



Univerzitet Singidunum
Departman za posleddiplomske studije

Master akademski program
Savremene informacione tehnologije

Dušan Damjanović

**Primena AHP metode na selekciju i
evaluaciju dobavljača**

- Master rad -

Beograd, 2013. godine



Univerzitet Singidunum
Departman za posleddiplomske studije

Master akademski program
Savremene informacione tehnologije

**Primena AHP metode na selekciju i
evaluaciju dobavljača**
- Master rad -

Mentor:
prof. dr Angelina Njeguš

Rukovodilac programa:
prof. dr Milan Milosavljević

Kandidat:
Dušan Damjanović

Broj indeksa:
158/2007

Beograd, 2013. godine

PRIMENA AHP METODE NA SELEKCIJU I EVALUACIJU DOBAVLJAČA

Apstrakt – Izbor dobavljača je važan proces za efikasno upravljanje zalihama. To je višekriterijumski problem koji obuhvata kako kvalitativne, tako i kvantitativne faktore (kriterijume). Kompromis između materijalnih i nematerijalnih faktora je od suštinskog značaja za izbor najboljeg dobavljača. Razvijen je veliki broj modela i tehnika koji se bave izborom i ocenjivanjem dobavljača. U ovom radu će biti korišćen Analitički Hijerarhijski Proces (AHP) i softverski paket Expert Choice za odabir optimalnih dobavljača koji u najvećoj meri zadovoljavaju postavljene kriterijume.

Ključne reči: Analitički Hijerarhijski Proces (AHP), izbor dobavljača, donošenje odluka, sistemi za podršku odlučivanju (SPO), Expert Choice

APPLICATION OF AHP METHOD IN SUPPLIER SELECTION AND EVALUATION

Abstract – Supplier selection is an important process for an effective inventory management. It is a multi-criterion problem which includes both qualitative and quantitative factors (criteria). A compromise between these tangible and intangible factors is essential in selecting the best supplier. A number of models and techniques have been developed to deal with selecting and evaluating suppliers. This paper uses the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Expert Choice software package to select optimal suppliers that generate the most satisfaction for the criteria.

Keywords: Analytic Hierarchy Process (AHP), supplier selection, decision making, Decision Support Systems (DSS), Expert Choice

SADRŽAJ

1 UVOD	- 1 -
2. ODLUČIVANJE.....	- 5 -
2.1 POJAM	- 5 -
2.2 RAZVOJ NAUKE O ODLUČIVANJU	- 6 -
2.3 FAZE PROCESA ODLUČIVANJA	- 8 -
3. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES	- 11 -
3.1 POJAM	- 11 -
3.2 METODOLOŠKI KONCEPT AHP METODE	- 11 -
3.3 MATEMATIČKI KONCEPT AHP METODE.....	- 12 -
3.4 KONZISTENTNOST	- 15 -
3.5 PRIMER.....	- 17 -
4. SISTEMI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU	- 20 -
4.1 POJAM	- 20 -
4.2 STRUKTURA SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU	- 21 -
4.3 PRINCIP I OSOBINE RADA SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU	- 26 -
4.4 KLASIFIKACIJA SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU.....	- 27 -
4.5 PREDNOSTI I OGRANIČENJA SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU	- 29 -
4.6 EKSPERTNI SISTEMI	- 30 -
4.7 HIBRIDNI SISTEMI	- 35 -
5. PROGRAM EXPERT CHOICE 11.....	- 36 -
5.1 NUMERIČKA SKALA.....	- 37 -
5.2 VERBALNA SKALA	- 38 -
5.3 GRAFIČKA SKALA.....	- 39 -
5.4 DYNAMIC GRAFIČKI PRIKAZ	- 41 -
5.5 PERFORMANCE GRAFIČKI PRIKAZ.....	- 42 -
5.6 GRADIENT GRAFIČKI PRIKAZ	- 43 -
5.7 UPOREDNI (HEAD TO HEAD) GRAFIČKI PRIKAZ	- 44 -
6. PROCES IZBORA DOBAVLJAČA.....	- 45 -
6.1 PREGLED LITERATURE.....	- 45 -
6.2 ODREĐIVANJE BROJA DOBAVLJAČA	- 46 -
6.3 PROCENA PRILIKOM IZBORA DOBAVLJAČA	- 47 -
6.4 DEFINISANJE KRITERIJUMA I PODKRITERIJUMA ZA IZBOR DOBAVLJAČA	- 48 -
6.5 ODREĐIVANJE TEŽINA KRITERIJUMA I PODKRITERIJUMA	- 52 -
6.6 RANGIRANJE I EVALUACIJA DOBAVLJAČA	- 58 -
6.7 REZULTATI EVALUACIJE DOBAVLJAČA.....	- 67 -
6.8 ANALIZA OSETLJIVOSTI	- 68 -
6.8.1 Analiza osetljivosti u AHP-u.....	- 68 -
6.8.2 Performance i dynamic analiza osetljivosti	- 68 -
6.8.3 Gradient analiza osetljivosti.....	- 72 -
6.8.4 Head to head analiza osetljivosti	- 76 -
6.8.5 Rezultati analize osetljivosti	- 77 -
8. ZAKLJUČAK.....	- 78 -
LITERATURA	- 80 -
POPIS AKRONIMA	- 83 -

INDEKS SLIKA

Slika 1.	Proces odlučivanja	9
Slika 2.	Primer hijerarhije u AHP-u	12
Slika 3.	Opšti hijerarhijski model u AHP-u	13
Slika 4.	Hijerarhijska struktura problema	17
Slika 5.	Osnovne komponente DSS	21
Slika 6.	Savremeni sistem za podršku odlučivanju	22
Slika 7.	Princip rada korisnika sa sistemom za podršku odlučivanju (Barrett, Castore, 1989)	26
Slika 8.	Model ekspertnog sistema	33
Slika 9.	Struktura ekspertnih sistema (Turban, Aronson, 1998)	33
Slika 10.	ModelView prozor programa Expert Choice 11	36
Slika 11.	Numerička skala	37
Slika 12.	Verbalna skala	38
Slika 13.	Grafička skala	39
Slika 14.	Sinteza rezultata u odnosu na cilj	40
Slika 15.	Dynamic grafički prikaz analize osetljivosti	41
Slika 16.	Performance grafički prikaz analize osetljivosti	42
Slika 17.	Gradient grafički prikaz analize osetljivosti	43
Slika 18.	Uporedni (head to head) grafički prikaz analize osetljivosti	44
Slika 19.	Proces izbora dobavljača pomoću AHP-a	46
Slika 20.	Hijerarhija izbora dobavljača	51
Slika 21.	Prikaz cilja, kriterijuma i podkriterijuma u Model View prozoru	52
Slika 22.	Određivanje relativnih težina kriterijuma	53
Slika 23.	Rangiranje kriterijuma po prioritetima	54
Slika 24.	Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Kvalitet“	55
Slika 25.	težina podkriterijuma za kriterijum „Cena“	55
Slika 26.	Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Isporuka“	56
Slika 27.	Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Tehnička sposobnost“	56
Slika 28.	Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Finansijska stabilnost“	57
Slika 29.	Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Odnos sa dobavljačem“	57
Slika 30.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Prethodne isporuke“	58
Slika 31.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „ISO 9001 sertifikat“	59
Slika 32.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Reakcija na reklamacije“	59
Slika 33.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Cena proizvoda“	60
Slika 34.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Uslovi plaćanja“	60
Slika 35.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Pravovremena isporuka“	61
Slika 36.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Ukupno vreme isporuke“	62
Slika 37.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Godišnji kapacitet“	62

Slika 38.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Tehnička podrška“	63
Slika 39.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Ukupan prihod“	64
Slika 40.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Finansijski izveštaj“	64
Slika 41.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Reciprocitet“	65
Slika 42.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Primarni ili sekundarni dobavljač“	66
Slika 43.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Važnost saradnje“	66
Slika 44.	Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Reakcija dobavljača“	67
Slika 45.	Grafički prikaz evaluacije dobavljača	67
Slika 46.	Performance analiza osetljivosti za Scenario 1	69
Slika 47.	Dynamic analiza osetljivosti za Scenario 1	69
Slika 48.	Performance analiza osetljivosti za Scenario 2	70
Slika 49.	Dynamic analiza osetljivosti za scenario 2	70
Slika 50.	Performance analiza osetljivosti za Scenario 3	71
Slika 51.	Dynamic analiza osetljivosti za Scenario 3	71
Slika 52.	Gradient analiza osetljivosti - Finansijska stabilnost – Ukupan prihod	72
Slika 53.	Gradient analiza osetljivosti – Finansijska stabilnost – Finansijski izveštaj	73
Slika 54.	Gradient analiza osetljivosti – Cena – Cena proizvoda	73
Slika 55.	Gradient analiza osetljivosti – Cena – Uslovi plaćanja	74
Slika 56.	Gradient analiza osetljivosti (lokalna) – Cena – Cena proizvoda	74
Slika 57.	Gradient analiza osetljivosti (lokalna) – Cena – Uslovi plaćanja	75
Slika 58.	Head to head analiza osetljivosti Dobavljača A i B	76
Slika 59.	Head to head analiza osetljivosti Dobavljača A i C	76

INDEKS TABELA

Tabela 1.	Satijeva skala vrednovanja	13
Tabela 2.	Slučajni indeksi	17
Tabela 3.	Lista definisanih kriterijuma sa ocenama ispitanika	49

1 Uvod

Samo odlučivanje je staro koliko i čovečanstvo. Ljudi su oduvek donosili odluke (a da često i nisu bili svesni da to čine), jer odlučivanje u stvari predstavlja sastavni deo svakodnevnog života. Međutim, kako je taj život vremenom postajao sve kompleksniji i komplikovaniji, bilo je potrebno ovladati i sve većim fondom znanja u cilju donošenja ispravnih odluka.

Pitanje izbora dobavljača zaokuplja pažnju istraživača još od '60-ih godina prošlog veka. Sprovedene su brojne studije da bi se odredili najrelevantniji kriterijumi za donošenje konačne odluke. U početku, istraživači nisu pridavali značajniju pažnju kvalitativnim kriterijumima prilikom evaluacije pa su oni u tom periodu bili manje vrednovani od kvantitativnih. Međutim u novije vreme, razvojem metoda za podršku odlučivanju, kvalitativni faktori zavređuju mnogo veću pažnju prilikom izrade modela za problem izbora dobavljača.

Donošenje odluka je samo po sebi složen skup radnji, a odgovornost za donete odluke u razvijenim zemljama obično je podložna strogoj proverbi i odbrani. U tom smislu, danas se intenzivno radi na standardima za praćenje i ocenu parametara koji determinišu osnovna pitanja strateškog, ali i drugih vidova odlučivanja. Važan deo navedenih zahteva moguće je zadovoljiti matematičko-računarskim alatima, programskim paketima i programskim sistemima koji se zajedničkim imenom nazivaju sistemima za podršku odlučivanju.

Smatra se da je koncept sistema za podršku odlučivanju nastao kao rezultat teorijskih istraživanja organizacionog donošenja odluka i rada sa računarskim sistemima tokom 60-ih godina prošlog veka. Primena prvih sistema za podršku odlučivanju ogledala se u pronalaženju načina da računari i primenjeni analitički modeli pomognu menadžerima u donošenju ključnih odluka.

Implementacija ovih softvera i rad sa njima je suštinski prelaz na savremene metodologije i tehnologije odlučivanja. Veliki interes za sve veću primenu ovih modernih oruđa analize i sinteze ekspertskih i drugih stručnih i političkih znanja u procesu odlučivanja proističe iz rastuće svesti da računarski podržano odlučivanje predstavlja višestruku korist za sve činioce jednog društva – umanjuje se subjektivitet i povećava odgovornost za odluke na svim nivoima procesa odlučivanja.

Da bi se pojedincu ili grupi donosilaca odluka olakšao rad sa složenim skupovima raznorodnih informacija koje se ukrštaju na psihološkom, tehničkom i drugim nivoima u toku procesa odlučivanja, bilo je sasvim normalno da su istraživanja u svetu usmerena u pravcu korišćenja moćnih računara kao podrške ovih procesa. Tokom vremena, sistemi za podršku odlučivanju su se pokazali kao nezamenljiv alat u procesima donošenja odluka o problemima poslovnih sistema.

Poslednju deceniju obeležila je ekspanzija specijalnih softvera koji se zajedničkim imenom zovu "Sistemi za podršku odlučivanju" i u svetskoj naučnoj komunikaciji označavaju skraćenicom DSS od engleskog naziva "Decision Support Systems". Umesto, ili istovremeno sa pojmom "sistemi", često se koriste i pojmovi "softver" i "alati" sa istim ili sličnim značenjem. Zbog konciznosti, dalje će se pretežno koristiti skraćenica DSS da označi celinu programskih sistema, alata i tehnika koji svi zajedno služe istom cilju - podršci odlučivanju uz obavezno korišćenje računara.

Izbor adekvatnog dobavljača za saradnju je od ključnog značaja za uspeh preduzeća i odavno naglašen kao jedan od najvažnijih procesa u poslovanju. U današnjem konkurentskom poslovnom okruženju, nemoguće je proizvesti kvalitetan proizvod sa prihvatljivom cenom bez odgovarajućih dobavljača. Pod procesom selekcije podrazumevamo procenu različitih alternativnih dobavljača na osnovu više atributa. To je višekriterijumski problem odlučivanja uslovljen različitim materijalnim i nematerijalnim faktorima.

Brojni metodološki pristupi su korišćeni u studijama izbora i evaluacije dobavljača među kojima su najpoznatiji linearno programiranje, višeatributivna teorija korisnosti, neuronske mreže, kategorijski model, statistički pristup, analitički mrežni proces i dr.

Analitički hijerarhijski proces je relativno nov pristup pogodan za rešavanje problema ovog tipa. AHP se može koristiti kako za određivanje važnosti težina kriterijuma, tako i za relativno rangiranje potencijalnih dobavljača. Snaga ovog metoda leži u njegovoj mogućnosti da obuhvati nematerijalne faktore kao relevantne činioce u procesu rešavanja problema i kao takav pronašao je primenu u raznim oblastima menadžmenta, marketinga, inženjeringa, obrazovanja i ekonomije.

AHP je u literaturi već korišćen za rešavanje problema izbora dobavljača (Narasimhan (1983), Nydick i Hill (1992), Barbarasoglu i Yazgac (1997), Bhutta i Huq (2002), i Handfield et. al. (2002)). Ovaj rad će posebnu pažnju posvetiti rešavanju problema izbora dobavljača kod proizvodnih preduzeća pomoću AHP metoda i Expert Choice softvera.

Ne samo po mišljenju njegovih tvoraca, nego i brojnih korisnika, Expert Choice predstavlja značajan doprinos u procesima donošenja odluka. On pomaže donosiocima odluke u rešavanju složenih problema sa više kriterijuma i većim brojem raspoloživih akcija.

Osnovni pristup metode i razvijenog softvera je da se strogo poštuje način mišljenja donosioca odluke, a da mu se pomoć i podrška pruže u okviru organizovanja i elaboriranja tog mišljenja u cilju ostvarivanja najboljih rezultata na osnovu raspoloživog znanja. Softver organizuje odluku kao hijerarhijsku strukturu koja donosiocu odluke omogućava da sagleda kuda želi da ode, i šta treba učiniti da bi se tamo stiglo.

Ciljevi ovog istraživanja su:

1. utvrđivanje ključnih kriterijuma u procesu izbora dobavljača kod proizvodnih preduzeća, u ovom slučaju konkretno preduzeća „Miba Inženjering“ koje se bavi proizvodnjom aluminijumskih profila;
2. izrada modela višekriterijumskog odlučivanja, vrednovanje postavljenih kriterijuma i njihova evaluacija pomoću AHP metode;
3. testiranje modela pomoću softvera Expert Choice i analiza dobijenih rezultata.

Hipotetički okvir istraživanja sastoji se iz sledećih stavki:

Generalna hipoteza:

► Odluke postaju komplikovane kada obuhvataju nekoliko suprotstavljenih kriterima a pošto čovek teško donosi dosledne odluke kada je u proces odlučivanja uključeno više atributa, upotrebom adekvatnog sistema za podršku odlučivanju (zasnovanog na bazi AHP metode) povećaće se kvalitet i konzistentnost odluka.

Posebne hipoteze:

- Određeni kriterijumi za izbor dobavljača su zajednički za većinu proizvodnih preduzeća.
- Uključivanje kvalitativnih faktora (pored kvantitativnih) u proces donošenja odluke, značajno smanjuje mogućnost greške prilikom izbora.

Metodologija pogodna za ovaj projekat je metod studije slučaja. Studija slučaja je tradicionalni pristup proučavanju tema iz oblasti društvenih nauka i menadžmenta. Ona omogućava kreiranje slike ili modela koji na najbolji način ilustruje odnose i obrasce ponašanja između promenljivih. Činjenice se prikupljaju iz različitih izvora a potom se na osnovu njih izvlače odgovarajući zaključci. Obično se za prikupljanje podataka koriste tehnike posmatranja ili ispitivanja, međutim, ni jedan metod nije isključen u procesu prikupljanja neophodnih informacija. Podaci korišćeni u ovom radu su prikupljeni iz različitih izvora kao što su upitnici, pisane procedure, veb sajtovi i stručna literatura.

Istraživači su identifikovali nekoliko razloga za sprovođenje studije slučaja:

1. istraživanje oblasti od značaja radi utvrđivanja odgovarajućih polaznih pitanja na koja bi buduća istraživanja trebala da daju odgovor;
2. ispitivanje veza između uzroka i posledica;
3. opis stanja u realnom životu u kome se posmatrani proces odvija;
4. opis samog procesa;
5. istraživanje onih situacija u kojima posmatrani proces nema jasne rezultate.

Studije slučaja predstavljaju veoma koristan izvor informacija pa su stoga postale sastavni deo obrazovnog sistema u raznim oblastima kao što su: ekonomija, pravo, medicina, tehnologija, filozofija, i dr.

Svrha rada je da definiše najvažnije kriterijume za izbor dobavljača u proizvodnoj industriji, da prikaže upotrebu AHP metode za rešavanje problema u ovoj oblasti i način na koji se ona primenjuje u softverskom paketu Expert Choice.

Posebna pažnja je usmerena na definisanje kriterijuma koji bi pokrili što širi spektar proizvodnih delatnosti, kako bi se rezultati dobijeni u ovom istraživanju mogli primeniti i na druge grane proizvodnje.

Rad će biti organizovan u sledećem redosledu. Prvo će biti objašnjeni osnovni pojmovi procesa odlučivanja i njegove faze. Zatim sledi prikaz metodološkog i matematičkog koncepta AHP metode. Nakon toga, pažnja se usmerava na konkretan problem izbora dobavljača i definisanje ključnih faktora za njihov izbor. U poslednjem delu, pristupiće se izradi konkretnog modela za definisane kriterijume i njegovu implementaciju u programu Expert Choice kao i analizu osetljivosti dobijenih rezultata.

2. Odlučivanje

2.1 Pojam

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

EILON [1969] naglašava da većina definicija odluke indicira da „donosilac odluke raspolaže sa nekoliko alternativa i da njegov izbor podrazumeva upoređivanje tih alternativa i evaluaciju njihovih posledica“.

ČUPIĆ [1997] pod odlukom podrazumeva moment, u jednom tekućem procesu evaluacije alternativa koji se sprovodi radi postizanja određenog cilja, u kome očekivanja od specifične akcije primoravaju donosioca odluke da izabere akciju koja najverovatnije rezultuje postizanju već pomenutog cilja.

Odluka (Decision) je rezultat izbora jedne, iz skupa mogućih alternativa, odnosno akcija, koje donosiocu odluke (pojedinačnom ili grupnom) stoje na raspolaganju.

Odlučivanje (Decision Making) je proces koji se sastoji iz niza koraka koje treba preduzeti da bi se izvršio izbor najbolje akcije (alternative).

Definicije odlučivanja:

1. Proces odlučivanja je izbor načina delovanja između više alternativa (Weichrich, Koontz).
2. Proces odlučivanja je proces identifikacije problema i proces rešavanja problema (Daft).
3. Odlučivanje je proces stvaranja odluka koji se sastoji od odgovora na tri pitanja (Baračkai):
 - Šta je problem koji odlučivanjem treba rešiti?
 - Koje akcije odnosno koja rešenja nam stoje na raspolaganju za rešavanje problema?
 - Koje rešenje problema je najbolje?

Definicije odluke:

1. Izbor jedne od više mogućnosti, nastojeći da to bude što optimalniji izbor.
2. Izbor između više alternativa.
3. Neka specifična akcija izabrana od nekoliko raspoloživih.

Donošenje odluka ili odlučivanje je proces pravljenja izbora između više mogućnosti koje nam stoje na raspolaganju. To je misaoni racionalni proces, koji se sastoji od prepoznavanja i razumevanja mogućnosti koje nam se nude, a potom i odabira mogućeg rešenja koje nam se čini kao najbolje i koje nas vodi ka željenom stanju. Nakon izvršenog izbora, to jest donešene odluke, sledi aktivnost koja proizilazi iz odluke koju smo doneli, i koja sada treba da zaživi i u praksi kada donešena odluka stupi na snagu.

Ključni element odlučivanja je IZBOR (KICKERT, 1980), a izbor prethodi svim akcijama. Odlučivanje je izbor između mogućih alternativa aktivnosti. Izbor pojedinih odluka vrši donosilac odluke.

2.2 Razvoj nauke o odlučivanju

Neposredno izučavanje procesa odlučivanja počinje relativno kasno, negde tridesetih godina prošlog veka. Pre toga su vršene određene analize odlučivanja pri rešavanju različitih tehničkih problema. Pomoć su, pri tome, pružala znanja iz matematike i ekonomije uz ključnu pretpostavku da donosilac odluke reaguje na potpuno predvidiv način, pa je zbog toga potrebno imati na raspolaganju samo određeni skup pravila, koja, ako se slede, sigurno vode ka dobroj odluci. Naravno, takve pretpostavke, uz činjenicu da u situacijama odlučivanja po pravilu ne raspolažemo pravim podacima i informacijama, ne predstavlja nikakvu garanciju izbora najbolje odluke. Zbog tih činjenica je dugo vladalo mišljenje da je odlučivanje prevashodno socijalna, a ne tehnička aktivnost.

Pre 1930. godine, najveći deo interesa u odlučivanju bio je akademskog karaktera, što je rezultovalo u razlici praktičnih potreba donosilaca odluke i teorije koja je do tada razvijena. Približavanje ta dva interesa počelo je posle I svetskog rata, uglavnom iz sledećih razloga:

- pojave naučne organizacije rada
- donosioci odluka su počeli da u većoj meri izučavaju sociologiju (naročito bihejvioristički aspekt odlučivanja)
- ekonomisti su počeli u većoj meri da uključuju svoje ideje u odlučivanje
- pojave teorije igara, kao i otkrivanje mera korisnosti koje predstavljaju ekonomske nivoe ljudskih želja za različite potrebe
- najveća pokretačka snaga u razvoju teorije odlučivanja došla je razvojem niza metoda poznate kao metode operacionih istraživanja (znanja iz oblasti matematike, statistike, ekonomije, prirodnih nauka i sl.)

Do 1960. godine, akademske institucije nisu posvećivale dovoljno pažnje nauci o odlučivanju. Međutim, do 1970. godine, naglo se povećao broj univerziteta koji su pružali formalne programe obrazovanja u ovoj oblasti. To je dovelo do niza pozitivnih rezultata. Najpre je obezbeđena specijalna pokretačka snaga u korišćenju ogromnih analitičkih kapaciteta računarske tehnologije kroz razvoj tzv. informacionih sistema upravljanja, a potom je obezbeđen i poseban uticaj obrazovanih specijalista u poslovima upravljanja.

Ipak, postojali su i neki negativni aspekti jer se većina naučnika u oblasti odlučivanja još uvek bavila teorijskim istraživanjima sa relativno malim mogućnostima primene svojih rezultata na realnim problemima.

U fazi razvoja nauke o odlučivanju koja je nastupila posle 1970. godine, ističu se i neke specifičnosti, kao što su:

- pragmatiski pristup u izučavanju pravih vrednosti, uloge i ograničenja teorije odlučivanja
- veliki naglasak u izučavanju i analizi okruženja, u okviru koga se vrši odlučivanje
- pridaje se veći značaj dobijanju zadovoljavajućih rešenja za izvesne (teže) probleme nego traženju optimalnih rešenja
- ulažu se maksimalni naponi za što bolju integraciju kvantitativne analize sa analizama ponašanja i okruženja u rešavanju problema
- računarska tehnologija se sve više i bolje koristi u cilju dobijanja heurističkih rešenja, naročito kod loše struktuiranih upravljačkih problema.

Navodeći ove specifičnosti, primećujemo da se posebna pažnja ukazuje značaju izučavanja uticaja okruženja (okoline) na proces donošenja odluka. Zbog toga se kaže da je donosilac odluke onaj ko želi da dostigne „aproksimativnu“ racionalnost u cilju maksimiziranja zadovoljenja organizacionih ciljeva unutar datog skupa ograničenja (LEE & MORRE, 1975).

Tokom 80-ih godina prošlog veka došlo je do naglog razvoja tzv. višekriterijumskog odlučivanja, kao dalji korak u sve većoj primeni kvantitativnih metoda u rešavanju realnih problema.

2.3 Faze procesa odlučivanja

Po referenci LEE i MOORE [1975], proces odlučivanja se sastoji iz četiri osnovne faze. U prvoj fazi problem treba formulisati što je moguće korektnije, jer poznata je istina da je dobro definisan problem upola rešen. Međutim, kako je to po pravilu najdelikatniji deo rešavanja problema, nije redak slučaj da se proces formulisanja problema proteže čak i do faze dobijanja rešenja. Naravno, to znači da je problem koji se rešava takve prirode da je podložan stalnim modifikacijama i redefinisanjima.

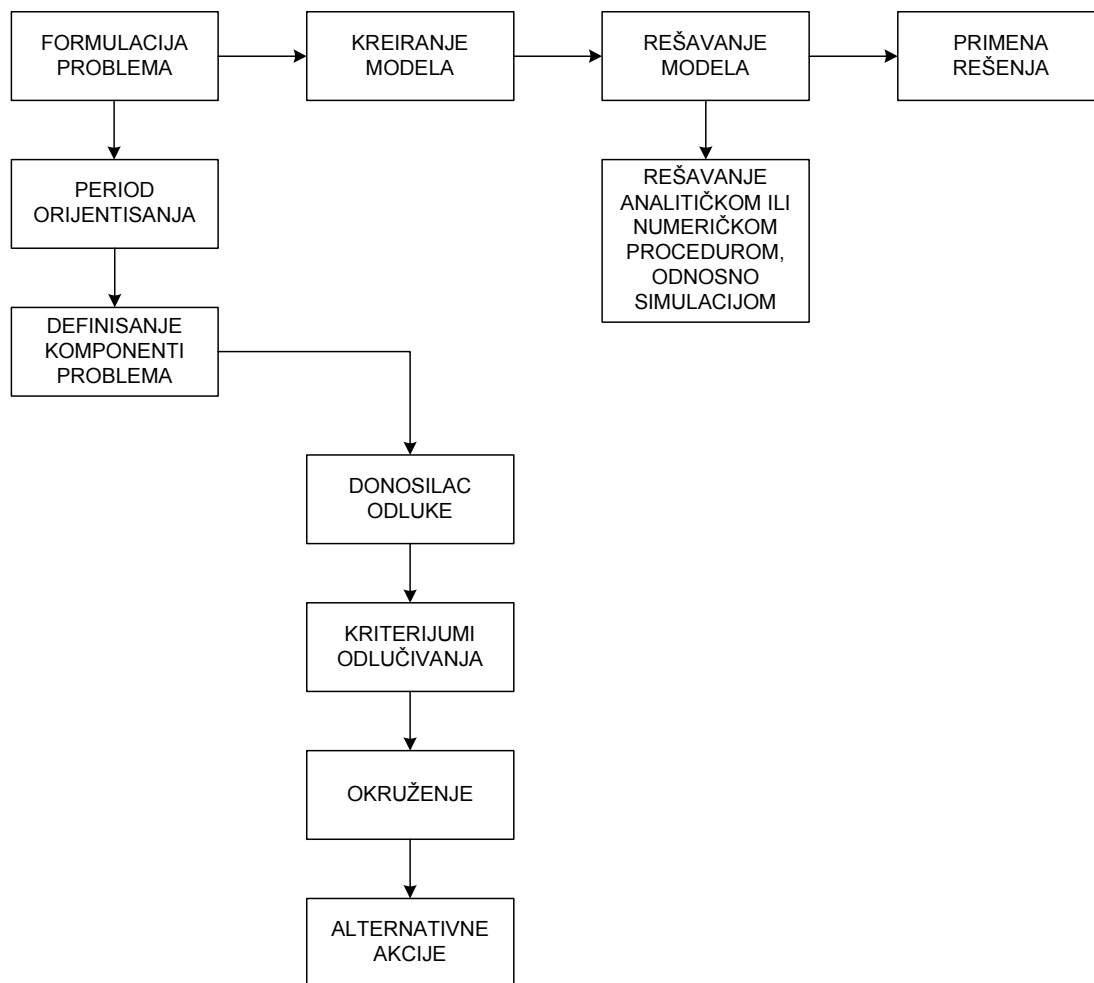
Svaka procedura formulisanja problema uobičajeno se sastoji iz sledećih elemenata:

- 1) Period orijentisanja, kada donosilac odluke treba da stekne opštu sliku o problemu.
- 2) Definisanje komponenti problema, kao što su:
 - a) donosilac odluke, koji mora posedovati autoritet za pokretanje, modifikovanje i određivanje politike upravljanja sistemom ili organizacijom,
 - b) kriterijumi odlučivanja čije određivanje predstavlja možda najvažniji faktor u analizi odlučivanja. Svaki donosilac odluke mora raspolagati određenim skupom kriterijuma koje želi da zadovolji u cilju rešavanja problema. Najčešće donosilac odluke razmatra dve vrste kriterijuma:
 - one koji su već dostignuti i koje treba zadržati na istom nivou
 - one koje treba dostići sa većim novoom od već ostvarenog.
 - c) okruženje, kao što su ekonomski sistem, način upravljanja i poslovođenja, kadrovi, sve vrste resursa, ekološka politika i sl.
 - d) alternativne akcije koje donosiocu odluke stoje na raspolaganju. Ako one ne postoje nema ni problema odlučivanja.

U drugoj fazi, za formulisani problem treba kreirati odgovarajući model, što takođe predstavlja važnu i ujedno kritičnu fazu naučnog odlučivanja. Razvijanje modela omogućuje analizu razumevanja problema koji se rešava, sa svim njegovim logičkim vezama, kompleksnošću, specifičnim karakteristikama i mogućim neizvesnostima.

Kada je model definisan, u sledećoj fazi se traži (optimalno) rešenje, tj. one promenljive odlučivanja koje optimiziraju date kriterijume (ciljeve) odlučivanja. Ponekad, optimalno rešenje nije moguće odrediti analitičkim putem, već se traži tzv. aproksimativni optimum (najčešće nekom numeričkom procedurom).

Poslednja faza procesa odlučivanja najčešće zahteva prevođenje rešenja, dobijenog u trećoj fazi, u skup upravljačkih politika ili operativnih procedura koje operativni kadrovi mogu lako primeniti.



Slika 1 - Proces odlučivanja

Većina autora smatra da proces donošenja odluke čine četiri osnovne faze, a to su:

1. Formulacija problema,
2. Kreiranje modela,
3. Rešavanje problema,
4. Implementacija rešenja.

U pogledu definisanja pojmova odlučivanja i procesa rešavanja problema ne postoje jasne granice. U naučnom svetu postoji spor oko razjašnjenja pojma „odlučivanje“, pri čemu jedna grupa autora smatra da se pod odlučivanjem podrazumeva faza izbora odluke, dok druga grupa autora smatra da odlučivanje obuhvata faze formulacije, kreiranja modela i fazu izbora odluke. Rešavanje problema razlikuje se od odlučivanja u četvrtoj fazi, koja se odnosi na implementaciju rešenja ili odluke. Cilj faze implementacije odluke jeste da obezbedi dejstvo odluke u realnom svetu. Takođe, informacije o načinu, uspešnosti i nedostacima tokom implementacije koriste se kao ulazne informacije u slučaju ponovnog revidiranja problema i traženja uzroka nedovoljne uspešnosti primenjene odluke.

Dakle, rešavanje problema predstavlja složen proces u kojem, pored formulacije problema, kreiranja modela i izbora odluke, donosilac odluke mora da sprovede odluku u delo, da proceni rezultate primene odluke i da ponovo preispita sve alternativne pravce akcije sve dotle dok se ne dobije zadovoljavajuće ili optimalno rešenje. Tek onda kada se problem potpuno otkloni, proces rešavanja problema se može smatrati završenim.

Različita viđenja procesa donošenja odluke delom potiču i od specifične problematike istraživanja. U opštem slučaju, većina autora saglasna je sa postavkom od četiri osnovne faze procesa odlučivanja. Međutim, daljim istraživanjima u pojedinim naučnim oblastima došlo je do proširivanja broja faza prema neophodnosti analize izučavanih problema.

3. Analitički hijerarhijski proces

3.1 Pojam

Analitički Hijerarhijski Proces ili kraće AHP metoda predstavlja jednu od najpoznatijih metoda za višekriterijumsko odlučivanje. Primjenjuje se u analizi odlučivanja i donošenju odluka u rešavanju kompleksnih problema čije elemente čine ciljevi, kriterijumi, podkriterijumi i alternative.

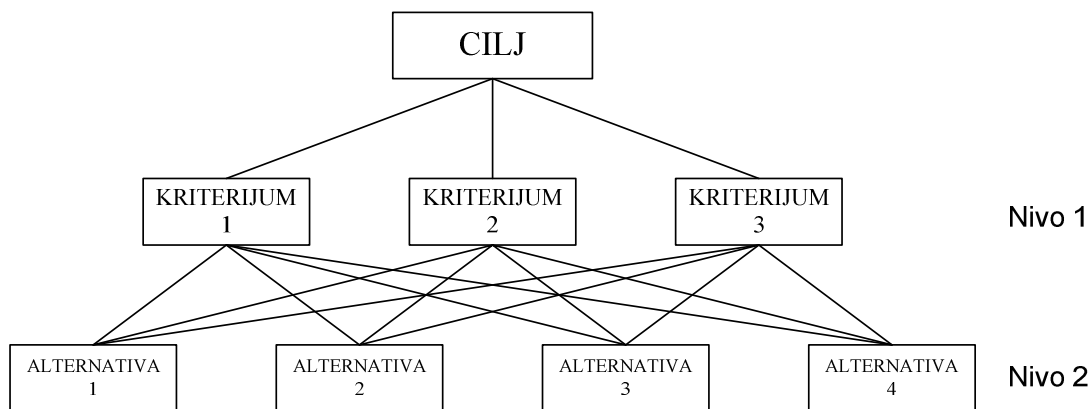
AHP metoda razvijena je 70-ih godina prošlog veka (utemeljena 1980. godine) od strane Thomas L. Saaty-ja, profesora na Wharton School of Business.

3.2 Metodološki koncept AHP metode

Analitički hijerarhijski proces spada u klasu metoda za meku optimizaciju. U osnovi se radi o specifičnom alatu za formiranje i analizu hijerarhija odlučivanja. AHP najpre omogućava interaktivno kreiranje hijerarhije problema kao pripremu scenarija odlučivanja, a zatim vrednovanje u parovima elemenata hijerarhije (ciljeva, kriterijuma i alternativa) u top-down smeru. Na kraju se vrši sinteza svih vrednovanja i po strogo utvrđenom matematičkom modelu određuju težinski koeficijenti svih elemenata hijerarhije. Zbir težinskih koeficijenata elemenata na svakom nivou hijerarhije jednak je 1 što omogućava donosiocu odluka da rangira sve elemente u horizontalnom i vertikalnom smislu.

AHP omogućava interaktivnu analizu osetljivosti postupka vrednovanja na konačne rangove elemenata hijerarhije. Pored toga, tokom vrednovanja elemenata hijerarhije, sve do kraja procedure i sinteze rezultata, proverava se konzistentnost rezonovanja donosioca odluka i utvrđuje ispravnost dobijenih rangova alternativa i kriterijuma, kao i njihovih težinskih vrednosti.

Metodološki posmatrano, AHP je višekriterijumska tehnika koja se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju. Cilj se nalazi na vrhu hijerarhije, dok su kriterijumi, podkriterijumi i alternative na nižim nivoima. Kao ilustracija, na slici je data hijerarhija koju čine cilj, tri kriterijuma i četiri alternative. Hijerarhija ne mora da bude kompletna; npr. element na nekom nivou ne mora da bude kriterijum za sve elemente u podnivou, tako da se hijerarhija može podeliti na podhijerarhije kojima je zajednički jedino element na vrhu hijerarhije.



Slika 2 - Primer hijerarhije u AHP-u

AHP je do sada primenjivan u raznim oblastima strateškog menadžmenta gde odluke imaju dalekosežan značaj i gde donosioci odluka rado biraju kvalitetnog i pouzdanog savetnika u fazi razmatranja alternativa i utvrđivanja njihovih efekata u odnosu na postavljene ciljeve.

3.3 Matematički koncept AHP metode

Hijerarhijski struktuiran model odlučivanja u opštem slučaju se sastoji od cilja, kriterijuma, nekoliko nivoa podkriterijuma i alternativa. Cilj je na vrhu i on se ni sa jednim od drugih elemenata ne poredi. Na nivou 1 je n kriterijuma koji se u parovima, svako sa svakim, porede u odnosu na neposredno nadređeni element na višem nivou (ovde je to cilj na nultom nivou). Potrebno je ukupno $n \times (n-1)/2$ poredjenja. Isti postupak se primenjuje idući kroz hijerarhiju prema dole, sve dok se na poslednjem nivou k ne izvrše poredjenja svih alternativa u odnosu na nadređene pod-pod-...-kriterijume na pretposlednjem, $k-1$ nivou.

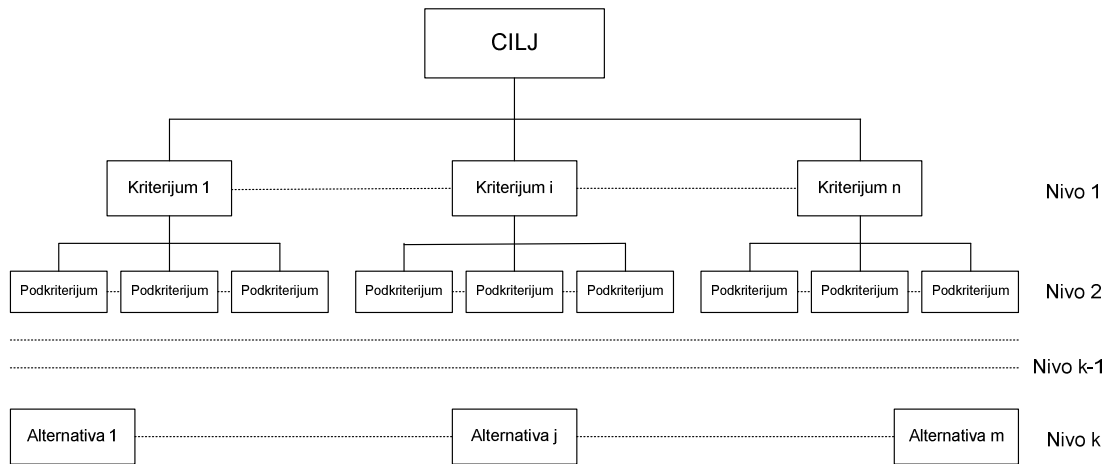
U radovima (Saaty, 1986; Alphonse, 1997; Harker & Vargas, 1987) definisani su aksiomi na kojima se AHP zasniva:

Aksiom recipročnosti. Ako je element A n puta značajniji od elementa B, tada je element B $1/n$ puta značajniji od elementa A.

Aksiom homogenosti. Poredjenje ima smisla jedino ako su elementi uporedivi – npr. ne može se porediti težina komarca i težina slona.

Aksiom zavisnosti. Dozvoljava se poredjenje medju grupom elemenata jednog nivoa u odnosu na element višeg nivoa, tj. poredjenja na nižem nivou zavise od elementa višeg nivoa.

Aksiom očekivanja. Svaka promena u strukturi hijerarhije zahteva ponovno računanje prioriteta u novoj hijerarhiji.



Slika 3 - Opšti hijerarhijski model u AHP-u

Svako poredjenje dva elementa hijerarhije (modela) vrši se korišćenjem Satijeve skale.

$$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\}$$

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

Tabela 1 - Satijeva skala vrednovanja

Rezultati poredjenja elemenata na datom nivou hijerarhije smeštaju se u odgovarajuće matrice poredjenja. Npr., ako se međusobno porede n elemenata u odnosu na odgovarajući element na neposredno višem nivou hijerarhije, tada se pri poredjenju elementa i u odnosu na element j putem Satijeve skale određuje numerički koeficijent a_{ij} i smešta na odgovarajuću poziciju u matrici A :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Recipročna vrednost rezultata poredjenja se smešta na poziciji a_{ji} da bi se očuvala konzistentnost rasudjivanja. Na primer, ako je element 1 neznatno favorizovan u odnosu na element 2, na mestu a_{12} matrice A bio bi broj 3, a na mestu a_{21} bila bi recipročna vrednost, $1/3$.

Smisao matrice poredjenja najbolje se može shvatiti iz sledećih razmatranja. U “savršenom svetu”, što je identično perfektno konzistentnom vrednovanju, matrica A, u kojoj se smeštaju rezultati poredjenja, bila bi ista kao matrica X:

$$X = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

gde w_i predstavlja relativni težinski koeficijent elementa i .

Predložene su različite metode da bi se iz matrice A ekstrahovale vrednosti vektora težinskih koeficijenata $\mathbf{w}^T = \{w_1, \dots, w_n\}$ koje bi bile bliske aproksimacije odgovarajućih elemenata matrice X. T. Saaty predložio je da se za matricu A najpre odredi njena maksimalna sopstvena vrednost, $\lambda_{\max}$. Odgovarajući vektor sopstvenih vrednosti matrice može se zatim uzeti kao vektor približnih vrednosti težinskih koeficijenata, $\mathbf{w}^T$, jer važi:

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda_{\max} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Tehnike za određivanje vektora težinskih koeficijenata $\mathbf{w}$ koje preporučuje Saaty uključuju sumiranje redova matrice rezultata poredjenja i normalizacije dobijenih suma, jer je:

$$\sum_{j=1}^n \frac{w_i}{w_j} = w_i \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{w_j} \right) \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{po redovima}) \quad (1)$$

Vektor težinskih koeficijenata $\mathbf{w}$ može se dobiti i tako što se recipročne vrednosti suma kolona normalizuju:

$$\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{w_j} = \frac{1}{w_j} \left(\sum_{i=1}^n w_i \right) \quad j = 1, \dots, n \quad (\text{po kolonama}) \quad (2)$$

Kada se na neki od navedenih načina odredi, vektor težinskih koeficijenata $\mathbf{w}$ se zatim množi sa težinskim koeficijentom elemenata sa višeg nivoa koji je korišćen kao kriterijum pri poredjenju.

Procedura se ponavlja idući ka nižim nivoima hijerarhije. Težinski koeficijenti se računaju za svaki element na datom nivou i isti se zatim koriste za određivanje tzv. kompozitnih relativnih težinskih koeficijenata elemenata u nižim nivoima.

Pošto se postupak sprovede do poslednjeg nivoa na kome su alternative, na kraju se određuju kompozitni težinski koeficijenti svih alternativa. Zbir ovih koeficijenata je 1, a donosilac odluke raspolaže sa dve ključne informacije: 1) poznat je relativan značaj svake alternative u odnosu na cilj na vrhu hijerarhije (ocena značajnosti) i 2) utvrđen je redosled alternativa po značaju (rangiranje).

3.4 Konzistentnost

AHP spada u popularne metode i zato što ima sposobnost da identifikuje i analizira nekonzistentnosti donosioca odluka u procesu rasudjivanja i vrednovanja elemenata hijerarhije. Čovek je retko konzistentan pri procenjivanju vrednosti ili odnosa kvalitativnih elemenata u hijerarhiji. AHP na određen način ublažava ovaj problem tako što odmerava stepen nekonzistentnosti i o tome obaveštava donosioca odluka.

Kada bi postojala mogućnost da se precizno odrede vrednosti težinskih koeficijenata svih elemenata koji se međusobno porede na datom nivou hijerarhije, sopstvene vrednosti matrice bile bi potpuno konzistentne. Međutim, ako se npr. Tvrdi da je A mnogo većeg značaja od B, B nešto većeg značaja od C, i C nešto većeg značaja od A, nastaje nekonzistentnost u rešavanju problema i smanjuje se pouzdanost rezultata. Opšti je stav da redundantnost poredjenja u parovima čini AHP metodom koji nije previše osetljiv na greške u rasudjivanju. On takodje daje mogućnost da se mere greške u rasudjivanju tako što se proračunava indeks konzistentnosti za dobijenu matricu poredjenja, a zatim sračunava i stepen konzistentnosti.

Da bi se izračunao stepen konzistentnosti (CR), prvo treba izračunati indeks konzistentnosti (CI) prema relaciji

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Gde je $\lambda_{\max}$ maksimalna sopstvena vrednost matrice poredjenja. Što je $\lambda_{\max}$ bliže broju n , manja će biti nekonzistentnost.

Da bi se izračunalo $\lambda_{\max}$, prvo treba pomnožiti matricu poredjenja sa vektorom težinskih koeficijenata da bi se odredio vektor b :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix}$$

Deljenjem korespondentnih elemenata vektora b i w dobija se:

$$\begin{bmatrix} \frac{b_1}{w_1} \\ \frac{b_2}{w_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{b_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \end{bmatrix}$$

a konačno je

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (4)$$

Zamenom vrednosti $\lambda_{\max}$ iz ove relacije u prethodnu, određuje se indeks konzistentnosti (CI). Odatle sledi da stepen konzistentnosti (CR) predstavlja odnos indeksa konzistentnosti (CI) i slučajnog indeksa (RI):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Slučajni indeks (RI) zavisi od reda matrice, a preuzima se iz navedene tabele u kojoj prvi red predstavlja red matrice poredjenja, a drugi slučajne indekse.

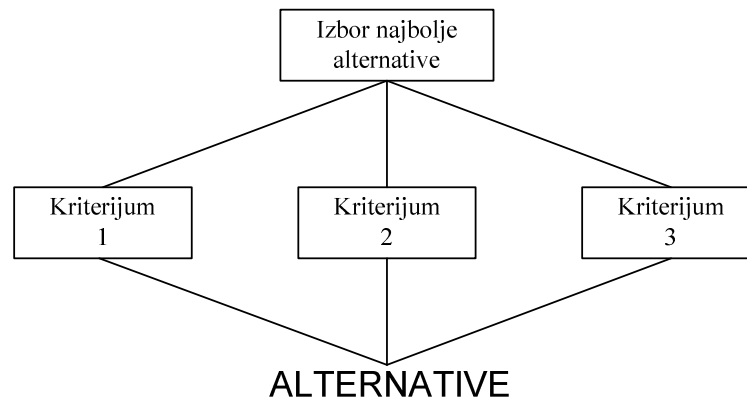
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.0	0.0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tabela 2 - Slučajni indeksi

Ako je stepen konzistentnosti (CR) manji od 0,10, rezultat je dovoljno tačan i nema potrebe za korekcijama u poredjenjima i ponavljanju proračuna. Ako je stepen konzistentnosti veći od 0,10, rezultat bi trebalo ponovo analizirati i ustanoviti razloge nekonzistentnosti, ukloniti ih delimičnim ponavljanjem poredjenja u parovima, a ako ponavljanje procedure u nekoliko koraka ne dovede do sniženja stepena konzistentnosti do tolerantnog limita (0,10), sve rezultate treba odbaciti i ponoviti ceo postupak od početka. Treba, međutim, napomenuti da se u praksi često dešava da stepen konzistentnosti bude veći od 0,10 a da se izabrana alternativa ipak zadrži kao najbolja (Karlsson, 1998).

3.5 Primer

Za izbor najbolje alternative postavljena su tri kriterijuma: Kriterijum 1, Kriterijum 2 i Kriterijum 3. U primeru će se izvršiti vrednovanje kriterijuma u odnosu na cilj, bez određivanja težinskih koeficijenata alternativa u odnosu na kriterijume.



Slika 4 - Hijerarhijska struktura problema

Na slici je prikazana hijerarhija formirana na osnovu gornje delimične formulacije problema (treba uočiti da problem nije kompletan jer nedostaju alternative).

Korak 1. Postaviti n kriterijuma u redove i kolone matrice $n \times n$

Nacrtati raster matrice reda n i sa leve i gornje strane upisati nazive kriterijuma. Raster u ovom slučaju odgovara matrici 3×3 .

Korak 2. Porediti kriterijume u odnosu na cilj

Pri poredjenju se koristi Satijeva skala vrednovanja iz tabele 1. Posmatrajući definisani cilj, za svaki par kriterijuma (počevši od Kriterijuma 1 i Kriterijuma 2, npr.) treba uneti vrednost značaja jednog kriterijuma u odnosu na drugi na poziciju (Kriterijum 1, Kriterijum 2) u matrici rezultata poredjenja. Tako je ovde na poziciji preseka reda Kriterijum 1 i kolone Kriterijum 2 upisana vrednost 2; prema ranijoj argumentaciji na poziciji (Kriterijum 2, Kriterijum 1) unosi se recipročna vrednost 1/2. Zatim se nastavlja sa poredjenjem ostalih kriterijuma: Kriterijum 1 – Kriterijum 3 i Kriterijum 2 – Kriterijum 3. Matrica poredjenja kriterijuma u odnosu na cilj mogla bi da izgleda ovako:

	Kriterijum 1	Kriterijum 2	Kriterijum 3
Kriterijum 1	1	2	5
Kriterijum 2	1/2	1	3
Kriterijum 3	1/5	1/3	1

U ovom primeru potrebna su tri poredjenja. Treba primetiti da je u opštem slučaju broj poredjenja jednak $n \times (n - 1) / 2$, odnosno da odgovara broju kombinacija n elemenata druge klase bez ponavljanja. Takodje treba uočiti da je na glavnoj dijagonali svuda upisana vrednost 1.

Korak 3. Odrediti vektor sopstvenih vrednosti matrice poredjenja

Postoji jednostavan metod za dobijanje sopstvenih vrednosti matrice. Prvo se u svakoj koloni sumiraju svi njeni elementi, a zatim se svaki element matrice podeli sa dobijenom sumom za kolonu u kojoj se taj element nalazi. Na primer, za element prvog reda prve kolone dobija se $1 / (1 + 1/2 + 1/5) = 1 / 1,7 = 0,59$. Zatim se sumiraju tako dobijene vrednosti po redovima kao u donjoj tabeli.

	Kriterijum 1	Kriterijum 2	Kriterijum 3	Suma
Kriterijum 1	0,59	0,60	0,56	1,75
Kriterijum 2	0,29	0,30	0,33	0,92
Kriterijum 3	0,12	0,10	0,11	0,33

Normalizovanje sume redova vrši se tako što se suma svakog reda deli sa brojem redova. Rezultat ovih izračunavanja je vektor prioriteta koji predstavlja vektor sopstvenih vrednosti matrice.

$$\frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1,75 \\ 0,92 \\ 0,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,58 \\ 0,31 \\ 0,11 \end{bmatrix}$$

Korak 4. Dodeliti težinske vrednosti kriterijumima na osnovu izračunatog vektora sopstvenih vrednosti

Na osnovu rezultata prethodnog koraka svaki kriterijum dobija odgovarajući težinski koeficijent kojim se definiše njegova relativna vrednost u odnosu na cilj. Ovde su to:

$w_1 = 0,58$ (Kriterijum 1), $w_2 = 0,31$ (Kriterijum 2) i $w_3 = 0,11$ (Kriterijum 3).

Korak 5. Ispitati konzistentnost rezultata

Da bi se izračunalo $\lambda_{\max}$ treba pomnožiti matricu u kojoj se nalaze rezultati poredjenja sa vektorom prioriteta:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 1/2 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,58 \\ 0,31 \\ 0,11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,75 \\ 0,93 \\ 0,33 \end{bmatrix}$$

a zatim podeliti prvi element izračunatog vektora sa prvim elementom vektora prioriteta, drugi sa drugim, itd:

$$\begin{bmatrix} 1,75 \\ 0,58 \\ 0,93 \\ 0,31 \\ 0,33 \\ 0,11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,02 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Nakon toga, određujemo $\lambda_{\max}$:

$$\lambda_{\max} = \frac{3,02 + 3 + 3}{3} = 3,006$$

a zatim izračunavamo indeks konzistentnosti:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3,006 - 3}{3 - 1} = 0,003$$

Na kraju se izračunava stepen konzistentnosti (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,003}{0,58} = 0,005$$

(prema tabeli 2, slučajni indeks za matricu 3 x 3 je 0,58)

Stepen konzistentnosti ovde zadovoljava jer je manji od 0,10. Da je bio veći, bila bi potrebna nova evaluacija značaja kriterijuma, odnosno trebalo bi se vratiti na Korak 2 i ponoviti sledeće korake za novu matricu prioriteta.

4. Sistemi za podršku odlučivanju

4.1 Pojam

Sistemi za podršku odlučivanju (DSS – Decision Support Systems), kao nadgradnja više različitih disciplina – u prvom redu menadžmenta i informatike, korene imaju u teoriji odlučivanja, a granaju se ka raznim oblastima ljudske delatnosti – od prirodnih nauka, tehnike, tehnologije, ekonomije i društvenih delatnosti, do edukacije.

Sistemi za podršku odlučivanju su informacioni sistemi, koji su slični i komplementarni standardnim informacionim sistemima i imaju za cilj da podržavaju, uglavnom, poslovne procese donošenja odluka. Predstavljaju simbiozu informacionih sistema, primene niza funkcionalnih znanja i tekućeg procesa donošenja odluka.

Pojava sistema za podršku odlučivanju, namenjenih slabo strukturiranim problemima (kakvi su gotovo svi problemi odlučivanja), i uključivanje "mekih" podataka u optimizacione modele, donose suštinski nov pristup ranije poznatim konceptima informacionih sistema. Korisniku DSS konačno je omogućeno da model putem kojeg rešava realni problem uprosti tamo gde je to potrebno i moguće, a da u onim aspektima koje detaljno analizira zadrži njegovu realnu složenost.

Strukturirane odluke su rutinskog karaktera i ponavljaju se. Za njihovo donošenje mogu se unapred razraditi algoritmi i procedure i njih podržavaju svi upravljački informacioni sistemi.

Za nestrukturirane i slabo strukturirane probleme odlučivanja karakteristično je da se:

- ne mogu formalizovano opisivati,
- algoritam rešenja nije moguće tačno formulisati,
- nije moguće jednoznačno odrediti ulazne i izlazne podatke,
- informacije su pretežno eksterne (teško se prikupljaju i nisu pouzdane).

Neke od definicija sistema za podršku odlučivanju glase:

Sistemi za podršku odlučivanju su intraktivni računarski sistemi sa namerom da pomognu menadžerima ili donosiocima odluka da identifikuju, strukturiraju, i/ili reše polustrukturirane i nestrukturirane probleme i da naprave izbor među alternativama (Daniel J. Power, 2002).

DSS su interaktivni, fleksibilni i adaptivni računarski informacioni sistemi specijalno razvijeni za podršku u rešavanju nestrukturiranih menadžment problema u cilju poboljšanja procesa odlučivanja (Turban, Aronson, 1998).

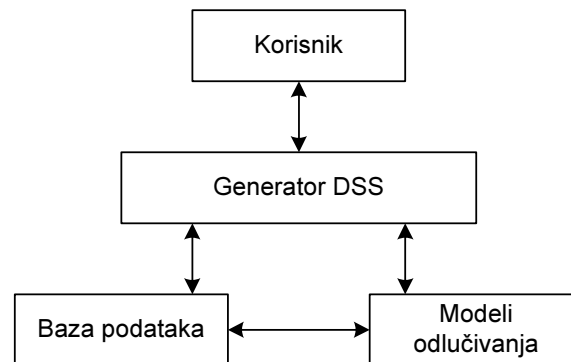
DSS su prošireni sistemi sposobni da podrže ad-hoc analize podataka i modeliranje, okrenuti ka planiranju budućnosti korišćenjem neregularnih vremenskih intervala (Moore, Chang, 1983).

Dakle, sistemi za podršku odlučivanju imaju zadatak da pružaju pomoć pri donošenju odluka, ali sa naglaskom na rešavanju nestrukturiranih ili slabo stukturiranih problema. DSS pružaju pomoć pri donošenju odluka na svim nivoima odlučivanja, ali su od posebnog značaja za više nivoe. Za razliku od upravljačkih informacionih sistema, koji pretežno olakšavaju horizontalni protok informacija, sistemi za podršku odlučivanju podržavaju vertikalne informacione tokove i tako podpomažu integraciju informacija koje se koriste na različitim organizacionim i upravljačkim nivoima. Oni olakšavaju sintezu informacija iz pojedinih podsistema za strateško odlučivanje i doprinose automatizaciji strateškog planiranja i predviđanja.

4.2 Struktura sistema za podršku odlučivanju

Osnovne komponente sistema za podršku odlučivanju su:

- Baza modela,
- Baza podataka,
- Generator sistema za podršku odlučivanju i
- Korisnik.



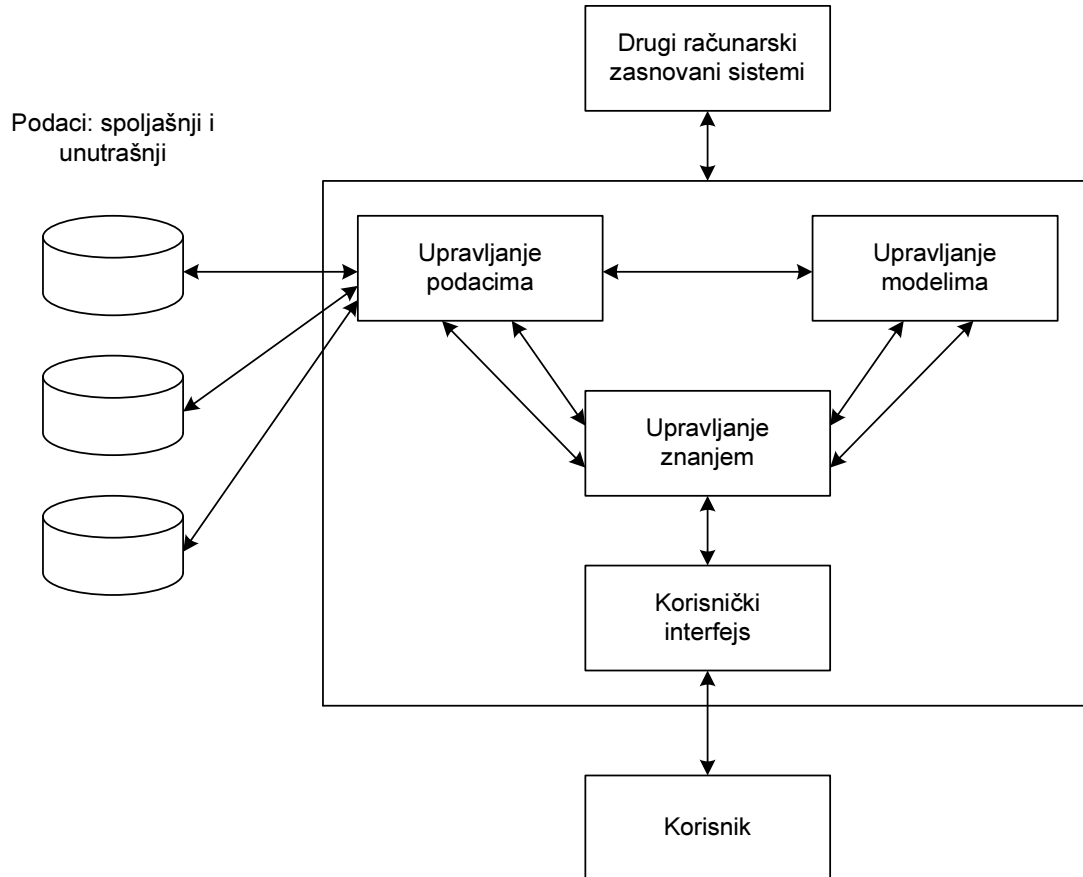
Slika 5 - Osnovne komponente DSS

Ova struktura opisuje sisteme za podršku odlučivanju u onom obliku u kome su egzistirali od ranih 70-ih do 90-ih godina prošlog veka.

Međutim, danas, sa sve kompleksnijim uslovima privređivanja, kao i sa razvojem računarske tehnologije došlo je do određenog pomaka i u razvoju sistema za podršku odlučivanju. Današnji sistemi za podršku odlučivanju osavremenjeni su za niz karakteristika u odnosu na njihovu prethodnu generaciju.

Komponente savremenih sistema za podršku odlučivanju su:

- Podsystem za upravljanje podacima,
- Podsystem za upravljanje modelima,
- Podsystem za upravljanje znanjem,
- Podsystem – korisnički interfejs,
- Korisnik.



Slika 6 - Savremeni sistem za podršku odlučivanju

Podsystem za upravljanje podacima (Data Management System) se sastoji iz:

- Baze podataka,
- Sistema za upravljanje podacima,
- Direktorijuma sa podacima,
- Upita.

Podsistem za upravljanje podacima čini baza podataka koja predstavlja konstitutivni elemenat DSS te je, samim tim, raznim njenim aspektima posvećivana značajna pažnja. Baze podataka DSS su obično povezane sa velikim skladištima podataka unutar preduzeća, omogućavajući na taj način korišćenje podataka iz različitih izvora, spoljašnjih i unutrašnjih. Veza između podataka i sistema za podršku odlučivanju može se ostvariti preko sistema baze podataka ili direktnim unošenjem podataka tokom rada sa programom.

Sistem za upravljanje bazom podataka prvenstveno služi za kreiranje, pristupanje i ažuriranje baze podataka. U tom smislu, srećemo pristup inicijalnog projektovanja baze podataka DSS, koji polazi od potreba rešavanja problema radi kojeg se gradi DSS ili ekstrakcije podataka za potrebe baze podataka DSS iz realne baze podataka. Kako se sistem za podršku odlučivanju po pravilu gradi za potrebe strukture koja već ima razvijen bazni (akvizicioni, transakcioni) informacioni sistem, logično je da se projekat baze podataka DSS maksimalno zasniva na osnovama baze podataka tog sistema. Stoga bi pristup koji polazi od ekstrakcije podataka, a zatim projektovanja skladišta podataka, uz dopune podacima kojih nema u bazi podataka realnog sistema, sigurno bio najracionalniji.

Većina autora preuzimanje podataka iz okruženja u bazu podataka sistema za podršku odlučivanju (DB DSS) naziva "ekstrakcijom". Kako se ovi podaci ne ekstrahuju prosto, već trpe izvesne formalne i suštinske promene pre smeštanja u bazu podataka DSS, termin "preslikavanje" je adekvatniji i precizniji za proces koji označava.

Analiza ovog procesa preuzimanja podataka može se sprovesti u odnosu na različite kriterijume:

- prema strukturi podataka,
- prema izvorima iz kojih potiču,
- prema semantičkoj vrednosti za procese odlučivanja kojima je DSS namenjen,
- prema njihovoj pouzdanosti za korišćenje u konkretnom DSS,
- prema načinu na koji se preslikavaju u DB DSS.

Zapravo, formiranje baze podataka DSS odvija se u dve faze:

- selekcija podataka iz okruženja,
- preslikavanje tih podataka u bazu podataka DSS.

Prva faza podrazumeva aktivnosti čiji je osnovni kriterijum namena DSS-a koji se projektuje. U zavisnosti od osnovnog cilja kojem DSS treba da udovolji, uspostavljaju se bliži kriterijumi selekcije, na osnovu kojih se vrši izbor kandidata za bazu DSS (naprimer, iz istog okruženja, selekcije podataka za DSS u marketingu i proizvodnji biće vrlo različite).

I za drugu fazu – preslikavanje podataka, osnovni kriterijum je zadat u postavci problema koji predmetni DSS treba da rešava. Dakle, u zavisnosti od svrhe i cilja koji je pred DSS postavljen, rezultat i kvalitet preslikavanja vrednuju se kroz sposobnost DSS da reši problem radi kojeg je projektovan.

Pod izvorima podataka iz okruženja podrazumevamo:

- bazu podataka realnog sistema za koji se projektuje DSS (egzaktni podaci, nastali u realnom sistemu, kroz procese i transakcije poslovanja),
- ostale izvore podataka od interesa za probleme koje DSS treba da rešava (baze podataka drugih institucija, granskih i državnih organizacija, informacionih servisa i sl.).

Preslikavanje obuhvata podatke razlikujući ih po vrsti (karakteru):

- kao "tvrde", egzaktne podatke, koji odražavaju stanje i promene u sistemu i okruženju,
- kao "meke" podatke sačuvane u iskustvu eksperata i/ili dobijene kao rezultat prognoza, predviđanja, procena, simulacija, heurističkih, intuitivnih, ili nekih drugih "mekih" modela.

Podsistem za upravljanje modelima (Model Management System) treba da omogući svakom DSS-u integraciju pristupa podacima i modelima odlučivanja. Sadrži skup raspoloživih metoda i tehnika, projektovanih saglasno ciljevima koje konkretni DSS treba da zadovolji. Uključuje i specijalne jezike za izgradnju korisničkih modela. Omogućava jednostavno korišćenje modela od strane korisnika sa preporukom o tome koji modeli odgovaraju kojoj svrsi, te koje pretpostavke treba da budu ispunjene za korišćenje pojedinih modela.

Podsistem za upravljanje modelima se sastoji iz:

- Baze modela,
- Sistema za upravljanje bazom modela,
- Jezika za modeliranje,
- Direktorijuma modela,
- Komandnog procesora.

Zbog uobičajene strukture modela podrazumeva da ulazni podaci budu u potrebnom formatu i da se prema potrebi vrši povezivanje modela tako da izlaz jednog modela postaje ulaz drugog. Izlazne rezultate korišćenja modela ova podsistem daje u razumljivom obliku omogućavajući izvođenje odgovarajuće analize osetljivosti dobijenih rezultata.

Uz obezbeđenje navedenih funkcija za upravljanje bazom modela, veoma složeni problemi su u domenu integracije baze modela sa bazom podataka i korisničkim interfejsom. Ovi problemi proizilaze iz potrebe za usklađivanjem raznorodnih zahteva korisnika za pristup modelima, kontrolu izvršavanja modela, interaktivnu manipulaciju podacima, izmene u modelu i obradi, generisanje izlaznih izveštaja i sl.

Podsistem za upravljanje znanjem (Knowledge Management System) podržava sve ostale podsisteme, ali funkcioniše i kao samostalna komponenta. Sistemi za podršku odlučivanju koji poseduju podsistem za upravljanje znanjem nazivaju se inteligentni sistemi za podršku odlučivanju (Intelligent Decision Support Systems - IDSS), sistemi zasnovani na znanju (Knowledge-Based DSS) ili jednostavno kombinacija DSS/ES.

Glavna karakteristika koja izdvaja ovaj podsistem od ostalih je postojanje baze znanja, što omogućava pružanje korisniku ekspertize o postavljenom problemu. Baza znanja je predstavljala sinonim za ekspertne sisteme. Međutim, razvojem sistema za podršku odlučivanju pojavila se grupa tkzv. naprednih sistema za podršku odlučivanju koji su objedinili pozitivne karakteristike postojećih informacionih sistema menadžmenta.

Podsistem – korisnički interfejs (User Interface System) se sastoji iz:

- Sistema za upravljanje korisničkim interfejsom;
- Jedinice za prevođenje na prirodan jezik;
- Terminala;
- Printera, plotera i sl.

Podsistem – korisnički interfejs pokriva sve aspekte komunikacije između korisnika i sistema za podršku menadžmentu. Dakle, ne odnosi se samo na hardver i softver, već i na faktore koji se tiču lakoće korišćenja sistema, pristupačnost sistema, kao i faktore vezane za čovek-mašina interakciju.

Podsistem – korisnički interfejs ima jako veliki značaj kako za korisnike sistema tako i za projektante informacionih sistema. Od kvaliteta korisničkog interfejsa zavisi mogućnost upotrebe i prihvatljivost sistema od strane korisnika. Pojedini autori smatraju da je razvitak hardverske tehnologije omogućio komforniji rad i uslovio pravu eksploziju u razvoju softverske tehnologije, naročito na novijim verzijama Windows platforme, a to je predstavljalo i otvaranje novog prostora za napredne sisteme za podršku odlučivanju.

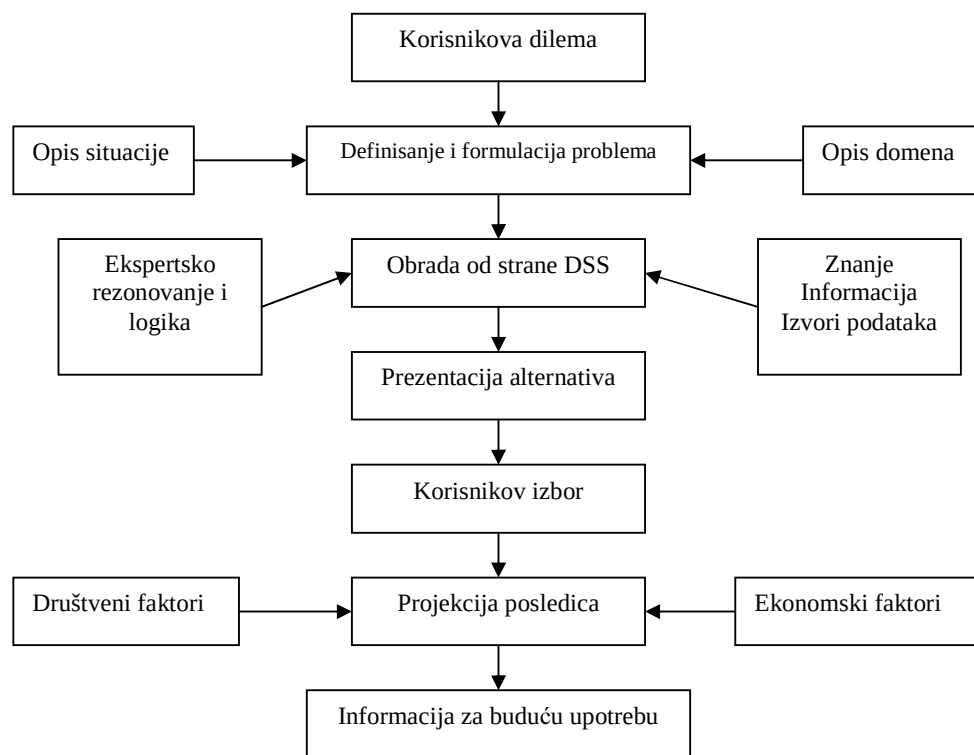
Novi sistemi za podršku odlučivanju poseduju takav korisnički interfejs koji im omogućava:

- prilagođava korisniku različite dodatne/ulazne uređaje,
- predstavlja podatke u različitim formatima,
- obezbeđuje interakciju sa bazom podataka i bazom modela,
- obezbeđuje kolor grafiku, trodimenzionalnu grafiku,
- kroz više prozora dozvoljava da se izvršava više funkcija istovremeno,
- obezbeđuje učenje kroz primere,
- obezbeđuje fleksibilnost i adaptivnost sistema menadžmentu.

Navedene osobine u znatnoj meri su olakšale rad sa sistemom različitim korisnicima (zaposlenima na svim hijerarhijskim nivoima u organizaciji) što je, između ostalog, i doprinelo širokoj upotrebi sistema za podršku odlučivanju.

4.3 Princip i osobine rada sistema za podršku odlučivanju

BARRETT i CASTORE [1989] navode da proces započinje sa korisnikovom dilemom. Korisnik potom definiše problem, u čemu mu DSS može pružiti pomoć kroz snimanje, praćenje i prikupljanje podataka iz spoljašnjih i unutrašnjih izvora podataka, na osnovu čega se stiče uvid o nastanku i karakteru problema. Po završetku formulacije problema, DSS vrši obradu podataka koristeći se pritom bazom podataka i/ili bazom znanja. Po izvršenoj obradi problema DSS nudi korisniku raspoloživi niz alternativa. Služeci se pokazateljima o stepenu zadovoljenja postavljenog problema svake alternative, korisnik vrši izbor najpovoljnije.



Slika 7 - Princip rada korisnika sa sistemom za podršku odlučivanju (Barrett, Castore, 1989)

Kroz mogućnost analize npr. “what-if“, analizu osetljivosti, itd., korisnik može da ispita posledičnost pojedinih alternativnih pravaca ili da ispita posledice koje mogu nastupiti prilikom promene uticajnih faktora (nekontrolisanih varijabli kao sto su npr. ekonomski faktori, drustveni faktori) na izabranu alernativu. Kao rezultat opisanog procesa sledi informacija za buduću upotrebu tj. odluka o pravcu akcije.

4.4 Klasifikacija sistema za podršku odlučivanju

Kada se govori o vrstama DSS-a treba imati u vidu da je reč o veoma velikom broju kompjuterskih proizvoda namenjenih različitim vrstama problema, zatim o različitim orijentacijama na kojima se sistemi zasnivaju kao i o širokom spektru korisnika. Vrlo je teško napraviti neku generalnu klasifikaciju, već se sistemi moraju svrstati po osnovu više kriterijuma.

Neki DSS pomažu menadžerima u efikasnijem pristupu informacijama koje bi inače ostale nedostupne ili bi se vrlo teško do njih došlo; drugi sadrže eksplicitne modele koji obezbeđuju strukturu za neku određenu odluku. Neki sistemi su primarni alat za individualni rad u procesu odlučivanja pojedinca, dok su neki konstruisani da podrže komunikaciju između ljudi čiji rad mora biti koordiniran tj. grupno odlučivanje. Nadalje, DSS može biti namenjen za podršku odlučivanju različitim nivoima menadžmenta operativnom, taktičkom ili strateškom. DSS mogu podržavati malu grupu menadžera koristeći pojedinačne personalne kompjutere ili velike grupe menadžera u umreženoj server-klijent arhitekturi.

U okviru sistema za podršku odlučivanju u novije vrijeme razvijeni su različiti koncepti, kao što su Business Intelligence, Data Mining, Data Warehousing, Knowledge Menagement i OLAP.

Iako postoji više mogućnosti klasifikacije DSS-a ovde će biti data kategorizacija koju je dao POWER [1973], prvenstveno iz razloga što proces dizajniranja DSS-a u većini slučajeva zavisi od kategorije kojoj sistem pripada. On smatra da osnovnu podelu DSS-a treba izvršiti prema nameni na DSS namenjene preduzećima (Enterprise-wide DSS) koji su povezani sa velikim bazama podataka i skladistima podataka i opslužuju više menadžera, i DSS za rad jednog korisnika (Desk-top DSS) koji radi samostalno na jednom računaru. Powerova klasifikacija nije sveobuhvatna, ali kategorizuje većinu poznatih DSS koji su u upotrebi.

DSS bazirani na podacima (Data-Driven DSS) stavljaju akcenat na pristup i manipulisanje strukturiranim podacima u veoma velikim bazama (data warehouse), koje sadrže kako interne tako i eksterne podatke. Data warehouse sistem omogućava efikasan pristup ovim podacima pomoću kompjuterskih alata prilagođenih specifičnim zadacima kao i pomoću opštih alata koji obezbeđuju dodatnu funkcionalnost. Data-Driven DSS sa OLAP alatima poseduju veoma visok stepen funkcionalnosti jer omogućavaju i efikasnu analizu velike kolekcije istorijskih podataka.

DSS bazirani na modelima (Model-Driven DSS) predstavljaju sisteme koji koriste finansijske, reprezentacione i optimizacione modele. Ovi sistemi akcenat stavljaju na izgradnju i proučavanje modela. Kompleksne analize bazirane na modelima moguće je izvršiti pomoću OLAP sistema (hibridnih DS sistemima), koji objedinjuju modeliranje, pretraživanje velike količine podataka i mogućnost sumiranja podataka. Čisto modelima orijentisani sistemi koriste podatke i parametre obezbeđene od strane donosioca odluke, ali oni obično nisu intenzivno orijentisani na podatke.

Sugestivni DSS (Suggestion DSS) sadrže data mining alate kao i menadžment ekspertne sisteme. Data mining alati pomažu analitičarima sugerišući veze koje postoje među podacima. Data mining je, zapravo, proces pretraživanja velike količine podataka u cilju pronalaženja kontekstnih veza među tim podacima. Menadžment ekspertni sistem može sugerisati ali i pokrenuti izvršavanje neke akcije za menadžera. Sugestivni DSS se još nazivaju i DSS bazirani na znanju.

DSS bazirani na dokumentima (Document-Driven DSS) su usmereni na pretraživanje i upravljanje nestrukturiranim podacima kao što su dokumenti i web strane. Ovi sistemi predstavljaju skup različitih tehnologija memorisanja i procesiranja nestrukturiranih podataka, radi obezbeđenja što efikasnije pretrage i analize dokumenata. Na primer Web omogućava pristup ogromnim bazama dokumenata uključujući i baze hipertekst dokumenata, slika, zvučnih i video animacija. Efikasna pretraga je glavni zadatak ovih sistema.

Grupni DSS (Group DSS, GDSS) je tip DS sistema koji podrazumevaju mogućnost komunikacije donosioca odluke tj. grupno odlučivanje po principu usaglašavanja. GDSS je potrebno kategorizovati kao specifični tip DS sistema jer podrazumeva, upotrebu specijalnih informacionih tehnologija za kolaborativni rad, kao što su sobe odlučivanja, kompjuter sa displej projektorom, ali i mogućnost distribuiranog rada tj. dobar sistem komunikacija.

Inter-organizacioni DSS (Inter-Organizational DSS) predstavljaju relativno novu kategoriju DS sistema. Internet obezbeđuje komunikacione linkove za različite tipove inter-organizacionih sistema uključujući i DS sisteme. Interorganizacioni sistemi omogućavaju udaljenim korisnicima da pristupe kompanijskom intranetu i ukoliko imaju autorizovanu privilegiju da koriste određene DSS servise.

Funkcionalno specifični DSS (Function-Specific DSS) predstavljaju sisteme koji su specijalno dizajnirani da podrže određene poslovne funkcije ili tipove poslovanja. Ovi sistemi se obično dizajniraju za jedan specifični zadatak mada se po svojoj prirodi mogu svrstati u neku od glavnih kategorija DS sistema, kao što su DSS zasnovani na podacima, modelima ili sugestivni DSS.

Web orjentisani DSS (Web-Based DSS) predstavljaju sisteme koji su implementirani upotrebom web tehnologija. Oni omogućavaju menadžerima i poslovnim analitičarima upotrebu DSS alata koristeći web browsere. Server koji opslužuje DSS je povezan sa korisničkim kompjuterima mrežnim TCP/IP protokolom. Ovakvi DS sistemi omogućavaju velikoj grupi menadžera da koristeći web browser-e u mrežnom klijent- server okruženju donose pojedinačne ili grupne odluke kao i da pristupaju data warehouse-u kao delu DSS arhitekture. Može se reći da web tehnologije predstavljaju primarne alate za razvoj Inter-organizacionih DSS.

4.5 Prednosti i ograničenja sistema za podršku odlučivanju

HOLSAPPLE i WHINSTON [1996] izdvajaju sledeće osobine sistema za podršku odlučivanju kao njihove prednosti:

- prednosti DSS zavise od prirode donosioca odluka i situacije po pitanju odluka,
- DSS povećava urođene sposobnosti rukovođenja donosioca odluka,
- DSS može da reši probleme koji bi donosiocu odluka oduzeli mnogo više vremena ili koje on ne bi pokušao da rešava,
- DSS se približava rešenju problema brže i pouzdanije od donosioca odluka,
- čak i kada DSS ne može da reši problem, može da stimuliše donosioca odluka da dublje razmišlja o dotičnom problemu,
- izgradnja DSS može ukazati na nove načine razmišljanja u oblasti odlučivanja,
- DSS može da obezbedi dokaze o opravdanosti stava donosioca odluka,
- u cilju unapređenja produktivnosti, DSS može pružiti značajne konkurentske prednosti.

Isti autori (Holsapple, Whinston, 1996) kao ograničenja sistema za podršku odlučivanju navode:

- neke urođene ljudske veštine i talenti se ne mogu ugraditi u današnje DSS (misli se na fazu projektovanja DSS),
- DSS je ograničen na znanje koje poseduje. Ograničene su sposobnosti DSS da stekne nova znanja,
- DSS je ograničen vrstama obrade znanja koju njegov softver može da izvrši,
- mogućnosti DSS su ograničene mogućnostima računara (hardvera i operativnog sistema) koje se koriste,
- DSS mogu biti napravljeni za prilično usku i specifičnu oblast primene. Moguće je da se zahteva više DSS u rešavanju različitih zadataka u toku rada. Tada se postavlja pitanje ko treba da koordinira rad nekoliko DSS.

4.6 Ekspertni sistemi

Pojavom ekspertnih sistema, znatno je olakšan rad na onim mestima odlučivanja gde se donose veoma složene ili veoma značajne odluke, tj. svuda gde se ne sme dozvoliti donošenje pogrešne odluke iz razloga nemogućnosti saniranja posledica. Upravo na taj način može se objasniti eksplozivni razvoj i široka primena ekspertnih sistema. Ekspertni sistemi deluju poput tima eksperata iz određene oblasti sa tom razlikom što trajno čuvaju podatke uz svakodnevno proširivanje svoje baze znanja. Radi pojašnjenja pojma “ekspertni sistem“, navešćemo neke od definicija ekspertnih sistema:

Ekspertni sistem je računarski program koji deluje kao ljudski ekspert u dobro definisanom specifičnom zadatku, na bazi znanja (Jay Liebowitz , 1999).

Pod ekspertnim sistemom se podrazumeva uspostavljanje unutar računara dela veštine nekog eksperta koja se bazira na znanju i u takvom je obliku da sistem (računar) može da ponudi inteligentan savet ili da preduzme inteligentnu odluku o funkciji koja je u postupku. Poželjna dopunska karakteristika, koju mnogi smatraju osnovnom, jeste sposobnost sistema da na zahtev verifikuje svoju liniju rezonovanja, tako da direktno obaveštava onoga (korisnika) koji postavlja pitanje. Usvojeni način da se ostvare ove karakteristike je programiranje na bazi pravila (Milačić, 1990).

GOODWIN i WRIGHT [2004] ističu da su ekspertni sistemi jedan deo istraživanja na putu ka veštačkoj inteligenciji, a da veštačka inteligencija ima za cilj da predstavlja u potpunosti ljudsku inteligenciju kroz računarski sistem. Isti autori definišu ekspertni sistem na sledeći način: ekspertni sistem je modeliranje, unutar računara, ekspertskog znanja, tako da rezultujući sistem može ponuditi inteligentan savet ili doneti inteligentne odluke.

Izraz “ekspertni sistem“ se danas upotrebljava sa više različitih značenja, a potiče od činjenice da su takvi sistemi i nastali tako što su od priznatih eksperata u nekoj oblasti, intervjuisanjem i drugim postupcima doznavana i “zahvatana“, a potom organizovana njihova znanja (Ristić, i dr., 1993).

Ekspertni sistemi su specijalizovani automati sa obradom znanja, za interaktivno i kooperativno rešavanje problema koji se mogu formalizovati, na nivou prirodnih (stručnih) jezika, sa mogućnostima obuhvata i prezentacije znanja u formi algoritamskih problema, s jedne strane, i nealgoritamskih činjenica i pravila, kao i logičkog zaključivanja po utvrđenoj strategiji, sa druge strane (Roth, 1992).

Prvi počeci razvoja sistema zasnovanih na znanju koji su prethodili ekspertnim sistemima javljaju se polovinom 60-ih godina prošlog veka. Razvoj ekspertnih sistema zavisi od razvoja informacionih tehnologija, tj. od performansi računara. Vrlo brzo (krajem 60-ih godina) računari su postali ograničavajući faktor, pa su usledile neminovne promene na polju njihovog usavršavanja, što je izazvalo novi uspon u razvoju oblasti veštačke inteligencije. Ipak, tek tokom 80-ih godina ekspertni sistemi su doživeli široku upotrebu na komercijalnom tržištu.

Prema stanju iz 1988. godine, ekspertni sistemi su se tada primenjivali u oko 150 oblasti. Međutim, samo četiri godine kasnije (prema stanju iz 1992. godine, Liebowitz, 1992) u Americi je bilo korišćeno najmanje 3000 ekspertnih sistema od čega je nekoliko stotina ekspertnih sistema bilo razvijeno (nisu korišćene školjke) i testirano na svom polju primene. U Japanu je tada postojalo preko 400 razvijenih ekspertnih sistema pri čemu je oko 190 kompanija implementiralo ekspertne sisteme u svoj rad. U Francuskoj je postojalo takođe preko 400 razvijenih ekspertnih sistema itd.

U daljem razvoju ekspertnih sistema prognozira se razvoj povezivanja ekspertnih sistema sa sistemima za podršku odlučivanju, multimedijom, neuralnim mrežama itd. Očekuju se poboljšani interfejs i to uz pomoć tehnologija kao što su hipermedija i virtualna realnost, tj. smatra se da će se tako postići bolji način za automatsku akviziciju znanja.

Jedna od uopštenih podela ekspertnih sistema sugerise na postojanje dve grupe ekspertnih sistema (Stojiljković, 1995):

- Ekspertni sistemi koji analiziraju neki problem i
- Ekspertni sistemi koji vrše sintezu u procesu rešavanja problema.

Podelu ekspertnih sistema možemo izvršiti i prema drugim kriterijumima. Jedna od uobičajenih podela odnosi se na vrstu informacija koje ekspertni sistemi pružaju: (Stojiljković, Milosavljević, 1995):

- *Samostalni* – u stanju su da samostalno izvedu proces donošenja odluke i planiranja budućih pravaca akcije, a korisnika izveštavaju o primenjenim postupcima i razlozima za usvajanje određene procedure;
- *Konsultantski* – pružaju razne konsultantske usluge u smislu da pomažu korisniku na taj način kako bi i pravi ekspert pružio svoje mišljenje. Ova grupa ekspertnih sistema koncipirana je tako da se njima koriste eksperti kojima su potrebna dodatna mišljenja za rešavanje kompleksnih problema (stvara se atmosfera poput formiranja tima eksperata);
- *Savetnički* – mogu koristiti i eksperti ali i oni ostali korisnici kojima je potreban savet u odgovarajućim situacijama;
- *Sistemi za ispitivanje šta bi bilo ako...* – ova grupa ekspertnih sistema omogućava razmatranje određenih situacija u kojima je potrebno predvideti efekte primene alternativnih akcija. Može se uspostaviti analogija ove grupe ekspertnih sistema sa simulacionim modelima ali razvijenim do ekspertnog nivoa.

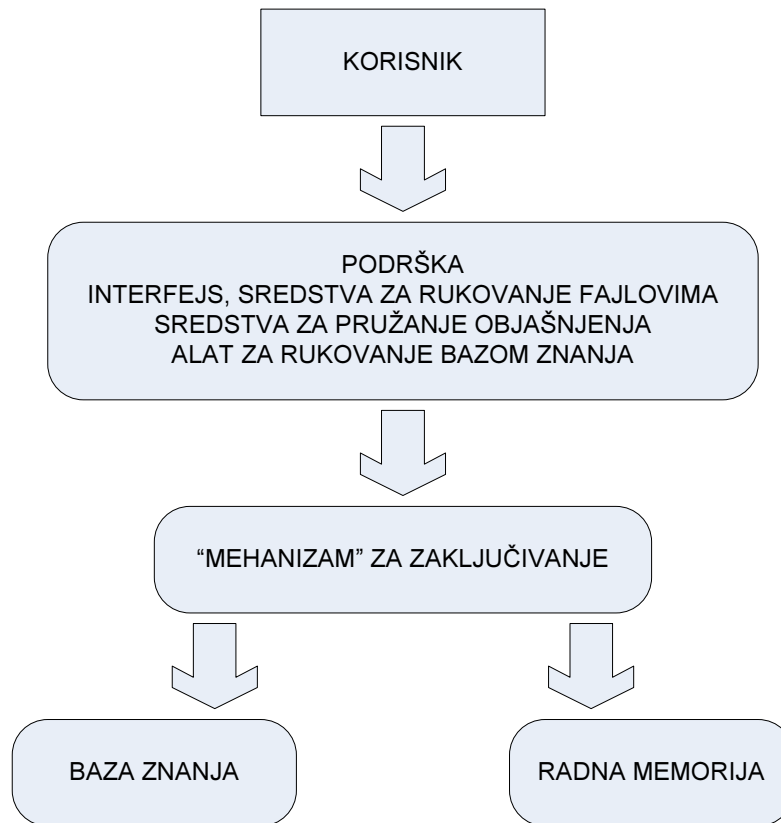
TURBAN i ARONSON [1998] iznose da postoje sledeće vrste ekspertnih sistema:

- Ekspertni sistemi zasnovani na znanju (Expert Systems Versus Knowledge-based Systems, Knowledge-based Expert Systems),
- Ekspertni sistemi zasnovani na pravilima,
- Ekspertni sistemi zasnovani na okvirima (Frame-based Expert Systems),
- Hibridni sistemi,
- Ekspertni sistemi zasnovani na modelima (Model-based Systems),
- Ekspertni sistemi spremni za rad (Ready-made, Off-the-shelf Systems),
- Ekspertni sistemi koji rade u realnom vremenu (Real-time Expert Systems).

GOODWIN i WRIGHT [2004] ističu da postoje dve grupe ekspertnih sistema i to, prvi se javljaju kod komplikovanih istraživačkih projekata ili potencijalno nerešivih problema gde je potrebno razviti novi način prezentovanja ili izlaganja znanja. Drugi niz sistema su oni koje su izgradili konsultanti i to putem korišćenja komercijalno razvijenih školjki (shell) ekspertnih sistema. Školjke ekspertnih sistema sadrže sve komponente kao i posebno razvijeni ekspertni sistem, sa tom razlikom što im je baza znanja prazna (otuda se nazivaju prazni ili okvirni ekspertni sistemi). Korisnik (npr. tim eksperata u nekom preduzeću) školjke ekspertnog sistema sam popunjava bazu znanja unoseći u nju pravila koja se odnose na probleme koje je potrebno da njegov ekspertni sistem rešava. Školjke ekspertnih sistema su jednostavne za programiranje, fokusirane su na probleme u kojima nije prisutna neizvesnost. Kod korišćenja školjki ekspertnih sistema, ekspertsko rasuđivanje predstavlja su u obliku stabla odlučivanja, što se ubraja u olančavanje unapred. U svetu su poznate školjke: XiPlus (by Expertech Ltd.), EXSYS Professional i sl., a kod nas je razvijena i takođe našla veliku primenu školjka BEST (Blackboard-based Expert System Toolkit).

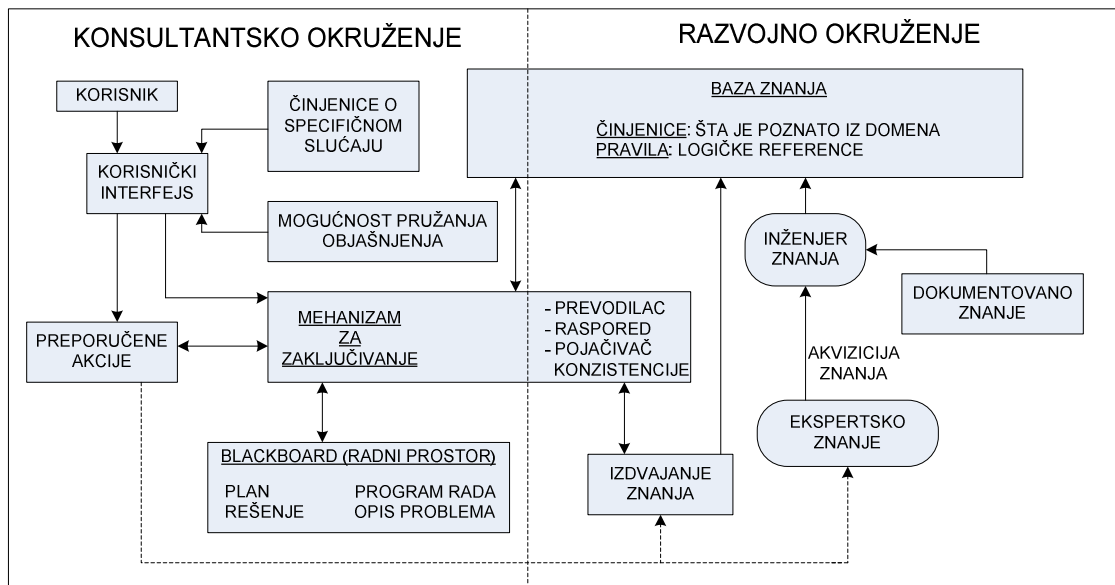
Model jednostavnog ekspertnog sistema sastoji se samo od četiri dela (Doukidis, 1991). Oni su: baza znanja, "mehanizam" za zaključivanje, korisnički interfejs i radna memorija (slika 4). Znanje eksperta se čuva u nizu fajlova nazvanih baza znanja. Najčešće je znanje predstavljeno pomoću "if ... then" pravila. "Mehanizam" za zaključivanje koristi bazu znanja kako bi se obezbedila nova informacija. "Mehanizam" za zaključivanje koristi neke forme logičke dedukcije da bi se obezbedili odgovori. Preko korisničkog interfejsa omogućava se komunikacija između ekspertnog sistema i korisnika. Radna memorija sadrži detalje o stanju znanja sistema u određenom trenutku.

Primer rada je sledeći: korisnik zove ekspertni sistem preko korisničkog interfejsa. Ekspertni sistem uz pomoć "mehanizma" za zaključivanje upravlja pravilima u bazi znanja. Ukoliko su sistemu potrebne dodatne informacije, on će pitati korisnika (preko interfejsa), a zatim sačuvati te informacije u radnoj memoriji. Svaki nov podatak koji se pojavi kao izlaz "mehanizma" za zaključivanje takođe se čuva u radnoj memoriji. Ovaj proces se nastavlja sve dok sistem ne obezbedi korisniku sve odgovore na njegova pitanja ili dok se ne iskoriste sva pravila.



Slika 8 - Model ekspertnog sistema

Nešto kompleksnija struktura ekspertnog sistema predstavljena je na sledećem dijagramu.



Slika 9 - Struktura ekspertnih sistema (Turban, Aronson, 1998)

Na ovom prikazu mogu se uočiti relacije između komponenata ekspertnog sistema. Ulazeći dublje u strukturu ekspertnog sistema, konstatuje se postojanje niza dodatnih komponenata koje čine sistem funkcionalnim.

Proces funkcionisanja ekspertnih sistema može se raščlaniti na sledećih pet komponenata (Roth, 1992):

- *Akvizicija (sticanje) znanja* – predstavlja jedan od najznačajnijih zadataka za ekspertni sistem jer putem dijaloga sa korisnikom sistem mora primiti i sintaktički - formalno ispravne, ali i semantički adekvatne raznovrsne informacije. Od akvizicije znanja zavisiće memorisanje znanja i samim tim i kvalitet rada ekspertnog sistema.
- *Reprezentacija (memorisanje) znanja* – vrši se dugotrajnim procesom memorisanja programskih modula sastavljenih od činjenica i pravila i načina za rešavanje problema (mehanizmi zaključivanja), za određenu oblast.
- *Obrada znanja (rešavanje problema)* – u stvari predstavlja izvršavanje programa radi dobijanja rešenja sa odgovarajućim pratećim objašnjenjima putem logičkog procesa za rešavanje problema. Ovaj zadatak podrazumeva automatsko vrednovanje činjenica i pravila prema prethodno datoj logici zaključivanja pomoću traženja i upoređivanja, a zatim dobijanje rezultata u obliku novih podataka ili pravila do krajnjeg algoritma za rešavanje problema.
- *Komponente za objašnjenje (predstavljanje znanja)* – omogućavaju pregled unutrašnjih međuzavisnosti, aktivnih i neaktivnih pravila za rešavanje problema i pružaju razumevanje zaključka koji je dao ekspertni sistem. Tako predstavljene činjenice koje je koristio ekspertni sistem u procesu donošenja odluke služe korisniku da uvidi koje su bile polazne osnove ekspertnog sistema da se opredeli za neku odluku, ali neki podatak može da se pokaže kao netačan ili besmislen pa se proces zaključivanja ekspertnog sistema sa novim ispravnim informacijama može uputiti na ponovno razmatranje. Takođe, posedovanje komponente za objašnjavanje kod ekspertnih sistema omogućuje korisniku sticanje novih znanja.
- *Interfejs (jedinca za dijalog)* – omogućuje komunikaciju korisnika sa ekspertnim sistemom putem tastature i ekrana, ali moguće su i ostale varijante direktne komunikacije ekspertnog sistema sa okolinom npr. putem slike, tona, mernih signala itd.

4.7 Hibridni sistemi

Hibridni sistemi nastaju integracijom dva ili više kompjuterskih informacionih sistema. Postoji više klasa hibridnih sistema a među osnovne se ubrajaju: integracija sistema za podršku odlučivanju i ekspertnih sistema, ekspertnih sistema i neuronskih mreža, kao i aspekti globalne integracije više informacionih sistema.

Kod integracije ekspertnih sistema i sistema za podršku odlučivanju moguće je identifikovati pet različitih slučajeva:

- Ekspertni sistem kao inteligentna komponenta uz bazu podataka u DSS-u,
- Ekspertni sistem kao inteligentna komponenta uz bazu modela u njeno upravljanje u DSS-u,
- Ekspertni sistem kao komponenta u DSS-u a sa namenom da poboljša karakteristike korisničkog interfejsa,
- Ekspertni sistem kao komponenta za pomoć u izgradnji DSS-a,
- Ekspertni sistem kao komponenta u DSS-u koja pruža korisniku razne konsultativne usluge.

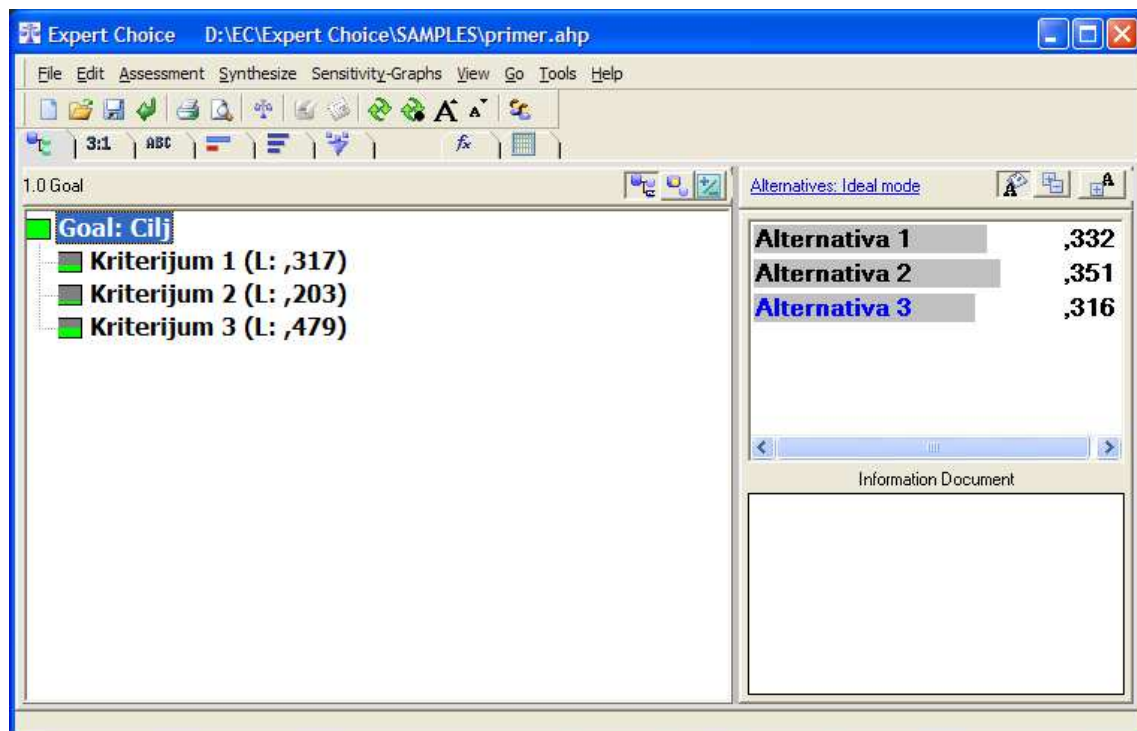
Prilikom izbora oblika integracije kompjuterskih informacionih sistema treba se rukovoditi činjenicom da se integrisanjem postojećih informacionih sistema dobijaju objedinjene karakteristike integrisanih sistema, što pruža korisnicima znatno komforniji rad, skraćanje vremena aktivnosti, što povećava radni učinak i opšte zadovoljstvo zaposlenih. Sa druge strane, implementacija integrisanih sistema iziskuje ulaganje dodatnih sredstava koja su neophodna za izgradnju globalnog sistema i za nabavku hardverskih komponenti. Održavanje ovog sistema tj. administracija mreže iziskuje dodatna ulaganja.'

Imajući u vidu iznete pretpostavke, nameće se konstatacija da prilikom izbora sistema za podršku menadžment aktivnostima treba napraviti balans tako da izabrani sistem sa jedne strane u potpunosti zadovoljava potrebe poslovno-proizvodnog sistema, a sa druge strane bude takav da mu obezbedi konkurentske prednosti, adaptibilnost poslovnom okruženju, rast i razvoj.

5. Program Expert Choice 11

Expert Choice 11 (EC11) predstavlja jedan od najefikasnijih alata za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja. To je alat sa jakim performansama za analizu odluka na nivou organizacije. EC11 je robusna aplikacija namenjena za personalne računare koja omogućava timovima prioritarno sortiranje alternativa i pouzdano donošenje odluka o alternativama za postizanje željenih ciljeva. EC11 može integrisati podatke iz različitih programa kao što su Microsoft Excel, Microsoft Project i Oracle baze podataka. Expert Choice je veoma koristan za “what-if” analize pri strateškom planiranju proračuna i projekta. EC11 je u potpunosti prilagođen primeni AHP metode i podržava sve neophodne korake. Omogućava strukturiranje problema na više načina i upoređivanje alternativa i kriterijuma u parovima na više načina. Takođe, poseduje mogućnost sprovođenja i vizualizacije analize osetljivosti pomoću jednostavne interaktivne izmene težina kriterijuma i alternativa.

Na slici 8 možemo videti način na koji su prikazani cilj, kriterijumi i alternative u ModelView prozoru.



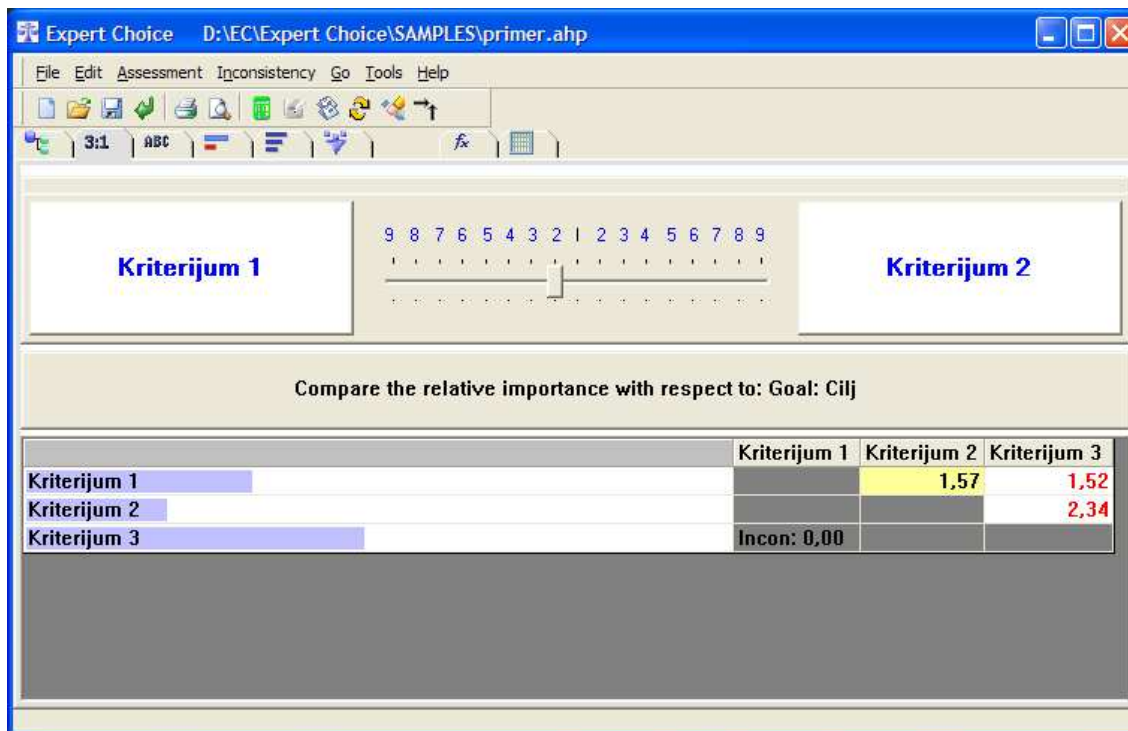
Slika 10 - ModelView prozor programa Expert Choice 11

Nakon definisanja kriterijuma, potrebno je utvrditi njihovu važnost u odnosu na definisane alternative. Kriterijumi se međusobno porede u parovima prema Satijevoj skali. Ocenjivanje i poređenje parova možemo početi od cilja i nastaviti ka alternativama (top – down) ili možemo izvršiti procenu alternativa pre ocenjivanja kriterijuma (bottom – up). Pristup od dna ka vrhu (bottom – up) je često bolji od standardnog top – down pristupa jer uvid koji stičemo prilikom procene alternativa nam pomaže u vrednovanju kriterijuma.

Jedna od glavnih prednosti AHP metode je mogućnost evaluacije kako kvantitativnih, tako i kvalitativnih kriterijuma i alternativa na istoj skali od 9 nivoa. Ove skale mogu biti numeričke (slika 9), verbalne (slika 10) ili grafičke (slika 11).

5.1 Numerička skala

Kada poredimo svojstva koja bi se logično merila numeričkom skalom, možemo upotrebiti numerički metod za unos odluka (procena). Na numeričkoj skali, 1,0 implicira da su elementi jednake važnosti, 2,0 da je jedan element dva puta važniji od drugog, a 9,0 da je jedan element devet puta važniji od drugog. Ovo su apsolutne vrednosti koje nam govore, na primer, koji je od dva kamena teži i koliko je teži. Prema tome, numerička odluka od 5,0 nam govori da je prvi kamen pet puta teži od drugog. Ukoliko je disparitet između elemenata u grupi toliko veliki da je npr. jedan element više od 9,0 puta veći od nekog drugog elementa u grupi, takvi elementi bi trebali biti izdvojeni u posebne klastere. U krajnjem slučaju, Expert Choice dozvoljava produženje numeričke skale do odnosa 99,9 prema 1, međutim, ljudi nisu toliko precizni u donošenju odluka kada se elementi razlikuju u odnosu 10 prema 1 ili više.

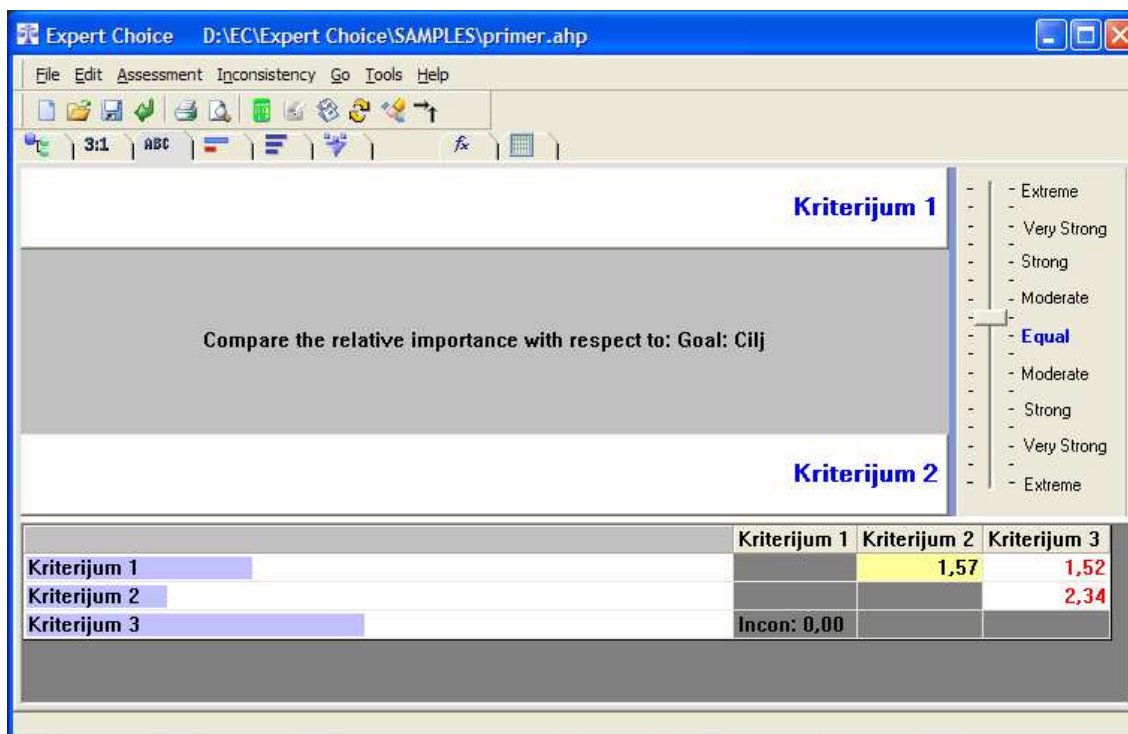


Slika 11 - Numerička skala

5.2 Verbalna skala

Expert Choice omogućava definisanje odluka primenom numeričke, grafičke ili verbalne metode. Svaka odluka predstavlja odnos (ratio) jednog elementa u poredjenju sa drugim elementom. Kada se prave poredjenja sa socijalnim, psihološkim ili političkim kontekstom, preporučljiva je upotreba verbalnog načina poredjenja. Verbalne odluke se lakše donose i lakše ih je obrazložiti u slučaju kvalitativnih poredjenja. U slučaju poredjenja ekonomskih ili drugih merljivih faktora, numerički ili grafički način poredjenja može biti pogodniji za upotrebu, premda je potpuno prihvatljiva upotreba verbalnog načina poredjenja i u pomenutim slučajevima (verbalni metod nije toliko pouzdan i obično zahteva više odluka od numeričkog ili grafičkog metoda u cilju povećanja preciznosti).

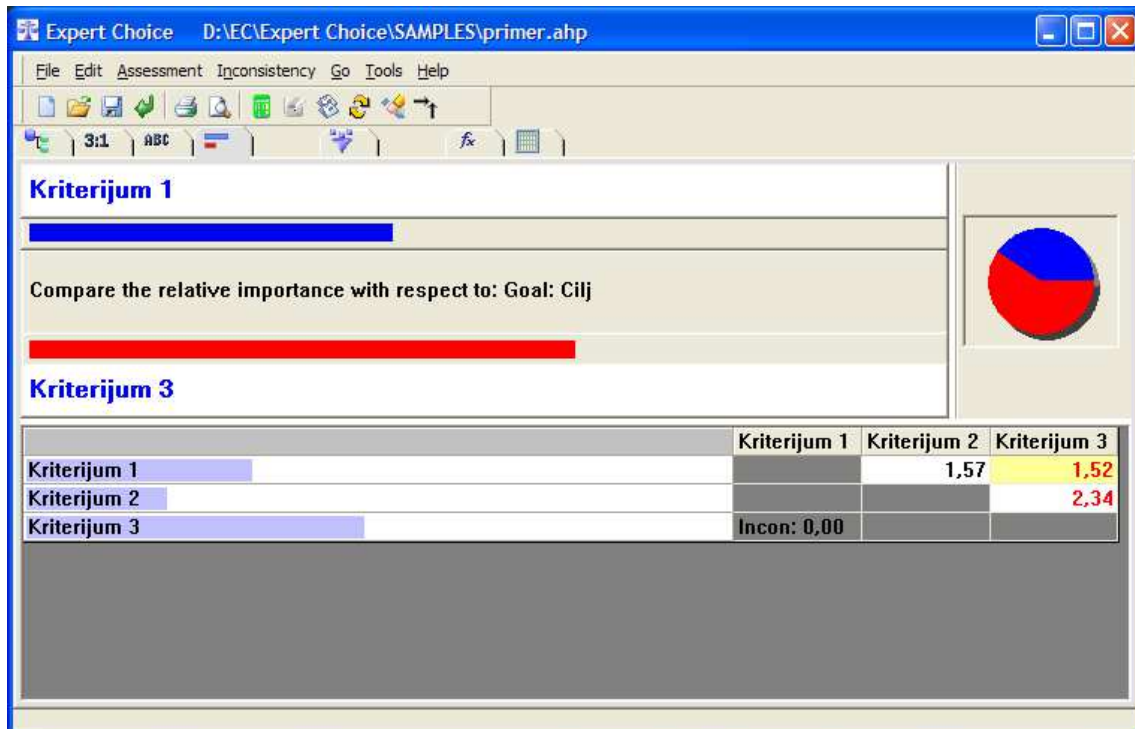
Postoji suptilna ali bitna razlika između predstavljanja verbalnih odluka numerički i numeričkih odluka. Prilikom predstavljanja verbalne odluke numerički, odluka (procena) „STRONG“ je prikazana kao 5. Donosioci odluka nisu procenili da je faktor A pet puta veći u odnosu na faktor B. Pod pretpostavkom da postoji odgovarajuća redundansa i da su odluke uglavnom konzistentne, kalkulacija prioriteta zasnovana na kompletno verbalnom poredjenju parova može kao rezultat imati da faktor A bude samo 3 puta veći od faktora B iako reč „STRONG“ reprezentuje broj 5 na numeričkoj skali. Kod numeričkih odluka, u sličnim uslovima, procena da je faktor A pet puta veći od faktora B će (sa prihvatljivom konzistentnošću) rezultirati u prioritetima gde je faktor A zaista pet puta veći od faktora B.



Slika 12 - Verbalna skala

5.3 Grafička skala

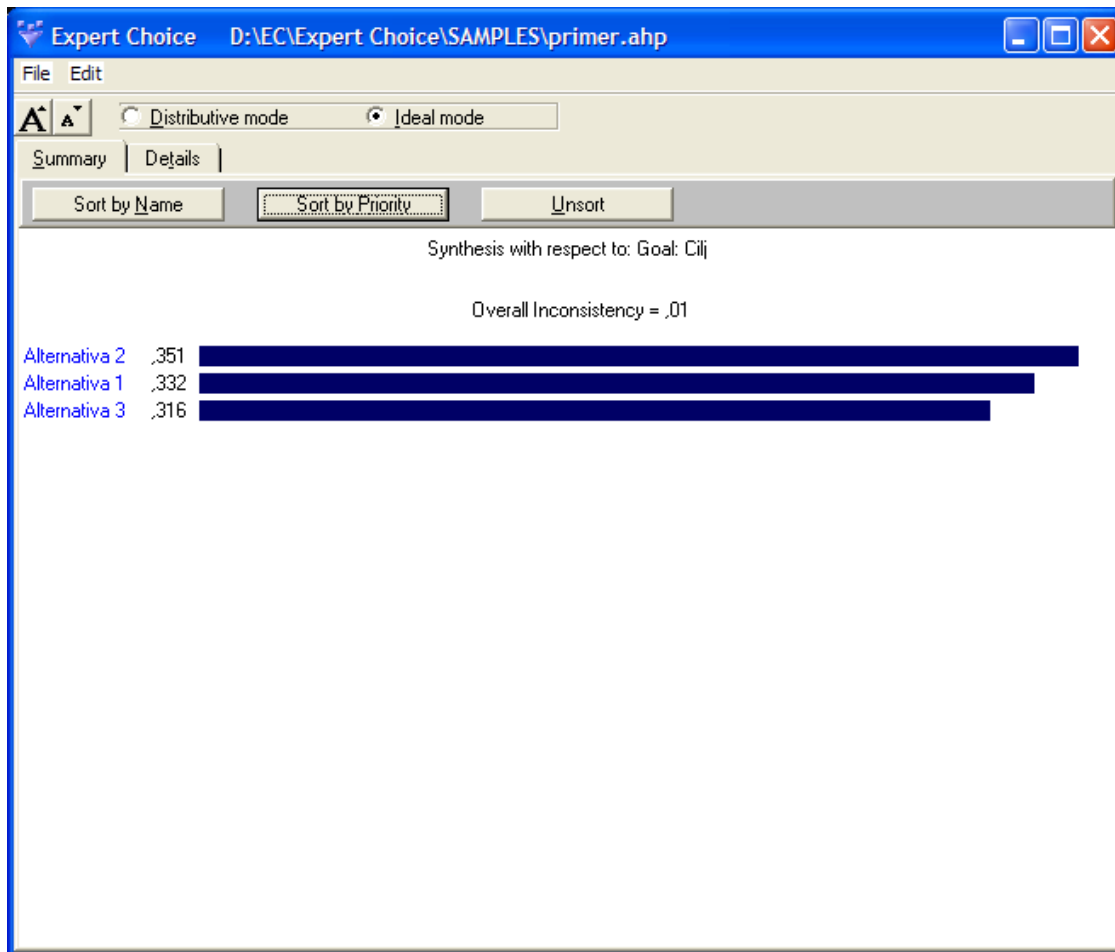
Skala za grafičko poredjenje parova se može koristiti za izražavanje odnosa između dva elementa u vidu odnosa dužine pravougaonika na skali. U grafičkom metodu, odluke se unose povlačenjem i podešavanjem relativne dužine pravougaonika na skali (svaki predstavlja jedan od faktora u poredjenju parova). Pie chart dijagram prikazuje relativno stanje u odnosu na promene na skali.



Slika 13 – Grafička skala

Jednom kada se unesu sve odluke za svaki deo modela, izvršava se sinteza informacija radi dobijanja sveobuhvatnog pregleda prioriteta. Sinteza generiše izveštaj koji vrši rangiranje alternativa u odnosu na postavljeni cilj. Ovaj izveštaj obuhvata detaljno rangiranje prikazujući kako je svaka alternativa ocenjena u odnosu na svaki kriterijum.

Slika 12 prikazuje ukupne prioritete alternativa nakon sprovedene sinteze u odnosu na definisani cilj. Ukupna nekonzistentnost je manja od 10% čime se može reći da je model dobro struktuiran.



Slika 14 – Sinteza rezultata u odnosu na cilj

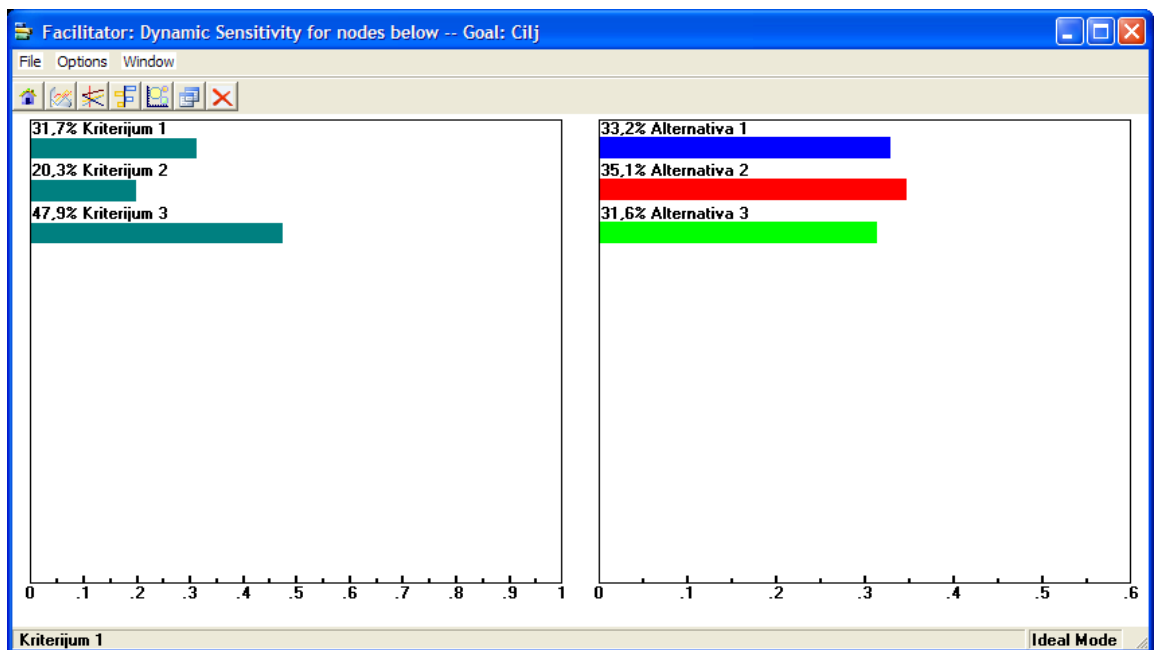
Nakon definisanja kriterijuma i alternativa, kao i određivanja svih potrebnih težina, neophodno je izvršiti analizu osetljivosti. Analiza osetljivosti se sprovodi da bi se stekao uvid u to kako su se alternative pokazale u odnosu na svaki kriterijum kao i koliko su alternative osetljive na promene u važnosti kriterijuma.

Expert Choice omogućava pet metoda analize osetljivosti: Dynamic, Performance, Gradient, Head to Head i Two-Dimensional (2D Plot).

5.4 Dynamic grafički prikaz

Pomoću Dinamičkog (Dynamic) grafičkog prikaza možemo videti kako se menjaju prioriteta alternativa pri promenama težina pojedinih kriterijuma. Ova analiza je predstavljena pomoću horizontalnih pravougaonika koji nam omogućavaju da povećamo ili smanjimo težinu bilo kog kriterijuma i vidimo promenu u prioritetima alternativa.

Ovakav prikaz omogućava nam pogled na ukupni udeo težine pojedinih kriterijuma u ukupnom prioritetu alternativa. Ukoliko promenimo težinu jednog kriterijuma, ostale težine se menjaju proporcionalno u odnosu na početne težine kriterijuma. Na levoj strani su prikazani udeli uticaja pojedinih kriterijuma na prioritete alternativa.

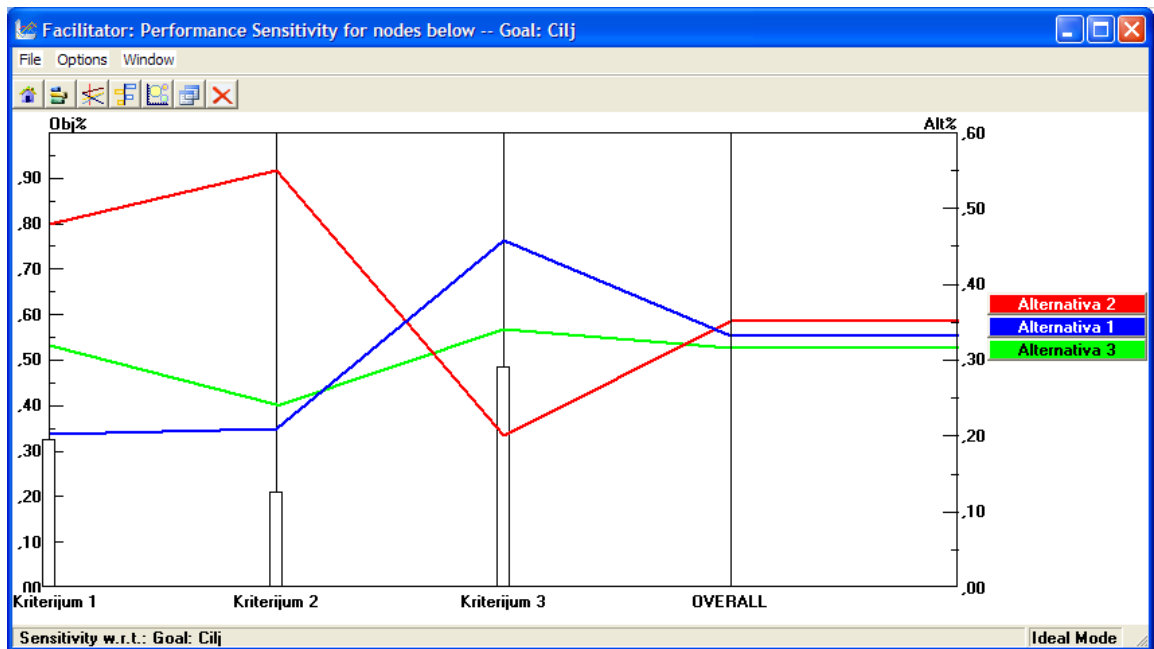


Slika 15 - Dynamic grafički prikaz analize osetljivosti

5.5 Performance grafički prikaz

Performance grafikon prikazuje uticaj pojedinih težina kriterijuma na trenutni i ukupni poredak alternativa. Trenutni poredak alternativa predstavlja promenu prioriteta alternative pod uticajem težine jednog kriterijuma, a ukupni poredak alternativa predstavlja poredak alternativa pod uticajem težina svih kriterijuma.

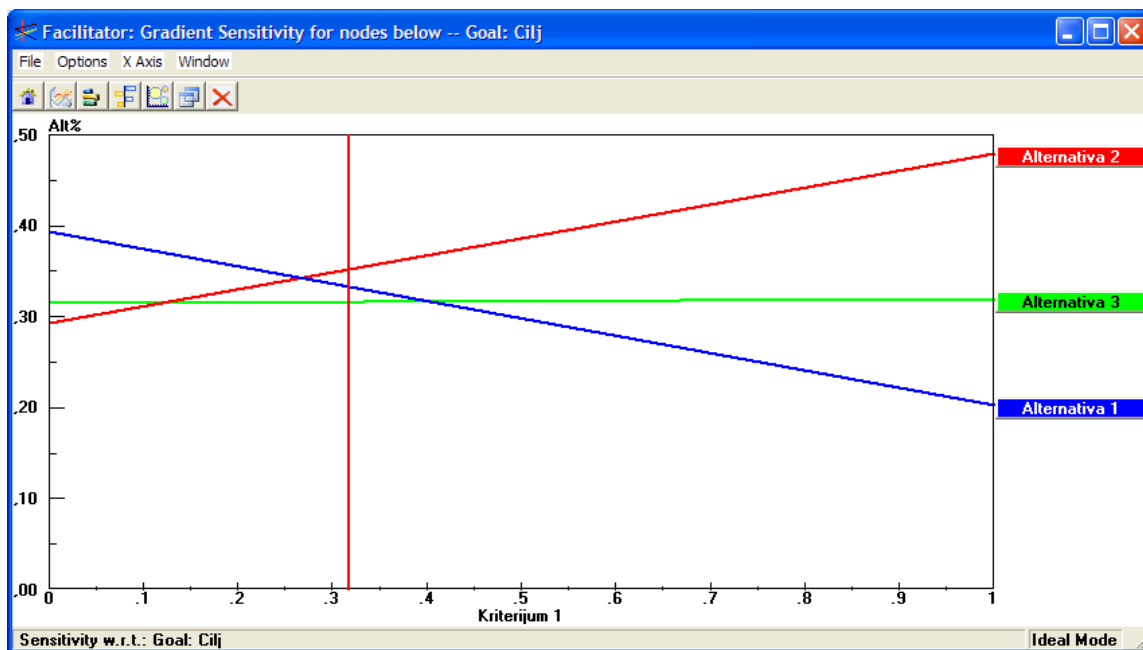
Kriterijumi su predstavljeni pomoću vertikalnih pravougaonika dok su prioriteti alternativa prikazani pomoću horizontalnih linija. Presek horizontalne linije alternative sa vertikalnom linijom kriterijuma pokazuje prioritet alternative za dati kriterijum, što možemo pročitati sa desne ose nazvane Alt%. Težina kriterijuma je predstavljena visinom pravougaonika i njegovu vrednost očitavamo na levoj osi pod nazivom Crit%. Ukupan prioritet svake alternative je predstavljen na Overall vertikalnoj liniji, za vrednosti na desnoj osi.



Slika 16 - Performance grafički prikaz analize osetljivosti

5.6 Gradient grafički prikaz

Gradient grafikon prikazuje kako promene (gradijenti) težina pojedinih kriterijuma utiču na pojedine alternative.

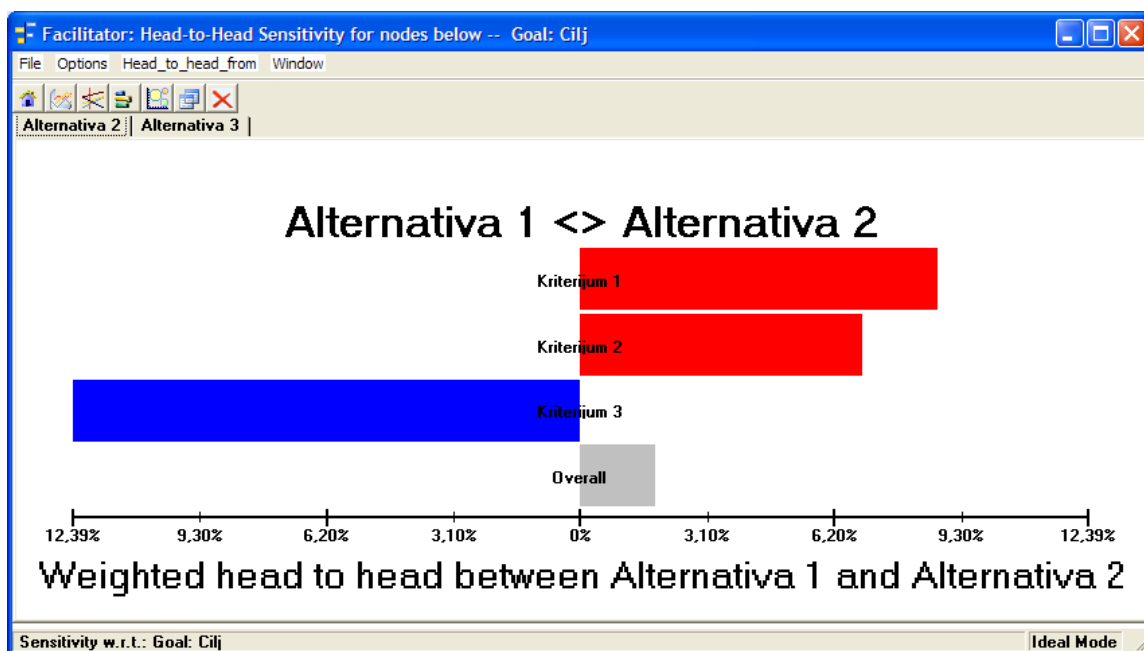


Slika 17 - Gradient grafički prikaz analize osetljivosti

5.7 Uporedni (Head to Head) grafički prikaz

Head to head grafikon prikazuje uporedno predstavljene alternative. Međusobni kvalitativni odnos dveju alternativa prikazan je pravougaonicima. Ukoliko je jedna alternativa kvalitetnija od druge, tada će površina pravougaonika grafički prikazati koliko je ta alternativa bolja. Informacija o tome koja je alternativa bolja predstavljena je prostornom pozicijom pravougaonika.

Ukupna odluka o kvalitetu alternativa vidi se iz poslednjeg pravougaonika *overall* obojenog sivom bojom.



Slika 18 - Uporedni (head to head) grafički prikaz analize osetljivosti

6. Proces izbora dobavljača

6.1 Pregled literature

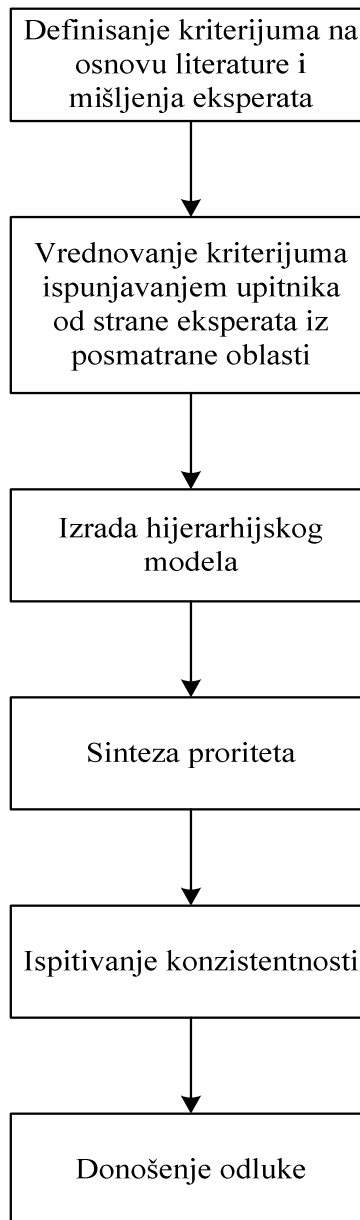
Dugogodišnja istraživanja su formulisala niz kriterijuma koji su važni za izbor dobavljača. Istraživači su polazili od pretpostavke da mnoge organizacije troše znatnu količinu vremena u vrednovanju njihovih partnera u lancu snabdevanja i činjenice da je izbor dobavljača od strateškog značaja za organizaciju.

ELLRAM [1990] je ispitivala studije slučaja vezane za izbor dobavljača sa posebnim osvrtom na odnose između kupaca i dobavljača. Ona je definisala dodatne faktore koje treba uzeti u razmatranje prilikom izbora partnera u snabdevanju, pored kvaliteta, cene, isporuke i usluge. Ti faktori su kategorizovani u četiri grupe: finansijske prirode, organizacione kulture i strategije, tehnološki, kao i grupa u koju spadaju svi drugi faktori. Takođe, došla je do zaključka da ne postoji jedinstveni model koji bi odgovarao svakoj situaciji.

WEBBER et. al. [1991] su istraživali kriterijume za izbor dobavljača u proizvođačkom i maloprodajnom okruženju u 74 dokumenta objavljena od 1966. do 1991. godine i došli do zaključka da kvalitet, isporuka i cena preovlađuju kao dominantni faktori (kriterijumi) dok geografska lokacija, finansijski položaj i proizvodni kapaciteti spadaju u drugu grupu faktora (umereni faktori).

VERMA i PULLMAN [1998] su sproveli studiju među 139 menadžera sa ciljem da ispituju na koji način prave kompromis prilikom izbora dobavljača. Njihov rad ukazao je na to da menadžeri najviše pažnje pridaju kvalitetu kao najvažnijem atributu dobavljača, a zatim slede isporuka i cena.

KARPAK et. al. [2001] su uzeli cenu, kvalitet i pouzdanost isporuke kao kriterijume za izbor, dok su BHUTTA i HUQ [2002] koristili četiri kriterijuma za evaluaciju dobavljača: cenu, kvalitet, tehnologiju i uslugu.



Slika 19 – Proces izbora dobavljača pomoću AHP-a

6.2 Određivanje broja dobavljača

U većini slučajeva, moguće je nabaviti proizvod od nekoliko dobavljača. Utvrđivanju broja dobavljača treba pristupiti pažljivo iz konkurentskih razloga. Vezivanje samo za jednog dobavljača je često tragična zabluda. Utvrđivanje alternativnih izvora nabavke je nužno jer dva ili više dobavljača nisu jednako poželjni kao izvori, čak iako su im cene iste (što je često slučaj), jer ipak postoji neka suptilna razlika između njih.

Mnoge organizacije koriste poznati PARETO OPTIMUM 80:20, koji se u mnogim slučajevima pokazao kao najbolje rešenje (80% nabavki jedne robe pokriva jedan dobavljač, 20% dele ostali). Plasiranje malih narudžbina nekolicini dobavljača jeste skuplje nego podmirivanje svih potreba iz jednog izvora, ali to ima dve važne svrhe:

1. Kontinuitet nabavke – ako bilo kakva obustava rada zada udarac glavnom dobavljaču, preorijentacija na druge dobavljače mnogo je brža nego što bi to bio slučaj da ranije nisu uspostavljeni poslovni odnosi;
2. Konkurencija – glavni dobavljač se “drži u šakama” je je kupac u neposrednoj vezi sa tržištem i u poziciji je da se preorijentiše na druge dobavljače ako mu uslovi iz glavnog izvora više nisu odgovarajući.

Odrediti optimalan broj izvora je pitanje kompromisa. Treba imati u vidu da svaki od dobavljača dobije toliki udeo koji će ga stimulirati na ulaganje maksimuma napora u zadovoljenju potreba kupaca.

6.3 Procena prilikom izbora dobavljača

U većini grana industrije, cena sirovina (sirovog materijala) i poluproizvoda najviše utiče na cenu proizvoda (u nekim slučajevima može sačinjavati i do 70% cene koštanja), stoga je, u današnjem poslovnom okruženju, izbor adekvatnog dobavljača veoma bitan za uspeh svakog proizvodnog preduzeća.

Proces izbora dobavljača bio bi jednostavan ukoliko bi se samo jedan kriterijum koristio za donošenje odluke. Međutim, u većini slučajeva proizvođači (kupci) moraju uzeti u obzir niz kriterijuma prilikom donošenja odluka. Ukoliko se odlučivanje vrši na osnovu nekoliko kriterijuma, neophodno je odrediti koliko svaki kriterijum ima uticaja na samu odluku, da li će svi kriterijumi biti jednako vrednovani ili će njihov uticaj varirati u zavisnosti od procene donosilaca odluke (Yahya i Kingsman, 1999).

Izbor dobavljača predstavlja problem višekriterijumskog odlučivanja gde je odluka pod uticajem nekoliko međusobno konfliktinih faktora u procesu nabavke, stoga odgovorno lice (menadžer) mora da izvrši analizu međusobnih ustupaka (kompromisa) između definisanih kriterijuma. U zavisnosti od konkretne situacije, kriterijumi se različito vrednuju i neophodno je odrediti njihovu težinu (vrednost) (Dulmin i Mininno, 2003).

Uzimajući u obzir probleme koje preduzeća imaju prilikom neadekvatnog izbora dobavljača, počev od pogrešne procene prilikom nabavke materijala ili komponenti, ili preferiranje samo jednog faktora (kao što je npr. cena), kao i drugih sličnih i neočekivanih problema, AHP model predstavlja najbolje rešenje kako bi se u procesu izbora dobavljača, greške, ako ne eliminisale onda bar svele na najmanju moguću meru.

Procena dobavljača obavlja se u nekoliko faza:

I faza: Pronaći ko je prisutan na tržištu (generisanje inicijalne liste, pretraživanje profesionalnih informatora, interneta i drugih glasila, zahteva 2 do 6 nedelja rada profesionalca).

II faza: Generisanje skraćene liste dobavljača koji bi mogli udovoljiti zahtevima kupca (tabelarni prikazi zahteva i mogućnosti - sposobnosti različitih dobavljača da ih reše).

III faza: Redukovanje skraćene liste na one dobavljače koji se procene kao najprikladniji.

IV faza: Konačan izbor.

6.4 Definisanje kriterijuma i podkriterijuma za izbor dobavljača

Prvi korak svake procedure prilikom procene dobavljača je utvrđivanje kriterijuma za njihovu procenu. U cilju što adekvatnijeg izbora kriterijuma, neophodni podaci su prikupljeni na osnovu razmatranja literature. Na osnovu studija Ellram (1995), Tam i Tummala (2001), Bello (2003), Zhang, Lei, Cao i Ng (2003), odabrano je deset važnih kriterijuma. Njihovom izboru prethodila je diskusija sa menažmentom preduzeća „Miba Inženjering“, radi definisanja oblasti od najveće važnosti prilikom izbora dobavljača, tom prilikom došlo je do sledećih zaključaka:

- dobavljač treba da obezbedi proizvod po konkurentnoj ceni;
- dobavljač treba da ispuni standarde kvaliteta propisane od strane kupca;
- proizvod treba da bude dostavljen u dogovorenom vremenskom periodu u najkraćem mogućem roku;
- dobavljač treba da bude finansijski stabilan kako bi obezbedio kompletiranje porudžbine i izbegavanje rizika;
- dobavljač bi trebalo da poseduje tehnološku sposobnost za ispunjavanje kvalitativnih i kvantitativnih zahteva kupca i da obezbedi tehničku podršku nakon isporuke robe;
- dobavljač treba da bude u mogućnosti da obezbedi dugoročnu saradnju imajući u vidu obostranu korist i kooperaciju.

Posle obavljenog razgovora i definisanja kriterijuma, od menadžmenta je zatraženo da oceni važnost svakog kriterijuma (ranije definisanih na osnovu literature) koristeći brojeve od 1 do 9. U cilju pronalaženja relevantnih kriterijuma, tri člana su imala na raspolaganju četiri grupe odgovora: „Nije važno (1 do 3)“, „Manje važno (4 i 5)“, „Važno (6 i 7)“ i „Veoma važno (8 i 9)“ (Tam i Tummala, 2001). Upitnik sa definisanim kriterijumima i sistemom vrednovanja poslat je ispitanicima putem elektronske pošte. Pritom, isti su zamoljeni da ukoliko smatraju da bi na listu trebalo dodati još neki relevantan kriterijum, to i učine.

Nakon dobijenih odgovora, izvršeno je definisanje ključnih kriterijuma. Pošto prisustvo previše kriterijuma u procesu evaluacije dobavljača dodatno komplikuje sam proces i

iziskuje više vremena, radi prevazilaženja ovog problema poželjno je uvođenje granične vrednosti radi redukovanja kriterijuma na optimalan broj (Tam i Tummala, 2001). U cilju izbora samo najvažnijih kriterijuma, u razmatranje su uzeti samo oni sa prosečnom ocenom iznad 7.

Kriterijumi	I-1	I-2	I-3	Prosek
Kvalitet	7	9	8	8
Cena	9	7	9	8,33
Tehnologija	7	7	6	6,66
Isporuka	8	8	7	7,66
Disciplina	8	7	5	6,66
Organizacija	6	7	6	6,33
Tehnička sposobnost	8	7	8	7,66
Finansije	7	7	8	7,33
Odnos sa dobavljačem	8	8	8	8
Uticaj na životnu sredinu	6	6	5	5,66

Tabela 3 - Lista definisanih kriterijuma sa ocenama ispitanika

Na osnovu sprovedenih ispitivanja dolazimo do zaključka da su sledećih šest kriterijuma označeni kao najvažniji prilikom evaluacije dobavljača:

- 1) Kvalitet;**
- 2) Cena;**
- 3) Isporuka;**
- 4) Tehnička sposobnost;**
- 5) Finansijska stabilnost;**
- 6) Odnos sa dobavljačem.**

1) Kvalitet

Kvalitet se odnosi na usklađenost isporučenih dobara sa standardima kupca. Važan aspekt u obezbeđivanju i kontroli kvaliteta je ISO 9001 sertifikacija. Prethodne isporuke takođe mogu poslužiti kao faktor predviđanja kvaliteta budućih isporuka. Saradnja između dobavljača i kupca ne završava se nakon prijema isporuke već, u slučaju bilo kakvih odstupanja od očekivanog kvaliteta isporučene robe, od dobavljača se očekuje da u najkraćem mogućem roku i što efikasnije odgovori na uočene manjkavosti.

Podkriterijumi:

- 1.1) Prethodne isporuke;**
- 1.2) ISO 9001 sertifikat;**
- 1.3) Reakcija na reklamacije.**

2) Cena

Cena kao kriterijum ne obuhvata samo cenu po jedinici proizvoda već cenu logistike, spremnost dobavljača da omogući kupcu neki vid ustupaka (pogodnosti) prilikom plaćanja dobara, visina avansne uplate, odloženo plaćanje i dr.

Podkriterijumi:

2.1) Cena proizvoda;

2.2) Uslovi plaćanja.

3) Isporuka

Pod isporukom podrazumevamo da je dobavljač u mogućnosti da dostavi pošiljku na unapred ugovoreno mesto u unapred ugovoreno vreme. Vreme isporuke je takođe veoma bitan faktor radi prevencije kašnjenja u procesu proizvodnje zbog nedostatka sirovina.

Podkriterijumi:

3.1) Pravovremena isporuka;

3.2) Ukupno vreme isporuke.

4) Tehnička sposobnost

Tehnička sposobnost ukazuje na to da li dobavljač može u tehničkom pogledu da izađe u susret zahtevima kupca. Dobavljač mora posedovati tehničku ekspertizu i adekvatna proizvodna postrojenja da bi bio u mogućnosti da proizvede neophodnu količinu dobara koju zahteva kupac. Takođe, dobavljač mora da obezbedi i tehničku podršku pre i nakon isporuke.

Podkriterijumi:

4.1) Godišnji kapacitet;

4.2) Tehnička podrška.

5) Finansijska stabilnost

Finansijska stabilnost dobavljača je važna radi smanjenja rizika od njegovog bankrota kao i težnja kupca da odabere finansijski jakog dobavljača od koga se očekuje da će ostati u poslu duži vremenski period. Dobavljač sa lošim finansijskim stanjem ne može da garantuje kontinuitet u poslovanju i izvršavanje ugovorenih obaveza. Većina dobavljača daje ograničene finansijske izveštaje na uvid zbog tajnosti i osetljivosti informacija.

Podkriterijumi:

5.1) **Ukupan prihod;**

5.2) **Finansijski izveštaj.**

6) Odnos sa dobavljačem

Ovaj kriterijum podrazumeva spremnost za razvijanje i unapređivanje međusobnih poslovnih odnosa „na duge staze“ koji mogu rezultirati uspostavljanjem čvršće saradnje ili partnerstva. Za kupca je veoma važno da ostvari dugoročnu saradnju sa dobavljačem zbog potencijalnog rizika prilikom saradnje sa novim dobavljačem, jednostavnijih pregovora prilikom saradnje u budućnosti, ali i stvaranja atmosfere uzajamnog poverenja i saradnje.

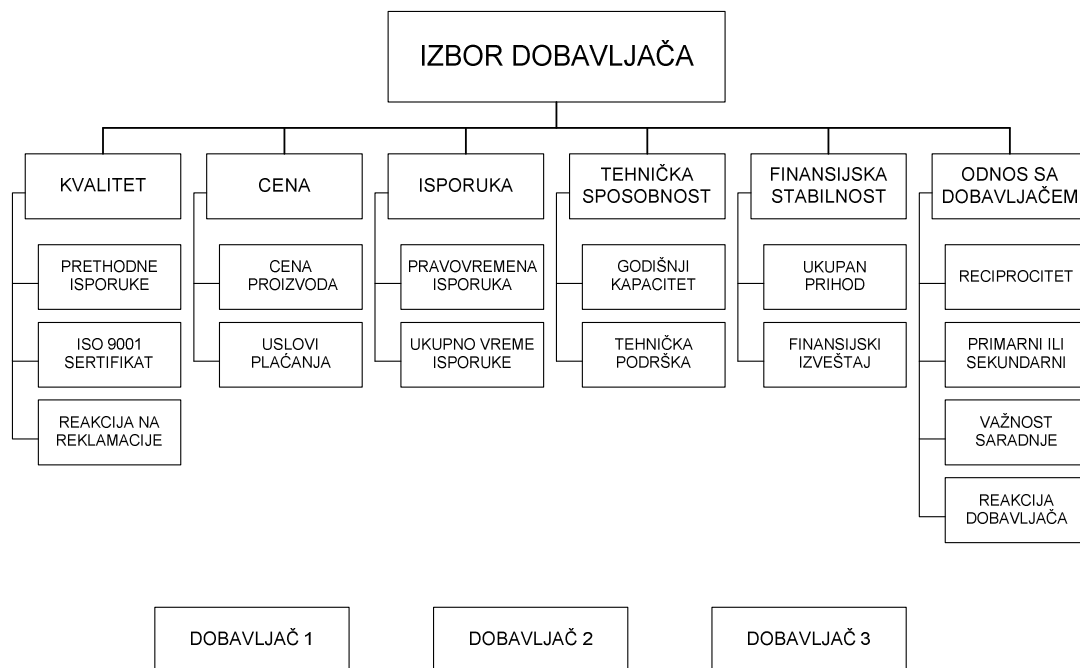
Podkriterijumi:

6.1) **Reciprocitet;**

6.2) **Primarni ili sekundarni dobavljač;**

6.3) **Važnost saradnje;**

6.4) **Reakcija dobavljača.**

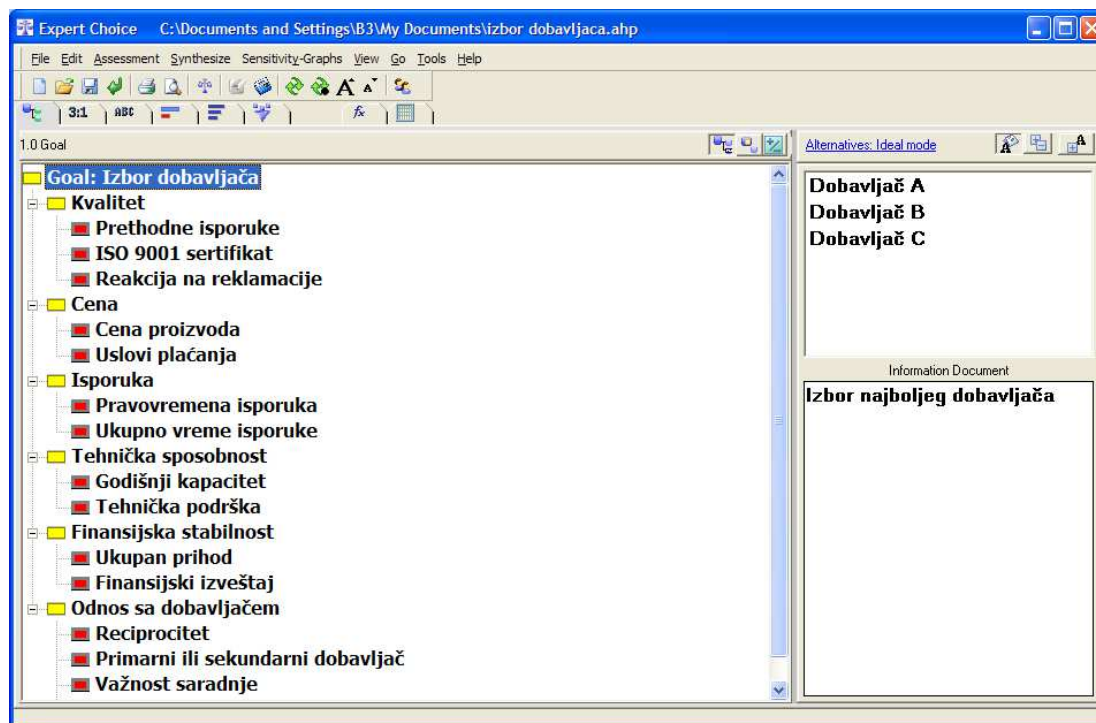


Slika 20 – Hijerarhija izbora dobavljača

6.5 Određivanje težina kriterijuma i podkriterijuma

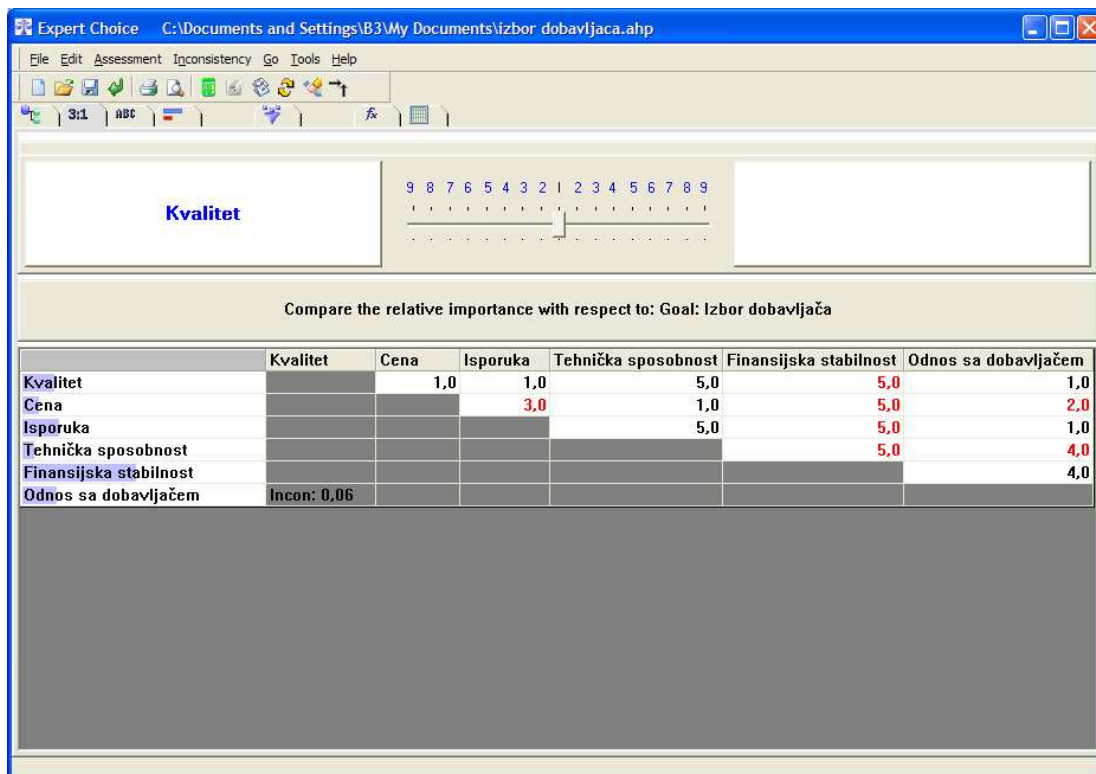
Nakon strukturiranja hijerarhije i određivanja kriterijuma i podkriterijuma, sledeći korak predstavlja utvrđivanje relativnih težina (ili prioriteta) svakog kriterijuma. Suština ovog procesa je poređenje u parovima, gde se svi kriterijumi jednog klastera porede jedan sa drugim, dva kriterijuma po poređenju. O AHP skali, na osnovu koje se semantičke procene donosioca odluke konvertuju u predefinisane standardne numeričke vrednosti, smo govorili u ranijem poglavlju.

U cilju sprovođenja poređenja parova, softver Expert Choice 11 stavljen je na raspolaganje menadžmentu preduzeća „Miba Inženjering“ (sa prethodno definisanom hijerarhijom na osnovu njihovog izbora), gde im je dato da biraju na koji će način izvršiti poređenje (numerički, verbalno ili grafički). Izvršeno je i kratko upoznavanje učesnika ankete sa osnovnim principima poređenja parova, Satijeve skale, stepenom konzistentnosti i dr. radi boljeg razumevanja samog procesa.



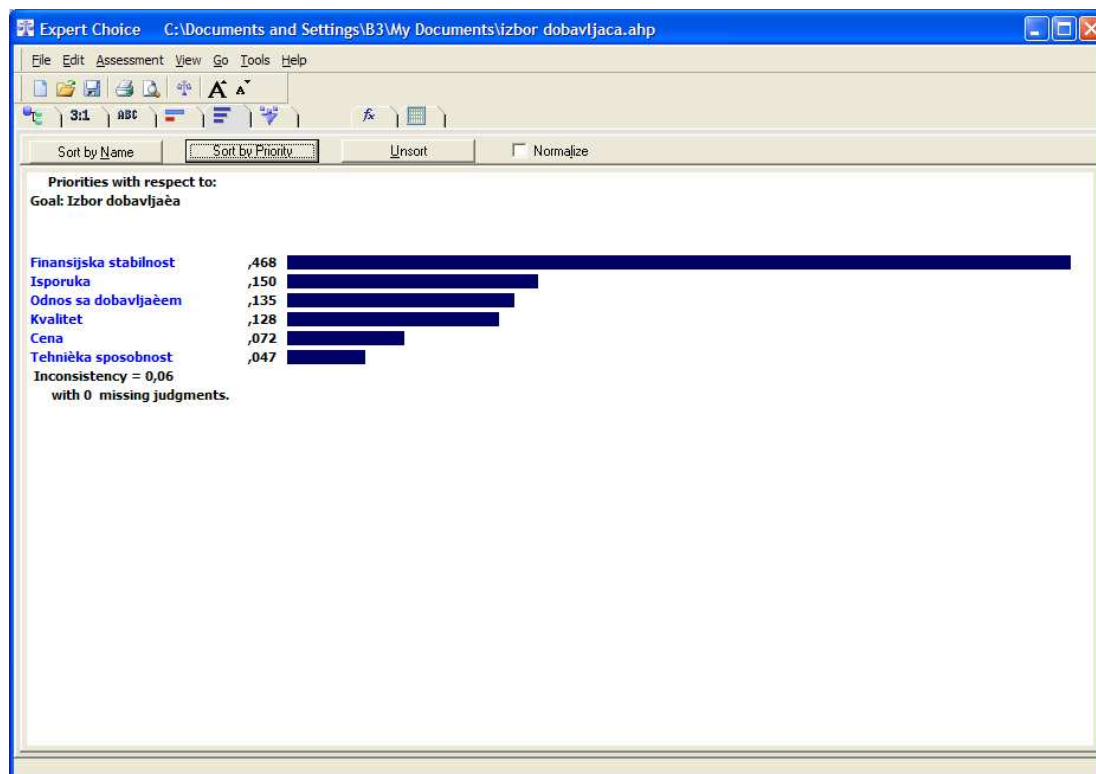
Slika 21 – Prikaz cilja, kriterijuma i podkriterijuma u Model View prozoru

Stepen konzistentnosti se automatski obračunava tako da u svakom trenutku imaju uvid ukoliko prekorače prihvatljivi limit od 0,1 (10%), u tom slučaju neophodno je da identifikuju najnekonzistentniju procenu, odrede opseg vrednosti u okviru kojeg se ta procena može menjati i potom izvrše promenu na osnovu koje će stepen konzistentnosti ponovo biti na prihvatljivom nivou.



Slika 22 – Određivanje relativnih težina kriterijuma

Nakon izvršenog poređenja, dobijeni su sledeći rezultati za kriterijume prvog nivoa (slika 22).



Slika 23 – Rangiranje kriterijuma po prioritetima

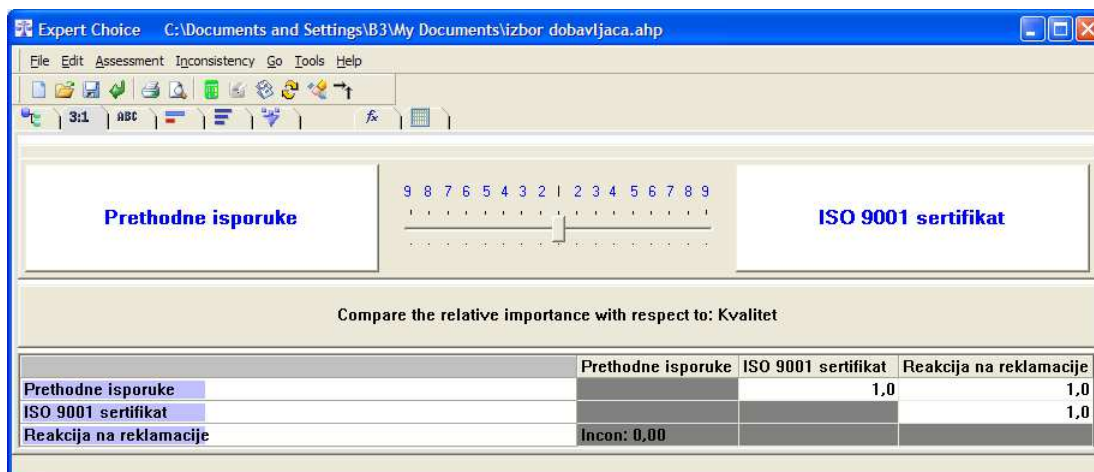
Dobijeni rezultati predstavljaju prioritete sektora nabavke i odobreni su od strane generalnog direktora. Rezultati prikazuju da je Finansijska stabilnost (0,468) najvažniji kriterijum, potom sledi Isporučka (0,150), dok su među najslabije ocenjenim kriterijumima Cena (0,072) i Tehnička sposobnost (0,047).

Ovakav rezultat može delovati suprotno opštem poimanju da su cena, kvalitet i isporuka tri najvažnija kriterijuma. Međutim, cena predstavlja samo jedan od elemenata marketing miksa. Istraživanja su pokazala da je samo u malom broju transakcija cena dominantan faktor. Ona može biti najvažniji faktor samo ako su ostali faktori jednake važnosti (što najčešće nije slučaj), ili kada se kupac nalazi u finansijskim problemima. Pošto, u posmatranom slučaju, kupac sklapa višemilionske ugovore za nabavku sirovina, stoga je finansijska stabilnost dobavljača izuzetno važan faktor koji se stara da dobavljač bude finansijski dovoljno jak da efikasno izvrši ugovorene isporuke i opstane na tržištu radi ostvarivanja dugoročne saradnje.

Nakon rangiranja kriterijuma prvog nivoa, pristupamo rangiranju kriterijuma drugog nivoa odnosno podkriterijuma.

1) Kvalitet

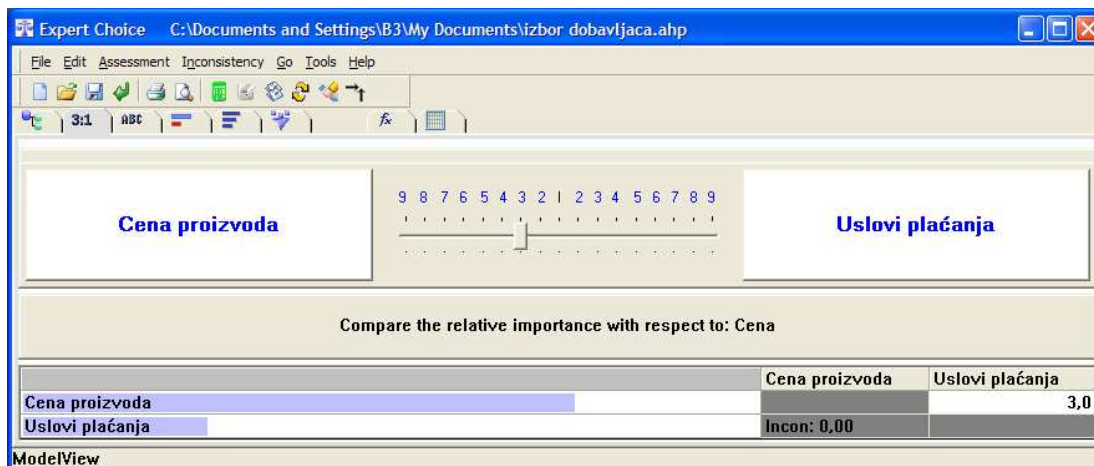
- 1.1) „Prethodne isporuke“ je jednakog značaja u odnosu na „ISO 9001 sertifikat“;
- 1.2) „Prethodne isporuke“ je jednakog značaja u odnosu na „Reakcija na reklamacije“;
- 1.3) „ISO 9001 sertifikat“ je jednakog značaja u odnosu na „Reakcija na reklamacije“.



Slika 24 – Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Kvalitet“

2) Cena

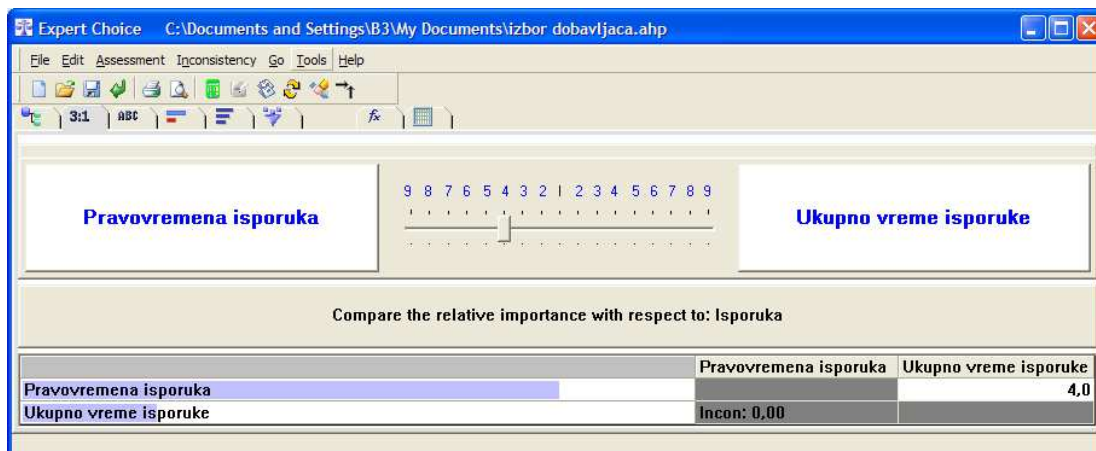
- 2.1) „Cena proizvoda“ je umereno dominantan u odnosu na „Uslovi plaćanja“.



Slika 25 – Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Cena“

3) Isporuka

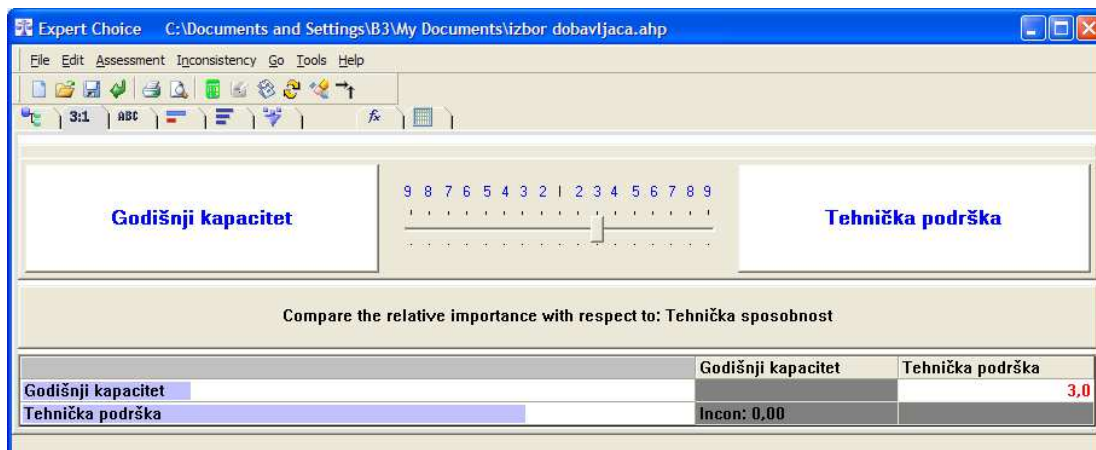
3.1) „Pravovremena isporuka“ je umereno - jako dominantan u odnosu na „Ukupno vreme isporuke“.



Slika 26 – Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Isporuka“

4) Tehnička sposobnost

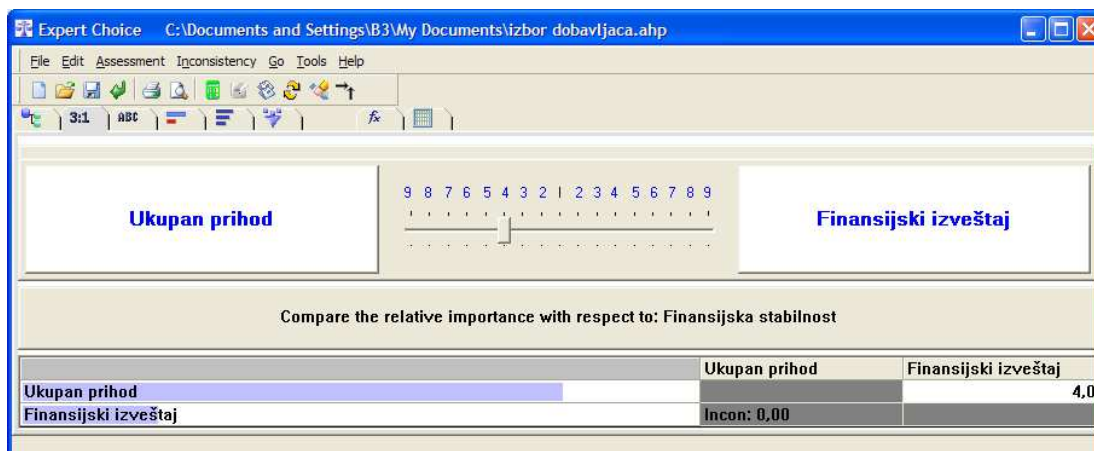
4.1) „Godišnji kapacitet“ je umereno manje dominantan u odnosu na „Tehnička podrška“.



Slika 27 – Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Tehnička sposobnost“

5) Finansijska stabilnost

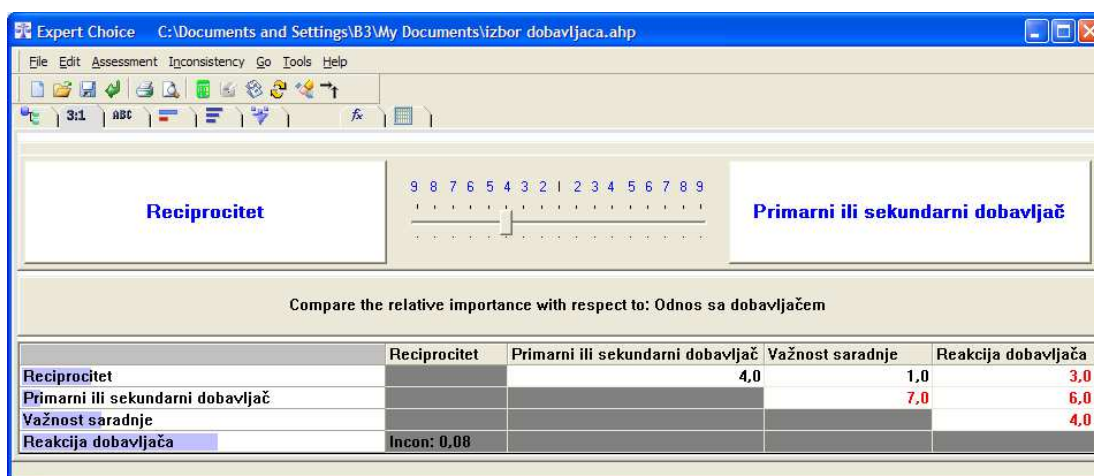
5.1) „Ukupan prihod“ je umereno - jako dominantan u odnosu na „Finansijski izveštaj“.



Slika 28 – Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Finansijska stabilnost“

6) Odnos sa dobavljačem

- 6.1) „Reciprocitet“ je umereno - jako dominantan u odnosu na „Primarni ili sekundarni dobavljač“;
- 6.2) „Reciprocitet“ je jednakog značaja u odnosu na „Važnost saradnje“;
- 6.3) „Reciprocitet“ je umereno manje dominantan u odnosu na „Reakcija dobavljača“;
- 6.4) „Primarni ili sekundarni dobavljač“ je demonstrirano manje dominantan u odnosu na „Važnost saradnje“;
- 6.5) „Primarni ili sekundarni dobavljač“ je jako - demonstrirano manje dominantan u odnosu na „Reakcija dobavljača“;
- 6.6) „Važnost saradnje“ je umereno - jako manje dominantan u odnosu na „Reakcija dobavljača“.



Slika 29 – Određivanje težina podkriterijuma za kriterijum „Odnos sa dobavljačem“

6.6 Rangiranje i evaluacija dobavljača

Rangiranje dobavljača je proces u kome se svaki od učesnika u evaluaciji procenjuje i ocenjuje na osnovu svakog kriterijuma najnižeg nivoa.

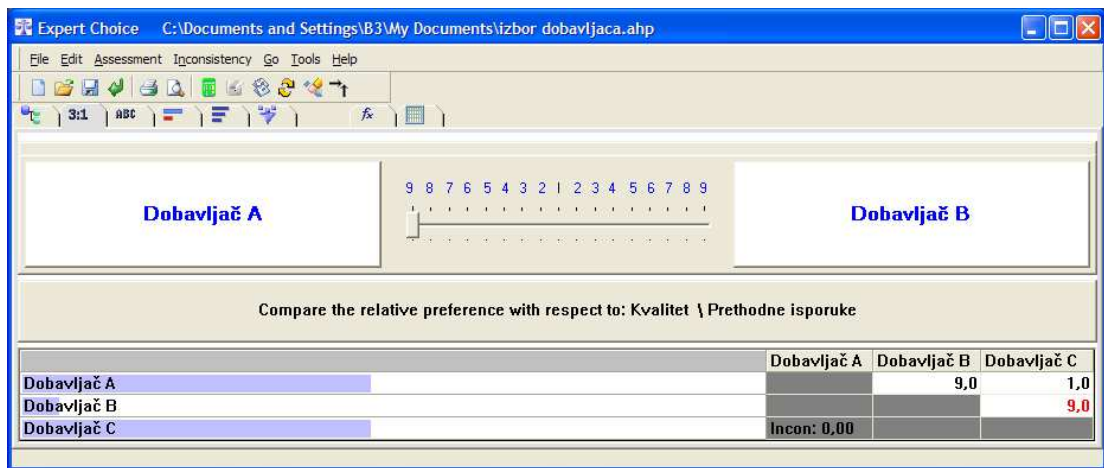
Menadžment preduzeća „Miba Inženjering“ je izdvojio tri dobavljača sa kojima je do sada saradjivao na odvojenim projektima i čiju bi evaluaciju želeo da izvrši radi saradnje u budućnosti. Nazive dobavljača nećemo navesti zbog poslovne politike „Miba Inženjering-a“, već će u daljem toku rada biti navedeni kao Dobavljač A, B i C.

1) Kvalitet

1.1) Prethodne isporuke

Na osnovu ostvarene dosadasnje saradnje, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima ekstremnu prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima ekstremno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

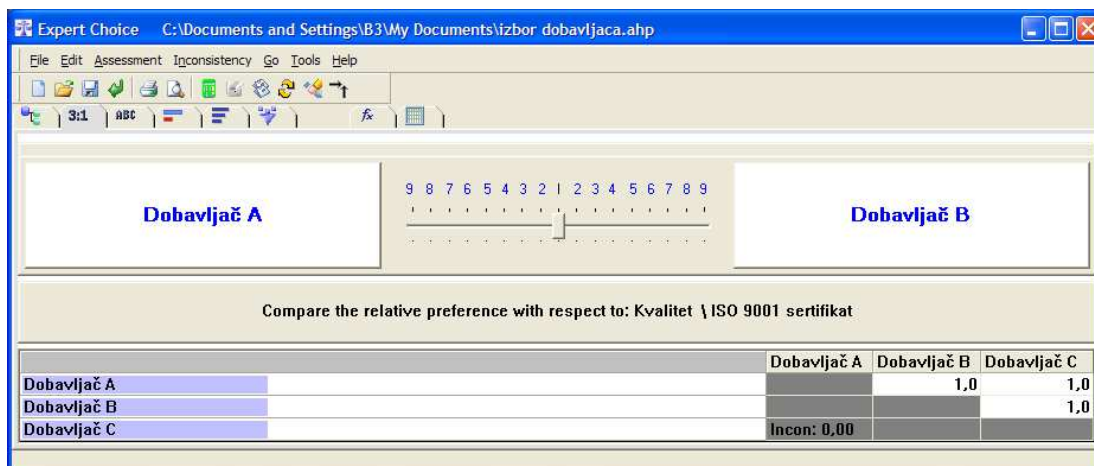


Slika 30 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Prethodne isporuke“

1.2) ISO 9001 sertifikat

Ovde se postavlja pitanje da li dobavljač poseduje ISO 9001 sertifikat. Pošto ga sva tri dobavljača poseduju, kupac je zamoljen da odgovori na pitanje kolika je prednost sertifikovanog dobavljača u odnosu na dobavljača koji ne poseduje sertifikat i odgovor je glasio „demonstrirano - apsolutna prednost“ (ili 8 na Satijevoj skali). Iako ovaj podatak nije relevantan u ovom slučaju, može biti koristan u slučaju da kupac u nekom budućem poredjenju u hijerarhiju uvrsti i dobavljača bez ovog sertifikata.

- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

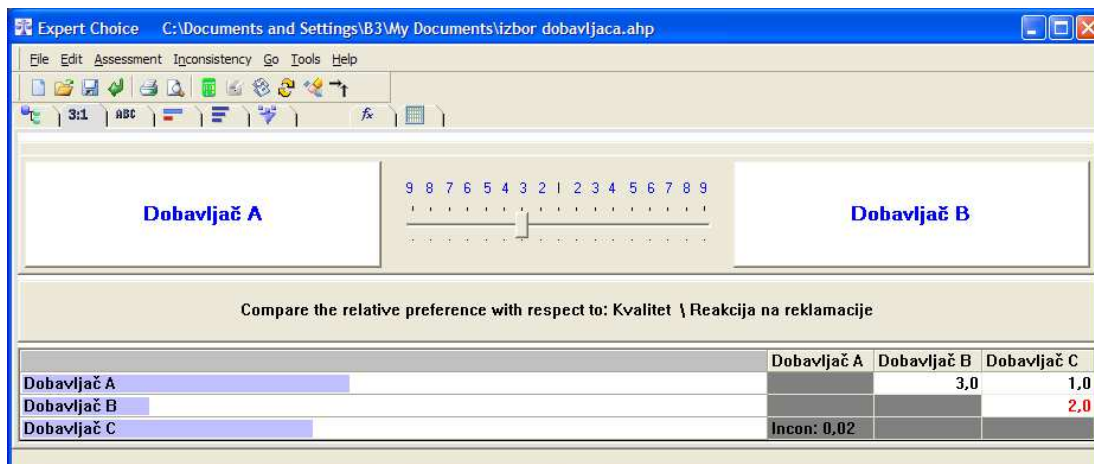


Slika 31 - Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „ISO 9001 sertifikat“

1.3) Reakcija na reklamacije

Na osnovu iskustava iz prethodnih isporuka, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima jednako - umereno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

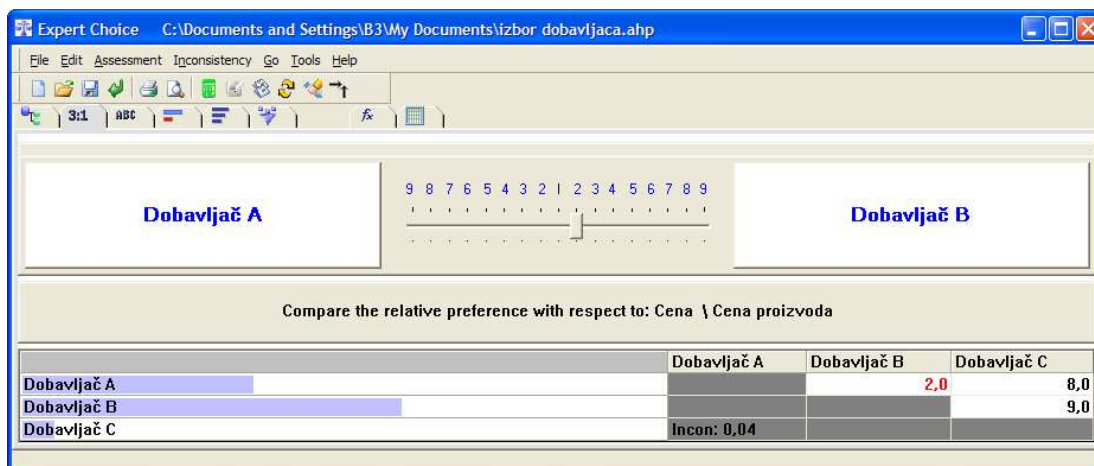


Slika 32 - Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Reakcija na reklamacije“

2) Cena proizvoda

2.1) Cena proizvoda

- **Dobavljač A** ima jednako - umereno manju prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima demonstrirano - apsolutnu prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima apsolutnu prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

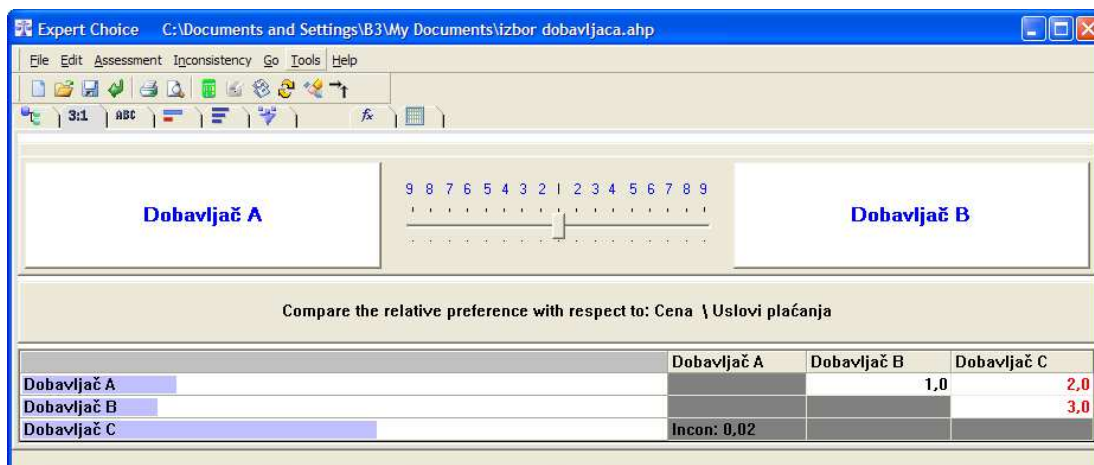


Slika 33 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Cena proizvoda“

2.2) Uslovi plaćanja

Na osnovu iskustava iz prethodnih isporuka, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednako - umereno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima umereno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**.



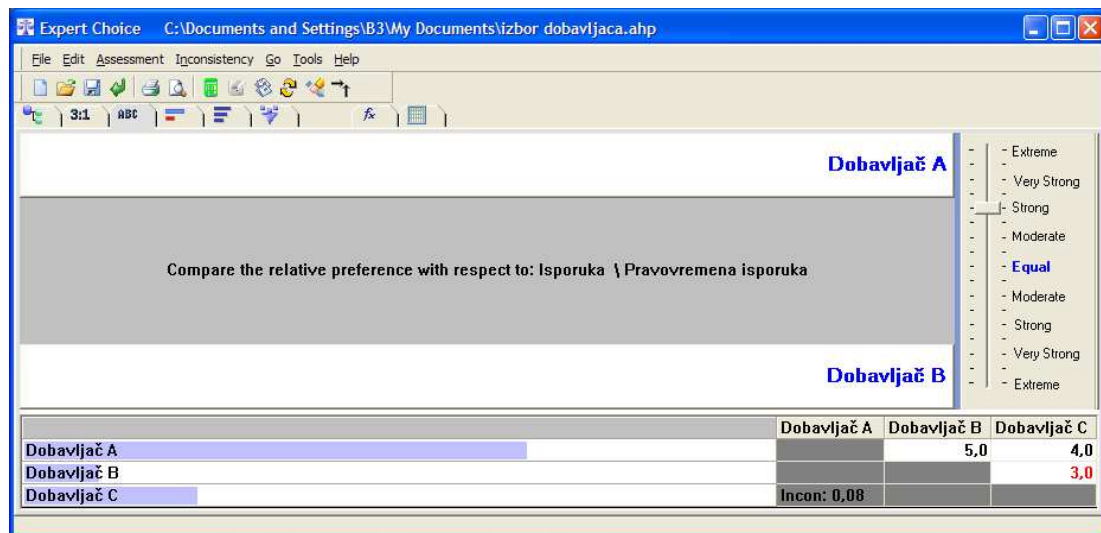
Slika 34 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Uslovi plaćanja“

3) Isporučka

3.1) Pravovremena isporuka

Na osnovu iskustava iz prethodnih isporuka, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima jaku prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima umereno - jaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima umereno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**.



Slika 35 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Pravovremena isporuka“

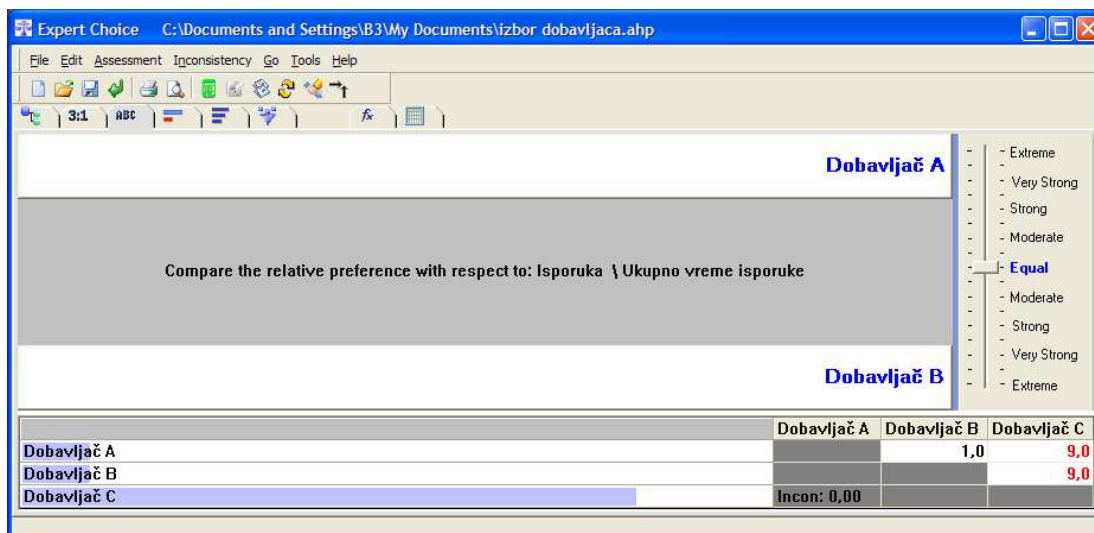
3.2) Ukupno vreme isporuke

Vremena isporuke od strane dobavljača su:

- Dobavljač A - 7 do 10 dana;
- Dobavljač B - 7 do 10 dana;
- Dobavljač C - 5 do 7 dana.

Stoga, na osnovu navdenih podataka, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima apsolutno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima apsolutno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**;



Slika 36 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Ukupno vreme isporuke“

4) Tehnička sposobnost

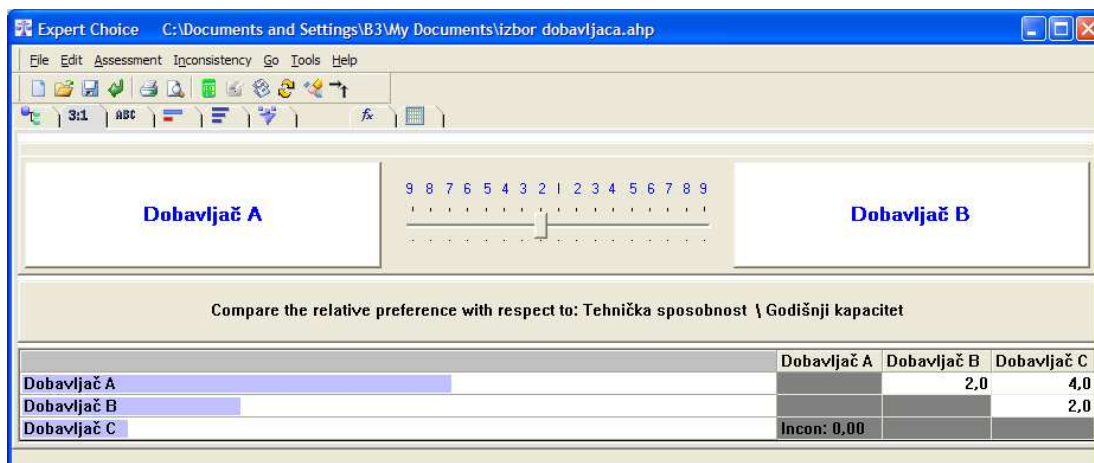
4.1) Godišnji kapacitet

Ukupni godišnji kapaciteti dobavljača su:

- Dobavljač A - 9000 t;
- Dobavljač B - 6000 t;
- Dobavljač C - 3500 t.

Na osnovu navedenih podataka, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima jednako - umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima umereno - jaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima jednako - umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

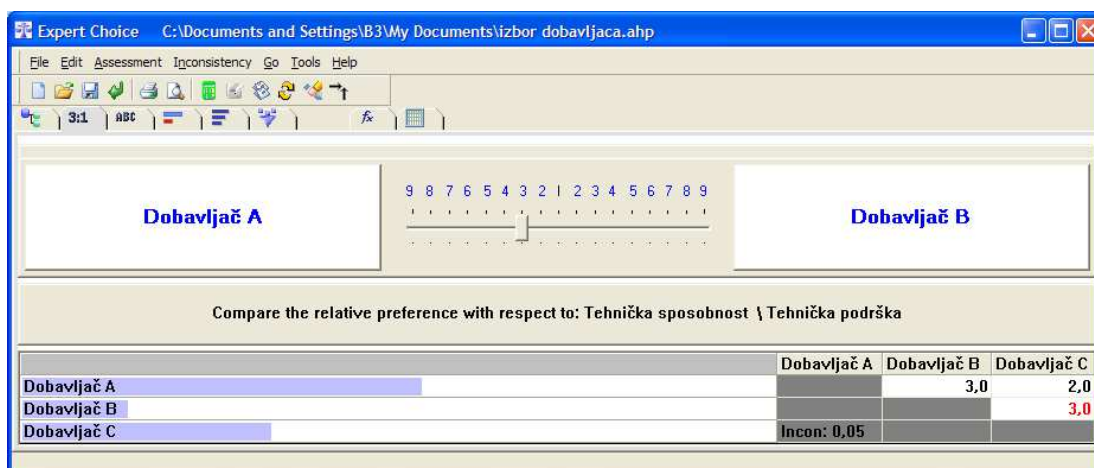


Slika 37 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Godišnji kapacitet“

4.2) Tehnička podrška

Na osnovu iskustva iz prethodnih isporuka, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednako - umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima umereno manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**.



Slika 38 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Tehnička podrška“

5) Finansijska stabilnost

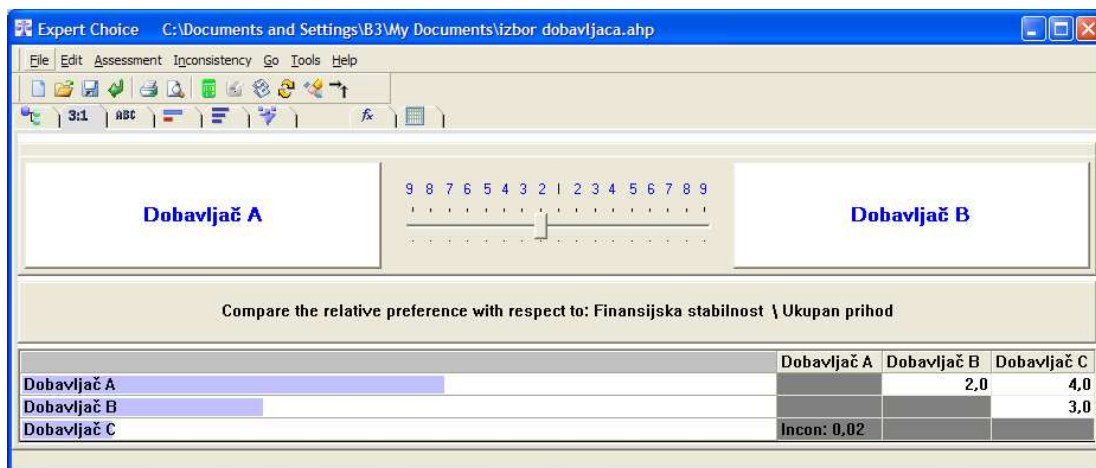
5.1) Ukupan prihod

Ukupni godišnji prihodi dobavljača su:

- Dobavljač A - 10.800.000 evra;
- Dobavljač B - 7.400.000 evra;
- Dobavljač C - 3.600.000 evra.

Na osnovu navedenih podataka, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima jednako - umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima umereno – jaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

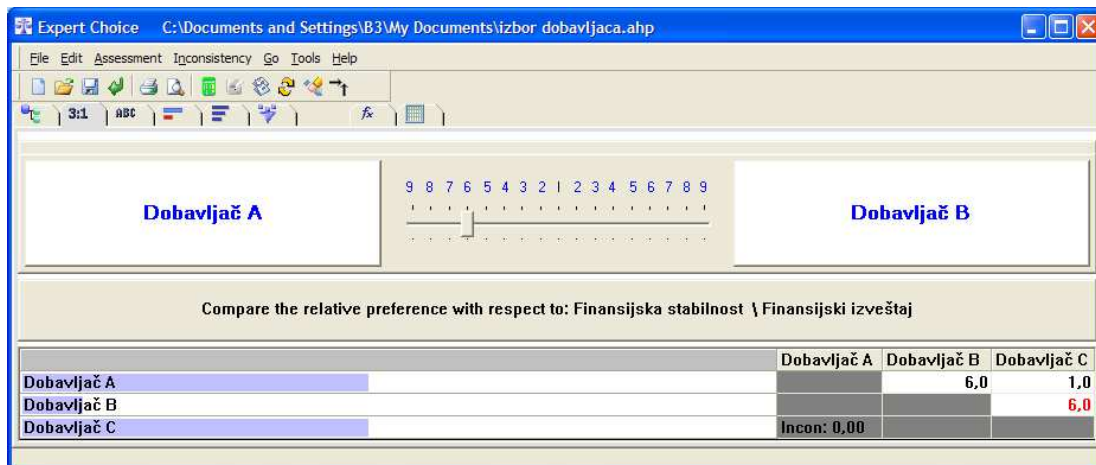


Slika 39 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Ukupan prihod“

5.2) Finansijski izveštaj

Na osnovu prethodnih isporuka donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima jako - demonstriranu prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima jako – demonstrirano manju prednost u odnosu na **Dobavljača C**.



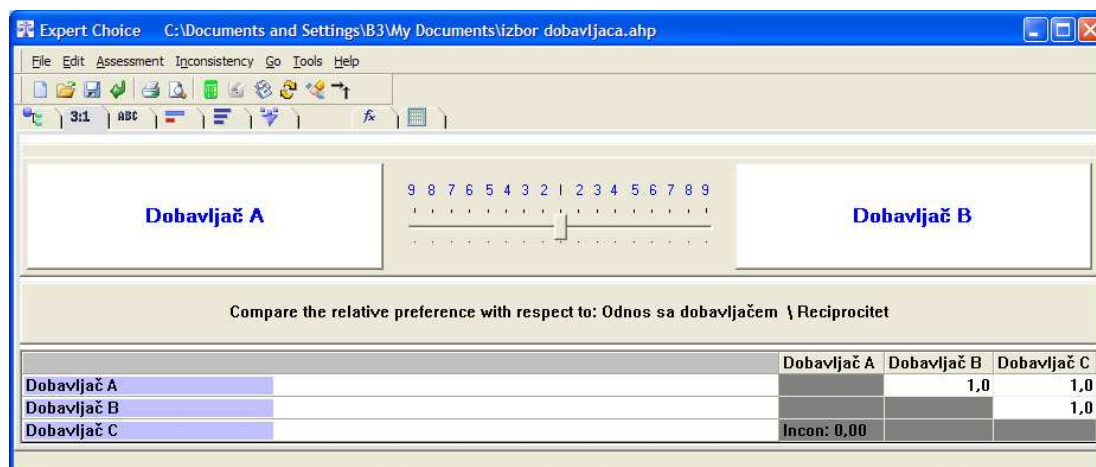
Slika 40 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Finansijski izveštaj“

6) Odnos sa dobavljačem

6.1) Reciprocitet

Na osnovu prethodne saradnje, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

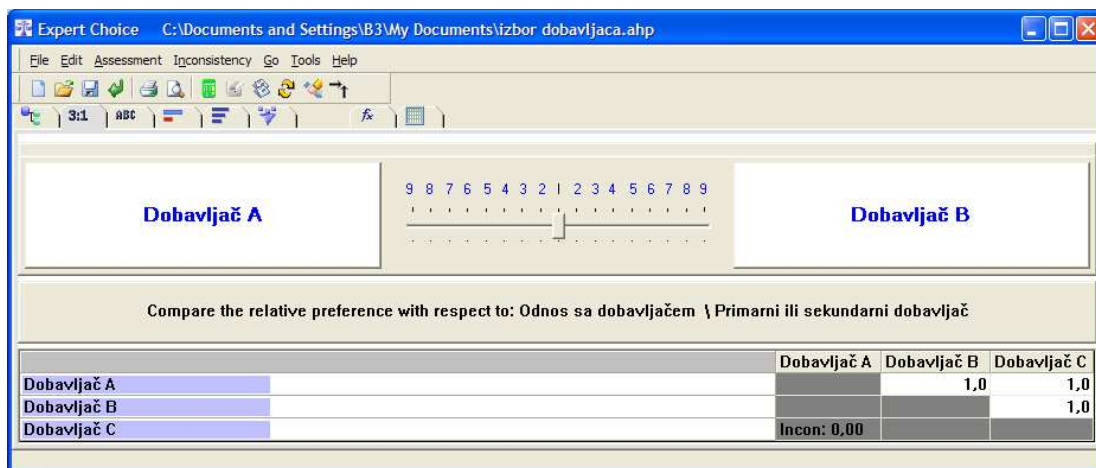


Slika 41 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Reciprocitet“

6.2) Primarni ili sekundarni dobavljač

Pošto je u pitanju izbor najadekvatnijeg dobavljača, svi su označeni kao primarni, a na pitanje koliku prednost bi dali primarnom dobavljaču u odnosu na sekundarnog, donosioci odluke su naveli „umerno - jaka prednost“ (ili 4 na Satijevoj skali).

- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

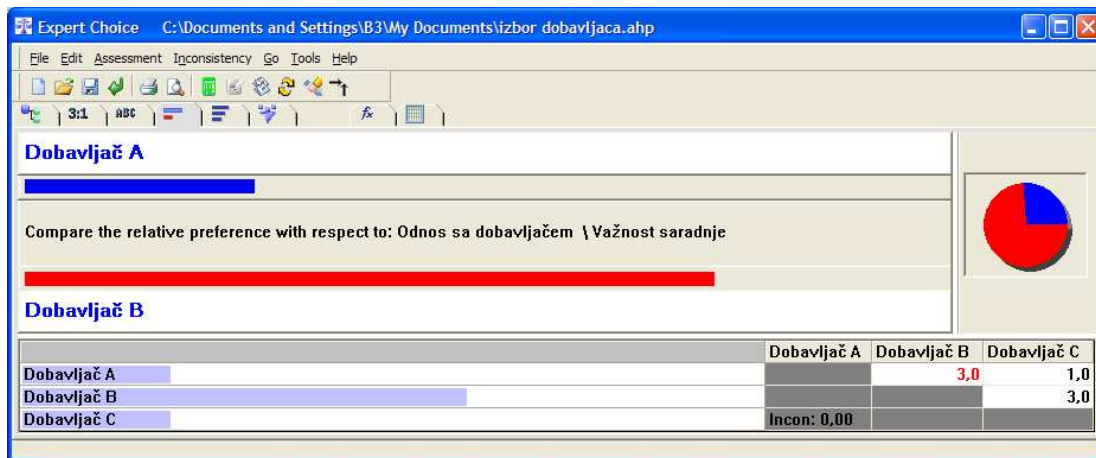


Slika 42 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Primarni ili sekundarni dobavljač“

6.3) Važnost saradnje

Na osnovu dosadašnjeg iskustva, donete su sledeće odluke:

- **Dobavljač A** ima umereno manju prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima jednaku prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača C**.

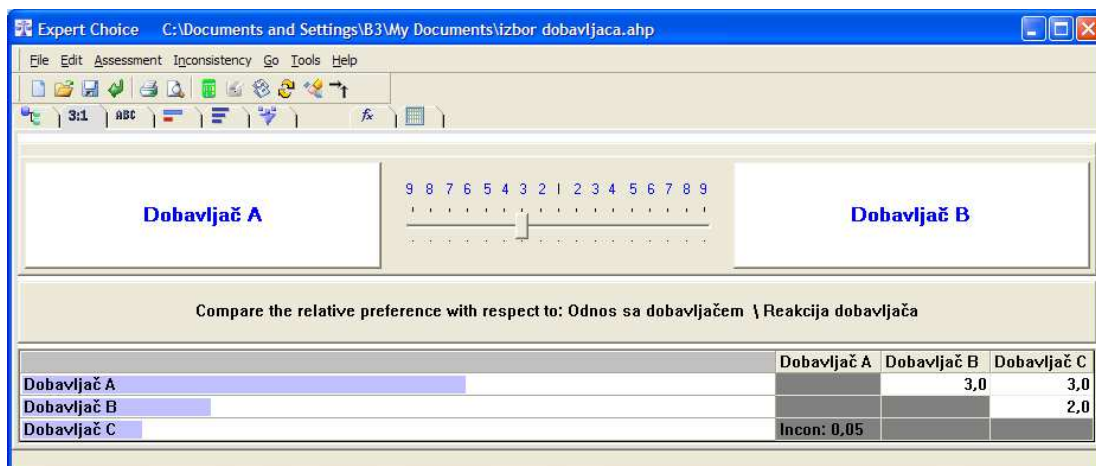


Slika 43 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Važnost saradnje“

6.4) Reakcija dobavljača

Na osnovu dosadašnjeg iskustva, donete su sledeće odluke:

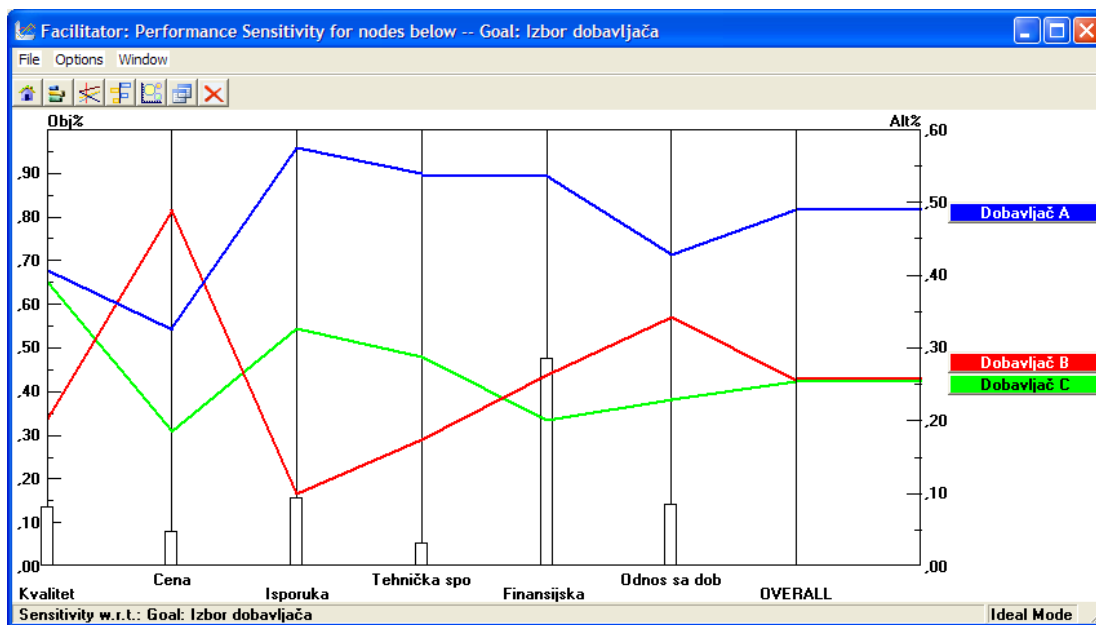
- **Dobavljač A** ima umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača B**;
- **Dobavljač A** ima umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača C**;
- **Dobavljač B** ima jednako - umerenu prednost u odnosu na **Dobavljača C**.



Slika 44 – Određivanje pririteta alternativa za podkriterijum „Reakcija dobavljača“

6.7 Rezultati evaluacije dobavljača

Analiza rezultata pokazuje da je Dobavljač A najbolji dobavljač sa značajnom razlikom u odnosu na konkurente. Učinak Dobavljača A je bolji od druga dva dobavljača u 5 od 6 kriterijuma i 11 od 15 podkriterijuma, stoga možemo zaključiti da je Dobavljač A i preporučeni dobavljač.



Slika 45 – Grafički prikaz evaluacije dobavljača

6.8 Analiza osetljivosti

6.8.1 Analiza osetljivosti u AHP-u

Analiza osetljivosti se sprovodi nakon definisanja inicijalnih odluka (sa dobijenim težinama kriterijuma) da bi se identifikovao uticaj promene u prioritetima kriterijuma na učinak dobavljača. Njen zadatak je da prikaže reakciju postojećeg rangiranja alternativa na promene u relativnim težinama svakog primarnog kriterijuma. Ovo je važno zbog toga što donosilac odluke može biti veoma zainteresovan da sagleda sve posledice usled varijacija u težinama kriterijuma. Određeni uticaj je možda zanemaren prilikom rangiranja, ili blaga promena u težini jednog kriterijuma može dovesti do potpuno drugačije odluke. Sveobuhvatna analiza osetljivosti bi osigurala kredibilitet kompletnog sistema i eliminisala rizik izbora neadekvatnog dobavljača zbog toga što određena poređenja u okviru modela nisu izvršena precizno.

Da ne bi došlo do preopterećenja informacijama, analiza osetljivosti se uglavnom sprovodi samo kod najbitnijih (kritičnih) kriterijuma. Ova procedura podrazumeva namerno remećenje postojeće težine kriterijuma u određenom intervalu, a zatim se posmatra uticaj nastale promene na celokupno rangiranje dobavljača. Ukoliko blaga varijacija kod važnog kriterijuma rezultuje preokretom u postojećem rangiranju, to pokazuje da model nije potpuno pouzdan. Povećanje težine jednog kriterijuma dovodi do odgovarajućeg smanjenja u težini preostalih kriterijuma u okviru istog klastera i obrnuto, ova promena je proporcionalna težini ovih kriterijuma.

Kao što smo ranije naveli, Expert Choice omogućava pet metoda analize osetljivosti: Dynamic, Performance, Gradient, Head to Head i Two-Dimensional (2D Plot). Možemo sprovesti analizu osetljivosti u odnosu na cilj, u tom slučaju se prikazuje osetljivost alternativa u odnosu na kriterijume prvog nivoa, a možemo sprovesti i analizu u odnosu na kriterijume. U tom slučaju se ispituje osetljivost prema kriterijumima nižeg novoa (podkriterijumima).

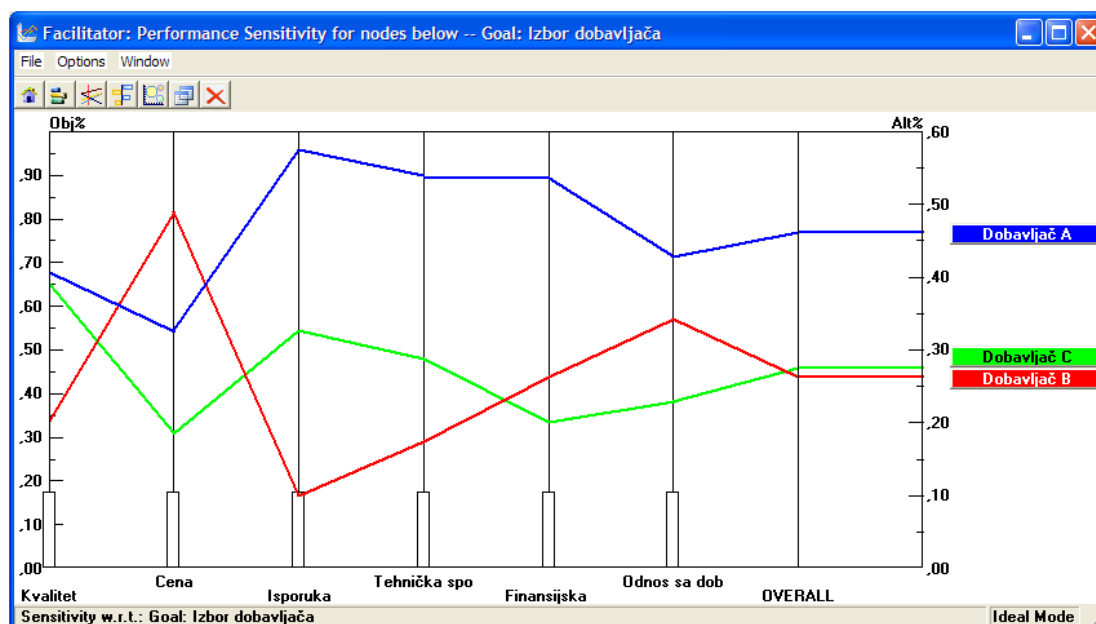
6.8.2 Performance i dynamic analiza osetljivosti

Kod performance analize osetljivosti, donosilac odluke ima mogućnost da vrši izmenu težina primarnih kriterijuma i da posmatra njihov uticaj na ukupno rangiranje. Na ovaj način se mogu analizirati beskonačne kombinacije prioriteta i dati odgovore na važna „šta-ako“ pitanja.

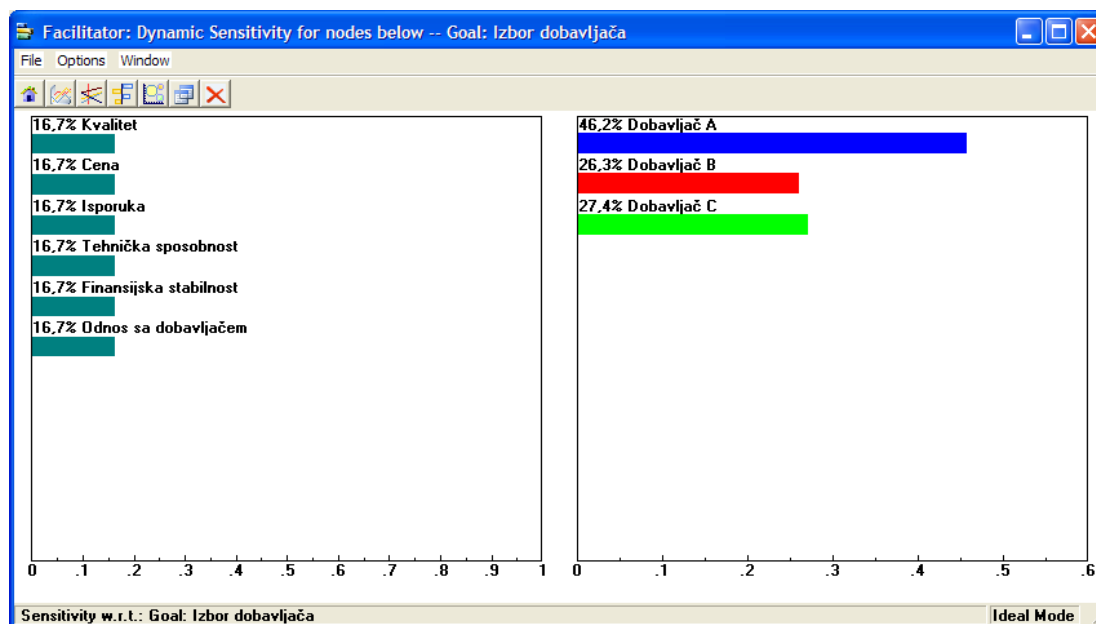
Dynamic analiza osetljivosti se sprovodi na sličan način pa ćemo rezultate ove analize prikazati uporedo sa rezultatima performance analize.

Scenario 1: Svi kriterijumi imaju jednake težine

U ovom slučaju, ukoliko izjednačimo težine svih kriterijuma, ukupne prioritete dobavljača neće se značajnije promeniti, Dobavljač A je i dalje najbolji izbor. Došlo je do promene u rang u između Dobavljača C koji je sada na drugom mestu, i Dobavljača B koji je pao na poslednje mesto. Pošto je razlika u prioritetima između ova dva dobavljača veoma mala, čak i usled blagih promena u težini određenih kriterijuma, vrlo lako može doći do promene u njihovom rang u.



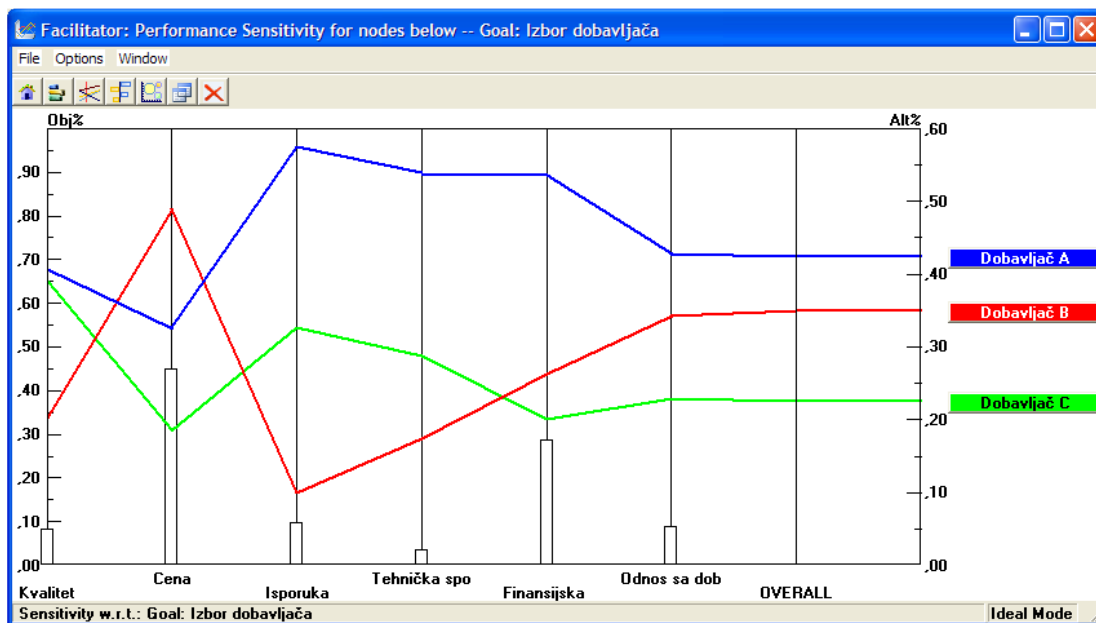
Slika 46 – Performance analiza osetljivosti za Scenario 1



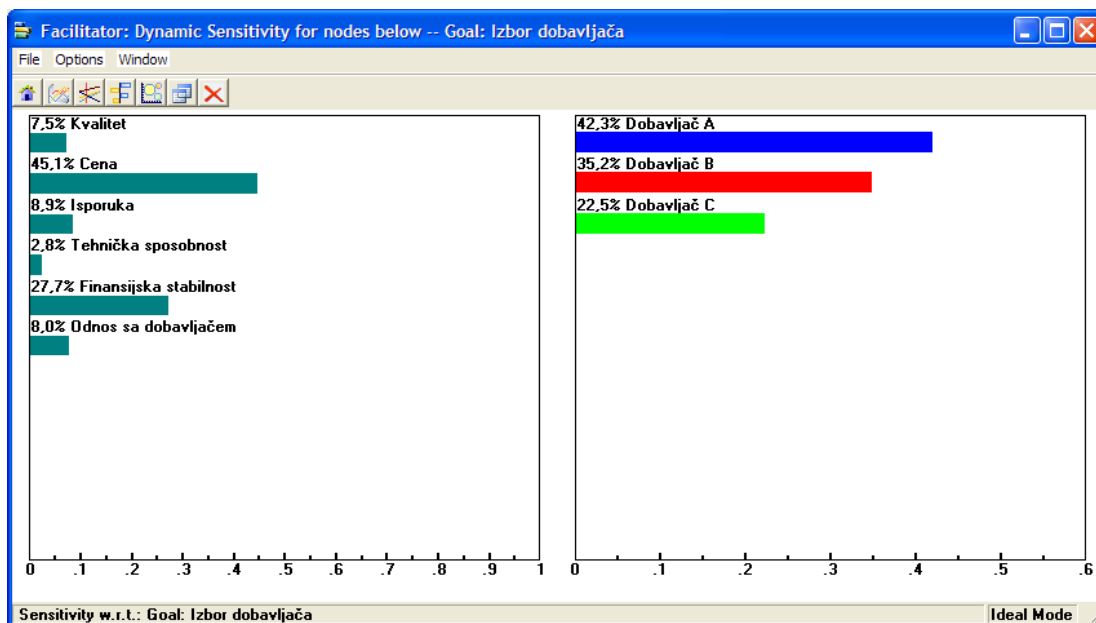
Slika 47 – Dynamic analiza osetljivosti za Scenario 1

Scenario 2: Cena je najvažniji kriterijum

Ovde želimo da vidimo kakva bi situacija bila ukoliko bi Cena bila najvažniji kriterijum, odnosno kriterijum sa najvećom težinom. Da bi smo to saznali, povećaćemo ukupnu težinu Cene na 45%, dok će težine ostalih kriterijuma biti proporcionalno umanjene. Ni u ovom slučaju neće doći do značajnijih promena, što znači da bi Dobavljač A i u ovom slučaju bio najbolji izbor.



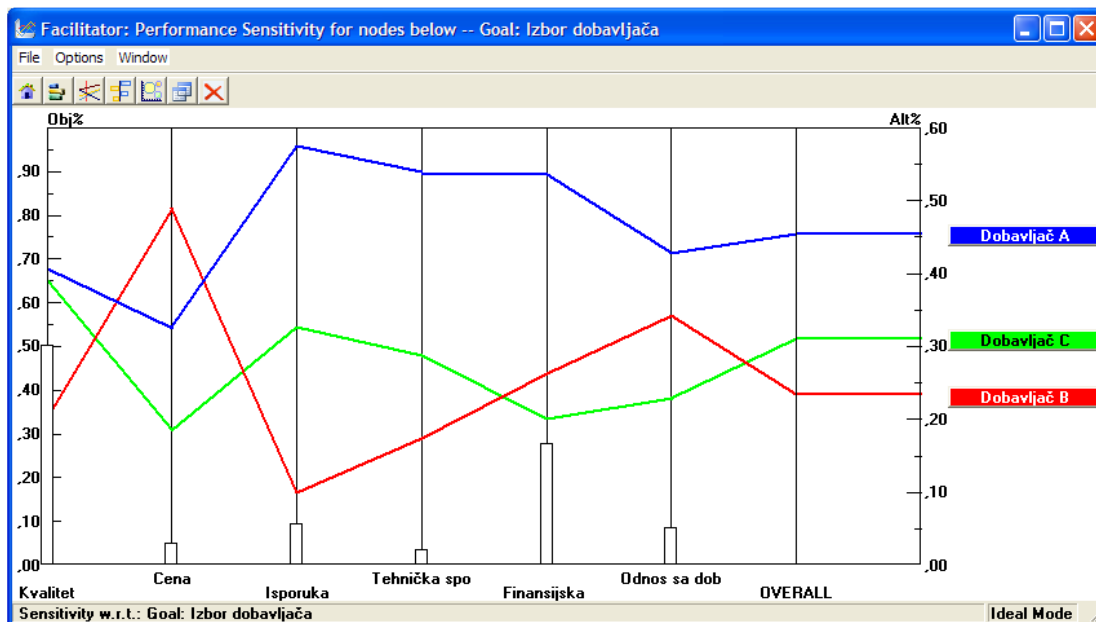
Slika 48 – Performance analiza osetljivosti za Scenario 2



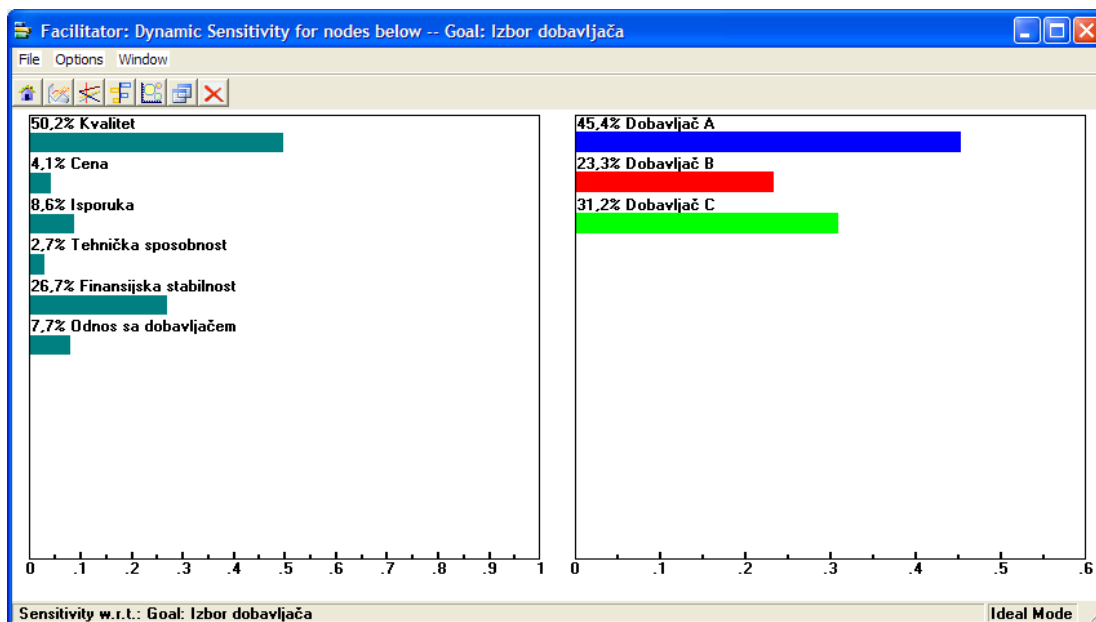
Slika 49 – Dynamic analiza osetljivosti za scenario 2

Scenario 3: Kvalitet je najvažniji kriterijum

U slučaju kada bi Kvalitet postavili kao najvažniji faktor sa relativnom težinom od 50%, stanje bi, kao i u prethodnim scenarijima, bilo nepromenjeno.



Slika 50 – Performance analiza osetljivosti za Scenario 3



Slika 51 – Dynamic analiza osetljivosti za Scenario 3

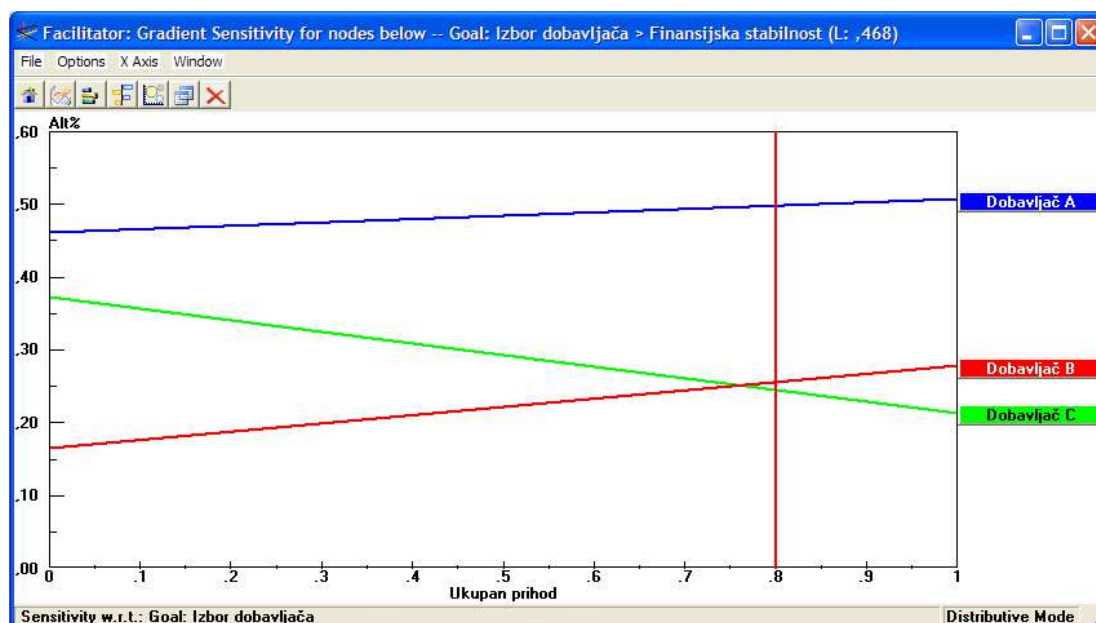
Na ovaj način može se kreirati bezbroj različitih scenarija i njihovi rezultati mogu biti analizirani. Prikazani primeri prikazuju da na model nisu uticale izmene u težini pojedinih kriterijuma i da je model dobro struktuiran.

6.8.3 Gradient analiza osetljivosti

Kod gradient analize, u razmatranje se uzima samo jedan kriterijum u datom momentu, odnosno svaki podkriterijum posebno (ukoliko postoje). Težina određenog kriterijuma je prikazana na X-osi a ukupni prioriteti dobavljača na Y-osi. Težina kriterijuma je prikazana vertikalnom linijom a prioriteti dobavljača horizontalnom linijom. Tačna vrednost prioriteta alternative je na preseku sa vertikalnom linijom. Grafikon pokazuje da li se prioritet dobavljača povećava ili smanjuje sa promenom težine datog kriterijuma. Povlačenjem vertikalne isprekidane linije levo ili desno možemo ispitati promene u prioritetima alternativa. Tačke gde se linije alternativa ukrštaju se nazivaju „tačke ustupanja“ (tradeoff points) i pokazuju pri kojoj težini kriterijuma će doći do promene prioriteta. Najvažnija osobina gradient analize osetljivosti je identifikacija tačke (momenta) u kojem se preokret u rangiranju dogodio.

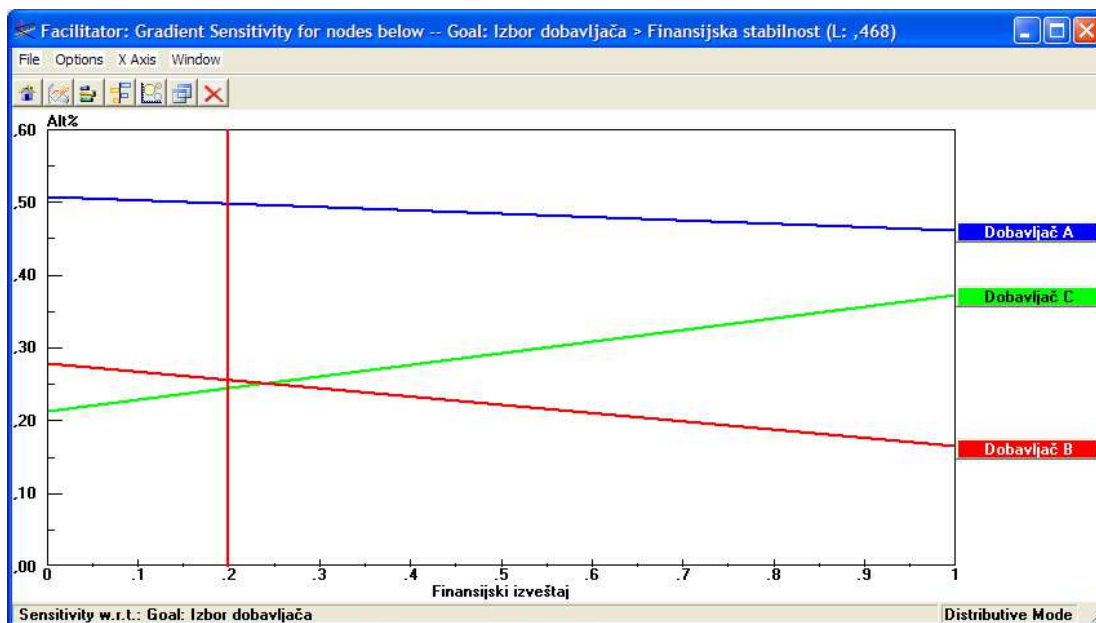
Prikazaćemo gradient analizu osetljivosti za podkriterijume kriterijuma Finansijska stabilnost, sa posebnim grafikonom za svaki podkriterijum, i za kriterijum Cena gde ćemo prikazati gradient analizu osetljivosti podkriterijuma Cena proizvoda i Uslovi plaćanja u odnosu na Cilj ali i u odnosu na kriterijum Cena, kako bi pokazali značaj razlika u težini podkriterijuma na globalnom i lokalnom nivou.

Finansijska stabilnost je najvažniji primarni kriterijum sa globalnom težinom od ,468. U slučaju podkriterijuma Ukupan prihod, Dobavljač A je u odnosu na druga dva dobavljača u značajnoj prednosti i vidimo da se njegov ukupni učinak poboljšava. Možemo primetiti i da, ukoliko bi se težina ovog podkriterijuma umanila za određeni procenat, došlo bi do promene u rangiranju između Dobavljača B i C.



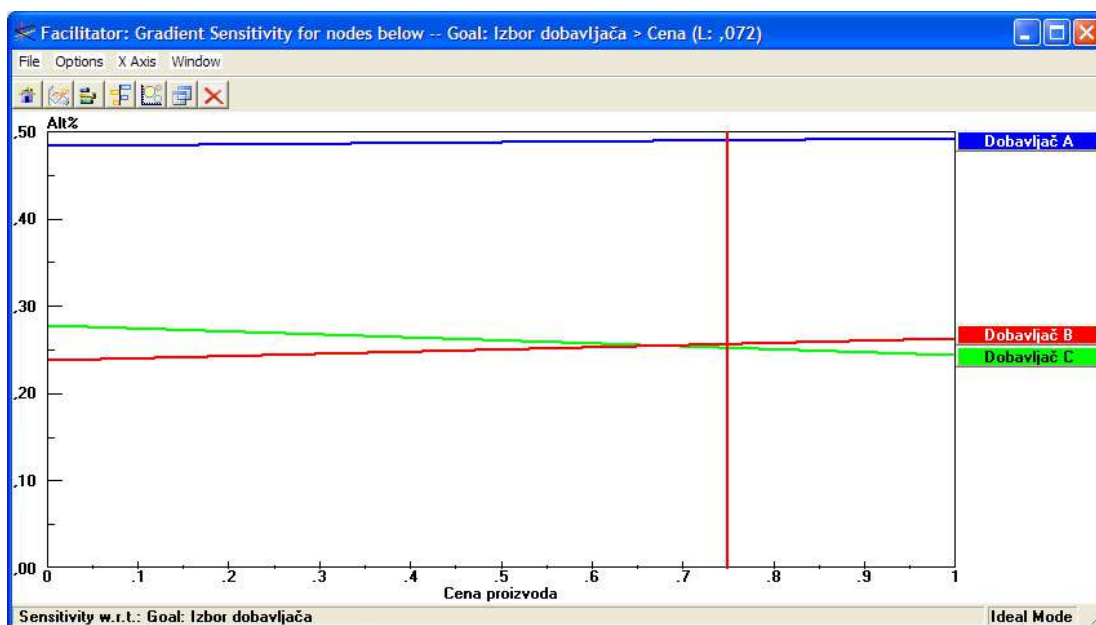
Slika 52 – Gradient analiza osetljivosti - Finansijska stabilnost – Ukupan prihod

U slučaju analize osetljivosti za podkriterijum Finansijski izveštaj, primećujemo da ukupan učinak sa povećanjem težine opada ali da Dobavljač A i dalje ostaje najbolje rangiran.

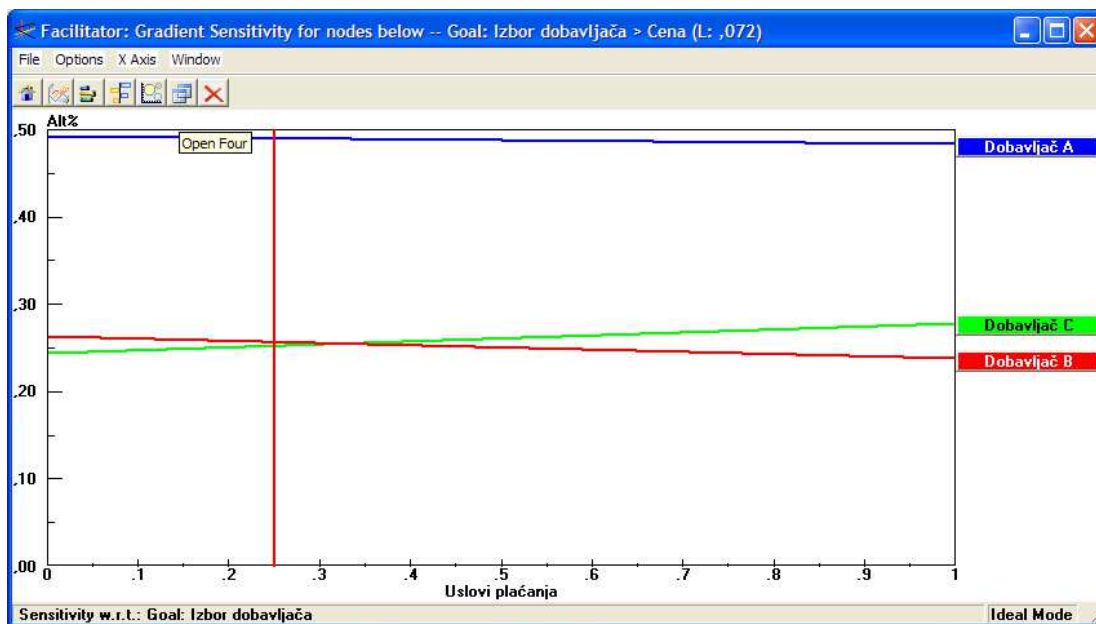


Slika 53 – Gradient analiza osetljivosti – Finansijska stabilnost – Finansijski izveštaj

U slučaju kriterijuma Cena, primetićemo da u slučaju oba podkriterijuma, Dobavljač A je daleko ispred ostale dve alternative kada se posmatra uticaj promena težina podkriterijuma u odnosu na glavni cilj, tj. izbor dobavljača.

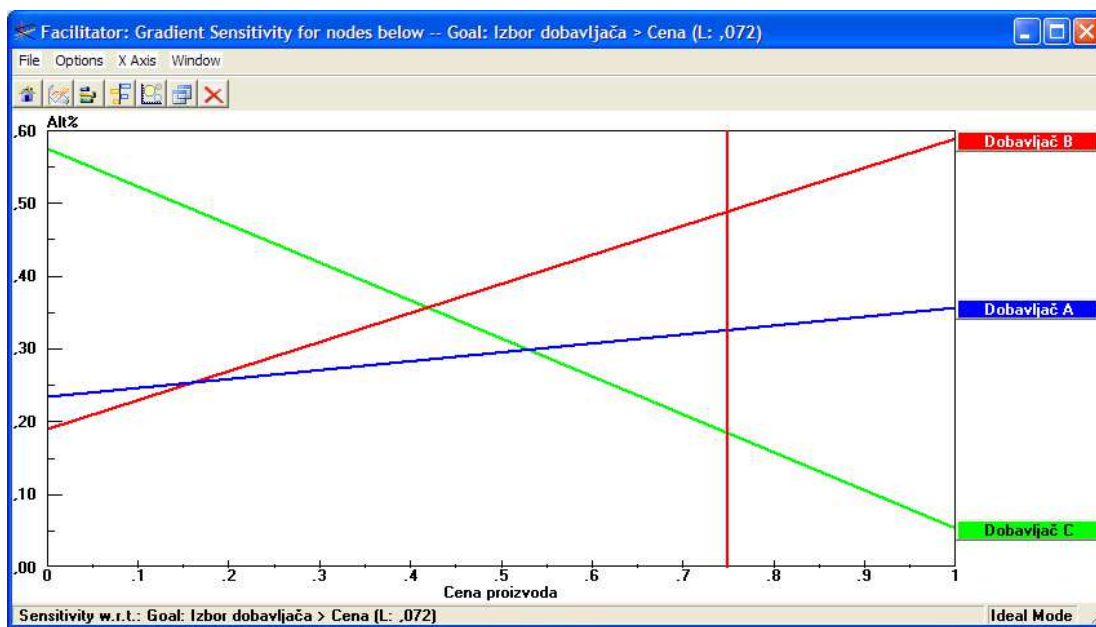


Slika 54 – Gradient analiza osetljivosti – Cena – Cena proizvoda

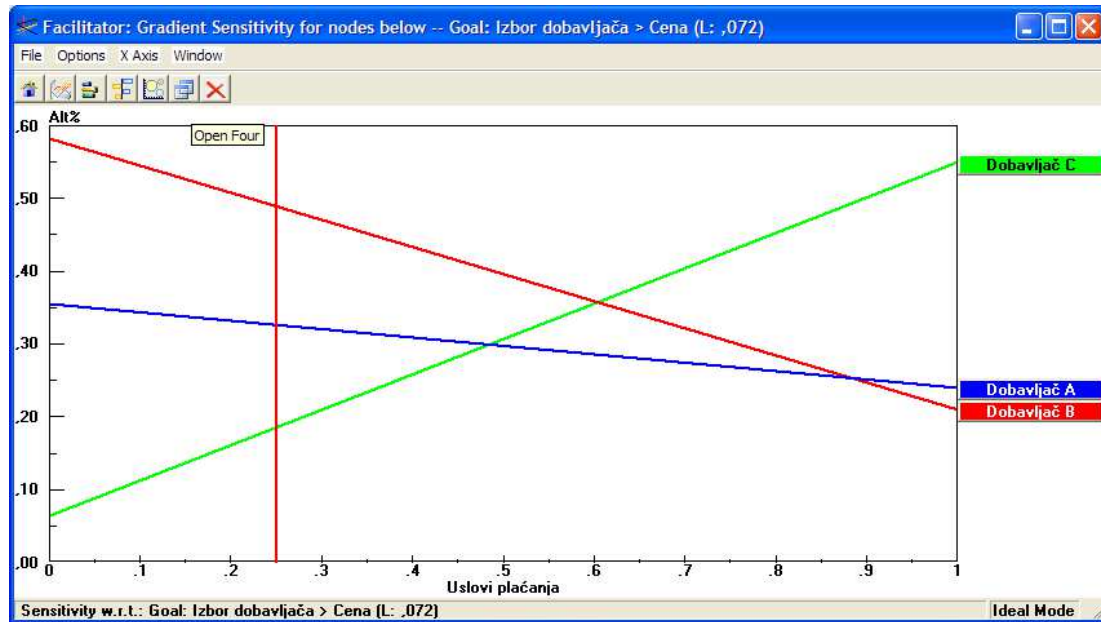


Slika 55 – Gradient analiza osetljivosti – Cena – Uslovi plaćanja

Uradimo sada gradient analizu osetljivosti za ove podkriterijume ali na lokalnom nivou, tj. u odnosu na nadređeni kriterijum Cena i primetićemo značajnu razliku u rezultatima analize.



Slika 56 – Gradient analiza osetljivosti (lokalna) – Cena – Cena proizvoda



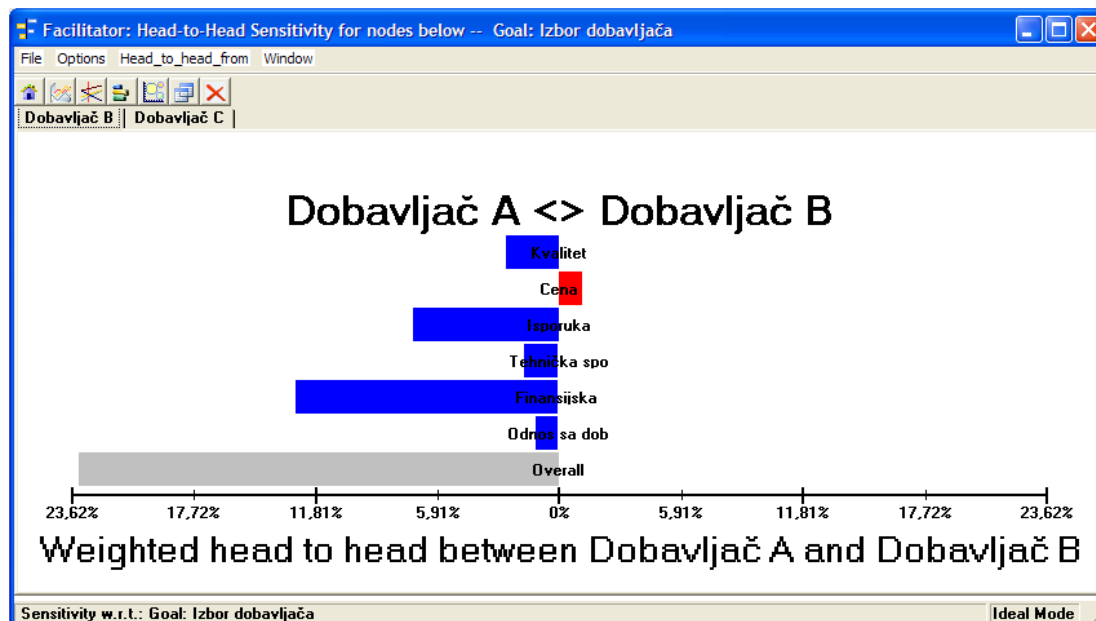
Slika 57 – Gradient analiza osetljivosti (lokalna) – Cena – Uslovi plaćanja

U oba slučaja vidimo da se Dobavljač A nalazi na drugom mestu i da njegov ukupan učinak opada sa povećanjem težine podkriterijuma što implicira da ukoliko bi se u obzir uzeo samo kriterijum Cena i njegov značaj drastično povećao u odnosu na ostale kriterijume, u tom slučaju Dobavljač A ne bi bio najbolje rangiran.

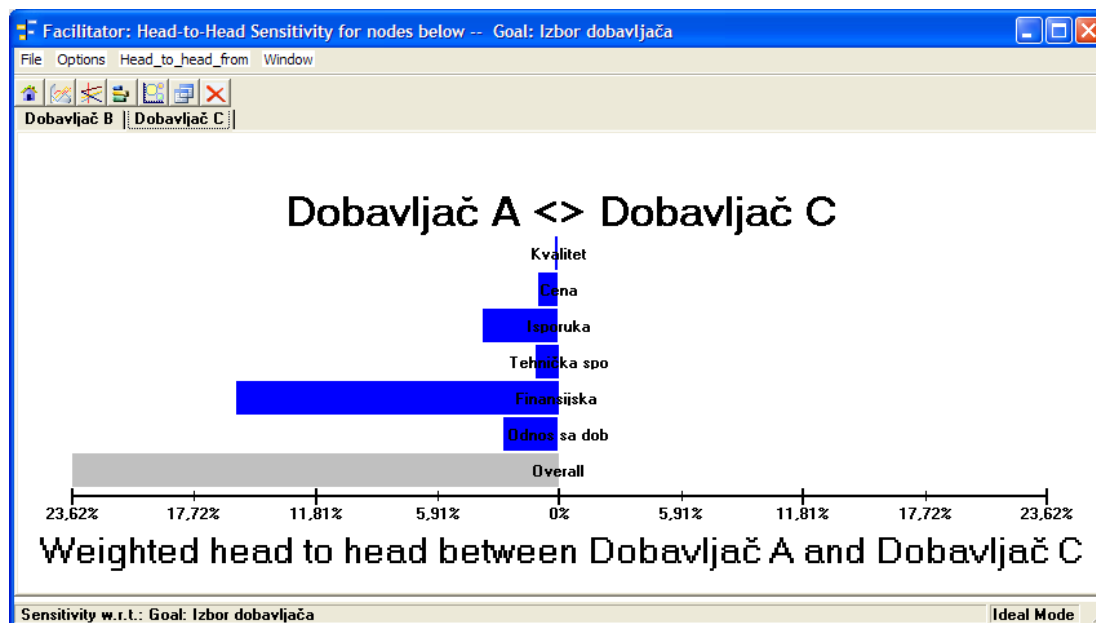
Ovo ni na koji način ne remeti postojeći model jer je u pitanju velika promena u težini kriterijuma a tolike oscilacije u donošenju odluka uglavnom nisu realne i iziskivale bi izradu potpuno novog modela.

6.8.4 Head to head analiza osetljivosti

Ova vrsta analize osetljivosti prikazuje razliku između dve alternative na osnovu kriterijuma. Prikazaćemo kakav je odnos između alternativa i koja od njih je bolja po pitanju određenog kriterijuma.



Slika 58 – Head to head analiza osetljivosti Dobavljača A i B



Slika 59 – Head to head analiza osetljivosti Dobavljača A i C

Primećujemo da je samo u slučaju kriterijuma Cena, Dobavljač A slabiji u odnosu na Dobavljača B.

6.8.5 Rezultati analize osetljivosti

Analiza osetljivosti pokazuje veoma jasno da je sistem robustan i da male, pa čak i značajnije promene u težini kriterijuma ne utiču na ukupno rangiranje kada je u pitanju pozicija najboljeg dobavljača, i stoga potvrđuje da određena nekonzistentnost u poređenju parova koja je rezultovala blagom razlikom u težini kriterijuma, nije uticala na celokupni sistem.

Kao rezultat toga, možemo reći da je Dobavljač A najbolji dobavljač sa značajnom prednošću i treba biti izabran sa punim poverenjem.

8. Zaključak

Čovek nije uvek sposoban da donese pravilnu odluku obuhvatajući sve faktore bez pomoći sistema za podršku odlučivanju. AHP je jedan od takvih sistema koji se pokazao kao pouzdana osnova za odlučivanje u različitim oblastima nauke i prakse.

Saaty sugerise da je AHP važan pristup za izbor dobavljača jer podstiče donosiocima odluka da vrše rangiranje potencijalnih snabdevača na osnovu subjektivne procene važnosti (značaja) atributa. Proces evaluacije i izbora dobavljača predstavlja jednu od ključnih aktivnosti koje organizacije moraju da integrišu u svoje osnovne strateške odluke ukoliko žele da povećaju efikasnost svog poslovanja.

Upotrebom računarskih sistema za podršku odlučivanju olakšava se izbor opcija i smanjuje rizik za donosioca odluke. U pogledu razvoja takve podrške sve će se više koristiti tehnologije veštačke inteligencije i ekspertni sistemi kako bi se što više automatizovao proces donošenja odluke. Za oblikovanje takvih sistema neophodno je razumeti misaone procese čoveka – donosioca odluke i na bazi toga formalizovati tokove, faze i procese načina donošenja odluke.

Ovaj rad predstavlja formalniji i sistematičniji pristup problemu izbora dobavljača nego što je to slučaj u praksi. On obuhvata širok spektar kriterijuma, kako kvalitativnih tako i kvantitativnih, što je i glavna prednost ove metode. Za razliku od drugih metoda gde značaj kriterijuma određuje direktno donosilac odluke, ovde se prioriteti ili težine utvrđuju sistematično na osnovu jednostavnih poređenja parova koji predstavljaju ljudske odluke.

Nakon izbora odgovarajućih kriterijuma i njihovog međusobnog poređenja, utvrđeno je da je najvažniji (primarni) kriterijum Finansijska stabilnost (0,468), zatim slede Isporuka (0,150), Odnos sa dobavljačem (0,135), Kvalitet (0,128), Cena (0,072) i Tehnička sposobnost (0,047).

Težine podkriterijuma (tkzv. sekundarnih kriterijuma) su takođe izračunate na sličan način. Tri dobavljača ocenjena su na osnovu petnaest podkriterijuma. Rezultat evaluacije je pokazao da je Dobavljač A veoma dominantan u odnosu na druga dva dobavljača, ali i da Cena nije jedini ni najvažniji faktor prilikom izbora dobavljača. Ukupni prioriteti dobavljača pokazuju da je Dobavljač A najbolje rangiran sa ukupnim učinkom od 0,490, sledi Dobavljač B (0,257) i Dobavljač C (0,254).

Nakon toga, sprovedena je analiza osetljivosti radi utvrđivanja uticaja težina kriterijuma na konačnu odluku. Rezultati analize su potvrdili da samo velika promena u težini kriterijuma Cena bi dovela do promene u rangiranju. Stoga, na osnovu kalkulacija i analiza osetljivosti, možemo zaključiti da je Dobavljač A najbolji i najefikasniji dobavljač, konkretno za ovaj scenario izbora dobavljača.

Posebne prednosti koje ovaj model donosi procesu izbora dobavljača su:

- i materijalni i nematerijalni faktori mogu biti uvršteni u proces,
- upotreba poređenja parova smanjuje zavisnost sistema od ljudskih odluka,
- lična i organizaciona poslovna politika je predstavljena kroz relativne težine kriterijuma,
- analiza nekoliko „šta-ako“ scenarija je omogućena pomoć tehnika analize osetljivosti.

AHP metoda dolazi do svog punog izražaja tek sa razvojem kvalitetnog komercijalnog softvera Expert Choice, pogodnog za primenu u realnim situacijama i jednostavnog za korišćenje. Primena softverskog alata Expert Choice omogućava rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja pri procesu evaluacije dobavljača uz pomoć prioritnog sortiranja i ocenjivanjem alternativa. U procesu izbora dobavljača korisna je vizualizacija analize osetljivosti utemeljene na jednostavnom interaktivnom načinu izmene težina kriterijuma i alternativa, što daje posebnu upotrebnu vrednost Expert Choice-u u procesu donošenja odluka u praksi.

LITERATURA

- [1] Adamović, P. – Dundović, Č - Nahod, M; *Expert Choice Model for Choosing Appropriate Trenchless Method for Pipe Laying*; University of Zagreb, Politechnics in Zagreb, Department for civil engineering. Dostupno na: http://bib.irb.hr/datoteka/348146.Adamovic_Dunovic_Nahod_Prag_09_2007.pdf
- [2] Adžić, S; *Organizacija i Funkcionisanje Nabavne Službe u "DUGI" IBL DD*; Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet, Beograd (1994).
- [3] Barrett, J.R. – Castore, C.H.; *Decision Making and Decision Support*; ASAE Monograph (1989).
- [4] Bayazit, Ozden – Karpak, Birsen; *An AHP Application In Vendor Selection*; ISAHp 2005, Honolulu, Hawaii (2005).
- [5] Čupić, Milutin E. – V. M. Rao Tummala; *Savremeno Odlučivanje: Metode i Primena*; Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd (1997).
- [6] Ellram, L; *Total Cost of Ownership: An Analysis Approach for Purchasing*; International Journal of Physical Distribution and Logistics (1995), Vol. 25 Iss: 8, pp.4 - 23
- [7] Goodwin, P. – Wright, G.; *Decision Analysis for Management Judgment*; John Wiley & Sons, England (2004).
- [8] Hashmi, Islam ul. Wali et al.; *A Supplier Selection Methodology Using Analytic Hierarchy Process*; Ned University of Engineering & Technology (2005). Dostupno na: <http://www.scribd.com/doc/35281156/A-Supplier-Selection-Methodology-Using-Analytic-Hierarchy-Process-AHP>
- [9] Hocenski, Ž. – Aleksić, I.; *Primjena Expert Choice alata i AHP metode za odabir Virtex-5 FPGA čipa*; Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Osijeku (2009). Dostupno na: http://bib.irb.hr/datoteka/406175.Primjena_ExpertChoice_alata_i_AHP_metode_za_odabir_Virtex-5_FPGA_ipa.pdf
- [10] Holsapple, C.W. – Whinston, A.B.; *Decision Support Systems: Knowledge-Based Approach*; St. Paul: West Publishing (1996).
- [11] Ishizaka, A. – Labib, A.; *Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations*; University of Portsmouth, Portsmouth Business School, United Kingdom (2009), pp. 201-220
- [12] Liebowitz, J.; *Knowledge Management*; CRC Press, Florida (1999).
- [13] Maričić, B.; *Ponašanje Potrošača*; Ekonomski fakultet, Beograd (1991).

- [14] Nydick - Hill; *Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure*; International Journal of Purchasing and Materials Management (1992).
- [15] Power, D. J.; *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*; Westport, Conn., Quorum Books (2002).
- [16] Saaty, T. L.; *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*; McGraw-Hill, New York (1980).
- [17] Srđević, B. – Jandrić, Z.; *Analitički hijerarhijski proces u strateškom gazdovanju šumama*; Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, (2000). Dostupno na: <http://polj.uns.ac.rs/english/people/download/5.pdf>
- [18] Suarez Bello, M. J.; *A Case Study Approach to The Supplier Selection Process*; University of Puerto Rico, Mayaguez Campus (2003). Dostupno na: <http://libra.msra.cn/Publication/5685274/a-case-study-approach-to-the-supplier-selection-process>
- [19] Tahriri, F. – Osman, M.R. – Ali, A.; *AHP Approach for Supplier Evaluation and Selection in a Steel Manufacturing Company*; Journal of Industrial Engineering and Management, 54-76, (2008). Dostupno na: <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/19>
- [20] Tam, M.C.Y. – Tummala, V.M.R; *An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunication System*; Omega, 29(2), pp. 171-182 (2001), Dostupno na: <http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~waldek/MADM/AHP%20vendor%20selection%20of%20a%20telecommunications%20system.pdf>
- [21] Turban E. - Aronson E. J.; *Decision Support Systems and Intelligent Systems*; 5th edition, Prentice-Hall (1998).
- [22] Veljović, A.; *Menadžment informacioni sistemi*; Kompjuter biblioteka, Čačak (2002).
- [23] Yahya, S. – Kingsman, S.; *Vendor Rating for an Entrepreneur Development Program – A Case Study Using the Analytical Hierarchy Process Method*; The Journal of Operational Research Society, Vol 50, No.9, 916-930 (1999).
- [24] Zhiming Z. et al.; *Evolution of Supplier Selection Criteria and Methods*; Institute of Textile and Clothing, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong; School of Economic and Management, Tsinghua University, Bei Jing (2003).

Ostali izvori:

- [1] The Analytic Hierarchy Process and Expert Choice. Dostupno na:
http://expertchoice.com/xres/uploads/resource-center-documents/Expert_Choice_AHP_Primer.pdf

POPIS AKRONIMA

Akronim	Naziv na engleskom	Naziv na srpskom
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>	Analitički hijerarhijski proces
DSS	<i>Decision Support System</i>	Sistem za podršku odlučivanju