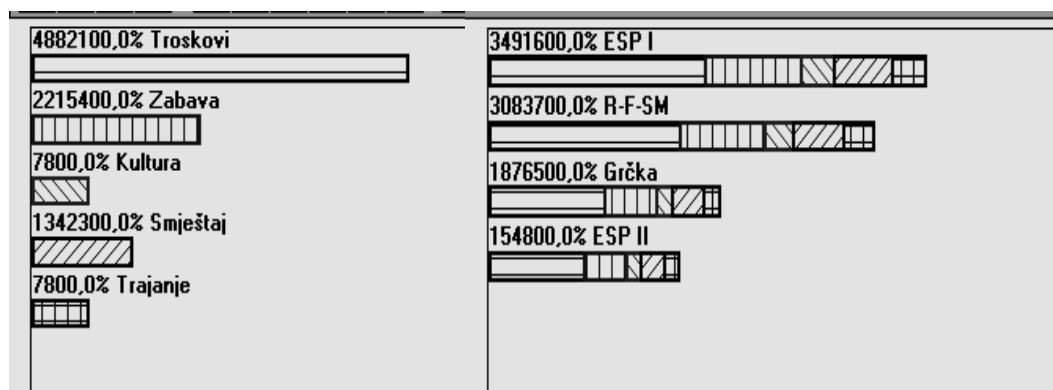
Ovaj program, u potpunosti podržava sve korake karakteristične za primjenu AHP metode. Program omogućuje strukturiranje hijerarhijskog modela problema odlučivanja na više načina, te uspoređivanje u parovima također na nekoliko načina. Posebnu vrijednost programu daju različite mogućnosti provođenja analize osjetljivosti koje se temelje na vizualizaciji posljedica promjena ulaznih podataka. Program omogućava kreiranje različitih izvješća. Korištenje programa je jednostavno i dobro objašnjeno u programskoj dokumentaciji pa se ovdje neće detaljnije komentirati načini na koje se može razviti model i različite mogućnosti unosa podataka. Prikazat ćemo samo dio mogućnosti ovog programa u provođenju analize osjetljivosti.

Opcija Gradient: program omogućuje da se vidi koliko su prioriteti alternativa osjetljivi na promjene težina pojedinih kriterija. Na slici 3 vidi se da prioritet odredišta R-F-SM raste s porastom težine kriterija troškovi, prioritet odredišta ESP I skoro se ne mijenja, dok prioriteti ostalih odredišta lagano opadaju s porastom težine tog kriterija. Također se može očitati da, ukoliko se težina kriterija *Troškovi* poveća s izračunate vrijednosti 0,48 (prikazane vertikalnom linijom) na otprilike 0,6, odredište Rim-Firenza-San Marino (R-F-SM) dobiva prednost u odnosu na Španjolska I (ESP I). Primjenom komande za promjenu kriterija dobivaju se odgovori na pitanje osjetljivosti redoslijeda alternativa u odnosu na težine ostalih kriterija.



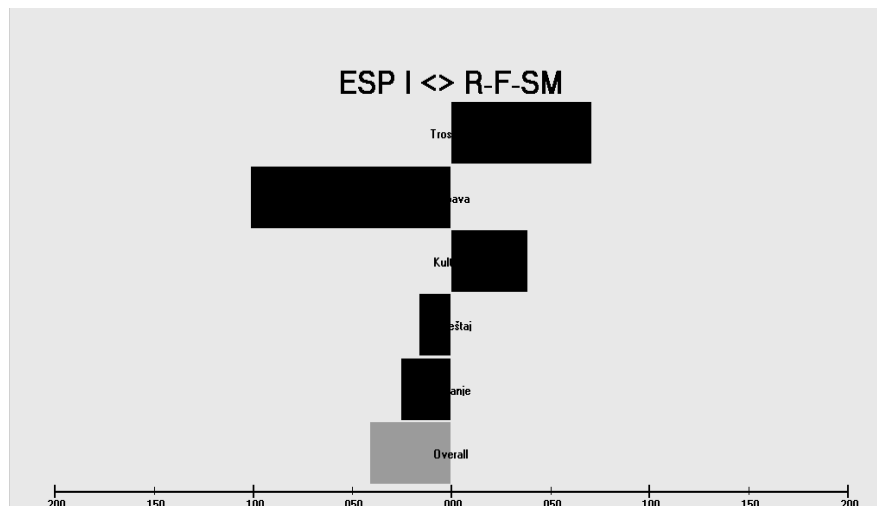
Slika 3: Analiza osjetljivosti pomoću softvera Expert Choice – opcija Gradient

Opcija Dynamic: u ovoj opciji moguće je vidjeti kako se dinamički mijenjaju prioriteti alternativa ukoliko se jednostavnim povlačenjem miša mijenjaju težine pojedinih kriterija. Ovaj ekran ima i opciju *Components* u kojoj je moguće vidjeti udjele težina pojedinih kriterija u ukupnom prioritetu alternativa. Pomoću ove opcije dobivaju se odgovori na pitanja poput npr.: « Kolika bi trebala biti težina kriterija *Ostali sadržaji* da bi odredište Grčka dobilo prednost pred odredištem Španjolska I?».



Slika 4: Analiza osjetljivosti pomoću softvera Expert Choice – opcija Dynamic

Opcija Differences: Na slici se vidi po kojim kriterijima odredište Španjolska I ima prednost pred odredištem Rim-Firenza-San Marino i obratno, te ukupna ponderirana prednost prvog odredišta. Kriterijima po kojima ima prednost odredište Španjolska I pridruženi su pravokutnici odgovarajućih površina usmjereni ulijevo (drugi, četvrti i peti pravokutnik odozgo), a pravokutnici pridruženi kriterijima po kojima ima prednost odredište Rim-Firenza-San Marino orjentirani su udesno. Ukupna prednost prvog odredišta nad drugim prikazana je pravokutnikom na najnižoj razini koji je orjentiran ulijevo. Jednostavnim korištenjem miša moguće je vizualizirati odnose razmatranih alternativa u svim parovima.



Slika 5: Analiza osjetljivosti pomoću softvera Expert Choice – opcija Differences

Literatura

1. Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process,
2. Triantaphyllou, E., (2000), Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands
3. Pomerol, J-C., Barba-Romero, S., (2000), Multicriterion Decision in Management: Principles and Practice, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands

Preporučena literatura:

1. Saaty, T.L., *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, 4922 Ellsworth Ave., Pittsburgh, PA 15213.

Od mnogih knjiga koje se bave AHP metodom i njezinim primjenama ova se smatra klasičnim djelom. Autor metode AHP u njoj objašnjava teoretske pretpostavke na kojima je ona utemeljena i daje brojne primjere kojima ilustrira pojedine specifičnosti

metode. Primjeri nisu trivijalni i omogućuju prepoznavanje upotrebne vrijednosti metode.

2. Triantaphyllou, E., (2000), *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands

Postoji nekoliko metoda koje se mogu upotrijebiti kod izbora alternativa po više kriterija. U ovoj knjizi odgovara se na pitanje «Koja je metoda najbolja?» tako da se analizira i uspoređuje njihova primjenjivost u različitim situacijama odlučivanja. Te usporedbe se provode s teoretskog i s praktičnog stajališta.

Softver:

1. Expert Choice

<http://www.expertchoice.com>

Osim profesionalne verzije, na ovoj adresi može se naći i demo verzija ovog softvera. Također postoji link na stranicu s informacijama o verziji softvera Team Expert Choice 2000, namijenjenoj za grupno odlučivanje.

2. HIPRE 3+

<http://www.hipre.hut.fi>

Ovo je softver koji podržava metodu AHP i metodu SMART. Postoji nekoliko inačica ovog programa među kojima i demo verzija, te HIPRE 3+ Group, softver namijenjen grupnom odlučivanju.

3. Logical Decision

<http://www.logicaldecisions.com>

I ovaj softver ima nekoliko inačica među kojima su demo verzija i verzija za grupno odlučivanje. Softver omogućuje određivanje težina (prioriteta) pomoću pet metoda među kojima je i AHP.

Resursi na Webu:

1. Sa svih stranica koje su navedene u pregledu softvera postoje linkovi na stranice s edukacijskim materijalom, te na stranice s informacijama o primjenama metoda.

2. Web-HIPRE Global Decision Support

<http://www.hipre.hut.fi/>

Na ovoj stranici je web verzija HIPRE 3+ softvera i kvalitetan e-Learning materijal s mnoštvom informacija o višekriterijskoj analizi.