

**VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE - PRIMER IZBORA
DOBAVLJAČA POMOĆU AHP METODE
MULTICRITERIA DECISION MAKING - PRACTICAL EXAMPLE OF
AHP BASED APPROACH FOR SUPPLIER SELECTION**

Jovana Mihailovic
Vip mobile d.o.o.
j.mihailovic@vipmobile.rs

REZIME: U radu je opisan problem višekriterijumskog odlučivanja na primeru izbora dobavljača. Odabir najboljeg ponuđača je složeni zadatak koji zahteva analizu više kvalitativnih i kvantitativnih kriterijuma, najčešće konfliktnih, na osnovu kojih donosilac odluke treba da izabere najbolju alternativu. Cilj rada je da, na primeru jedne kompanije iz Beograda, prikaže kako donosilac odluke metodom analitičkog hijerarhijskog procesa i pomoću programa Expert Choice može da izabere najboljeg dobavljača. U radu su definisani kriterijumi ocenjivanja dobavljača, alternative, opisan je proces proračuna u Expert choice programu i urađena analiza osetljivosti rešenja.

KLJUČNE REČI: Višekriterijumsko odlučivanje, AHP metoda, izbor dobavljača, Expert Choice.

ABSTRACT: Paper presents multi-criteria decision making problem of supplier selection. When evaluating and choosing the best supplier, decision maker faces complex task that usually consists of analyzing many qualitative and quantitative conflicting performance measures. On practical example applied in one company from Belgrade, this paper describes how decision maker can chose the best supplier by using Analytical Hierarchical Process and software Expert Choice. This study identifies criteria used for decision making, alternatives, and presents Expert Choice calculation and sensitivity analysis of solution.

KEY WORDS: Multi-criteria decision making, AHP method, supplier selection, Expert Choice

1. UVOD

Cilj višekriterijumskog odlučivanja je da preporuči donosiocu odluke izbor najbolje mogućnosti iz konačnog skupa alternativa analizirajući ih iz više uglova odnosno kroz više atributa. Idealno bi bilo kada bi neka od alternativa bila najbolja po svim kriterijumima poređenja i rešenje takvog zadatka donosiocima odluke ne bi predstavljalo problem. Međutim u gotovom svim realnim situacijama i primerima odlučivanja najbitniji kriterijumi su međusobno delimično ili potpuno konfliktni.

Oblast višekriterijumskog odlučivanja počela je da se ozbiljnije razvija još od sedamdesetih godina. Danas postoji preko hiljadu različitih metoda višekriterijumskog odlučivanja, što je dovelo do toga da je izbor prave tehnike postao i sam zadatak odlučivanja (Saaty & Ergu, 2015). Najčešće korišćene i analizirane metode višekriterijumskog odlučivanja su AHP (Analytic Hierarchy Process), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to ideal Situation), ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité), PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations), IKOR (Iterativno kompromisno rangiranje), SMART (Simple Multiattribute Rating Technique) i DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory).

U literaturi postoji mnogo radova u kojima su rađena poređenja različitih metoda višekriterijumskog odlučivanja (Velasquez & Hester, 2013, Chai, Liu & Ngai, 2013, Hodgett, 2015). Teško je proceniti koja metoda je najbolja, s obzirom na to da su različite tehnike davale različite rezultate kada su prime-

njivane na istim problemima. Veliki izazov je oceniti, klasifikovati i porediti metode jer sve one, u nekom delu, zavise od procena koje daje donosilac odluke, a ta ocenjivanja se rade na različite načine (Saaty & Ergu, 2015).

AHP metoda se pokazala kao najčešće korišćena tehnika i najviše analizirana tehnika višekriterijumskog odlučivanja (Bruno et al, 2012, Chai Liu & Ngai, 2013, Hodgett, 2015, Bentes et al, 2012). Pregled literature pokazao je da je AHP metoda široko primenjena u različitim oblastima odlučivanja: alokacija resursa, poslovno planiranje, postavljanje organizacionih prioriteta, kreiranje kompanijske strategije, predviđanje, kvalitativni menadžment i mnoge druge. Kompanija Ford koristila je AHP metodu da odredi prioritet kriterijuma kako bi poboljšala zadovoljstvo korisnika (1999). British airways je uz pomoć AHP metode birala ponuđača sistema za zabavu za sve svoje flote (1988). Dogovor "Pittsburgh Principles" između Izraela i Palestine postignut je pomoću AHP metode (2011). IBM je koristio AHP metodu kao pomoć u marketinškoj kampanji za AS 400 kompjuter (1991). Neki od razloga čestog korišćenja AHP tehnike su njena jednostavnost (donosilac odluke poredi uvek po dva kriterijuma), prilagodljivost (što je omogućeno korišćenjem hijerarhijske strukture) i dostupnost softverskih podrški koje su razvijeni za nju. Dodatno, AHP metoda kao podrška višekriterijumskom odlučivanju može da se koristi u kombinaciji i sa drugim metodama: analiza obavijanja podataka -DEA (Data Envelopment Analysis), teorija fazi skupova, genetski algoritmi, metoda uravnoteženih pokazatelja-BSC (Balanced Scorecard).

1.1. Izbor dobavljača - problem višekriterijumskog odlučivanja

Izbor dobavljača je proces koji podrazumeva nabavku potrebnog materijala, servisa ili oprerme za različite tipove poslovanja. Izbor dobavljača je kompleksni problem koji podrazumeva analizu više kriterijuma koji imaju različite merne jedinice i više alternativa. Skoro svaka kompanija se bavi izborom dobavljača i najčešće korišćeni kriterijumi odlučivanja su cena, kvalitet i mogućnost da se ispune rokovi. U donošenju odluka učestvuju više stručnjaka iz različitih oblasti i njihov zadatak je da procene najbolju alternativu iz skupa mogućnosti ocenjujući ih kroz više kriterijuma i u što kraćem vremenskom roku. Tehnike višekriterijumske analize razvijene su da pomognu stručnjacima da dostignu svoj cilj, odnosno izaberu najboljeg ponuđača. Pregled literature pokazao je da je AHP najčešće korišćena metoda za izbor dobavljača (Bruno et al, 2012, Chai Liu & Ngai, 2013). Postoji više razloga široke primene AHP metode: mogućnost da hijerarhijski predstavi problem što omogućava lakše analitičko donošenje odluka, može da koristi materijalne i nematerijalne atribute i karakteristike, moguće je praćenje konzistencije koju donosilac odluke ima prilikom izbora preferencija i može da se koristi u kombinaciji sa mnogim drugim metodama.

Cilj rada je da primeni AHP metodu u praksi, da na primeru jedne kompanije iz Beograda reši problem izbora dobavljača uz pomoć AHP metode korišćenjem softverskog alata Expert Choice. Ovaj primer trebao bi da istakne jednostavnost korišćenja metode koju bi, uz kraću edukaciju, na realnim problemima mogli da primene i laici kao i korist koju bi kompanije imale primenjujući AHP metodu prilikom višekriterijumskog odlučivanja. U prvom delu rada opisana je AHP metoda (poglavlje 2). Treće poglavlje sadrži praktičnu primenu AHP metode. U njemu su detaljnije opisani problem izbora dobavljača, metodologija koja je korišćena za izbor najboljeg ponuđača, definisani su kriterijumi ocenjivanja i grupisani u hijerarhijsku strukturu, određene su relativne težine atributa (3.1) i kriterijuma (3.2). U poslednjem odeljku prikazani su rezultati dobijeni uz pomoć programa Expert choice i urađena je analiza osetljivosti (3.4).

2. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES

Analitički hijerarhijski proces (AHP) je metoda višekriterijumskog odlučivanja koja pomaže donosiocu odluke da reši složen problem sačinjen od više konfliktnih kriterijuma. Autor AHP metoda je Saaty.

Proces modeliranja analitičkog hijerarhijskog procesa čine sledeće faze:

1. Strukturiranje problema
2. Međusobno poređenje kriterijuma i određivanje relativnih težina kriterijuma
3. Međusobno poređenje alternativa i agregiranje korisnosti alternativa tj određivanje rešenja problema
4. Analiza osetljivosti

Kao i kod svih metoda višekriterijumskog odlučivanja, prvi korak je strukturiranje problema odnosno definisanje cilja, kriterijuma i alternativa. Najveća prednost AHP metode je u tome što je kriterijume moguće strukturirati hijerarhijski. Definisanjem atributa u više nivoa omogućava se efikasniji rad sa složenim, realnim problemima. Korisniku to olakšava procesu težinskih faktora jer može da se u datom trenutku fokusira samo na deo problema tj. koncentriše na određene kriterijume i podkriterijume.

Druga faza počinje prikupljanjem podataka i njihovim merenjem. Donosilac odluke poredi po dva atributa odnosno posmatra parove atributa jednog hijerarhijskog nivoa. Psiholozi tvrde da je lakše i preciznije oceniti samo dve alternative nego sve alternative odjednom (Ishizaka & Labib, 2009). Isti proces se ponavlja za sve nivoe hijerarhije. Saaty, tvorac AHP metode, definisano je skalu sa devet tačaka za dodeljivanje težina atributima koja se pokazala vrlo uspešnom u rešavanju realnih problema. Skala sa devet tačaka prikazana je u tabeli 1, 9 je najveća dominacija jednog atributa u odnosu na drugi, odnosno 1/9 je najmanje značajna vrednost koju atribut može da ima u odnosu na svog para. Poželjno je da donosioci odluke svoje ocene daju u neparnim brojevima (1,3,5,7,9), osim u slučajevima kada ne mogu da se odluče i kada se dvoume između dve vrednosti, u tom slučaju se koriste vrednosti između tj. parni brojevi (2,4,6,8).

Tabela 1: Skala devet tačaka (Saaty, 1977)

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	Jednaka preferencija	i i j su jednako važni
3	Umerena preferencija	i je malo važnije od j
5	Jaka preferencija	i je važnije od j
7	Vrlo jaka preferencija	i je dosta važnije od j
9	Ekstremna preferencija	i je apsolutno važnije od j
2, 4, 6, 8	Kompromis između gore navedenih vrednosti	Kada donosioc odluke ne može da se odluči za neku od gornjih vrednosti
Recipročno od gornjih vrednosti	Ako aktivnost i ima neku od gornje navedenih vrednosti kada se poredi sa aktivnošću j , tada aktivnost j ima recipročnu vrednost kada se poredi sa i	

Sledeći korak je procena relativnih težina atributa. Pretpostavlja se da dati nivo hijerarhije ima n atributa $A_1, A_2 \dots A_n$ koji imaju težine $w_1, w_2 \dots w_n$. Matrica uređenih parova (A) predstavljena je u tabeli 2. Vektor težina w može se izračunati pomoću jednačine 1:

$$Aw = nw \text{ ili } (A - nI)w = 0 \quad (1)$$

Tabela 2: Matrica uređenih parova

$$A = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ A_1 & \begin{bmatrix} w_1 \\ w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \\ A_2 & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \\ A_n & & & & \begin{bmatrix} w_n \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \end{matrix} = A$$

Tabela 3: Jednačina za izračunavanje w

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

U opštem slučaju nisu poznate precizne vrednosti $\frac{w_i}{w_j}$ već vrednost koja odgovara Saaty skali od devet tačaka (Saaty, 2013). Najveća sopstvena vrednost nije više jednaka n već je zamenjena najvećom sopstvenom vrednosti matrice A' , λ_{max} (tabela 4, tabela 5). Jednačina koju je potrebno rešiti u tom slučaju je:

$$A'w' = \lambda_{max} w' \tag{2}$$

Tabela 4: Matrica uređenih parova

$$A' = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Tabela 5: Jednačina za izračunavanje w

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda_{max} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Važan element AHP analize je izračunavanje indeksa konzistentnosti CI i racija konzistentnosti CR. Ove vrednosti pokazuju koliko su ocenjivanja koja su eksperti dali međusobno konzistentna. Indeks konzistentnosti kao mera odstupanja n od

λ_{max} i racio konzistentnosti mogu da se izračuna pomoću jednačina 3 i 4 (Saaty, 1977).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{3}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{4}$$

RI je proizvoljni indeks (prosečna vrednost CI izračunata je iz 500 matrica koje je tabelarno definisao Saaty (Saaty, 1977), vrednosti za RI su prikazane u tabeli 6). Kada je smatra se da posmatrana matrica ima zadovoljenu konzistenciju.

Tabela 6: Vrednosti RI

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Nakon što se izračunaju lokalni prioriteti sa svih nivoa radi se sinteza tj. računanje globalnog ili kompozitnog vektora. On može da se izračuna množenjem vektora težina svih sukcesivnih nivoa.

Poslednji korak je analiza osetljivosti. Ona podrazumeva proveru stabilnosti rešenja odnosno posmatranje rešenja problema u slučaju promena ulaznih podataka. Za rešenje se kaže da je robusno ukoliko se poredak alternativa ne promeni prilikom malih varijacija ulaznih podataka.

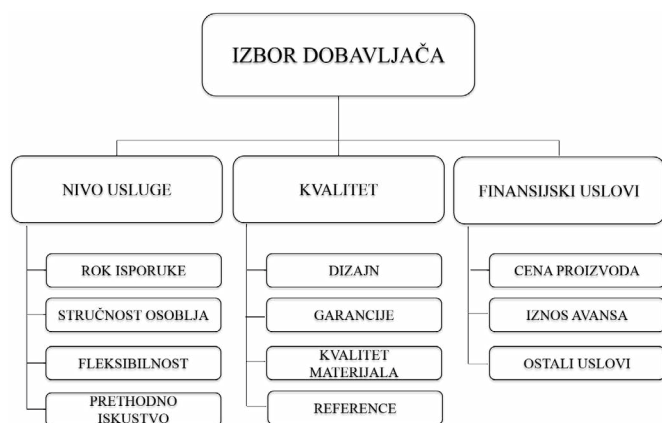
3. IZBOR DOBAVLJAČA – PRIMENA AHP METODE

Primena AHP metode u praksi prikazana je na primeru beogradske kompanije MBT Concept. Kompanija se bavi konsultantskim uslugama za nabavku nameštaja, rasvete i druge opreme za enterijere. U vreme pisanja rada kompanija je radila na velikom projektu opremanja hotela i jedan od problema koji je imala jeste izbor dobavljača nameštaja pa je taj projekat i izabran kao primer za primenu AHP metode. Da bi se problem što preciznije definisao i metoda primenila u skladu sa potrebama kompanije organizovano je više sastanaka sa predstavnicima kompanije. Jos jedan od ciljeva ovih sastanaka je bio da se zaposleni upoznaju sa metodologijom čime bi im se omogućilo korišćenje ove metode i u budućem poslovanju. U projektu su učestvovali predstavnici sektora za nabavku, a glavne odluke su donosili menadžer nabavke i finansijski direktor. Na prvom sastanku im je predstavljena AHP metoda, njeni koraci, način na koji ona može da se primeni sa akcentom na delove u kojima je bilo potrebno njihovo učestvovanje tj. donošenje odluka.

Problem izbora dobavljača rešavan je sledećim koracima: definisanje cilja, kriterijuma i podkriterijuma, definisanje alternativa, međusobno poređenje kriterijuma, međusobno poređenje alternativa po svakom kriterijumu, agregacija lokalnih rezultata i analiza osetljivosti. Prilikom rešavanja problema korišćen je program Expert Choice.

Prvi izazov bio je definisanje kriterijuma ocenjivanja i kreiranje njihove hijerarhijske strukture. Neki od predloženih atributa za izbor dobavljača definisani su u literaturi (Sung & Ra-

mayya, 2008). Kriterijumi korišćeni u ovom radu prilagođeni su potrebama kompanije MBT Concept. Najbitniji kriterijumi koje ova kompanija koristi prilikom izbora dobavljača definisani su na sastancima sa menadžerom nabavke i finansijskim direktorom. Atributi su grupisani u tri velike celine: nivo usluge, kvalitet i finansijski uslovi. Nivo usluge se sastoji od sledećih podkriterijuma: rok isporuke (vreme koje je potrebno dobavljaču da proizvede, transportuje i postavi nameštaj), stručnost osoblja (koliko su profesionalni i informisani predstavnici dobavljača), fleksibilnost (koliko brzo kompanija može da reaguje na promene u specifikaciji), prethodno iskustvo (ukoliko je kompanija ranije saradivala sa tim dobavljačem), Atributi koji detaljnije opisuju kvalitet su: dizajn (sličnost između ponudjenog i specificiranog nameštaja), garancije (dužina garantnog perioda), kvalitet materijala (kvalitet tkanine, drveta i drugog materijala koji se koristi prilikom pravljenja nameštaja), reference (raniji projekti na kojima je kompanija radila, posebno hoteli). Finansijske kriterijume čine: cena proizvoda, iznos avansa, ostali uslovi plaćanja (npr. u kom trenutku se isplaćuje preostali iznos fakture). Kriterijumi su nakon toga raspoređeni u hijerarhijsku strukturu. Struktura je prikazana je na slici 1.



Slika 1. Hijerarhijska struktura problema izbora dobavljača

Tri dobavljača su uzeta u obradu. Radi zaštite podataka o ponuđačima, alternative tj. dobavljači obeleženi su sa Dobavljač A, Dobavljač B, Dobavljač C. Autoru rada poznate su kompanije kao i ponude koje su oni dostavili.

3.1. Ocenjivanje relativnih kriterijuma

nakon definisanja atributa i njihovog raspoređivanja u hijerarhijsku strukturu, sledipoređenje atributa po parovima, prvo na jednom, a zatim i na drugom nivou. Prilikom ocenjivanja korišćena je skala od devet tačaka prikazana sa slici 2. Donosiocima odluke, radi lakšeg ocenjivanja, savetovano je da koriste neparne ocene (1,3,5,7,9) a ukoliko u nekim situacijama nisu mogli da se odluče između dve vrednosti da koriste parne (2,4,6,8).



Slika 2. Skala od devet tačaka u Expert Choice

Vrednosti koje su dodeljene atributima kao i prioriteti ondosno težinski koeficijenti (TK) koji su izračunati prikazani su u tabeli 3. Prilikom ocenjivanja atributa i alternativa potrebno je voditi računa o konzistentnosti.

Tabela 7. Matrice poređenja atributa

IZBOR DOBAVLJAČA	Nivo usluge	Kvalitet	Fin. uslovi	TK
Nivo usluge	1	1/4	1/5	0.093
Kvalitet	4	1	1/3	0.280
Fin. uslovi	5	3	1	0.627

IC=0.08

NIVO USLUGE	Rok isporuke	Stručnost o.	Fleksibilnost	P. iskustvo	Lokalni TK	Globalni TK
Rok isporuke	1	4	5	1/2	0.354	0.033
Stručnost o.	1/4	1	1/2	1/3	0.091	0.008
Fleksibilnost	1/5	2	1	1/4	0.112	0.011
P. iskustvo	2	3	4	1	0.443	0.041

IC=0.09

KVALITET	Dizajn	Garancije	Kvalitet m.	Lokalni TK	Globalni TK
Dizajn	1	1	1	0.250	0.070
Garancije	1	1	1	0.250	0.070
Kvalitet m.	1	1	1	0.250	0.070
Reference	1	1	1	0.250	0.070

IC=0

FIN. USLOVI	Cena	Avans	Ostali uslovi	Lokalni TK	Globalni TK
Cena	1	8	7	0.777	0.487
Avans	1/8	1	1/3	0.070	0.044
Ostali uslovi	1/7	3	1	0.153	0.096

IC=0.1

Primećuje se da finansijski uslovi imaju poprilično veći uticaj na izbor u odnosu na druge kriterijume, sa ponderom od 62.7%. Najvažniji kriterijum drugog nivoa je cena proizvoda i njen uticaj je 48.7% na izbor najboljeg dobavljača.

3.2. Ocenjivanje dobavljača

Poređenje alternativa po svakom atributu (Slika 3) radi se nakon što su definisani atributi i proračunati njihovi težinski koeficijenti. Vrednosti koje su izabrane prikazane su u tabeli 4.

Slika 3. Poređenje alternativa po kriterijumu

Tabela 8. Matrice poređenja alternativa

Rok i.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1/3	1/2	0.163
Dob. B	3	1	2	0.540
Dob. C	2	1/2	1	0.297

IC=0.1

Fleksib	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1/2	2	0.297
Dob. B	2	1	3	0.540
Dob. C	1/2	1/3	1	0.163

IC=0.08

Stručn.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1	3	0.429
Dob. B	1	1	3	0.429
Dob. C	1/3	1/3	1	0.143

IC=0

Pre. i.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1	1	0.333
Dob. B	1	1	1	0.333
Dob. C	1	1	1	0.333

IC=0

Dizajn	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	2	5	0.570
Dob. B	1/2	1	4	0.333
Dob. C	1/5	1/4	1	0.097

IC=0.02

Garan.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1	1	0.333
Dob. B	1	1	1	0.333
Dob. C	1	1	1	0.333

IC=0

Kv. m.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	2	4	0.558
Dob. B	1/2	1	3	0.320
Dob. C	1/4	1/3	1	0.122

IC=0.02

Refer.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	2	5	0.582
Dob. B	1/2	1	3	0.309
Dob. C	1/5	1/3	1	0.109

IC=0

Cena p.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1/3	1/4	0.143
Dob. B	3	1	1/2	0.286
Dob. C	4	2	1	0.571

IC=0.02

Avans	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1	1	0.333
Dob. B	1	1	1	0.333
Dob. C	1	1	1	0.333

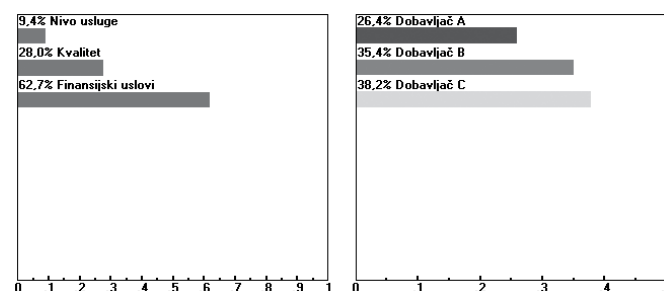
IC=0

O. usl.	Dob. A	Dob. B	Dob. C	Prioritet
Dob. A	1	1/4	1/2	0.143
Dob. B	4	1	2	0.571
Dob. C	2	1/2	1	0.286

IC=0

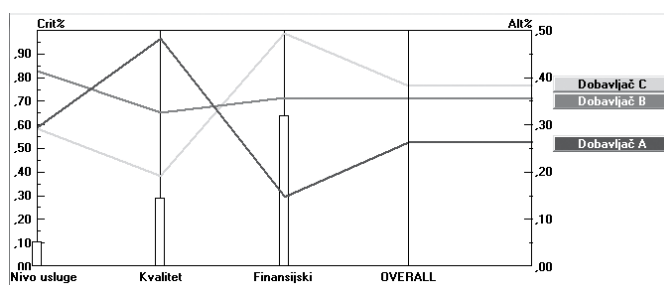
3.3. Rezultati i diskusija

rezultat primene AHP metode na izbor dobavljača prikazan je na slici 4 (na grafiku levo se vidi vrednost uticaja kriterijuma prvog nivoa na rešenje, a sa desne strane redosled alternativa). Dobavljač sa najboljim rezultatom tj. ponudom, na osnovu definisanih kriterijuma, je Dobavljač C sa ocenom 0.382. Drugi je Dobavljač B sa 0.354 i treći Dobavljač A sa 0.264.



Slika 4. Rezultat izbora najboljeg dobavljača

Poredak alternativa po svakom od kriterijuma, uticaj svakog od kriterijuma na konačno rešenje kao i ukupan poredak alternativa predstavljeni su na Slici 5.

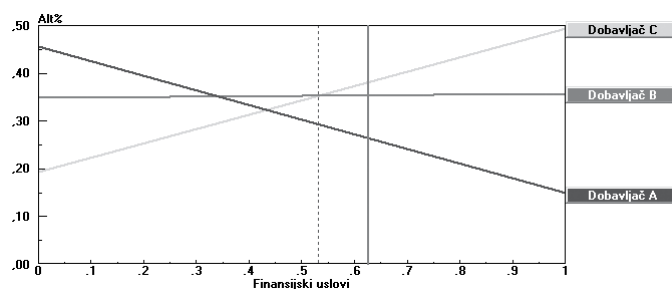


Slika 5. Analiza osetljivosti rešenja

Analizom grafika prikazanom na slici 5, vidi se da je Dobavljač C najbolji samo po finansijskom kriterijumu, koji ujedno ima i najveći ponder tj. udeo u donošenju odluke (62.7%). To znači da je Dobavljač C izabran samo zahvaljujući dobroj finansijskoj ponudi. Sa druge strane Dobavljač B je najbolji po nivou usluge, a drugi po nivou kvaliteta i finansijskim uslovima, a u odnosu na dobavljača C je bolji po oba kriterijuma. Dodatno, razlika između dobavljača B i C je samo 0.028 ili

2.8%. S obzirom na to da je razlika između alternativa vrlo mala, potrebno je uraditi analizu osetljivosti rešenja. Na ovaj način proverice se stabilnost rešenja ukoliko se malo promene ulazni podaci. Expert Choice je vrlo pogodan za ovu vrstu analize jer nudi mogućnost generisanja različitih grafika na kojima je jednostavno posmatrati promenu poretka alternativa sa promenama vrednosti pondera kriterijuma.

Prilikom ocenjivanja kriterijuma dobavljača nameštaja donosioci odluke su jedan kriterijum vrednovali značajnije više od ostalih. S obzirom na ovako veliku vrednost kriterijuma finansijski uslovi, postoji mogućnost da su donosioci odluke dali veću važnost finansijskim uslovima nego što je bilo potrebno i zbog toga bi prvo trebalo proveriti poredak dobavljača ukoliko bi se uticaj finansijskih uslova na odluku smanjio. Kako je dobavljač B bolji od dobavljača C po druga dva kriterijuma, do promene poredka alternativa doći će najbrže smanjenjem uticaja finansijskih uslova. Ukoliko se izabere opcija Gradient, iz Sensitivity menia Expert Choice programa, može preciznije da se oceni uticaj promene vrednosti svakog od kriterijuma na konačno rešenje.

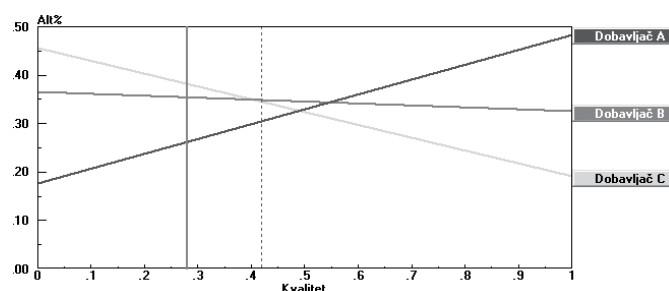


Slika 6. Gradijentni prikaz prema atributu finansijski uslovi

Na grafiku na slici 6, vertikalnim linijama su obeležene vrednosti uticaja finansijskih uslova (crvena - vrednost dobijena proračunom, isprekidana plava - varijacija uticaja finansijskih uslova), a ostale linije prikazuju poredak alternativa pri promeni uticaja finansijskih uslova na odlučivanje. Primećuje se da bi prilikom smanjenja uticaja finansijskih karakteristika za 0.1 tj. 10% (isprekidana plava linija) došlo do promene poredka dobavljača odnosno Dobavljač B bi bio najbolja alternativa. Kada se smanji uticaj jednog kriterijuma, uticaj drugih je potrebno povećati. Dobavljač C je bolji od Dobavljača B po kriterijumima nivo usluge i kvalitet i ta razlika je približno ista

za oba kriterijuma. Moguće je napraviti različite kombinacije pondera za nivo usluge i kvalitet, jedno od mogućih rešenja koje je i neutralno je da se ova dva kriterijuma podjednako povećaju tj po 5%.

Ako se posmatra samo uticaj kriterijuma kvalitet (slika 7) primećuje se da ukoliko bi on imao veći udeo u odlučivanju za 13% Dobavljač B bi bio najbolja alternativa, uticaj finansijskih uslova je smanjen za 11.3%, nivo usluge za 1.7%.

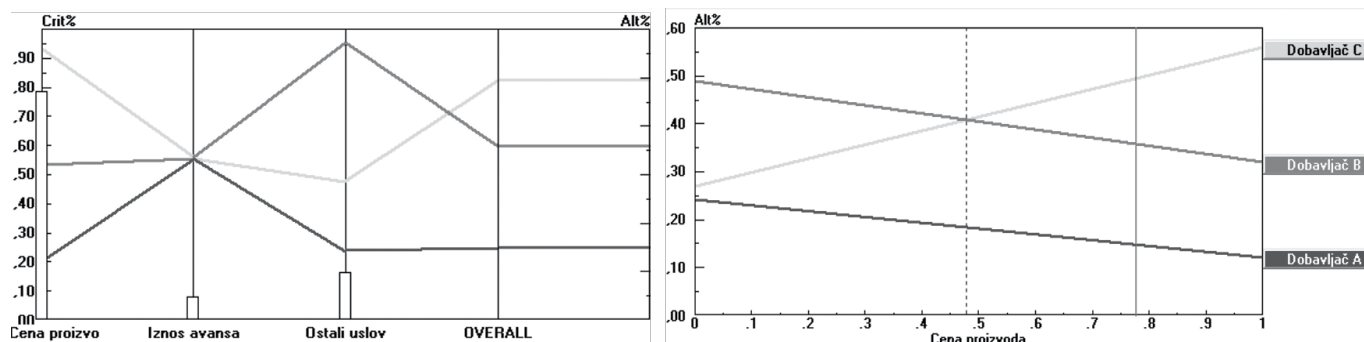


Slika 7. Gradijentni prikaz prema atributu kvalitet

Slicna analiza može da se uradi i posmatranjem uticaja atributa nivo usluge na donosenje odluke. Kada ponder za nivo usluge bio veći za 16% (druga dva kriterijuma su smanjeni- 10.6 % finansijski uslovi, 5.4% kvalitet), ponovo bi alternativa B bila bolja od alternative C.

Expert choice nudi mogućnost da se analiza osetljivosti radi u okviru kriterijuma drugog nivoa. Uticaj kriterijuma koji bi bilo najinteresantnije proveriti je cena proizvoda kao kriterijum sa najvećim ponderom. Na slici 8 sa leve strane je prikazan uticaj svih podkriterijuma finansijskih uslova, na grafiku sa desne strane je prikazan uticaj cene na poredak alternativa po finansijskim uslovima. Da bi doslo do promene redosleda dobavljača, bilo bi potrebno smanjiti uticaj cene čak za 30.3%, što je poprilično velika promena.

Prethodna analiza pokazala je koliko je važno da se nakon što se dobije rezultat primene AHP metode uradi analiza osetljivosti rešenja. U datom primeru Dobavljač C je bio izabran kao najbolji u krajnjem rezultatu, međutim dobavljač B je imao bolje rezultate po više pojedinačnih kriterijuma i kao takav je ozbiljan kandidat za dobijanje posla, pogotovo nakon što je urađena analiza osetljivosti. Pre nego što su mu predstavljeni rezultati, menadžeru prodaje je postavljeno pitanje šta on, na osnovu svog iskustva i ponuda koje je dobio, misli koji je



Slika 8. Analiza osetljivosti sa atributima drugog nivoa

dobavljač najpogodniji. On je izabrao Dobavljača B, a nakon što je video rezultate bio je sigurniji u svoju odluku.

Program Expert choice se pokazao kao vrlo intuitivan i jednostavan za korišćenje, proračun i analizu, međutim primećeni su i neki nedostaci. Prilikom poređenja alternativa bilo je dosta poteškoća tokom izbora na Saaty skali od devet tačaka. Na osnovu podataka koji su bili dostupni o dobavljačima nije bilo sasvim jasno koja vrednost u potpunosti odgovara kojem atributu i alternativu. Da bi se olakšalo ocenjivanje i ono bilo preciznije svaka kompanija bi trebala da za svaki od atributa definiše jasne i precizne kriterijume ocenjivanja. Expert choice nudi mogućnost da se neke alternative porede direktno na osnovu njihove brožčane vrednosti. Ovo je moguće, na primer, u sličaju cene proizvoda. Težinski koeficijent dobavljača za kriterijum cene računa se na osnovu ponuđene cene dobavljača. Ukoliko je u pitanju kriterijum minimizacije (cena proizvoda), ponderi se računaju na osnovu recipročne vrednosti cene. Kada su u primeru izbora dobavljača unete tačne vrednosti za cenu proizvoda, krajnji poredak dobavljača je bio izmenjen. Dobavljač B je bio najbolji sa 35.9%, a Dobavljač C je imao 34.4%. Hijerarhijska struktura simplifikuje problem i olakšava rešavanje zadatka, međutim da je struktura bila drugačija, odnosno atributi na najnižem nivou drugačije raspoređeni rezultat tj. poredak dobavljača bi mogao da bude drugačiji.

4. ZAKLJUČAK

Izbor dobavljača je kompleksan problem čije rešavanje podrazumeva složenu analizu različitih kriterijuma, kvalitativnih i kvantitativnih i više alternativa. Cilj kompanija je da u što kraćem roku i na što jednostavniji način izaberu najboljeg dobavljača. Pregled literature pokazao je veliko interesovanje za razvijanje modela za rešavanje problema izbora dobavljača, a primena AHP metode se pokazala kao najčešće citirana i korišćena. U skladu sa tim u radu je predložena AHP metoda višekriterijumskog odlučivanja za izbor dobavljača i na praktičnom primeru u kompaniji opisani su model i koraci u procesu odlučivanja. Ključni kriterijumi na osnovu kojih se vrši ocenjivanje dobavljača definisani su u saradnji sa kompanijom MBT Concept i napravljena je hijerarhijska struktura tih kriterijuma. Kriterijumi su svrstani u tri grupe: nivo usluge, kvalitet i finansijski uslovi. Analizirala su se tri dobavljača i njihove ponude na osnovu kojih je urađeno ocenjivanje. Softver Expert Choice korišćen je za proračun najboljeg dobavljača. AHP metoda i Expert choice su se pokazali kao vrlo intuitivni i jednostavni za korišćenje i primenu. Hijerarhijska struktura, poređenje po dva atributa i po dve alternative pojednostavili su proces odlučivanja. Expert Choice se pokazao dobrim i za analizu osetljivosti. S druge strane drugačija hijerarhijska struktura mogla

je da rezultira drugačijim poretom alternativa. Dodatno nije uvek bilo lako proceniti alternative na Saaty skali od devet tačaka. Preporuka je da svaka kompanija definiše sistem ocenjivanja za svaki od definisanih atributa kako bi ocenjivanje bilo preciznije. Pregled literature ukazuje na tendenciju da se AHP metoda koristi u kombinaciji sa drugim metodama matematičkog programiranja kao što su DEA metoda, genetski algoritmi, fuzzy skupovi, kao i u kombinaciji sa strateškim šemama kao što su SWOT i BSC analiza, pa se predviđa da će u buduću biti još veća primena AHP metode u odlučivanju u korporacijama iz različitih oblasti.

5. LITERATURA

- [1] Bentes et al.. (2012). Multidimensional assessment of organizational performance Integrating BSC and AHP. *Journal of Business Research*, 65(12), 1790-1799.
- [2] Bhushan, N & Rai, K. (2004). *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*. England: Springer-Verlag.
- [3] Bruno et al.. (2012). AHP-based approaches for supplier evaluation: Problems and perspectives. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 18(3), 159-172.
- [4] 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), 3872-3885.
- [5] Hodgett, R. (2015). Comparison of Multi-Criteria Decision-Making Methods for Equipment Selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-13.
- [6] Ishizaka, A & Labib, A. (2009). Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations. *ORInsight*, 22(4), 201-220.
- [7] Saaty, T & Ergu, D. (2015). When is a Decision-Making Method Trustworthy? Criteria for Evaluating Multi-Criteria Decision-Making Methods. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 14(6).
- [8] Saaty, T. (2013). The Modern Science of Multicriteria Decision Making and Its Practical Applications: The AHP/ANP Approach. *Operations research*, 61(5), 1101-1118.
- [9] Saaty, T. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of mathematical psychology*, 15, 234-281.
- [10] Sung, H & Ramayya, K. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1303-1311.
- [11] Velasquez, M & Hester, T. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International Journal of Operations Research*, 10(2), 56-66.



Jovana Mihailović, Vip mobile
Kontakt: j.mihailovic@vipmobile.rs
Oblasti interesovanja: Mobilne komunikacije, inženjerski menadžment, odlučivanje

