

VREDNOVANJE MOSTOVA PRIMENOM TEORIJE GRUBIH SKUPOVA

Goran Ćirović¹
Miroslav Kuburić²

UDK: 624.21.03:330.133

Rezime: Vrednovanje velikih infrastrukturnih objekata, kakvi su između ostalih i mostovi, uglavnom se svodilo na procenu njihove građevinske vrednosti. Postupak procene stvarne, odnosno objektivne vrednosti, podrazumeva evaluaciju većeg broja atributa, osim onih koji predstavljaju građevinsku vrednost objekta, kao što su: lokacija, odnosno potencijal lokacije, kao i saobraćajni, sociološki, ekološki i ostali parametri koji predstavljaju skup atributa koji utiču na tržišnu, odnosno upotrebnu vrednost infrastrukturnih objekata. Ovaj rad se bavi iznalaženjem pravila odlučivanja koja definišu ovu tržišnu, odnosno upotrebnu vrednost, kao i redukovanjem jezgra atributa na osnovu kojih se vrši objektivna procena vrednosti mostova, primenom teorije grubih skupova. Primenom ove teorije omogućeno je objektivno formulisanje pravila veštačke inteligencije koja određuju parametre koji se odnose na određivanje vrednosti mostova, kao i redukciju pravila odlučivanja, koja dovode do procene njihove optimalne vrednosti.

Ključne reči: Mostovi, vrednovanje, grubi skupovi, jezgro atributa, redukcija pravila odlučivanja

1. UVOD

Mostovi predstavljaju neiscrpnu inspiraciju umetnika, često znače život za stanovnike obala koje spajaju, a po pravilu predstavljaju ponos inženjera autora, neimara a ne retko i same države. Najčešće predstavljaju arhitektonske, kulturološke i umetničke simbole gradova i kao takvi bi trebalo da zavređuju pažnju njihovih vlasnika odnosno korisnika. Jedna od tema oko kojih se generišu različite dileme je i sama procena vrednosti ovakvih objekata. Kako po prirodi ovih objekata oni ne spadaju u grupu nekretnina koje se prometuju tj. koje su predmet prometa ili subjekt tržišta nepokretnosti njihovu vrednost možemo oceniti samo na osnovu pokušaja objektivne procene kriterijuma koji na nju utiču. Najčešći pristup ovakvoj vrsti procene svodi se samo na procenu inicijalnog investicionog ulaganja umanjeno eventualno u funkciji vremena i u zavisnosti od predviđenog životnog veka objekta. Međutim svedoci smo mnogih primera da ovi objekti vrede mnogo više od same građevinske cene i često to nije u direktnoj vezi sa njihovom starošću.

¹ dr Goran Ćirović, dipl.građ.inž., Visoka građevinsko – geodetska škola strukovnih studija, Beograd, e-mail: cirovic@sezampro.yu

² mr Miroslav Kuburić, dipl.geod.inž., Građevinski fakultet Subotica, e-mail: mkuburic@gf.su.ac.yu

Ovaj rad ima za cilj pokušaj sagledavanja i definisanja kriterijuma koji su relevantni u pokušaju procene njihove vrednosti tj. ima za cilj pokušaj izbora jezgra kriterijuma koji najbolje reprezentuju višekriterijumsko odlučivanje u samom postupku procene njihove vrednosti, koristeći se primenom teorije grubih skupova. Pojedini slučajevi u građevinskom poslovanju i investicijama mogu iskazivati, meriti i analizirati primenom teorije *grubih* (engl. rough) skupova, kao jednog od matematičkih aparata za tretiranje nepreciznosti, neodređenosti i neizvesnosti. Logika odlučivanja bazirana na teoriji grubih skupova zasnovana na pravilima odlučivanja ima tu prednost da ne zahteva nikakve prethodne ili dopunske informacije o podacima, ali i tu manu da u slučaju nekonzistentnih pravila nije moguć konačan odgovor. Grubi skupovi predstavljaju relativno novi matematički pristup definisanju i analizi nepreciznosti, neodređenosti i neizvesnosti. Ovu teoriju predložio je poljski naučnik Zdislaw Pawlak 1982. godine [1]. Teorija grubih skupova je pogodan alat za sisteme podrške u odlučivanju, naročito kada su u proces odlučivanja uključeni neodređeni pojmovi i neizvesni podaci.

Osnovni problemi koji se mogu rešavati primenom pristupa grubih skupova su: 1) opisivanje objekata pomoću vrednosti atributa, 2) opisivanje pune ili parcijalne zavisnosti između atributa, 3) redukcija atributa, 4) značenje atributa, i 5) generisanje pravila odlučivanja [2].

Za potrebe istraživanja u ovom radu iz ukupne populacije mostova razmatrani su isključivo mostovi koji predstavljaju deo nekog putnog pravca tj. deo deonice koja je u sastavu putne mreže.

2. IZBOR KRITERIJUMA

Kao i u većini procena koje čovek donosi svakodnevno i u proceni vrednosti mostova iza ukupne ocene koja se definiše ili numerički ili semantički krije se zapravo višekriterijumska analiza različitih kriterijuma. Iako ih pojedinac najčešće nije ni svestan i iako bi ih najčešće teško i definisao kriterijumi koji se tom prilikom uzimaju u obzir ne samo što su brojni nego se u tom misaonom procesu vrši i njihovo rangiranje. Međutim pokušaj da se izvrši objektivna procena na osnovu više kriterijuma u jednom misaonom procesu najčešće bi bila uzaludna bez neke od poznatih metoda višekriterijumske optimizacije. Broj kriterijuma na osnovu kojih se mogu opisati ili vrednovati mostovi veoma je velik, a svi zajedno imaju za cilj da reprezentuju njihove građevinske, saobraćajne, ekonomske, društvene i druge aspekte. Potreba komparacije ili evaluacije mostova u ukupnoj populaciji ovih objekata nameće potrebu da se svi oni najpre, u zavisnosti od svojih osnovnih građevinskih odnosno saobraćajnih karakteristika, svrstaju u najmanje tri podgrupe, a zatim u zavisnosti od samog profila saobraćajnice u još tri podgrupe. Ovako determinisane grupe biće vrednovane na osnovu istog seta kriterijuma koji se u najopštijem smislu mogu podeliti na saobraćajne i ostale.

Osnovna podela mostova dakle izvršice se na osnovu vrste puta ili saobraćajnice kojoj propadaju. U tom smislu ćemo razlikovati tri grupe: mostovi koji se nalaze na vangradskim saobraćajnicama, mostovi na obilaznicama ili saobraćajnicama koje tangiraju neka naseljena mesta i na mostove na gradskim saobraćajnicama. Svaku od ovih grupa u zavisnosti od samog profila saobraćajnice možemo podeliti na mostove koji imaju autoputni profil, profil magistralne saobraćajnice ili pak pripadaju saobraćajnicama nekog drugog profila.

Predstavnik svake od ovih podgrupa možemo vrednovati uz pomoć više kriterijuma - atributa. U naučnom istraživanju u ovom radu atributi su podeljeni na saobraćajne i ostale. U saobraćajnom smislu vrednovanje se svelo na: funkcionalno, ekološko, ekonomsko i investiciono. U ostale atribute se svrstavaju: prostorni izbor lokacije objekta, cena ili investiciona vrednost, stanje objekta, planirani vek trajanja objekta, estetski kriterijum, korist – benefit, indikatori društveno ekonomskog razvoja.

3. VREDNOSTI ATRIBUTA

U postupku vrednovanja neophodno je svakom od navedenih atributa dodeliti određene vrednosti tj. potrebno je definisati vrednosti ili procene svih atributa i na osnovu njih izvršiti evaluaciju. U tom cilju biće neophodno svaki od atributa posebno opisati odnosno definisati njegove vrednosti.

a) *Funkcionalno vrednovanje*

U funkcionalnom smislu možemo definisati tri vrste vrednosti atributa koje zbog konzistentnog prikaza možemo zameniti odgovarajućim numeričkim vrednostima: 3 – zadovoljavajući, 2- podnošljiv, 1- ne zadovoljavajući [3]

b) *Ekološko vrednovanje*

Prilikom definisanja vrednosti ovog atributa znakom „+“ će se definisati pozitivan, a znakom „-“ negativan uticaj određene pojave ili aktivnosti posmatranog objekta

- i) 0 - nema posledica (uticaja) na životnu sredinu
- ii) ± 1 – manja štetna (pozitivna) posledica koja se može ublažiti boljim projektom
- iii) ± 2 – znatna štetna (pozitivna) posledica i/ili opasnost (pozitivna posledica od regionalnog značaja) koju ona nosi
- iv) ± 3 – veoma velika štetna (pozitivna) posledica od šireg nacionalnog značaja [3]

c) *Ekonomsko vrednovanje*

U ekonomskom smislu u najopštijem obliku ovaj atribut može da se svede na procenu da li postoji ili ne ekonomska opravdanost inicijalne investicije u datom vremenu, a vrednost atributa može da bude: 1 – ako postoji, 0 – ako ne postoji

d) *Investiciono vrednovanje*

Pod investicionim vrednovanjem smatra se atribut koji se posmatra sa stanovišta održavanja samog objekta tj. projekata njegove rekonstrukcije odnosno investicionog održavanja. Vrednosti ovog atributa mogu da budu:

- i) 1 – kada je veličina raspoloživih finansijskih sredstava veća od potrebnih radi planiranog održavanja
- ii) 2 – kada realno raspoloživa sredstva nisu dovoljna da nakon realizacije programa održavanja pokriju i realizaciju projekata rekonstrukcije i nadogradnje
- iii) 3 – kada se u okviru ograničenih finansijskih sredstava za realizaciju rekonstrukcije i novogradnje dolaze u obzir samo projekti visoke ekonomske opravdanosti

- iv) 4 – kada se u program finansiranja rekonstrukcije i nadogradnje uključuju samo projekti čija je inertna stopa rentabiliteta (ISR) veća od varijante održavanja sa max ISR, a da se za održavanje usvoji varijanta sa max ISR ili sa nešto manjom vrednošću ISR ukoliko postoje projekti rekonstrukcije i novogradnje sa većim ISR od max ISR.
- e) **Prostorni izbor lokacije objekta**
Uz pretpostavku da se prilikom samog projektovanja odnosno izgradnje mosta vodilo računa o izboru što kvalitetnije prostorne lokacije objekta, ili bolje rečeno optimalne, vrednost atributa definisana je kroz tri nivoa i to: 1 – povoljna, 2 – dobra, 3 – odlična.
- f) **Cena odnosno investiciona vrednost**
Izbor vrednosti atributa cene odnosno investicione vrednosti definisan je na osnovu činjenice da se ona značajno razlikuje između ostalog i od tipa konstrukcije samog objekta. U tom smislu je napravljena podela prema veličini raspona mosta u tri grupe od kojih svaka definiše pojedinu vrednost ovog atributa na sledeći način:
i) 1 – niska cena/investiciona vrednost (za mostove raspona između 5 i 20 m)
ii) 2 – srednja cena/investiciona vrednost (za mostove raspona između 20 i 60 metara)
iii) 3 – visoka cena/investiciona vrednost (za mostove raspona preko 60 m)
- g) **Estetski kriterijum**
Atribut koji svakako najčešće ima najveću težinu u odlučivanju o vrednosti objekta kod većine prosečnih korisnika ove vrste objekata. U isto vreme ovo je atribut koji je najteže kvantifikovati tj. najnezahvalniji je za definisanje. Problem estetike u ovom atributu razmatran je na osnovu opšteg utiska o tome da li se predmetni objekat svojim izgledom uklapa u opšti prirodni ambijent ili ne. Vrednosti atributa u tom smislu se najopštije dele na: 0 – ne zadovoljava tj. ne uklapa se u okolinu, 1 – zadovoljava odnosno svojim izgledom se uklapa u prirodni ambijent koji ga okružuje
- h) **Planirani vek objekta**
Polazeći od pretpostavke da je najčešći planirani vek ovakvih objekata 50 godina te da se taj period najčešće računski razmatra kao kriterijum bilo u smislu građevinskog ili saobraćajnog trajanja kao planirani vek objekta, u određivanju vrednosti ovog atributa pošlo se od pretpostavke da bi 50 godina trebalo da bude donja granica, a 100 godina maksimalna dužina veka tog istog objekta. Radi prilično dugog veka i ne baš preterano velike mogućnosti njegovog testiranja ovaj interval je podeljen na dva jednaka dela i time su se dobile praktično dve vrednosti ovog atributa: 1 – srednji vek (između 50 i 75 godina), 2 – dug vek (između 75 i 100 godina)
- i) **Indikatori društveno – ekonomskog razvoja**
Vrednost ovog atributa svrstana je u tri grupe tj. definisana je sa tri nivoa i to: 1 – objekat je manje značajan, 2 – objekat je značajan, 3 – objekat je vrlo značajan
- j) **Korist – benefit**
Ovaj atribut u percepciji mnogih često predstavlja jedan od najznačajnijih ili težišnih atributa koji opredeljuju pojedinca u donošenju definitivne odluke o

vrednosti. Za potrebe ovog istraživanja vrednosti ovog atributa definisane su na sledeći način: 1 – mala korist – benefit, 2 – velika korist - benefit

k) Stanje objekta

Ovaj atribut je razmatran sa stanovišta ocene stanja pre svega građevinskih (konstruktivnih) elemenata objekta kao i saobraćajnog opterećenja. Vrednovanjem više kriterijuma dobija se karakteristični broj objekta koji je obrnuto proporcionalan samom kvalitetu objekta. [4] Ukupan raspon tj. interval ove ocene je za potrebe ovog istraživanja izdvojen u nekoliko karakterističnih manjih intervala koji verno oslikavaju stanje samog objekta pre svega u građevinskom smislu. Za potrebe istraživanja u ovom radu vrednosti atributa su definisane na sledeći način: 1 – Hitna sanacija, 2 – Planiranje sanacije, 3 – Investiciono održavanje, 4 – Intenzivno redovno održavanje, 5 – Redovno održavanje i kontrola, 6 – Redovno održavanje

l) Vrsta saobraćajnice na kojoj se objekat nalazi

Vrednosti ovog atributa svrstane su u tri najopštije kategorije i to: 3 – Vangradske saobraćajnice, 2 – Obilaznice – saobraćajnice koje tangiraju naseljena mesta, 1 – Gradske saobraćajnice

m) Putni profil mosta

Vrednosti ovog atributa definisane su na sledeći način: 3 – autoputni profil, 2 – profil magistralne saobraćajnice, 1 – ostali putni profili

n) Atribut odluke

Za potrebe istraživanja u ovom radu vrednosti atributa odluke su u najopštijem smislu podeljeni samo na dve klase i to: 1 – jeste vredan objekat, 0 – objekat koji nema veliku vrednost

4. IZBOR JEZGRA ATRIBUTA PRIMENOM METODE GRUBIH SKUPOVA

Kao prvi korak rešavanja problema izbora jezgra atributa metodom grubih skupova je formiranje tabele podataka odnosno tabele atribut – vrednost ili tabela odlučivanja. Vrednosti atributa za svaki od izabranih predstavnika populacije definisan je približno sa određenom dozom pouzdanosti tj. za potrebe istraživanja nije sprovedena striktna procedura vrednovanja svakog atributa.

Kao što je ranije naglašeno, rešavanje problema izbora jezgra atributa od svih koji su bili tretirani, primenom teorije grubih skupova, odvija se kroz sledeće faze:

- a. Opisivanje objekta pomoću vrednosti atributa;
- b. Opisivanje zavisnosti (pune ili delimične) između atributa;
- c. Redukcija atributa;
- d. Značenje atributa;
- e. Generisanje pravila odlučivanja.

Tabela odlučivanja je tabela podataka u kojoj se razlikuju dve klase atributa (atributi uslova i atributi odluke) – tabela 1. Teorija grubih skupova podrazumijeva tabelu odlučivanja sa lingvistički izraženim promenljivim atributima uslova. Kolone u tabeli obeležene su atributima, a zapisi unutar tabele su vrednosti atributa. Na taj način svaki red se može posmatrati kao informacija o pojedinom mostu.

Izlazni podaci formiraju jezgro atributa, odnosno vrši se redukcija atributa (smanjenje obima jezgra, odnosno broja svih atributa koji utiču na donošenje odluke). Cilj je da se identifikuju oni atributi, koji shodno postavljenim zahtevima donosioca odluke u tabeli 1 znatno utiču na donošenje odluke, odnosno da se odredi koji atribut, odnosno vrednost mosta i shodno njemu koji most, ima prednost prilikom finansiranja, odnosno redosleda rehabilitacije.

Tabela 1 – Tabela odlučivanja

Most		ATRIBUTI													Atribut odluke
R.br	Naziv	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	
1.	Gazela	1	-1	1	1	2	3	0	1	3	2	1	1	3	1
2.	Beška	1	0	0	4	1	3	1	2	3	2	2	3	2	1
3.	Duga NS	2	0	1	1	3	3	1	1	2	1	5	1	1	1
4.	Smederevski	3	-2	1	3	3	3	1	2	2	1	3	3	2	1
5.	Pančevački BG	1	-1	1	1	2	3	0	1	3	2	1	1	3	0
6.	Požarevački	3	0	1	3	3	2	1	1	3	2	4	3	2	0
7.	Brankov BG	1	-1	1	4	2	3	1	1	2	1	3	1	3	1
8.	Sloboda NS	3	0	1	1	3	3	1	2	3	2	6	1	3	1
9.	Petrovac na Mlavi	2	-1	0	2	2	1	1	1	3	2	3	1	1	0
10.	Kolari	2	0	1	4	3	1	1	1	3	2	4	3	1	0

U prvoj koloni ove tabele nalaze se predstavnici populacije mostova, a u ostalim kolonama se nalaze vrednosti atributa. Kolone u kojima se nalaze vrednosti atributa poređane su redosledom kojim su i obrađivane u prethodnom poglavlju.

Tabela odlučivanja generiše sledeće skupove:

$U = \{ \text{Gazela, Beška, Duga NS, Smederevski, Pančevački BG, Požarevački, Brankov BG, Sloboda NS, Petrovac na Mlavi, Kolari} \}$

$A = \{ a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m \}$

Iz tabele 1 se može izdvojiti 9 elementarnih skupova atributa, odnosno A – skupova. Postoji jedan skup objekata koji se ne razlikuju $\{1,5\}$ i preostalih osam skupova objekata koji se razlikuju. To su gornje i donje granice klasa odluke „1“ $\{1,2,3,4,7,8\}$ i „0“ $\{5,6,9,10\}$

Donja aproksimacija klase odluke „1“: $\{2,3,4,7,8\}$

Gornja aproksimacija klase odluke „1“: $\{1,2,3,4,5,7,8\}$

Granično područje klase odluke „1“: $BNA(„1“) = \{1,5\}$

Donja aproksimacija odluke „0“: $\{6,9,10\}$

Gornja aproksimacija klase odluke „0“: $\{1,5,6,9,10\}$

Granično područje klase odluke „0“: $\{1,5\}$

Tačnost aproksimacije klasa odluke je $\alpha A(„1“) = 0,71$ i $\alpha A(„0“) = 0,60$

Granično područje odluka je, kod obe klase odluka, sastavljeno od dva objekta 1 i 5. Ovi objekti (mostovi) imaju identične vrednosti atributa uslova, ali različite vrednosti atributa odluke. Iz ovog razloga tabela 1 nije konzistentna ili drugim rečima odluka donosioca odluke je nekonzistentna sa opisom objekata atributima iz skupa A .

Sledeći korak je sastavljanje minimalnog podskupa nezavisnih atributa, koji garantuje isti kvalitet klasifikacija kao ceo skup A , odnosno reduktora, kao jezgra atributa. Pronalaženje reduktora i jezgra atributa će biti urađeno preko matrice razlikovanja. U tom cilju je potrebno prvo tabelu odlučivanja presložiti tj. pregrupisati. Tabela 2 predstavlja realniji prikaz tabele odlučivanja jer se nekonzistentne klase odluka predstavljaju kao jedna klasa.

Tabela 2 – Pregrupisana tabela odlučivanja

Most		ATRIBUTI												Atribut odluke	
R.br	Naziv	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		m
1.	Gazela	1	-1	1	1	2	3	0	1	3	2	1	1	3	1
5.	Pančevački BG	1	-1	1	1	2	3	0	1	3	2	1	1	3	0
2.	Beška	1	0	0	4	1	3	1	2	3	2	2	3	2	1
3.	Duga NS	2	0	1	1	3	3	1	1	2	1	5	1	1	1
4.	Smederevski	3	-2	1	3	3	3	1	2	2	1	3	3	2	1
6.	Požarevački	3	0	1	3	3	2	1	1	3	2	4	3	2	0
7.	Brankov BG	1	-1	1	4	2	3	1	1	2	1	3	1	3	1
8.	Sloboda NS	3	0	1	1	3	3	1	2	3	2	6	1	3	1
9.	Petrovac na Mlavi	2	-1	0	2	2	1	1	1	3	2	3	1	1	0
10.	Kolari	2	0	1	4	3	1	1	1	3	2	4	3	1	0

Matrica razlikovanja tabele podataka (tabela 2 bez atributa odluke i bez objekata koji se ne razlikuju) je simetrična matrica n*n sa zapisima cij, i data je u tabeli 3.

Tabela 3 – Matrica razlikovanja

	1	2	3	4	6	7	8	9	10
1	-	b,c,d,e, g,h,k,l,m	a,b,e,g, i,j,k,m	a,b,d,e, g,h,j,k,l,m	a,b,d,e, f,g,k,l,m	d,g,i,j,k	a,b,e,g, h,k	a,c,d,f, g,k,m	a,b,d,e, f,g,k,l,m
2	-	-	a,c,d,e, h,i,j,k,m	a,b,c,d,e, i,j,k	a,c,d,e, f,h,k	b,c,e,h, j,k,l,m	a,c,d,e, k,l,m	a,b,d,e, f,h,k,l,m	a,c,e,f, h,k,m
3	-	-	-	a,b,d,h,k, l,m	a,d,f,i,j, k,l,m	a,b,d,e, k,m	a,h,i,j, k,m	b,c,d,e, f,i,j,k	d,f,i,j, k,l
4	-	-	-	-	b,f,h,i,j, k	a,b,d,e, h,l,m	b,d,i,j,k, l,m	a,b,c,d,e, f,h,i,j,l,m	a,b,d,f, h,i,j,k,m
6	-	-	-	-	-	a,b,d,e, f,i,j,k,l,m	d,f,h,k, l,m	a,b,c,d,e, f,k,l,m	a,d,f,m
7	-	-	-	-	-	-	a,b,d,e, h,i,j,k	a,c,d,f,i, j,m	a,b,e,f, i,j,k,l,m
8	-	-	-	-	-	-	-	a,b,c,d,e, f,h,k,m	a,d,f,h, k,l,m
9	-	-	-	-	-	-	-	-	b,c,d,e, k,l
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Odgovor da li se svi objekti razlikuju jedan od drugog se dobija primenom konjunkcije svih zapisa u matrici razlikovanja.

Funkcija razlikovanja (Bool- ova funkcija) ima sledeću formu:

$$F(a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m)=(bUcUdUeUgUhUkUIUm)(aUbUeUgUiUjUkUm)(aUbUdUeUgUhUjUkUIUm)(aUbUdUeUfUgUkUIUm)(dUgUiUjUk)(aUbUeUgUhUk)(aUcUdUfUgUkUm)(aUbUdUeUfUgUkUIUm)(aUcUdUeUhUiUjUkUm)(aUbUcUdUeUiUjUk)(aUcUdUeUfUhUk)(bUcUeUhUjUkUIUm)(aUcUdUeUkUIUm)(aUbUdUeUfUhUkUIUm)(aUcUeUfUhUkUm)(aUbUdUhUkUIUm)(aUdUfUiUjUkUIUm)(aUbUdUeUkUm)(aUhUiUjUkUm)(bUcUdUeUfUiUjUk)(dUfUiUjUkUI)(bUfUhUiUjUk)(aUbUdUeUhUIUm)(bUdUiUjUkUIUm)(aUbUcUdUeUfUhUiUjUIUm)(aUbUdUfUhUiUjUkUm)(aUbUdUeUfUiUjUkUIUm)(dUfUhUkUIUm)(aUbUcUdUeUfUkUIUm)(aUdUfUm)(aUbUdUeUhUiUjUk)(aUcUdUfUiUjUm)(aUbUeUfUiUjUkUIUm)(UbUcUdUeUfUhUkUm)(aUdUfUhUkUIUm)(bUcUdUeUkUI)$$

Problem pronalaženja podskupa atributa koji čuva relaciju nerazlikovanja, primenom matrice razlikovanja, svodi se na pronalaženje implikanata prethodne jednačine.

Implikant je takav da ako je su te promenljive tačne onda je i funkcija tačna. Jednačina se svodi na

$$F(a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m) = F(a,k)$$

Ovo je potpuno u skladu sa rezultatima dobijenim korišćenjem softverskih sistema u oblasti grubih skupova, koji se prikazuju u nastavku.

5. PRIMENA SOFTVERSKOG SISTEM ROSETTA ZA VREDNOVANJE MOSTOVA

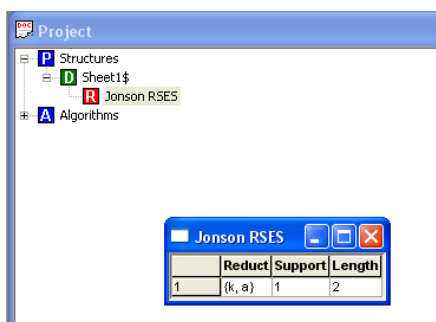
Rosetta sistem se razvio kao odgovor na zahteve za formiranjem alata koji treba da je ujedno i fleksibilan i lak za korišćenje. To je softverski sistem za otkrivanje znanja i izvlačenje podataka u okviru teorije grubih skupova. Autori su Øhrn i Komorowski sa Fakulteta sa kompjuterske i informacione nauke Norveškog univerziteta za nauku i tehnologiju u Trondheim-u, i Skowron, sa Matematičkog instituta Univerziteta u Varšavi. Prostor pravila koje razmatra Rosetta sastoji se od IF-THEN pravila. Ukoliko je pravilo generisano i pronađen je odgovarajući atribut (karakteristika), najveći računski napor je proračun ili aproksimacija redukcija. Redukcija je minimalni podskup atributa (karakteristika) koji može da očuva relaciju nerazlikovanja. Takva relacija može da bude formulisana za ceo sistem ili u odnosu na pojedinačnu klasu objekata.

Link na kojem se može naći softverski sistem:

The Rosetta WWW Homepage: <http://www.idi.ntnu.no/~aleks/rosetta/>

Primenom softverskog sistema proračunato je optimalno vrednovanje mostova po nekim od definisanih atributa uslova. Korišćenjem programa *Rosetta* generisanje redukcija se može dobiti na više načina, od kojih je jedan ilustrovan prikazom ekrana u nastavku.

Do konačnog izbora optimalnog rezultata se može doći konstrukcijom efikasnog povratnog polu-minimalnog skupa preseka zasnovanog na heuristici. Heuristika koja se ovde primenjuje je zasnovana na traženju preseka sa maksimalnim brojem parova objekata koji se razlikuju tim presekom Najjednostavniji model za formiranje prethodnog je analogan Johnson – om aproksimacionom algoritmu - Johnson's greedy ("proždrljivi") algorithm [5], koji je predstavljen prikazom ekrana na slici 1.



Slika 1 – Generisanje redukcija primenom Johnson-ovog algoritma

Za razliku od prethodnog slučaja, ovde je evidentno, sa prikaza ekrana sa slike 1 da je jezgro atributa svedeno samo na jedan atribut odluke, a to je par atributa uslova a - funkcionalnost i k – stanje mosta, ocena stanja konstruktivnih elemenata mosta i saobraćajnog opterećenja.

6. DISKUSIJA DOBIJENIH REZULTATA

Funkcionalnost i stanje konstruktivnih karakteristika mosta i njegovo saobraćajno opterećenje, kao atributi odlučivanja, dobijeni kao preferencija (prioritet) pri vrednovanju mostova, imaju smisla, s obzirom da su mostovi koji imaju najveću vrednost radova obično prioritetni – ili po dužini, jer je potrebno uspostaviti važan novi putni pravac, ili jer su u toj vrednosti sadržani radovi u koje je uključena rehabilitacija ili radovi većeg obima, usled istrošenosti predmetnog mosta. Prilikom procesa donošenja odluke kada se u proceni vrednosti mostova koristi veliki broj atributa, ne može se sigurnošću doneti odluka ukoliko se ne primeni neka od metoda operacionih istraživanja koja eliminiše subjektivnost donosioca odluke, a na ovaj prikazani način generisanja redukcija je postignut cilj, odnosno identifikovani su atributi odlučivanja. U konkretnom slučaju je, generisanjem jezgra atributa, ovo jezgro atributa „pojačano“ – svedeno na dva atributa, koji u sebi sadrže i stanje konstruktivnih elemenata kao najznačajniji faktor za predlaganje i odlučivanje o prioritetu rehabilitacije predmetnog mosta.

Stanje mosta zavisi od niza faktora, koji se često mogu i opisno označiti. Upravo ove karakteristike iniciraju i model za donošenje određenih odluka koje se odnose na redosled izbora prioriteta putnih pravaca i mostova za izgradnju ili rehabilitaciju, kao i mogućnost poređenja različitih mostova u pojedinim vremenskim presecima.

7. ZAKLJUČAK

Ovde je postavljen jedan od mogućih sistema odlučivanja u neizvesnom okruženju rešavanja problema vrednovanje mostova. Sistem se bazira na stohastičkom pristupu i, zbog neizvesnih i nepreciznih uslova okruženja, zasnovan je na rough pristupu kada se radi o oceni stanja mostova, odnosno o rangiranju alternativa – onih mostovskih konstrukcija koji imaju prioritet za rehabilitaciju. Postavljen je sistem i ukazano na pravce rešavanja, i prikazan konkretni proračun.

Pokazano je da se metode veštačke inteligencije, pre svega teorija grubih skupova mogu uspešno primeniti za poslove upravljanja investicionim procedurama, kao što su određivanje stanja mostovske infrastrukture, kao i određivanje redosleda koji mostovi imaju prioritet za izgradnju, odnosno rehabilitaciju.

Problemi koji se pojavljuju u modeliranju i analizi realnog sistema usled funkcionalnih, finansijskih, estetskih kriterijuma vrednovanja, prostornog izbora lokacije objekta, cene odnosno investicione vrednosti, planiranog veka objekta, stanja objekta, vrste saobraćajnice na kojoj se objekat nalazi, putnog profila mosta, i slično, mogu se tretirati preko grubih (rough) skupova. Tako se inženjerski sistem može posmatrati kao rough sistem, što je suštinski bitno zbog nemogućnosti preciznog opisa sistema. Osnovna prednost ovih algoritama je da su koncepcijski jednostavni, a podrazumijeva se posedovanje znanja, intuicije, kreativnosti i iskustva. Do optimalne strategije se dolazi izborom optimalne varijante u tabeli podataka, odnosno odlučivanja. U tabeli odlučivanja su prikazani atributi uslova i atributi odluke, ali bez uticaja verovatnoća pojave, odnosno primene tehnološke varijante, jer nisu potrebna predznanja o pojedinim osobinama, što je osnovna prednost analize i donošenja odluka pomoću grubih skupova. Dokazano je da je moguće identifikovati ključne elemente uticaja, iako postoji mnoštvo promenljivih parametara koji utiču na uspešno vrednovanje mostova. Finansiranje

izgradnje i modernizacije saobraćajne infrastrukture i objekata kao što su mostovi je najsloženiji zadatak u razvoju saobraćaja. Ovaj problem je aktuelan, kako sa stanovišta teorijsko-metodološkog definisanja sistema i metoda finansiranja, tako i sa aspekta praktičnih potreba angažovanja kapitala. Atributi uslova kao što su funkcija i stanje mosta predstavljaju najznačajnije attribute u višekriterijumskom problemu vrednovanja mostova, kao je to dobijeno metodologijom prikazanom u radu. Evidentno je da bi se u uslovima definisanja modela i formulisanja pravila odlučivanja na neki drugi način moglo dobiti drugačije jezgro preseka atributa od kojih zavisi proračun. Dobijeni rezultati optimalnih preseka ukazuju na visoku osetljivost traženja optimalnog rešenja primenom heurističkih modela.

LITERATURA

- [1] Pawlak, Z. (1982): Rough Sets. International Journal of Computer and Information Sciences 11. 341-356.
- [2] Ćirović, G., Plamenac, D.: „Grubi skupovi, primena u građevinarstvu“ Društvo operacionih istraživača, Beograd, 2005.
- [3] Kozlović, Lj.: “Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže“, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.
- [4] Bebić, D.: „Tehničko rešenje Baze podataka o mostovima“, Institut za puteve, Beograd, 1999.
- [5] Johnson, D. S., Approximation algorithms for combinatorial problems. Journal of Computer and System Sciences, 9(1974), 256–278.

ESTIMATION OF BRIDGES THROUGH IMPLEMENTATION OF ROUGH SETS THEORY

Summary: *The estimation of large infrastructural structures, such as bridges among others, has mainly been confined to estimation of their construction value. The estimation procedure of a real, i.e. objective value implies estimation of a larger number of attributes, except the ones that represent construction value of a structure, such as: location, namely location potential, traffic, sociological, ecological and other parameters that represent a set of attributes affecting market value, i.e. usability of infrastructural structures. This paper deals with devising decision-making rules that define this market value, i.e. usability, as well as with reducing attribute core, based on which actual value estimation of bridges is carried out through implementation of rough sets theory. The implementation of this theory facilitates the objective formulation of artificial intelligence rules that define parameters referring to value of bridges determining, as well as to the reduction of decision-making rules that lead to the estimation of their optimal value.*

Key words: *bridges, estimation, rough sets, attribute core, decision-making rule reduction*