

Kvalitativni model višekriterijumskog odlučivanja DEX

U procesu donošenja strateških i operativnih odluka često je teško kvantitativno izraziti sve elemente posmatranog problema, bilo zbog nedostupnosti ili nepotpunosti informacije, bilo zbog složenosti samog problema. Kako bi se prevazišli pomenuti problemi, a omogućilo donošenje pravovremene i kvalitetne odluke, moguće je kvantitativne modele odlučivanja zameniti kvalitativnim.

Jedan iz grupe kvalitativnih modela odlučivanja je i DEX (Decision EXpert) model. Razvijen je početkom 1980-ih godina na Institutu Jožef Stefan u Ljubljani, a rad na njegovom razvoju i unapređenju kontinuirano traje do danas. Zbog svoje jednostavnosti i prijemčivosti, a s druge strane moćnim karakteristikama, veoma široko i uspešno se koristi za rešavanje raznovrsnih problema odlučivanja. Do sada su DEX-om uspešno rešavani problemi u oblastima: informatike (evaluacija hardvera i softvera), bankarstva i finansija (provera podobnosti za izdavanje kredita, optimizacija portfolija), menadžmenta (ocena investicija i projekata, regrutacija, selekcija i evaluacija ljudskih resursa), medicine (dijagnostika i prognoza toka bolesti, procena rizika od oboljevanja), sporta (predikcija rizika od povređivanja u skijanju), itd. [3], [4], [5]. DEX modeli se izrađuju u softveru DEXi koji se može preuzeti na [1].

DEX modeli su se pokazali veoma uspešnim u situacijama kada je potrebno izraditi kompleksne modele odlučivanja u kojima postoji veliki broj atributa i/ili alternativa i/ili su podaci nepouzdana i/ili ne postoje. Posebno je zanimljiva njihova primena za potrebe grupnog donošenja odluka. Na kraju, važno je napomenuti da ovaj model poseduje znatan broj sličnosti sa jednom od najpopularnijih kvantitativnih metoda višekriterijumskog odlučivanja - Analitičim Hijerarhijskim Procesom (AHP-om), te u neku ruku predstavlja njegovog "kvalitativnog blizanca".

U osnovi, DEX modeli, kombinuju odlike sistema za podršku odlučivanju i ekspertnog sistema, ali se u poslednje vreme sve više ističu kao moćan klasifikator kod otkrivanja zakonitosti u podacima [4]. U nastavku se obrađuju teoretski i aplikativni aspekti DEX modela kroz softver DEXi.

DEX modeli, baziraju se na sledećim, jednostavnim, principima:

- a. Model je predstavljen **hijerarhijskom dekompozicijom atributa**, gde atributi na višem nivou zavise od atributa na nižem.
- b. Vrednosti atributa definisane su **kvalitativnim skalama** koje se najčešće opisuju skupom reči (kategorijama) umesto numeričkim vrednostima.
- c. Vrednosti atributa na nižem nivou hijerarhije, kroz proces **agregacije** elementarnim pravilima odlučivanja određuju vrednosti atributa na višem nivou hijerarhije.
- d. Model garantuje **konzistentnost** rešenja, ali i omogućava fleksibilnost, poštujući princip "korisnik je uvek u pravu".

Hijerarhijska dekompozicija atributa modelu daje strukturu stabla, s time da na prvom, najvišem nivou hijerarhije, može postojati jedan ili više korena, mada se najčešće koristi pristup sa jednim korenom (što će u daljem tekstu biti prikazano). Ovi ciljni atributi se dalje razlažu na grupe pod-atributa koji određuju vrednosti nad-atributa. Na najnižem nivou hijerarhije nalaze se elementarni atributi, odnosno oni atributi koji čine matricu odlučivanja.

Kvalitativne skale vrednosti atributa predstavljaju srž kvalitativnih modela odlučivanja. Za razliku od kvantitativnih modela, gde se koriste skale numeričkog tipa, ovde se primenjuju skale kategoričkog tipa. To znači da se atributi, umesto brojevima, najčešće opisuju rečima. Poredak među vrednostima na skali bi trebalo da postoji, ali nije obavezan. Skale se uvek orijentišu od najlošije ka najboljoj vrednosti. Iako skale mogu da budu orijentisane po opadajućem uređenju, preporučuje se da se ipak koristi rastući poredak jer je najprijemčiviji. Primer trovrednosne skale: **neprihvatljiv-zadovoljavajuć-odličan**.

Tabele elementarnih pravila odlučivanja (eng. *Utility functions*) predstavljaju osnovu za definisanje veza među atributima na dva susedna nivoa hijerarhije. One definišu na koji način kombinacije vrednosti atributa-dece utiču na vrednost atributa-roditelja. Ove tabele popunjavaju eksperti sa pravilima koja imaju formu AKO-ONDA pravila. Poželjno je definisati što više, po mogućstvu sva, elementarna pravila odlučivanja. DEX modeli mogu i sami naučiti nedostajuća pravila regresijom težina atributa¹. Elementarna pravila odlučivanja se definišu za svaki nad-atribut.

Konzistentnost rešenja postiže se time što se pretpostavlja monotonost izlaza u pravilima odlučivanja, te se ne može dogoditi da se izlazni atribut lošije od dve alternative, čiji se ulazni atributi nalaze u neopadajućem poretku, proglasi boljim. Od ovog pravila se može odstupiti ako ekspert/analitičar to zahteva. Primer nekonzistentnosti dat je u tabeli 1:

Tabela 1 - primer nekonzistentnosti u modelu

ID reda	Kvalitet	Troškovi	Cena	Ukupna vrednost
1	Nizak	Niski	Niska	Visoka
2	Visok	Niski	Niska	Niska

Redovi 1 i 2 se nalaze u poretku $2 \Rightarrow 1$ (zapis se čita: 2 podjednako dobro ili bolje od 1), što znači da je drugi red po svim elementima koji ga čine jednak ili bolji od prvog ($Kvalitet_2 > Kvalitet_1$, $Troškovi_2 \Rightarrow Troškovi_1$, $Cena_2 \Rightarrow Cena_1$). Stoga, Ukupna vrednost u redu 2 ne može biti niža od one u redu 1. Ova nekonzistentnost je označena žutom bojom. Ispravan izlaz bi bio *Visoka*. Ovo odstupanje DEXi automatski primećuje i obaveštava analitičara, što olakšava proces definisanaja elementarnih pravila odlučivanja.

¹ Važno je napomenuti da u kvalitativnim modelima ne postoje težine atributa (ponderi) u klasičnom značenju u kome se koriste u kvantitativnim modelima, jer se reči, od kojih su sastavljene skale, ne mogu meriti brojčano. Međutim, DEXi ima sposobnost da linearnom regresijom nauči "težine" atributa na osnovu unetih pravila i da predloži najbliže rešenje [2].

Koraci u implementaciji DEX modela su:

1. Strukturisanje DEX modela
2. Definisane kvalitativnih skala vrednosti atributa
3. Definisane pravila odlučivanja
4. Unos alternativa
5. Evaluacija alternativa i analiza rezultata

Koraci implementacije DEX modela biće date primerom izbora automobila. DO smatra da su bitni sledeći atributi: prodajna cena, troškovi održavanja, broj osoba koje se mogu prevesti, broj vrata, kapacitet prtljažnika, bezbednost.

1. Strukturisanje DEX modela:

Prvi korak je strukturiranje modela. Ovaj korak se može vršiti na dva načina:

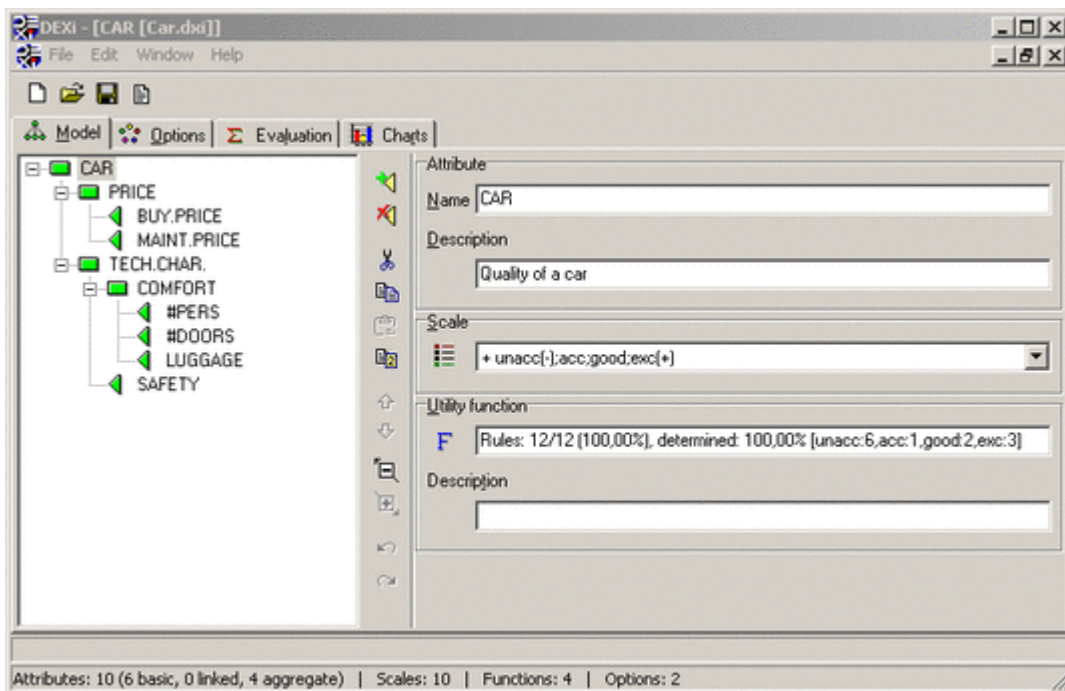
- a. Odozgo-nadole (eng. *Top-down approach*)
- b. Odozdo-nagore (eng. *Bottom-up approach*)

U prvom slučaju, strukturisanje se vrši tako da se odabere ciljni atribut - u ovom slučaju je to Ukupna vrednost vozila (CAR), a potom se taj atribut raščlanjuje na attribute Cena (PRICE) i Tehničke karakteristike (TECH.CAR). Atribut Cena se bliže precizira atributima Kupovna cena (BUY.PRICE) i Troškovi održavanja (MAINT.PRICE). Tehničke karakteristike čine atributi Bezbednost (SAFETY) i Komfor (COMFORT), koji se sastoji od atributa Broj osoba (#PERS), Broj vrata (#DOORS) i Zapremina prtljažnika (LUGGAGE).

Pristup “odozdo-nagore” je izuzetno pogodan za kombinovanje sa “Brainstorming” metodom te se strukturiranju modela pristupa tako da se prvo generišu svi zanimljivi elementarni atributi, a onda se, prema određenoj logici grupišu u agregirane attribute, sve dok se ne stigne do cilja, odnosno atributa na najvišem nivou hijerarhije.


Koji god pristup da se odabere, važno je da složeni (agregirani) atributi ne budu sačinjeni od više od tri atributa, jer ako skala ima mnogo vrednosti može doći do “kombinatorne eksplozije”, odnosno biće neophodno da se definiše preveliki broj elementarnih pravila odlučivanja u trećoj fazi. Pored produžavanja procesa, to može dovesti i do lošijih rezultata jer ekspertu/analitičaru/DO-u može biti preteško da napravi razliku među sličnim slučajevima ili naprosto neće biti u mogućnosti da definiše sva pravila.

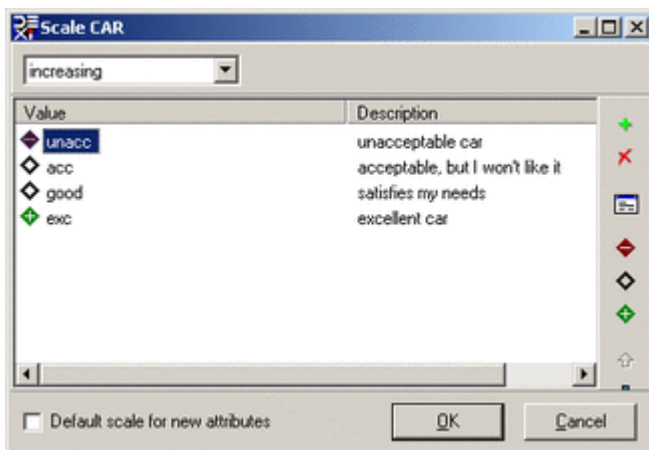
Konačan rezultat faze modeliranja prikazan je na slici 1, u oknu Model (središnji levi deo slike). Vidi se da postoji ukupno 10 atributa, od čega su 6 elementarnih (označeni strelicom ulevo) a 4 su agregirani atributi (označeni pravougaonikom).



Slika 1 - Kartica *Model* u kojoj se definišu metapodaci o modelu, njegova hijerarhija, skale vrednosti atributa i tabele elementarnih pravila odlučivanja


2. Definisanje kvalitativnih skala vrednosti atributa

Definisanje skala vrednosti atributa vrši se klikom na dugme  u okviru kartice *Model* (slika 1). Ako je skala već definisana u modelu, može se odabrati iz padajuće liste. Skala i eventualni opis se unosi u prozor *Scale*, slika 2. Postupak se ponavlja za sve atribute u modelu.

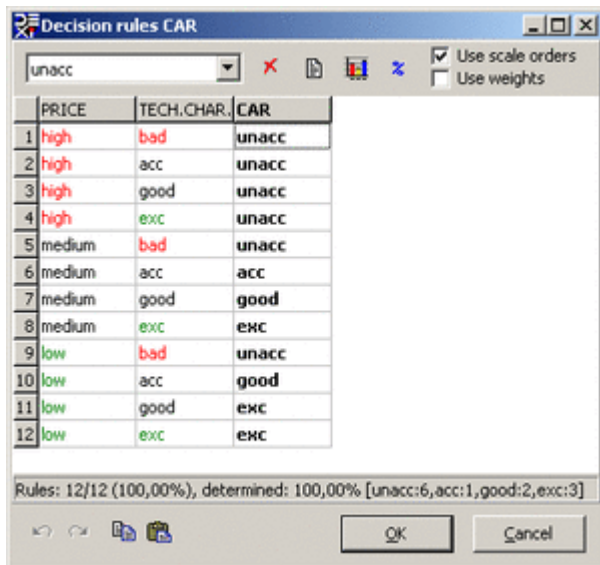


Slika 2 - definisanje kvalitativnih skala vrednosti atributa modela

3. Definisanje elementarnih pravila odlučivanja

Ovaj korak sprovodi se samo za agregirane (složene) atribute i postupak je potrebno ponoviti za svaki takav atribut. Klikom na dugme  u odeljku *Utility function*, na kartici *Model* (slika 1), otvara se prozor za unošenje elementarnih pravila odlučivanja.

Za svaku kombinaciju ulaznih atributa-dece, potrebno je uneti vrednost koju će uzeti atribut-roditelj. Opcija *Use scale orders* omogućava proveru konzistentnosti, a opcija *Use weights* omogućuje da se na osnovu regresiranih težina atributa popune neodstajuća pravila. Preporuka je da se unesu sva pravila, ako je moguće, i da se ne odstupa od konzistentnosti.

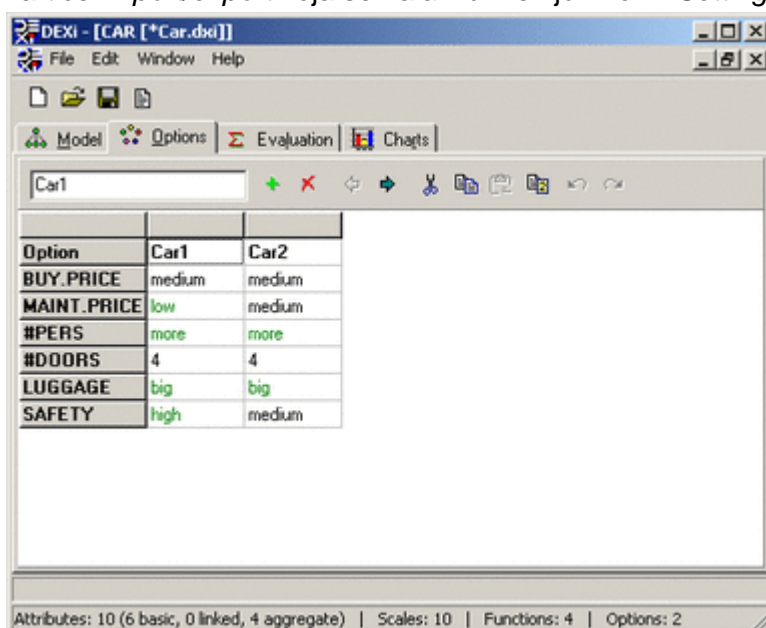


slika 3 - definisanje elementarnih pravila odlučivanja za složeni atribut

4. Unos alternativa

Alternative se mogu na dva načina uneti u DEXi. Prvi način je da se direktno, ručno, unesu vrednosti prelaskom na karticu *Options* (slika 4). Nedostajuće vrednosti treba izbegavati.

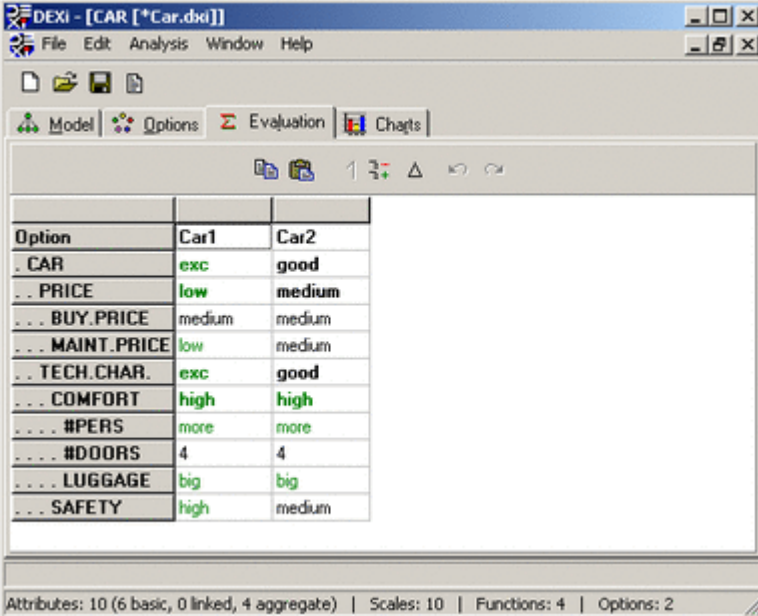
Drugi način je da se alternative uvezu direktno iz nekog drugog tab-delimited ili CSV fajla. To se postiže odabirom opcije *File -> Import... -> Import options* u glavnom meniju. Prethodno je potrebno podesiti DEXi da pri učitavanju prepozna orijentaciju matrice i vrednosti atributa onako kako su zadati u fajlu koji se učitava. To se postiže podešavanjem opcija u okviru kartice *Import/export* koja se nalazi u meniju *File -> Settings*.



Slika 4 - kartica *Options* u kojoj se vrši unos/izmena alternativa

5. Evaluacija alternativa i analiza rezultata

Pošto su unete alternative, preostaje da se model primeni na njih i dobije konačan rezultat. To se postiže klikom na karticu *Evaluation* (slika 5). Vrednosti atributa CAR daju konačnu ocenu koja alternativa je ukupno najbolja.



Option	Car1	Car2
CAR	exc	good
PRICE	low	medium
BUY PRICE	medium	medium
MAINT PRICE	low	medium
TECH CHAR.	exc	good
COMFORT	high	high
#PERS	more	more
#DOORS	4	4
LUGGAGE	big	big
SAFETY	high	medium

Slika 5 - kartica *Evaluation* u kojoj se vrši evaluacija alternativa

Da bi se utvrdila stabilnost rešenja potrebno je izvršiti dodatne analize. DEXi nudi tri opcije, od čega su u tabeli 2 prikazane prve dve:

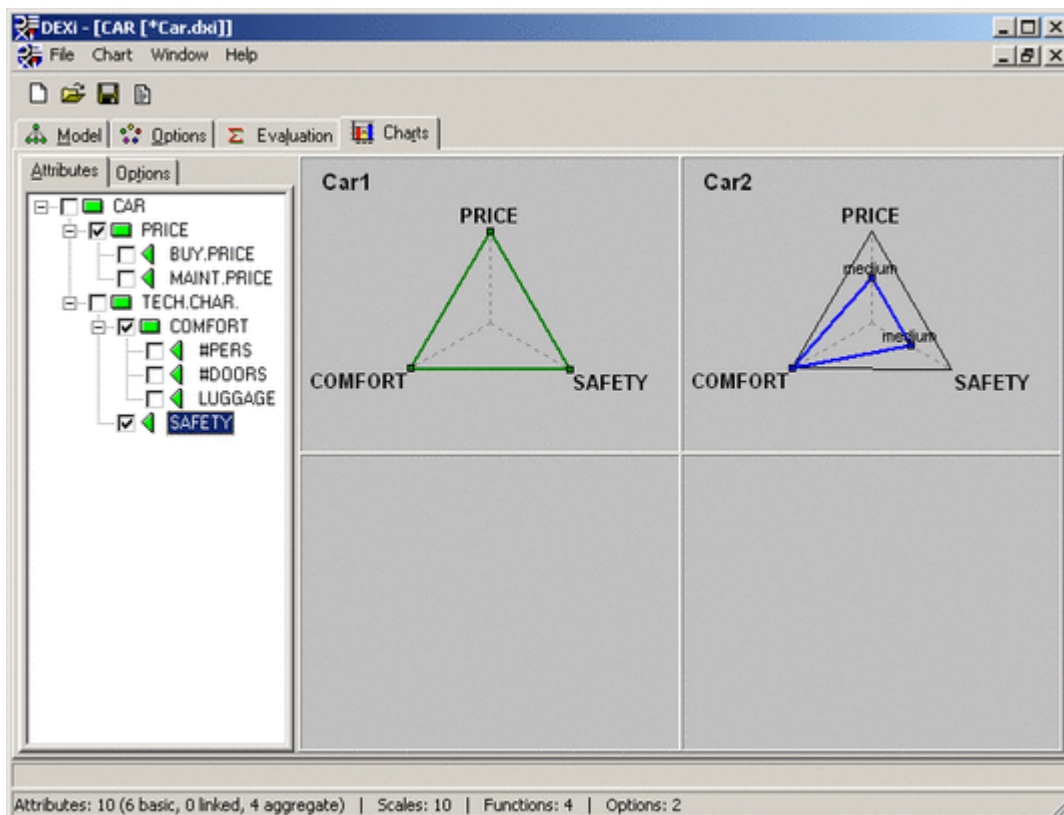
- Analiza +/- 1 (eng. *Plus-minus-1 analysis*) govori kako bi nezavisna promena svakog od atributa-dece za jednu vrednost naviše ili naniže uticala na ukupnu promenu vrednosti atributa-roditelja. Ukoliko se dobije prazno polje, promena vrednosti atributa-deteta nema uticaja na vrednost atribut-roditelja, a ako se dobije oznaka [ili], to znači da je nemoguće promeniti vrednost atributa-deteta
- Selektivno objašnjenje (eng. *Selective explanation*) izdvaja podskupove alternativa u kojima su najjače i najslabije.
- Upoređivanje alternativa (eng. *Compare options*) omogućuje direktno poređenje alternativa po parovima ili grupama.

Tabela 2: prikaz dve glavne opcije za analizu osetljivosti:

Plus-Minus-1 analysis				Weak points	
Attribute	-1	Car1	+1	None	
CAR		exc		Strong points	
├─BUY.PRICE	unacc	medium		Attribute	Car1
├─MAINT.PRICE		low		CAR	exc
├─#PERS		more		├─PRICE	low
├─#DOORS		4		├─MAINT.PRICE	low
├─LUGGAGE		big		├─COMFORT	high
└─SAFETY		high		├─#PERS	more
				├─LUGGAGE	big
				└─SAFETY	high

(a) prikaz plus-minus-1 analize	(b) prikaz analize selektivnog objašnjenja
---------------------------------	--------------------------------------------

Upoređivanje alternativa može se vršiti i grafičkim putem. Prelaskom na karticu *Charts* moguće je dobiti nekoliko vrsta grafika kojima se lakše mogu porediti alternative. Ako se selektuje samo jedan atribut, npr. CAR, dobiće se *bar-chart* koji pokazuje koliko je ukupno dobra svaka od alternativa. Ako se odaberu dva atributa, dobiće se *scatter-plot*, a za selektovana tri ili više atributa, dobiće se *radar-chart* (slika 6). DEXi ima dve opcije za prikaz *radar-chart*-a. Prva opcija je da se prikazuje samo selektovani atribut, a druga opcija je da se odabere opcija za istovremen prikaz četiri alternative, koja se dobija desnim klikom miša na grafik i odabirom opcije *Four options*.



Slika 6 - prikaz *Radar-chart*-a u kartici *Charts*

Svi modeli, funkcije, skale, opcije i rezultati mogu se prikazati u formi izveštaja koji se dobija opcijom *File -> Report*. Prilikom izrade izveštaja, elementarna pravila odlučivanja prikazuju se u sažetoj (složenoj) formi. Značenja skraćenica data su u sledećoj, tabeli 3:

Tabela 3 - objašnjenje simbola koji se koriste za definisanje elementarnih pravila odlučivanja u sažetoj (složenoj) formi

Oznaka pravila	Značenje
<=	“Ne lošije od...”
<	“Lošije od...”
=	“Jednako”
>	“Bolje od...”
>=	“Jednako ili bolje od...”
*	“Nema uticaja”

Na kraju, kako se DEX model predstavlja skupom hijerarhijski uređenih AKO-ONDA pravila, moguće ga je koristiti i kao klasifikator. U slučaju da se koristi u tu namenu, DEX daje impresivne rezultate jer kombinuje zakonitosti naučene iz podataka i znanje koje domenski ekspert unosi u model, čime često nadmašuje tradicionalno korišćene algoritme za klasifikaciju [4].

Da bi se DEX model koristio za klasifikaciju, neophodno je prvo izvršiti diskretizaciju kontinualnih atributa iz matrice odlučivanja, a potom, iz podataka, naučiti raspodele relativnih frekvencija atributa i njihovih kombinacija koje su zadate strukturom modela. Na osnovu tih raspodela definiše se poredak skala vrednosti atributa i definišu ili dopunjuju elementarna pravila odlučivanja. Detaljan postupak može se naći u [5].

Reference

1. Zvanična internet stranica softvera DEXi-i <http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html> , datum poslednjeg pristupa: 3.12.2015.
2. Zvanično uputstvo za upotrebu softvera DEXi, materijal u elektronskoj formi, <http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/pub/DEXiManual500.pdf> datum poslednjeg pristupa: 3.12.2015.
3. Bohanec, M., Rajković, V., Bratko, I., Zupan, B., Žnidaršič, M.: [DEX methodology: Three decades of qualitative multi-attribute modelling](#). *Informatica* 37, 49-54, 2013.
4. Bohanec, M., Delibašić, B.: Data-mining and expert models for predicting injury risk in ski resorts. *Decision Support Systems V - Big Data Analytics for Decision Making*, First International Conference ICDSST 2015, Belgrade, Serbia, May 27-29, 2015, Springer, 46-60, 2015.
5. Marković, P.: Razvoj sistema za podršku odlučivanju za rano upozoravanje na povećan rizik od nastanka skijaške nezgode, Završni (master) rad, Beograd, 2015.

Pitanja za DEX

1. Šta je DEX? Kada se koristi?
2. Osobine DEX modela.
3. Hijerarhijska dekompozicija atributa.
4. Kvalitativne skale. Kako se orijentišu?
5. Agregacija (Utility funkcije). Kako se postiže?
6. Šta su elementarni a šta složeni (agregirani) atributi?
7. Koraci u implementaciji.
8. Strukturisanje modela (bottom up i top-down). Grupisanje atributa, problem "kombinatorne eksplozije".
9. Definisane skale.
10. Definisane pravila odlučivanja.
11. Evaluacija alternativa.
12. Plus-minus-1 metoda. Šta je prazno polje? Šta je [ili]?
13. Selektivno objašnjenje.
14. Upoređivanje alternativa.
15. Grafički prikaz - kako se dobija bar-chart, kako scatter-plot, kako radar-chart. Koliko opcija se, odjednom, može evaluirati radar-chartom?