

Ivan Pavkov*
Dragan Jočić**

ULOGA STABLA ODLUKE U VREDNOVANJU INVESTICIONI PROJEKATA

Sažetak: *Stabla odluke su se koristila za grafički prikaz alternativa koje donosilac odluke ima na raspolaganju. Međutim, pokazalo se da stabla odluke imaju mnogo veći potencijal od grafičke reprezentacije mogućih alternativa i da u kombinaciji sa fazi skupovima mogu poslužiti i za vrednovanje pojedinačnih alternativa, kao i projekta u celini, obezbeđujući optimalnu investicionu strategiju na duži period. Fazi stabla odluke, generalizacija klasičnih stabala u uslovima neodređenosti, koriste se za dobijanje fazi zakona iz empirijskih podataka na osnovu kojih se vrši približno ekonomsko rezonovanje.*

Ključne reči: *stablo odluke, fazi skup, fazi stablo odluke, fazi zakoni, vrednovanje investicionog projekta, optimalna investiciona strategija.*

USING DECISION TREES FOR INVESTMENT PROJECT EVALUATING

Abstract: *Traditionally, decision trees are used for graphical representation of the set of possible alternatives which decision maker has on disposal. Recently, decision trees are not used only as a graphical wireframe in decision making. Moreover, together with fuzzy sets, they are used for alternative evaluating and evaluating of the project as a whole providing an optimal long-term investment strategy for decision maker. Fuzzy decision trees, a generalization of decision trees in fuzzy environment, are used for extracting fuzzy rules from training data and leads to approximate reasoning in economics.*

Key words: *decision tree, fuzzy set, fuzzy decision tree, fuzzy rules, investment project evaluating, optimal investment strategy.*

UVOD

Ekonomске odluke često se donose u uslovima višeslojne neodređenosti. Naime, donosilac odluke ne poznaje sistem kao celinu, tj. nije u mogućnosti da izdvoji konačan skup pojava koje utiču na posmatranu pojavu. Štaviše, ni za one pojave za koje se sa sigurnošću zna da utiču na sistem, nemoguće je znati njihove vrednosti u svakom vremenskom trenutku. Drugim rečima, donosilac odluke često, u sistemu čiju strukturu ne poznaje u celosti, ima na raspolaganju zašumljene i nepouzidane podatke. Jedna od metoda koje se koriste za odlučivanje u ovakvim, nelinearnim i kompleksnim sistemima, su neuronske mreže koje, sa velikim uspehom, ustanovljavaju uzročno-posledične veze između pojava u formi fazi zakona. Međutim, u poslednje vreme, za dobijanje fazi zakona sve češće se koriste fazi stabla odluke, generalizacija klasičnih stabala u fazi okruženju. Pomoću njih se vrši ekstrakcija fazi zakona iz dostupnih empirijskih podataka.

Menadžeri su često suočeni sa nizom odluka koje se moraju doneti, što prirodno vodi ka strukturi stabla. Stabla odluke obezbeđuju geometrijski okvir za organizovanje odluka. Svako stablo odluke je, u stvari, graf koji se sastoji od čvorova i grana, pri čemu svaki čvor odgovara jednoj alternativu, a

* Ivan Pavkov, saradnik u nastavi, Visoka poslovna škola strukovnih studija, Vladimira Perića Valtera 4, Novi Sad, pavkov.ivan@gmail.com.

** Mr Dragan Jočić, predavač, Visoka poslovna škola strukovnih studija, Vladimira Perića Valtera 4, Novi Sad.

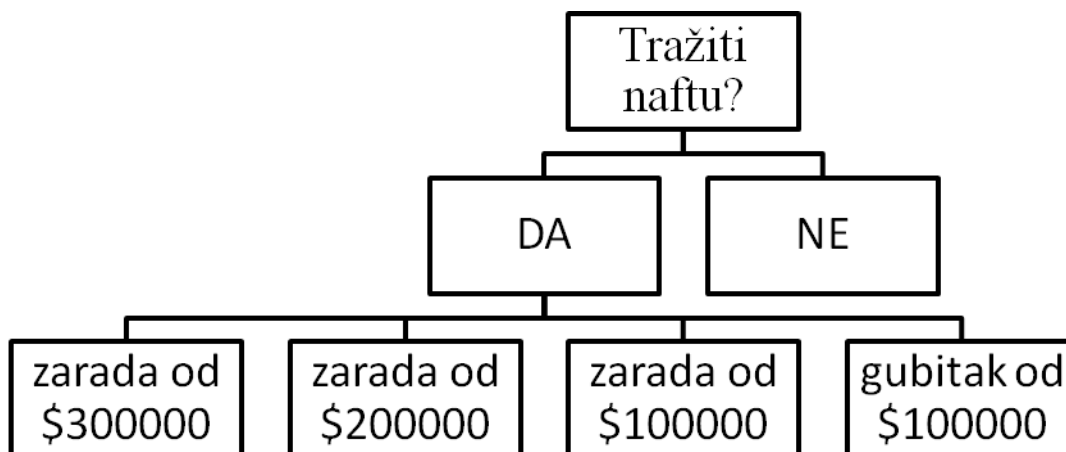
grana koja vodi do tog čvora vrednosti te alternative, tj. numerička vrednost koja uključuje neodređenost, troškove i zaradu koju nosi ta alternativa. Klasična stabla, u kombinaciji sa fazi skupovima, mogu poslužiti za vrednovanje pojedinačnih alternativa, kao i projekta u celini, u situacijama koje podrazumevaju visoke troškove i rizik.

STABLA ODLUKE I DEFINISANJE OPTIMALNE INVESTICIONE STRATEGIJE

Posmatrajmo sledeći primer iz investicione analize. Donosilac odluke treba da odluči da li će se na određenom lokalitetu tražiti nafta. Pri donošenju odluke, na raspolaganju ima podatke dobijene od strane eksperata za ispitivanje tla. Verovatnoća da se na lokalitetu pronađe nafta u vrednosti \$300000 iznosi 10%, a verovatnoća da se pronađe nafta u vrednosti \$200000 iznosi 20%. Takođe, postoji i mogućnost zarade od \$100000, a verovatnoća ovakvog događaja iznosi 10%. Međutim, postoji i mogućnost da na lokalitetu nema nafte, u tom slučaju beleži se gubitak u visini troškova kopanja od \$100000. Verovatnoća ovakvog događaja je 60%.

Alternative koje donosilac odluke ima na raspolaganju vode do strukture stabla odluke prikazanog na Slici 1.

Slika 1. Stablo odluke u projektu traženja nafte



Polazni čvor „Tražiti naftu?“ naziva se korenski čvor. Iz njega ishode tzv. sinovi čvorovi „DA“ i „NE“. Iz čvora „DA“ ishode sledeći sinovi čvorovi: „zarada od \$300000“, „zarada od \$200000“, „zarada od \$100000“ i „gubitak od \$100000“. Čvorovi iz kojih ne ishodi nijedan čvor, odnosno čvorovi koji nemaju sinove čvorove nazivaju se listovima i oni su na Slici 1 zatamnjeni. Svaki list odgovara, zapravo, jednom konačnom scenariju koji se, u logičkom smislu, ne može dalje deliti.

Primitimo da, definisano kao na Slici 1, drvo odluke ne obezbeđuje asistenciju pri donošenju odluke vrednovanjem pojedinačnih alternativa i projekta kao celine, nego samo shematski prikaz alternativa koje donosilac odluke ima na raspolaganju. Pokušajmo svakom listu, tj. mogućem ishodu, da pridružimo jednu numeričku ocenu vrednosti koja će uključivati eventualne troškove, zaradu, ali i verovatnoću realizacije svake opcije. Pomnožimo \$300000 sa verovatnoćom tog događaja, tj. $300000 \cdot 0,10 = 30000$. Ovu numeričku vrednost pridružimo listu „zarada od \$300000“. Potpuno analogno, listovima „zarada od \$200000“, „zarada od \$100000“ i „gubitak od \$100000“ pridružujemo redom numeričke vrednosti: \$40000, \$10000 i -\$60000, kao indikator vrednosti tih alternativa.

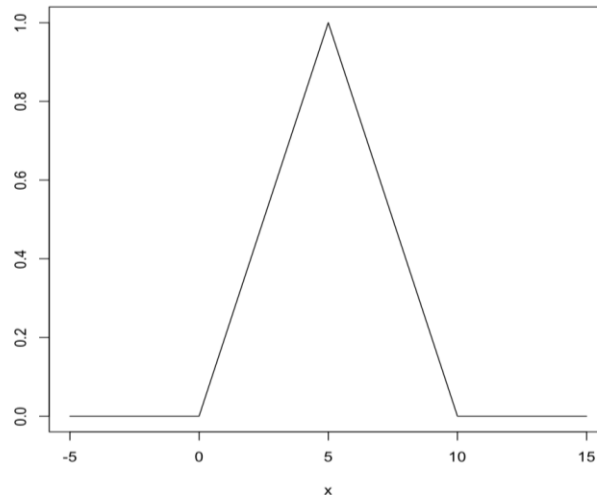
Nameće se zahtev da, na neki način, obezbedimo fleksibilnost modela u prihvatljivim granicama. To se postiže fazifikacijom striktnih numeričkih vrednosti, tj. zamenom striktnih numeričkih vrednosti fazi skupom. Fazi skup definišemo na sledeći način:

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\},$$

pri čemu je funkcija pripadanja $\mu_A(x)$, $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$, gde je X univerzalni skup elemenata.

Na primer, za fazi skup realnih brojeva bliskih broju 5, čija je funkcija pripadanja prikazana na Slici 2, kažemo da je trougaona okolina broja 5 širine 10.

Slika 2. Funkcija pripadanja fazi skupa realnih brojeva bliskih broju 5



Izvor: <https://wiki.umn.edu>.

Uz pretpostavku da zaradom oko \$30000 smatramo zarade iz intervala (\$25000, \$35000), čvoru „zarada od \$30000“, umesto fiksne numeričke vrednosti \$30000, kao sintetičku ocenu vrednosti te alternative pridružujemo fazi skup:

$$\text{"zarada oko } \$30000\text{"} = [25000 + 5000\alpha, 35000 - 5000\alpha], \alpha \in [0, 1],$$

pri čemu je α vrednost funkcije pripadanja elementa fazi skupu. Logično, za $\alpha=1$ dobijamo vrednost \$30000, odnosno jedino zarada od tačno \$30000 pripada gornjem fazi skupu sa funkcijom pripadanja 1. Kako se od \$30000 udaljavamo ka krajevima intervala (\$25000, \$35000), funkcija pripadanja linearno opada i dostiže vrednost 0 u rubnim tačkama. Dakle, numeričku ocenu od 30000 smo zamenili fazi ocenom koja je, zapravo, trougaona okolina 30000 širine 10000.

Potpuno analogno, čvorovima „zarada od \$20000“, „zarada od \$100000“ i „gubitak od \$100000“ pridružujemo, redom, sledeće fazi skupove, tj. faziifikovane striktno numeričke ocene:

$$\text{"zarada oko } \$40000\text{"} = [35000 + 5000\alpha, 45000 - 5000\alpha], \alpha \in [0, 1],$$

$$\text{"zarada oko } \$10000\text{"} = [8000 + 2000\alpha, 12000 - 2000\alpha], \alpha \in [0, 1],$$

$$\text{"gubitak oko } \$60000\text{"} = [-(65000 - 5000\alpha), -(55000 + 5000\alpha)], \alpha \in [0, 1].$$

U slučaju da se lokalitet ne istražuje, nema ni troškova ni zarade, pa listu „NE“ pridružujemo numeričku ocenu \$0.

Fazi totalna očekivana vrednost (*Fuzzy total expected value* – FTEV) se računa na način da se sumiraju sve donje i sve gornje granice fazi ocena pojedinačnih alternativa:

$$\text{FTEV} = \left[(25000 + 5000\alpha) + (35000 + 5000\alpha) + (8000 + 2000\alpha) - (65000 - 5000\alpha), \right. \\ \left. (35000 - 5000\alpha) + (45000 - 5000\alpha) + (12000 - 2000\alpha) - (55000 + 5000\alpha) \right], \alpha \in [0, 1]$$

Elementarnim transformacijama dobijamo:

$$\text{FTEV} = [3000 + 17000\alpha, 37000 - 17000\alpha], \alpha \in [0, 1].$$

Dakle, fazi totalna očekivana vrednost je trougaona okolina broja 20000 širine 34000. S obzirom na to da ovaj fazi skup ima funkciju pripadanja različitu od nule samo za pozitivne vrednosti, zaključujemo da treba tražiti naftu.

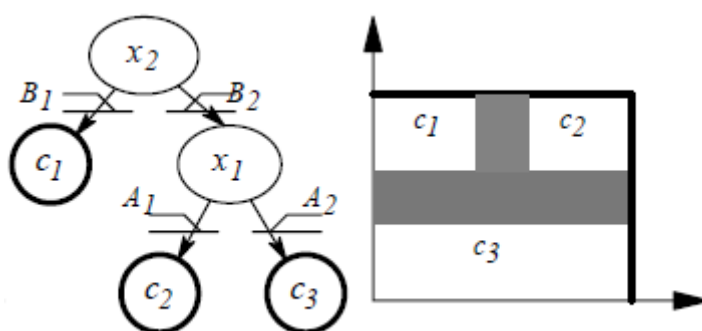
Primitimo da opisani pristup ne garantuje profit odmah. Međutim, na duži period, ovaj način vrednovanja investicionih projekata obezbeđuje optimalnu investicionu strategiju.

FAZI STABLA ODLUKE

Stablo odluke, u prethodnom primeru, je stablo u kome se čvorovi dele na disjunktne sinove čvorove, odnosno klasično stablo sa fazi ocenama alternativa. Na taj način se skup mogućih ishoda, u svakom čvoru odluke, sukcesivno deli na disjunktne podskupove. Jasno, svaki list odgovara jednom klasičnom zakonu koji formulišemo prateći putanju od korena do tog lista.

Međutim, pri modeliranju ekonomskih pojava koje su prožete neodređenošću, često nije moguće razdvojiti događaje u disjunktne sinove čvorove nego u fazi podskupove polaznog čvora. Na taj način dolazimo do prirodnog uopštenja klasičnih stabala odluke, tzv. fazi stabla odluke, kod kojih presek dva sina čvora, koji ishode iz istog čvora, ne mora obavezno biti prazan skup. Drugim rečima, jedan element može, sa različitim stepenom, pripadati većem broju čvorova. Za razliku od klasičnih stabala odluke koja dele domen na disjunktne skupove, fazi stabla odluke indukuju sukcesivnu deobu domena na fazi podskupove, kao što je prikazano na Slici 3.

Slika 3. Fazi stablo odluke i indukovana deoba domena



Izvor: Peng, Flach, 2001.

Jasno, fazi stabla odluke služe za dobijanje fazi zakona u nelinearnim ekonomskim sistemima. Fazi zakoni se filtriraju propuštanjem empirijskih podataka kroz stablo. Na primer, jedan fazi zakon koji se može formulisati na osnovu fazi stabla na Slici 3 je: AKO x_2 je B_2 I x_1 je A_1 ONDA c_2 , sa određenim nivoom verovatnoće. Naravno, kad je disjunktност čvorova velika, fazi zakoni teže klasičnim.

ZAKLJUČAK

Grafički potencijal stabla odluke i prilagodljivost fazi pristupa modeliranju u uslovima neodređenosti predstavljaju moćan alat za ocenu investicionog projekta. U ovom pristupu se

svakom mogućem ishodu pridružuje ocena u vidu proizvoda potencijalne zarade u slučaju da se data alternativa realizuje i verovatnoće realizacije. Na taj način se obezbeđuje ocena koja istovremeno uzima u obzir oba navedena kriterijuma i stoga predstavlja dobar pokazatelj vrednosti svakog pojedinačnog ishoda. Fazifikacijom ovih numeričkih vrednosti i sumiranjem dobijenih fazi brojeva obezbeđuje se ocena vrednosti investicionog projekta kao celine. Na ovaj način se ne garantuje uspeh pri donošenju svake pojedinačne odluke, međutim, dugoročno gledano, ovaj pristup rezultuje formiranjem optimalne investicione strategije.

LITERATURA

- [1] Andelić, G., Đaković V. (2010). *Osnove investicionog menadžmenta*. Novi Sad: FTN izdavaštvo.
- [2] Chen, R. Y., Sheu, D. D., Liu, C. M. (2007). Vague knowledge search in the design for outsourcing using fuzzy decision tree. *Computers & Operations Research*, Vol. 34, Issue 12, pp. 3628–3637.
- [3] Gradojević, N. (2002). *Non-linear exchange rate forecasting: the role of market microstructure variables*, doktorska teza, University of British Columbia.
- [4] Kahraman, C. (2008). Investment Analyses Using Fuzzy Decision Trees. *Fuzzy Engineering Economics with Applications, Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Vol. 233, pp. 231–242, www.springerlink.com.
- [5] Peng, Y., Flach, P. A. (2001). Soft Discretization to Enhance the Continuous Decision Tree Induction. *Working Notes of the ECML/PKDD 2001 Workshop on Integrating Aspects of Data Mining, Decision Support and Meta-Learning*, pp. 109–118.
- [6] Savsek, T., Vezjak, M., Pavesic, N. (2006). Fuzzy trees in decision support systems. *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, Issue 1, pp. 293–310.
- [7] Tsoukalas, L. H., Uhrig, R. E. (1997). *Fuzzy and Neural Approaches in Engineering*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- [8] Yuan, Y., Shaw, M. J. (1995). Induction of fuzzy decision trees, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 69, Issue 2, pp. 125–139.
- [9] <https://wiki.umn.edu>.

Primljeno: 01.12.2012.

Odobreno: 28.12.2012.