

Ka sistemima za podršku odlučivanju

Vrste podataka

Vrednosti u problemima odlučivanja, ali i u opštem postupku analize podataka, mogu biti nenumeričke ili numeričke.

Nenumerički podaci su iskazani najčešće kvalitativno i predstavljaju pripadnost određenoj kategoriji. Nenumeričke podatke delimo na kategoričke i ordinalne.

Kategoričkim ili nominalnim podacima razlikujemo kategorije (klase), odnosno uspevamo da izvršimo klasifikaciju. Ovakvi podaci se ne mogu predstaviti preko neke vrste kontinuuma, već služe da izvrše diskriminaciju alternativa. Drugim rečima, vrednosti koje se javljaju na ovoj skali ne mogu da se postave u redosled prema važnosti. Stoga, se sa ovakvim podacima ne može oceniti koja je vrednost bolja. Nominalni podaci ne samo da mogu biti korisni, nego mogu omogućiti i veću preciznost. Mnoga obeležja (kriterijumi) odlučivanja ne mogu se svesti na kontinuum, kao na primer: pol, rasa, vrsta zanimanja itd. Međutim, ovakva obeležja daju dodatne informacije o alternativama koje treba imati u vidu prilikom postupka izbora najprihvatljivije alternative.

Ordinalni podaci odgovaraju „kvantitativnoj klasifikaciji“. Ovakvim podacima se utvrđuje redosled duž nekog kontinuuma, odnosno, vrši se rangiranje pojave. Vrednosti alternativa određenog kriterijuma se raspoređuju „po skali rasta ili opadanja veličina“. Time je, u stvari, utvrđen rang, ali ne i veličina koja je merena. Klasičan primer ordinalnih podataka je školska ocena. Naime, razlike između ocena nisu podjednake, iako to skala pokazuje (npr. razlika između ocena 8 i 9 može biti razlika između 71 i 89 poena, a može biti i razlika između 79 i 81 ostvarenih poena).

Numerički podaci predstavljaju kvantitativnu ocenu vrednosti alternative za određeni kriterijum. Razlikujemo intervalne i racio vrste podataka.

Intervalni podaci omogućavaju preciznije određivanje razlika između vrednosti alternativa. Osobina intervalnih podataka je da ne postoji apsolutna nula, odnosno vrednost izražena nulom ne znači odsustvo pojave. Na primer, ukoliko na testu student ne dobije ni jedan bod, to ne znači da student poseduje nikakvo znanje. Najviši nivo merenja predstavlja *racio* vrstu podataka, odnosno skalu razmere. Racio skala (skala razmere, skala odnosa) raspolaže apsolutnom nultom tačkom, jer nula označava odsustvo svake količine pojave koja se meri. Primeri racio skale su: težina, visina, kapacitet, površina prostora itd.

Transformacija podataka

Transformacija podataka je postupak preslikavanja podataka iz jednog formata u drugi, koji je pogodan za dalju analizu i obradu. Ovde ćemo obraditi transformaciju podataka koja se naziva diskretizacija. To je postupak transformacije kriterijuma čije su vrednost numeričkog tipa u kategorički tip podataka.

Diskretizacija podataka – Frekvencija pojavljivanja

Ukoliko se numeričke vrednosti preslikavaju u kategorije tako da u svakom intervalu imamo podjednak broj alternativa, tada vršimo diskretizaciju po frekvenciji pojavljivanja.

Primer:

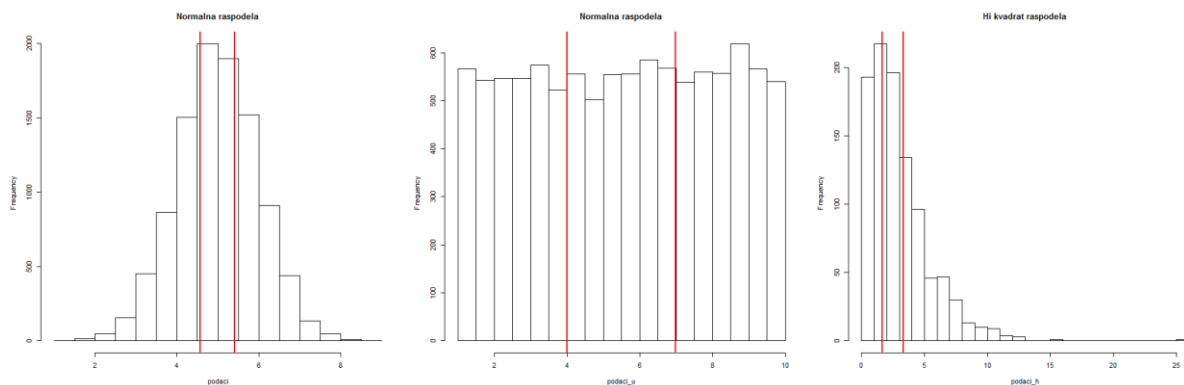
Ocene mobilnog telefona su date u tabeli ispod. DO želi da ih grupiše u tri grupe (*loši telefoni*, *srednje dobri telefoni* i *dobri telefoni*) tako da svaka grupa ima podjednak broj alternativa.

Alternativa	Ocena
A1	6
A2	5
A3	10
A4	3
A5	10
A6	6
A7	3
A8	1
A9	8

Alternativa	Ocena	Ocena (disc)	Grupa
A8	1	L	[1-4]
A4	3	L	[1-4]
A7	3	L	[1-4]
A2	5	S	(4-7]
A1	6	S	(4-7]
A6	6	S	(4-7]
A9	8	D	(7-10]
A3	10	D	(7-10]
A5	10	D	(7-10]

Prvi korak je sortiranje brojeva, te deljenje na tri grupe tako da svaka grupa ima isti broj slučajeva. U ovom primeru imamo 9 alternativa koje treba podeliti u tri grupe, pa je postupak u potpunosti deljiv; odnosno, svaka grupa će imati podjednak broj slučajeva. Ukoliko to nije slučaj, onda se u neku grupu, obično srednju, dodeljuje više slučajeva. Postupak deljenja grupa se vrši nad sortiranom kolonom ocena. Prva grupa „loši telefoni“ treba da ima tri slučaja (9/3). Dakle, gledamo treći i četvrti slučaj, odnosno, posmatramo „prelaz“ iz jedne grupe u drugu i vidimo da je vrednost trećeg slučaja 3, a četvrtog 5. To je signal da postoji jasna razlika između grupa. Da je vrednost četvrtog slučaja bila 3, onda bi i četvrti slučaj pripadao prvoj grupi, a ostatak podataka bi se delio tako da ostale grupe imaju podjednak broj slučajeva. Zatim, definišemo pravilo za pripadnost prvoj grupi. Donja granica je 0, a gornju granicu određujemo kao prosek između prelaza grupa, odnosno, u ovom slučaju $(3 + 5)/2 = 4$. Za drugu grupu, donja granica je gornja granica prethodne grupe, a gornja granica se određuje na isti način kao i za prvu grupu. Odnosno, posmatramo prelaz između grupa. Ponavljamo identičan postupak i određujemo preostale grupe. Krajnji rezultati su prikazani u tabeli iznad.

Grafički prikaz diskretizacije po frekvenciji pojavljivanja za različite raspodele podataka je prikazan ispod (grupe su podeljene crvenom linijom). Možemo primetiti da je u delovima gde je veća gustina razmak između linija kraći.



Slika 1. Diskretizacija podataka po frekvenciji pojavljivanja

Diskretizacija podataka – jednaki intervali

Kod ove vrste diskretizacije podataka, vrednosti kriterijuma se dele na određeni broj delova tako da svi delovi pokrivaju jednako rastojanje. Razlika u odnosu na prethodni način je taj da u grupama ne mora da se nalazi podjednak broj slučajeva. U slučaju da imamo iskošenu distribuciju vrednosti, tada će veći broj slučajeva pripadati grupi gde je veća gustina podataka.

Primer:

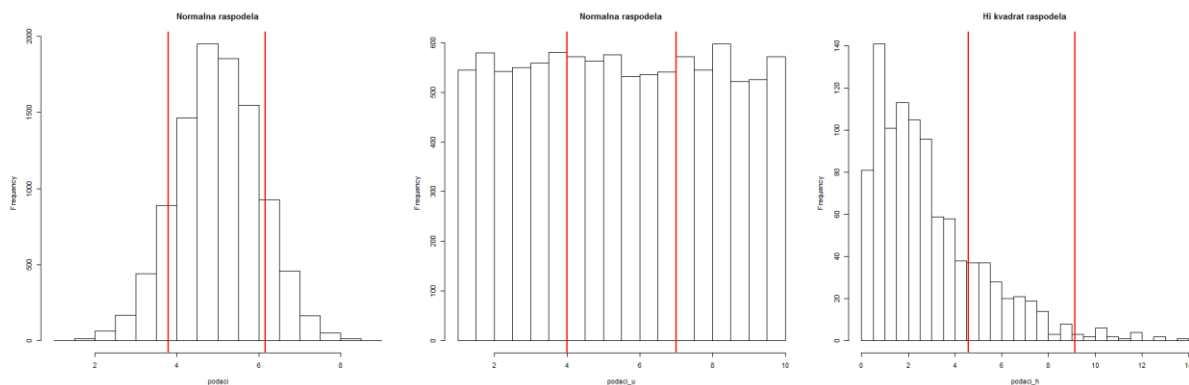
Diskretizovati ocenu telefona metodom jednakih intervala na tri dela.

Alternativa	Ocena
A1	6
A2	5
A3	10
A4	3
A5	10
A6	6
A7	3
A8	1
A9	8

Alternativa	Ocena	Ocena (disc)	Grupa
A8	1	L	[1-4]
A4	3	L	[1-4]
A7	3	L	[1-4]
A2	5	S	(4-7]
A1	6	S	(4-7]
A6	6	S	(4-7]
A9	8	D	(7-10]
A3	10	D	(7-10]
A5	10	D	(7-10]

Postupak diskretizacije jednakim intervalima se vrši tako što se ukupan interval (razlika između najveće vrednosti i najmanje vrednosti) podeli željenim brojem grupa. Dobijeni broj predstavlja „korak“ za svaku grupu. U ovom primeru, najveća vrednost je 10, a najmanja 1. Odnosno, razlika je 9. Kako želimo tri grupe, dobijamo da je korak 3. Dakle, od 1 do 4 je prva grupa, od 4 do 7 druga, a od 7 do 10 treća.

Grafički prikaz diskretizacije sa jednakim intervalima za različite raspodele podataka se nalazi ispod (grupe su podeljene crvenom linijom). Možemo primetiti da se u prvom i trećem primeru vidno razlikuju gustine grupa. U prvom slučaju (normalna raspodela) druga grupa će imati mnogo veći broj slučajeva od prve i treće grupe. Slično važi i za treći slučaj (hi-kvadrat raspodela) gde prva grupa ima veću gustinu od preostale dve.



Slika 2. Diskretizacija podataka metodom jednakih intervala

Diskretizacija podataka – aritmetička sredina

Sledeći način diskretizacije koristi aritmetičku sredinu i standardnu devijaciju za formiranje grupa. Naime, kategorije se formiraju tako da zadovoljavaju sledeću formulu: $\mu \pm n * \rho$, gde je μ aritmetička sredina, ρ standardna devijacija, a n broj kojim kontrolišemo broj grupa. Ako je $n = 1$ tada kreiramo tri intervala (1: od najmanje vrednosti do $\mu - \rho$, 2: od $\mu - \rho$ do $\mu + \rho$ i 3: od $\mu + \rho$ do najveće vrednosti), $n = 2$ pet intervala (1: od najmanje vrednosti do $\mu - 2 * \rho$, 2: od $\mu - 2 * \rho$, do $\mu - \rho$, 3: od $\mu - \rho$ do $\mu + \rho$, 4: od $\mu + \rho$ do $\mu + 2 * \rho$ i 5: od $\mu + 2 * \rho$ do najveće vrednosti) itd.

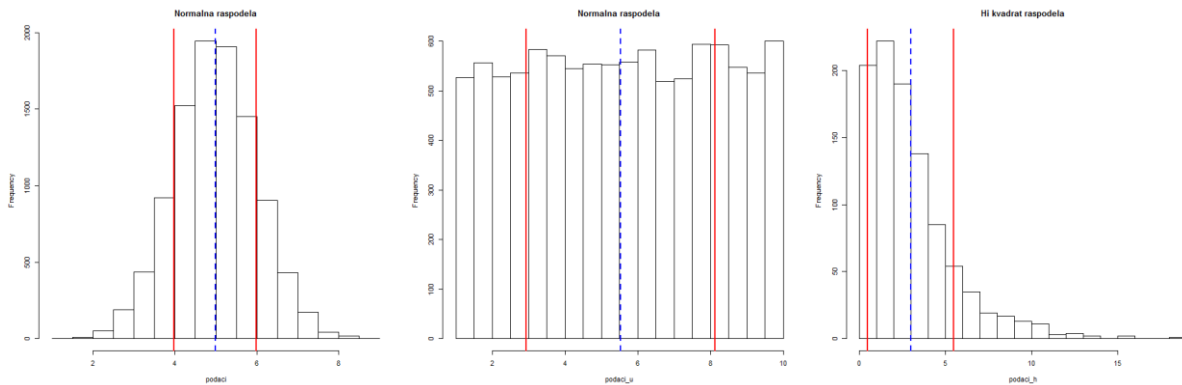
Primer:

Diskretizovati ocenu telefona metodom aritmetičke sredine na tri dela.

Alternativa	Ocena	Ocena (disc)	Grupa
A1	6	S	(2,81-8,75]
A2	5	S	(2,81-8,75]
A3	10	D	(8,75-10]
A4	3	S	(2,81-8,75]
A5	10	D	(8,75-10]
A6	6	S	(2,81-8,75]
A7	3	S	(2,81-8,75]
A8	1	L	[1-2,81]
A9	8	S	(2,81-8,75]
AVG	5,78		
SD	2,97		

Prvo izračunamo aritmetičku sredinu i standardnu devijaciju. Imajući to u vidu, možemo da izračunamo grupe. Prva grupa će nam biti od najmanje vrednosti do $\mu - \rho$. Dakle, prva grupa obuhvatati slučajeve čija je vrednost od 1 do 2,81. Druga grupa će obuhvatati slučajeve čija je vrednost od 2,81 do 8,75, dok će treća grupa obuhvatati slučajeve čija je vrednost veća od 8,75.

Grafički prikaz diskretizacije koja koristi aritmetičku sredinu i standardnu devijaciju za formiranje grupa je prikazan ispod. Grupe su podeljene crvenom linijom, a plavom isprekidanom linijom je obeležena aritmetička sredina.



Slika 3. Diskretizacija podataka aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom

Diskretizacija podataka entropijom

Ukoliko želimo da disretizujemo podatke „sa nadgledanjem“ koristeći neki drugi atribut kao separator, tada možemo da koristimo entropiju kako bismo odredili grupe (kategorije).

Primer:

Diskretizovati kriterijum *Plata* u zavisnosti od kriterijuma *Prethodni kupac* koristeći entropiju.

Alternativa	Plata [kdin]	Prethodni kupac
A1	65	Da
A2	65	Ne
A3	70	Da
A4	70	Da
A5	75	Da
A6	80	Da
A7	80	Da
A8	85	Ne
A9	86	Da
A10	90	Da
A11	90	Ne
A12	91	Ne
A13	95	Ne
A14	96	Da

Prvi korak je sortiranje vrednosti (ovaj korak je u primeru preskočen). Zatim, određujemo potencijalne tačke grananja. To su tačke gde dolazi do promene vrednosti kriterijuma *Prethodni kupac*. To je npr. situacija između prve i druge alternative (u prvoj alternativni vrednost za kriterijum *Prethodni kupac* je *Da*, a u drugoj alternativni je *Ne*). U tabeli su potencijalne tačke grananja obeležene podebljanom crvenom linijom. Za svako potencijalno

grananje računamo informacionu dobit (pogledati skriptu Induktivna stabla odlučivana - ID3). Kao najbolje grananje biramo ono grananje koje daje najveću informacionu dobit. Ukoliko je potrebno granati na više od dve grupe, tada granamo na identičan način unutar iz prethodnog koraka dobijenih grupa.

Za prvu potencijalnu tačku grananja, grupe bi bile: vrednost od najniže do $(65 + 70)/2 = 67,5$, i od $67,5$ do najveće vrednosti.

Prva grupa ($Plata \leq 67,5$) ima jedan slučaj gde je vrednost *Da*, dok drugu grupu ($Plata > 67,5$) čini osam vrednosti *Da* i pet vrednosti *Ne*. Informaciona dobit se dobija:

$$\begin{aligned}
 &Info([1,0], [8.5]) \\
 &= \frac{1}{14} \left[- \left(\frac{1}{1} \log_2 \left(\frac{1}{1} \right) + \frac{0}{1} \log_2 \left(\frac{0}{1} \right) \right) \right] + \frac{13}{14} \left[- \left(\frac{8}{13} \log_2 \left(\frac{8}{13} \right) + \frac{5}{13} \log_2 \left(\frac{5}{13} \right) \right) \right] \\
 &= 0.8926
 \end{aligned}$$

Dobijamo sledeću tabelu informacionih dobiti i zaključujemo da je Grananje 2 najbolje grananje.

Pot. grananje	Info. Dobit
Grananje 1	0,8926
Grananje 2	0,9300
Grananje 3	0,7885
Grananje 4	0,8922
Grananje 5	0,7475
Grananje 6	0,8926

Alternativa	Plata [kdin]	Prethodni kupac	Grupa Plata
A1	65	Da	Grupa 1 ($Plata \leq 67,5$)
A2	65	Ne	Grupa 1 ($Plata \leq 67,5$)
A3	70	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A4	70	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A5	75	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A6	80	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A7	80	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A8	85	Ne	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A9	86	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A10	90	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A11	90	Ne	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A12	91	Ne	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A13	95	Ne	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)
A14	96	Da	Grupa 2 ($Plata > 67,5$)

Kvalitativni modeli odlučivanja - metoda 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 kvalitetnije 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 moćnih karakteristika, 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 (predviđanje visine rizika od povređivanja u skijanju), itd. [3], [4], [5]. DEX modeli se izrađuju u softveru DEXi [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 nepouzdati 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 - Analitičkim Hijerarhijskim Procesom (AHP-om), te u neku ruku predstavlja njegovog "kvalitativnog blizanca".

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 (funkcijama korisnosti) 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). Ciljni atribut se dalje razlaže na grupe pod-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 vrednostiPreporučuje se da koristi rastući poredak skale jer je najprijemčiviji, iako skale mogu da budu orijentisane po opadajućem uređenju. Primer trovrednosne skale: **neprihvatljiv-zadovoljavajuć-odličan**.

Tabele elementarnih pravila odlučivanja, tj. funkcije korisnosti (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, pravilima koja imaju formu AKO-ONDA. 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 (atribut-roditelj).

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 sledećoj tabeli:

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 $2 \geq 1$ (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 ($Kvalitet2 > Kvalitet1$, $Troškovi2 \geq Troškovi1$, $Cena2 \geq Cena1$). 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 definisanja elementarnih pravila odlučivanja (funkcija korisnosti).

Elementarna pravila odlučivanja mogu se prikazati u sažetoj (složenoj) formi, kao u prethodnom primeru. Značenja skraćenica data su u sledećoj tabeli:

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

Koraci u implementaciji DEX modela su:

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 brojačno. Međutim, softver DEXi ima sposobnost da linearnom regresijom nauči “težine” atributa na osnovu unetih pravila i da predloži najbliže rešenje [2].

1. Strukturiranje 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 prtljavnika, bezbednost.*

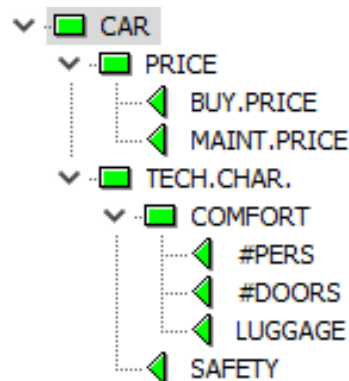
Primer:

1. Strukturiranje 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, strukturiranje 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 prtljavnika (LUGGAGE)*. Do istog rešenja moglo se doći pritupom „odozdo-nagore“. Strukturiran problem ima izgled kao na slici ispod:



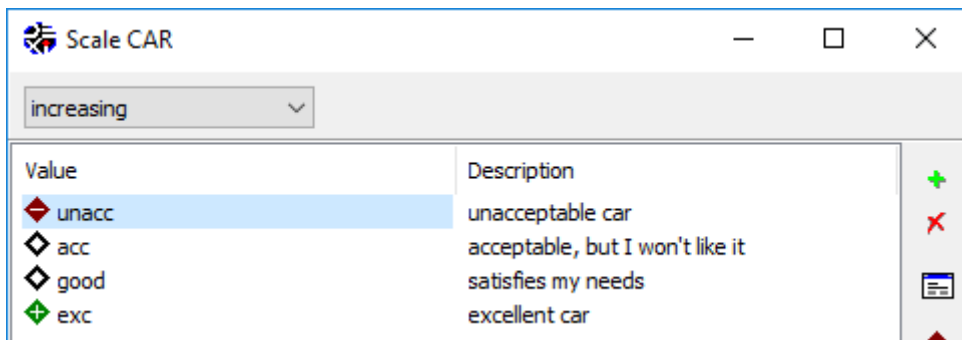
Pristup “odozdo-nagore” je izuzetno pogodan za kombinovanje sa “Brainstorming” metodom te se strukturiranju modela pristupa tako da se prvo generišu svi zanimljivi elementarni atributi, a onda se, prema određenoj logici grupišu u agregirane attribute, sve dok se ne stigne do cilja, odnosno atributa na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

2. Definisane kvalitativnih skala vrednosti atributa

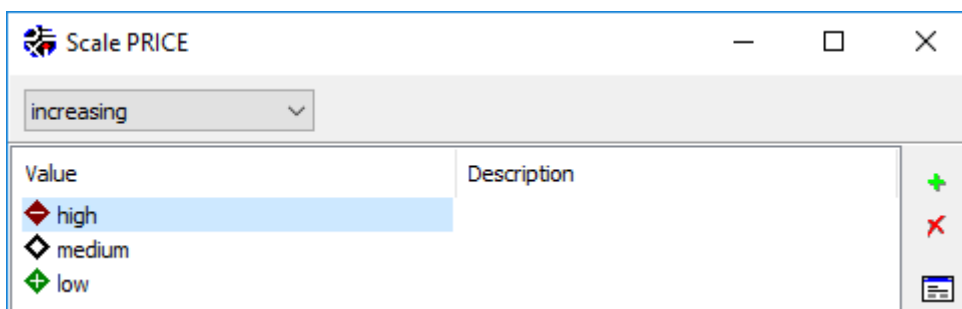
Za svaki od atributa u modelu, potrebno je definisati skalu vrednosti. Važno je obratiti pažnju da li je atribut, po značenju, tipa maksimizacije ili minimizacije jer će se redosled elemenata na skali razlikovati, s obzirom na to da je potrebno da elementi na skali budu orijentisani po neopadajućem poretku, od najbolje ka najlošijoj vrednosti. Agregirani atributi bi trebalo da se prave tako da budu tipa maksimizacije, dok elementarni atributi mogu biti bilo kog tipa, shodno njihovoj prirodi. Bez obzira na tip ekstremizacije koji proizilazi iz značenja atributa, skale se orijentišu da budu neopadajuće.

Na sledećoj slici dat je primer za slučaj kada je atribut tipa maksimizacije:



Uzmimo npr. ciljni atribut *Car*. Kako je u pitanju agregirani atribut, njegovo značenje će se najlakše predstaviti preko maksimizacije. Stoga će najlošija vrednost *unacc* („neprihvatljiv automobil“) biti prva na skali. Zatim, sledi je *acc* („prihvatljiv automobil, ali se ipak ne preferira“), *good* („zadovoljavajuć auto“) i na kraju, *exc* („odličan auto“) koja ujedno predstavlja i najbolju vrednost koju alternativa može imati.

Sa druge strane, ukoliko je atribut po svojoj prirodi tipa minimizacije, kao što je to slučaj sa atributom *Price* („Cena“), onda se skala kreira tako da se invertovanje vrši implicitno, kako bi se zadržao rastući poredak elemenata na kvalitativnoj skali. Kako je za donosioca odluke najlošija situacija kada je vrednost atributa *cena* najviša (*high*), ona će biti prva na skali. Zatim je slede, *srednja cena* (*medium*) i *niska cena* (*low*) koja predstavlja najbolju vrednost za donosioca odluke. Ovaj slučaj ilustrovan je na slici ispod:



3. Definisane elementarnih pravila odlučivanja

Za sve attribute-roditelje (agregirane attribute) potrebno je definisati elementarna pravila odlučivanja (funkcije korisnosti).

To znači da je za sve moguće kombinacije vrednosti atributa-dece potrebno definisati vrednost atributa-roditelja (agregiranog atributa). Ovaj korak je često najteži u praksi i zavisi u potpunosti od ekspertskog znanja. Često se događa da neke kombinacije nije moguće odrediti, ali se preporučuje da se ipak popune sve vrednosti, s obzirom na to da model neće biti u mogućnosti da donese odluku ukoliko dođe u kontakt sa kombinacijom za koju nije definisana odluka. Dodatno, softver DEXi pruža mogućnost provere konzistentnosti pravila u DEX modelu (slično proveru konzistentnosti matrice procene kod AHP-a) ukoliko analitičar to želi.

Primer konzistentno definisanih pravila odlučivanja (funkcije korisnosti) za atribut *CENA (Price)*, dat je na sledećoj slici:

	BUY.PRICE	MAINT.PRICE	PRICE
1	high	high	high
2	high	medium	high
3	high	low	high
4	medium	high	high
5	medium	medium	medium
5	medium	low	low
7	low	high	high
8	low	medium	low
9	low	low	low

4. Unos alternativa

Pretposlednji korak je unos alternativa. To znači da, kada su definisani svi ostali parametri modela (hijerarhija atributa, vrednosne skale i funkcije korisnosti), modelu treba predložiti alternative između kojih treba da odabere najbolju. Unose se samo vrednosti elementarnih atributa. Primer dve alternative dat je na sledećoj slici:

Option	Car1	Car2
BUY.PRICE	medium	medium
MAINT.PRICE	low	medium
#PERS	more	more
#DOORS	4	4
LUGGAGE	big	big
SAFETY	high	medium

5. Evaluacija alternativa i analiza rezultata

Konačno, pošto su unete alternative, preostaje da se model primeni na njih i dobije konačan rezultat:

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

U poređenju sa prethodnom slikom, ovde se uočava da su prisutni i agregirani atributi (*COMFORT*, *TECH.CHAR*, *PRICE*, *CAR*). Vrednost tih atributa određuje model, primenjujući prethodno definisane funkcije korisnosti (elementarna pravila odlučivanja). Vrednosti atributa CAR, kao ciljnog atributa, daju konačnu ocenu koja alternativa je ukupno najbolja. Na primeru sa slike, to je alternativa Car1 jer je njena konačna ocena *exc* (*odličan auto*) u poređenju sa alternativom Car2 koja ima za stepen lošiju ocenu *good*.

Na kraju, u softveru DEXi može se uraditi i detaljna analiza stabilnosti donešene odluke.

Reference:

1. Zvanična internet stranica softvera DEXi-<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.