

# Application of multi-criteria decision making for the selection of apple varieties for the Northwestern region of B&H

## Primjena višekriterijskog odlučivanja za izbor optimalne sorte jabuke za sjeverozapadnu regiju BiH

Aleksandar MAKSIMOVIĆ<sup>1</sup>, Zoran GRGIĆ<sup>2</sup>, Adis PUŠKA<sup>3</sup>, Branka ŠAKIĆ BOBIĆ<sup>2\*</sup> and Ferhat ČEJVANOVIĆ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Independent University Banja Luka, Faculty of Ecology, Veljka Mladenovića 12e, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

<sup>2</sup> University of Zagreb Faculty of Agriculture, Departments of Management and Rural Entrepreneurship, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia, \*correspondence: [bsakic@agr.hr](mailto:bsakic@agr.hr)

<sup>3</sup> Independent researcher, Adila ef. Čokića 32, 76120 Brčko, Bosnia and Herzegovina

<sup>4</sup> University of Tuzla, Faculty of Economics, Univerzitetska 8, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina

### Abstract

The selection of the appropriate apple varieties is one of the most important decisions in orchards establishing. The paper gives the methodology for estimating the most suitable varieties of apples when establishing orchards according to modern market demands. This methodology is based on the DEX method for hierarchy-based multi-criteria decision making. The model developed in this paper was applied on four apple varieties, whereby an expert evaluation was used. The experts included in evaluation are from the Fruit Federation of Integral Fruit Production in Laktaši, where panel research was used. Fruit varieties that were observed are: Top Red, Idared, Gala and Golden Delicious because they are the most commonly planted in the orchards at the area of Northwest B&H. The basic advantage of this model is simple application. With visual characteristics of the DEXi program tool and graph radar it is easier to see the good and bad sides of the technological and economic features of the each analyzed apple varieties. The results of the model show that the Top Red variety is "best" suited for establishing a new orchard, while Idared is rated as "good". The other two varieties used in this model are rated as "medium". For the final selection of apple varieties, it is necessary to carry out an analysis on a single micro-location where all the characteristics of the area should be taken into account.

**Keywords:** apple, B&H, DEX-i decision model

## Sažetak

Izbor odgovarajućih sorti jabuka je jedna od najvažnijih odluka kod zasnivanja voćnjaka. U radu je prikazana metodologija procjene najpogodnijih sorti jabuka kod podizanja voćnjaka prema suvremenim zahtjevima tržišta. Ova metodologija se bazira na DEX metodi za višekriterijsko odlučivanje baziranoj na hijerarhiji. Model je primijenjen na četiri sorte jabuka pri čemu je korišteno ekspertno ocjenjivanje. Eksperti koji su ocjenjivali bili su iz Udruženja voćara Integralna proizvodnja voća u Laktašima, pri čemu je korišteno panel istraživanje. Promatrane sorte voća su: Top Red, Idared, Gala i Golden Delicious jer se one najčešće sade na prostoru sjeverno-zapadne BiH. Prednost ovoga modela je jednostavna primjena. Zbog vizualnih karakteristika primijenjenog DEXi programskog alata i radar grafikona olakšano je ukupno sagledavanje dobrih i loših strana tehnoloških i ekonomskih obilježja svake od analiziranih sorti jabuke. Rezultati primjene modela pokazali su da je sorta Top Red najpogodnija za podizanje novog voćnjaka, dok je Idared ocijenjena kao „dobra“. Ostale dvije sorte korištene u ovom modelu su ocijenjene kao „srednje“. Za konačan izbor koja bi se sorta jabuka trebala saditi potrebno je izvršiti analizu na pojedinom mikrolokalitetu gdje bi se uzele sve karakteristike toga područja.

**Ključne riječi:** BiH, DEX-i model odlučivanja, jabuka

## Detailed abstract

The selection of the appropriate apple varieties is one of the most important decisions when establishing orchards. The paper presents the methodology for estimating the most suitable varieties of apples when establishing orchards according to modern market demands. Choosing the right variety is very important for reducing the cost of keeping the orchard, because wrong decisions can affect future yields.

The model developed in this paper was applied on four apple varieties, whereby an expert evaluation was used. The experts who participate in evaluation are from the Fruit Federation of Integral Fruit Production in Laktaši, where panel research was used.

Fruit varieties that were observed are: Top Red, Idared, Gala and Golden Delicious because they are the most commonly planted in the area of Northwest B&H. Basis of this model are economic, social-political and technical criteria with their sub-criteria. Due to these different criteria, decision-making problem is solved by applying the multi-criteria analysis method (MCDA).

Most attributes have descriptive character, the most appropriate for decision-making methods. The DEX method performs operations on the linguistic criteria values, and result is a linguistic value, making the decision closer to the human way of thinking (Rozman et al., 2016). This methodology is based on the DEX method for hierarchy-based multi-criteria decision making. The basic advantage of this model is simple application. With visual characteristics of the DEXi program tool and graph radar it is easier to see the good and bad sides of the technological and economic features of the each analyzed apple varieties.

The results of the applied model show that the Top Red variety is rated as the best for establishing a new orchard, while Idared is rated as "good". The other two varieties used in this model are rated as "medium". Based on the model and criteria used in it, following can be noticed: it is not possible to select the best apple based on all indicators and therefore it is necessary to make a compromise decision that will best achieve the goals of decision making. For the ultimate selection of apple varieties, it is necessary to carry out an analysis on a single micro-location where all the characteristics of the area should be taken into account. The particular application of this model is useful for advisory services within the local authorities for the further development of agro-environment in local communities. Help to correctly determine the fruit variety on the given attributes will result in joint actions of the farmers in selecting the sorts on the local area, which will improve fruit production from the aspect of overall local community competitiveness.

## Uvod

Kod podizanja voćnjaka, priprema za sadnju se sastoji od niza operacija među kojima su najvažnije: izbor lokacije, agrokemijska analiza tla, priprema zemljišta i neposredna priprema zemljišta pred sadnju (Maksimović et al., 2016). Pri tome tehnologija proizvodnje ima značajan utjecaj na troškove proizvodnje kao i na prinos.

Prilikom izbora sorte jabuke za podizanje voćnjaka potrebno je sagledati sve aspekte investiranja te odluku donijeti tako da se izabere sorta koja na najbolji način zadovoljava postavljene ciljeve investicije. Potrebno je uvažiti sve kriterije suvremenog voćarstva, a tiču se ekonomskog, tehničkog i ekološkog kriterija. Zbog tih različitih kriterija koji se moraju upotrebljavati u donošenju odluke, ovaj problem odlučivanja se rješava primjenom metode višekriterijske analize (MCDA). MCDA se koristi u situaciji kada je potrebno odlučiti između više različitih alternativa koje stoje na raspolaganju, a sve ove alternative se vrednuju pomoću različitih kriterija (Rozman et al., 2017). Za donošenje odluke potrebno je sve sorte jabuka ispitati po postavljenim kriterijima odlučivanja te donijeti odluku koja predstavlja kompromisno rješenje jer je teško da jedna sorta zadovoljava sve postavljene ciljeve odlučivanja.

Kod ovakvog kompleksnog odlučivanja potrebno je izabrati one metode MCDA koje na pravi način rješavaju prikazani problem. Pošto je većina atributa opisnog karaktera, odnosno u obliku kvalitativnih podataka, potrebno je izabrati metodu koja može raditi sa ovakvim podacima. Za korištenje ovih kriterija moguće je koristiti fuzzy metode MCDA ili DEX metodu. Fuzzy metode predstavljaju nadogradnju klasičnih metoda MCDA koje prilikom odlučivanja koriste lingvističke odnosno opisne vrijednosti. Pomoću fuzzy metoda najprije se obavljaju matematičke operacije fuzzy skupova te se vrši transformacija lingvističkih varijabli u numeričke, a rezultati su u obliku numeričke vrijednosti. Za razliku od njih, DEX metoda vrši operacije na lingvističkim vrijednostima kriterija, a rezultat je također u obliku lingvističke vrijednosti čime se odluka približava ljudskom načinu razmišljanja (Rozman et al., 2016). DEX operacije nad lingvističkim kriterijima vrši pomoću pravila „ako-onda“, tako da se najprije moraju definirati pravila odlučivanja kod kriterija i između kriterija kako bi se dobio rezultat u obliku lingvističke vrijednosti.

Donošenje odluke pomoću DEX metode zasniva se na primjeni sustava za podršku odlučivanju koji koristi statističke alate, simulaciju, optimizaciju i sl. (Stubelj Ars i Bohanec, 2010). Primjena modela odlučivanja obuhvaća: predstavljanje problema pomoću hijerarhije i pravila odlučivanja, procjene kriterija i alternativa u odlučivanju, analiziranje dobivenih podataka iz modela pomoću analize osjetljivosti ili rasprava dobivenih rezultata. Prilikom korištenja modela odlučivanja u poljoprivredi najviše se koristila metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) (Maksimović et al., 2017). Agha et al. (2012) su koristili AHP metodu kako bi izabrali usjeve koji bi se trebali posaditi na državnom zemljištu na Pojasu Gaze. Rozman et al. (2015) su pomoću AHP metode procijenili 13 sorti jabuka koje bi trebalo posaditi u novom voćnjaku. Montazar i Gaffari (2011) su pomoću AHP metode vršili odabir usjeva kod sistema navodnjavanja. Zangeneh et al. (2015) su pomoću Delfi, TOPSIS i fuzzy AHP metoda izvršili izbor lociranja poljoprivrednih servis centara. Sudha i Jeba (2015) su pomoću metoda fuzzy TOPSIS i entropije izvršili vrednovanje pet različitih usjeva kako bi se dobili bolji i precizniji rezultati za donositelja odluke. Rozman i Pažek (2012) su objasnili kako bi se DEX metoda mogla primijeniti u poljoprivredi. Maksimović et al. (2017) su pomoću DEX metode izvršili odabir voćne vrste za podizanje novog voćnjaka. Rozman et al. (2017) su DEX metodom izvršili izbor sorte šljive za podizanje novog nasada voća. Na osnovu ovoga pregleda može se zaključiti da je DEX metoda logičan izbor za donošenje odluke o sortimentu novog voćnjaka jabuke.

Cilj modela podrške odlučivanju je ponuditi mogućnosti za pokretanje proizvodnje jabuke po suvremenim zahtjevima tržišta. Metodološki, model se temelji na višekriterijskom modeliranju koje sadrži parametre za procjenu izbora sorte jabuke za podizanje voćnjaka kroz ekonomske, socijalne i tehničke kriterije. Ovi kriteriji su formirani u obliku hijerarhije i svaki od njih je podijeljen na podkriterije. Pomoću ovih kriterija vrši se ocjena pojedinih sorti jabuka te se sagledavaju njihove prednosti i nedostaci. Ocjena će se vršiti pomoću ekspertno definiranih pravila odlučivanja u procjeni sorti jabuka. Na osnovu procjene dati će se smjernice za podizanje voćnjaka jabuke po suvremenim zahtjevima tržišta. U ovom radu je kreiran model koji će se primijeniti na četiri odabrane sorte jabuka.

## Materijal i metode

Upravljanje voćarskom proizvodnjom zahtjeva interdisciplinarn pristup, jer jednostavna kvalitativna procjena ne pruža dovoljno informacija za objektivno odlučivanje. Zbog toga je potrebno alternative proučiti kroz različite kriterije kao što su ekonomski, socijalni i tehnički, a fokus treba biti na ekološki prihvatljivoj proizvodnji jabuka. Model definiran na ovaj način nudi donositelju odluka širu paletu informacija te se tako može donijeti bolja odluka. Razlog tome je što svaka investicija sa sobom nosi velika novčana ulaganja i ukoliko se donese pogrešna odluka to može rezultirati visokim troškovima koje neće pratiti novčani primitci. Cilj ovoga rada je ispitati sorte jabuke i odabrati one koje na najbolji način zadovoljavaju potrebe kupaca i tržišta. U tu svrhu je razvijen model koji omogućava procjenu pozitivnih i negativnih karakteristika pojedine sorte jabuke po proučavanim kriterijima. Pri tome su korištene četiri različite sorte jabuka koje predstavljaju alternative. Model odlučivanja je razvijen kako bi se složeni problemi odlučivanja razložili u manje

složene podprobleme odlučivanja, a sve s ciljem lakšeg donošenja odluka. Primjenom DEX metode najprije će se postaviti model, zatim definirati pravila unutar modela te će se izvršiti vrednovanje alternativa. Rezultat tog modela biti će odabir sorte jabuke za podizanje novog voćnjaka.

Razvijeni model se sastoji od atributa, odnosno kriterija koji su kvalitativno višekriterijski modelirani. DEX metoda omogućuje opis atributa hijerarhije u konceptualnom modelu i agregaciju pravila između atributa koji je primjenjiv na probleme stvarnog odlučivanja (Kontić et al., 2006). Za vrednovanje atributa se koristi ekspertna ocjena. Metode ekspertnih ocjena predstavljaju metodološki organizirano korištenje znanja eksperata u cilju predviđanja budućih stanja odnosno fenomena (Rozman et al., 2017). Najvažnija karakteristika DEX metode je sposobnost korištenja kvalitativnih varijabli koje daju opisne sudove, a čije su vrijednosti: nisko, visoko, prihvatljivo, neprihvatljivo, itd., te primjenu različitih skala kvalitativnih varijabli (Rozman et al., 2016). Primjenom pravila odlučivanja „ako-onda“ moguće je kvantitativne varijable transformirati u kvalitativne te ih koristiti u DEX metodi. Primjena DEX metode se vrši pomoću programa DEXi. U većini slučajeva, DEXi modeli su razvijeni kroz suradnju stručnjaka u određenom području istraživanja, koji posjeduju znanje o problemu odlučivanja, dok analitičari prave metodologiju modela (Stubelj Ars i Bahovec, 2010).

DEX model je izgrađen kroz sljedeće faze (Bohanec, 2003):

1. Hijerarhijski model odlučivanja razlaže na manje složene probleme. Problem odlučivanja predstavlja se stablom atributa. Čvorovi stabla modela predstavljaju ulaz, dok je čvor korijena glavni izlaz modela.
2. Svaki podproblem je predstavljen kvalitativnom skalom vrijednosti.
3. Funkcije pripadnosti se definiraju za svaki atribut.

### Struktura modela

Model za odabir sorte jabuka se sastoji od 40 hijerarhijskih strukturalnih atributa (Slika 1). Temelji ovog modela su ekonomsko, socijalno-politički i tehnički kriteriji. Prilikom formiranja kriterija za model korištene su studije: Stubelj Ars i Bahovec (2010), Rozman et al. (2015), Rozman et al. (2016), Makismović et al. (2017), Rozman et al. (2017). Ovi atributi su razloženi na pomoćne attribute, a oni na terminalne listove. Svaki od glavnih kriterija se dijeli na dodatne attribute koji su predstavljeni na sljedeći način:

1. Ekonomski kriterij se sastoji od podatributa:
  - a) Financijsko-investicijski – ima za cilj ispitati isplativost podizanja voćnjaka određene sorte jabuke te koristi pokazatelje investicijskog ulaganja, profitabilnosti voćnjaka i troškove održavanja voćnjaka.
  - b) Ekonomska održivost – ima za cilj stabilnost i efikasnost radi stvaranja nove vrijednosti kao realnog izvora za sve oblike potrošnje određenog društva (Slijepčević i Ivanić, 2013). Ovaj se atribut promatra kroz anatomiju voćnjaka i održivost kapaciteta voćnjaka.

- c) Tržišni kriterij – ima za cilj ispitati mogućnost prodaje pojedine sorte jabuke te cijenu i promociju koji su potrebni kako bi se ta prodaja obavila.

2. Socijalno-politički kriterij se sastoji od podatributa:

- a) Socijalni kriterij – ima za cilj ispitati kako će se podizanje voćnjaka odraziti na život voćara. To će se ispitati pomoću utjecaja na životni standard voćara, potrebno znanje za podizanje i održavanje voćnjaka, te kako voćnjak utječe na zdravlje voćara (npr. Veće korištenje kemijskih preparata utječe negativno na zdravlje voćara).
- b) Politički kriterij – ima za cilj ispitati kako država i lokalne zajednice utječu na zaštitu domaće proizvodnje voća, daju li određene poticaje i subvencioniraju li izvoz voća.
- c) Ekonomsko-socijalni kriterij – ima za cilj ispitati kako podizanje novog nasada voća djeluje na jačanje lokalne zajednice te na zapošljavanje u njoj.

3. Tehnički kriterij se sastoji od podatributa:

- a) Analiza stabla – ima za cilj ispitati otpornost stabala određenih sorti jabuka na razne štetočine, insekte, gljivice i sl. te kako ta stabla podnose klimatske promjene (hladnoću, sušu i sl.).
- b) Procjena ploda – ima za cilj procijeniti plod određenih sorti jabuka - kakvog je izgleda, kvalitete i kakvo je skladištenje tog ploda.
- c) Tehnologija uzgoja – ima za cilj ispitati kako se podiže i održava voćnjak s tehnološke strane te je li potrebno navodnjavanje ili neka druga tehnička pomoć tom voćnjaku.
- d) Ekološki kriterij – ima za cilj ispitati jesu li potrebni pesticidi i u kojoj količini za određenu sortu te kako se upravlja otpadom koji nastaje u voćnjaku.

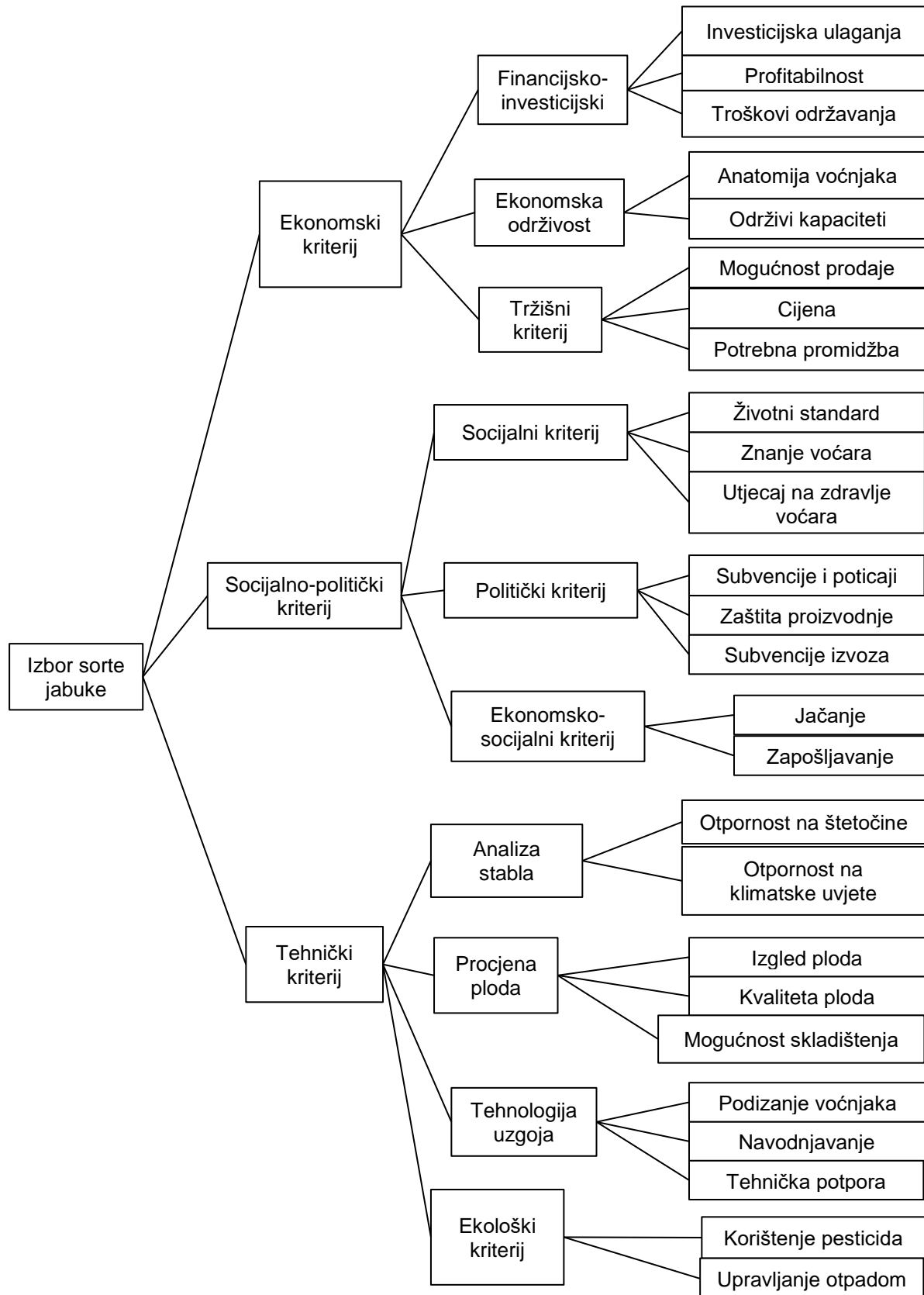


Figure 1. Attributes tree

Slika 1. Stablo atributa

## Skala vrijednosti i pravila odlučivanja

Atributi korišteni u ovom radu predstavljeni su riječima te su opisani diskretnim i simboličkim skalama vrijednosti. Maksimalna skala je za glavnu ocjenu modela i ona se sastojala od pet razina vrijednosti, od „neprihvatljiva“ do „vrlo dobra“. Vrijednost „neprihvatljiva“ se smatrala lošom ocjenom, sljedeće tri vrijednosti srednjom, a vrijednost „vrlo dobra“ dobrom. Glavni kriteriji u modelu su ocjenjivani vrijednosnom skalom od četiri nivoa vrijednosti, od „loš“ do „vrlo dobar“. Ostali su se kriteriji vrednovali sa vrijednosnom skalom od tri nivoa vrijednosti u zavisnosti od kriterija. U ovom modelu postoji 10 različitih skala vrijednosti koje su prikazane u tablici 1. Potrebno je spomenuti sve „kontra“ vrijednosti i to „veliko“ koja je negativna vrijednost za kriterije troškova jer su veliki troškovi neprihvatljivi, dok je ova ista vrijednost kod profitabilnosti pozitivna. Na sličan način su definirani i ostali kriteriji te su sve mjerne skale kod svih atributa prikazane na slici 2.

Table 1. Value scale used in the model

Tablica 1. Skala vrijednosti korištena u modelu

Skale vrijednosti	
1.	Neprihvatljiva; loša; srednja; dobra; vrlo dobra
2.	Loš; srednji; dobar; vrlo dobar
3.	Loš; dobar; vrlo dobar
4.	Veliko; srednje; malo
5.	Mala; srednja; velika
6.	Potrebna; djelomično potrebna; nepotrebna
7.	Utjecaj; djelomični utjecaj; nema utjecaja
8.	Ne postoji; djelomično postoji; postoji
9.	Visoko osjetljiva; srednje osjetljiva; nije osjetljiva
10.	Teško; srednje; lako

Za korištenje prikazanih skala vrijednosti potrebno je definirati i pravila odlučivanja za svaki kriterij. Tako na primjer financijsko-investicijski kriterij je rezultat tri atributa i to: investicijska ulaganja, profitabilnost i troškovi održavanja. Na taj način se moraju formirati sva pravila odlučivanja za svaki nadređeni kriterij. Za taj nadređeni kriterij potrebno je koristiti podređene attribute za formiranje pravila odlučivanja i kreiranje funkcije odlučivanja. Tako se ide do čvora odluke koji je finalni čvor modela, u ovom slučaju to je izbor sorte jabuke, što predstavlja i cilj ovog rada. Na primjeru finalnog čvora odlučivanja objasniti će se na koji način su se formirale funkcije za sva pravila odlučivanja pošto je ovaj čvor ujedno i najsloženiji od svih jer ima pet skala



vrijednosti. Težine su procijenjene pravilima DEXi, korištenjem linearne metode regresije (Rozman et al., 2017). U ovoj funkciji su korištena sljedeća pravila:

- Vrijednost finalnog čvora će biti „neprihvatljiva“ ako su dva od tri kriterija „loša“ bez obzira na vrijednost preostalog kriterija.
- Vrijednost finalnog čvora će biti „loša“ ako je jedan od kriterija „loš“, a preostala dva su „srednji“ ili „dobar“. Vrijednost preostalog kriterija ne može biti „vrlo dobra“.
- Vrijednost finalnog čvora će biti „srednja“ ako je jedan kriterij „loš“, a druga dva „srednja“ ili „dobra“, ali jedan kriterij mora imati vrijednost „vrlo dobar“, ukoliko su dva kriterija „srednji“, a jedan „dobar“.
- Vrijednost finalnog čvora će biti „dobra“ ako je jedan od kriterija „srednji“, a druga dva „dobar“ ili „vrlo dobar“ pod uvjetom da je vrijednost jednog kriterija „vrlo dobar“.
- Vrijednost finalnog čvora će biti „vrlo dobra“ ako su dva kriterija „dobra“, a treći „vrlo dobar“, ukoliko je jedan od kriterija „srednji“ ili „dobar“, a preostala dva „vrlo dobar“, ukoliko su vrijednosti svih kriterija „vrlo dobar“.

Iz prikazanih pravila odlučivanja se može vidjeti da vrijednost finalnog čvora ne može biti „dobra“ ili „vrlo dobra“ ako jedan od kriterija ima vrijednost „loš“. Koristeći ove funkcije izvršena su pravila odlučivanja i za ostale kriterije. Razvijeni model podrške odlučivanju vrši procjenu ekonomske efikasnosti odabranih sorti jabuka (Idared, Gala, Golden delicious i Top red) u BiH.

### Podaci za analizu

Prilikom ocjene sorti jabuka za potrebu ovoga rada kontaktirano je Udruženje voćara Integralna proizvodnja voća u Laktašima koji u svom članstvu ima preko 150 članova, a obuhvaća 8 općina u Sjeverozapadnoj BiH. Ovo udruženje je imenovalo tri savjetnika iz udruženja koji su bili eksperti za ocjenjivanje u radu. Na temelju provedenog panel istraživanja u kojem su sudjelovali savjetnici, najprije su izabrane četiri sorte jabuka koje se najviše koriste u proizvodnji u ovim krajevima te su ih međusobno usporedili, sa naglaskom na integralnoj proizvodnji jabuka. Na temelju iskustva koje ima udruženje i sami savjetnici te stanja sa terena, izvršena je procjena tih sorti jabuka pomoću kreiranog modela odlučivanja. Na temelju toga dobiveni su podaci za analizu koji će biti predstavljeni u poglavlju rezultati.

Atribut	Skala
Izbor sorte jabuke	Neprihvatljiva; loša; srednja; dobra; vrlo dobra
└─Ekonomski kriterij	Loš; srednji; dobar; vrlo dobar
└─Financijsko-investicijski	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Investicijska ulaganja	Veliko; srednje; malo
└─Profitabilnost	Mala; srednja; veliko
└─Troškovi održavanja	Veliko; srednje; malo
└─Ekonomska održivost	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Anatomija voćnjaka	Mala; srednja; veliko
└─Održivi kapaciteti	Mala; srednja; veliko
└─Tržišni kriterij	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Mogućnost prodaje	Mala; srednja; veliko
└─Cijena	Mala; srednja; veliko
└─Potrebna promidžba	Potrebna; djelomično potrebna; nepotrebna
└─Socijalno-politički kriterij	Loš; srednji; dobar; vrlo dobar
└─Socijalni kriterij	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Životni standard	Mala; srednja; veliko
└─Znanje voćara	Veliko; srednje; malo
└─Utjecaj na zdravlje voćara	Veliko; srednje; malo
└─Politički kriterij	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Subvencije i poticaji	Ne postoje; djelomično postoji; postoji
└─Zaštita proizvodnje	Ne postoje; djelomično postoji; postoji
└─Subvencije izvoza	Ne postoje; djelomično postoji; postoji
└─Ekonomsko-socijalni kriterij	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Jačanje zajednice	Mala; srednja; veliko
└─Zapošljavanje	Mala; srednja; veliko
└─Tehnički kriterij	Loš; srednji; dobar; vrlo dobar
└─Analiza stabla	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Otpornost na štetočine	Visoko osjetljivo; srednje osjetljivo; ne osjetljivo
└─Otpornost na klimatske uvjete	Visoko osjetljivo; srednje osjetljivo; ne osjetljivo
└─Procjena ploda	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Izgled ploda	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Kvaliteta ploda	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Mogućnost skladištenja	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Tehnologija uzgoja	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Podizanje voćnjaka	Teško; srednje; veliko
└─Navodnjavanje	Potrebna; djelomično potrebna; nepotrebna
└─Tehnička potpora	Potrebna; djelomično potrebna; nepotrebna
└─Ekološki kriterij	Loš; dobar; vrlo dobar
└─Korištenje pesticida	Potrebna; djelomično potrebna; nepotrebna
└─Upravljanje otpadom	Mala; srednja; veliko

Figure 2. Value scale for attributes

Slika 2. Skala vrijednosti za atribute

Table 2. Example of decision rules  
 Tablica 2. Primjer pravila odlučivanja

	Ekonomski kriterij	Socijalno-politički kriterij	Tehnički kriterij	Izbor sorte jabuke
	33%	33%	33%	
1	Loš	Loš	*	Neprihvatljiva
2	Loš	*	Loš	Neprihvatljiva
3	*	Loš	Loš	Neprihvatljiva
4	Loš	Srednji:dobar	Srednji:dobar	Loša
5	Srednji:dobar	Loš	Srednji:dobar	Loša
6	Srednji:dobar	Srednji:dobar	Loš	Loša
7	Loš	>=Srednji	Vrlo dobar	Srednja
8	Loš	Vrlo dobar	>=Srednji	Srednja
9	>=Srednji	Loš	Vrlo dobar	Srednja
10	Srednji	Srednji	Srednji:dobar	Srednja
11	Srednji	Srednji:dobar	Srednji	Srednja
12	Srednji:dobar	Srednji	Srednji	Srednja
13	>=Srednji	Vrlo dobar	Loš	Srednja
14	Vrlo dobar	Loš	>=Srednji	Srednja
15	Vrlo dobar	>=Srednji	Loš	Srednja
16	Srednji	Srednji:dobar	Vrlo dobar	Dobra
17	Srednji:dobar	Srednji	Vrlo dobar	Dobra
18	Srednji	Dobar	>=Dobar	Dobra
19	Srednji	>=Dobar	Dobar	Dobra
20	Srednji:dobar	Dobar	Dobar	Dobra
21	Srednji	Vrlo dobar	Srednji:dobar	Dobra
22	Srednji:dobar	Vrlo dobar	Srednji	Dobra
23	Dobar	Srednji	>=Dobar	Dobra
24	Dobar	Srednji:dobar	Dobar	Dobra
25	>=Dobar	Srednji	Dobar	Dobra
26	Dobar	Dobar	Srednji:dobar	Dobra
27	Dobar	>=Dobar	Srednji	Dobra
28	>=Dobar	Dobar	Srednji	Dobra
29	Vrlo dobar	Srednji	Srednji:dobar	Dobra
30	Vrlo dobar	Srednji:dobar	Srednji	Dobra
31	>=Srednji	Vrlo dobar	Vrlo dobar	Vrlo dobra
32	>=Dobar	>=Dobar	Vrlo dobar	Vrlo dobra
33	>=Dobar	Vrlo dobar	>=Dobar	Vrlo dobra
34	Vrlo dobar	>=Srednji	Vrlo dobar	Vrlo dobra
35	Vrlo dobar	>=Dobar	>=Dobar	Vrlo dobra
36	Vrlo dobar	Vrlo dobar	>=Srednji	Vrlo dobra

## Rezultati

Model ocjenjivanja četiri sorte jabuka u BiH je dao rezultate koji su predstavljeni na slici 3. Kao što se može vidjeti iz ovih rezultata, sorte Idared i Top Red su ocijenjene kao dobre, a sorte Golden Delicious i Gala su ocijenjene kao srednje sorte za uzgoj u integralnoj i organskoj proizvodnji voća. Svaka korištena sorta jabuka u modelu ima svoje prednosti i nedostatke, pa se ne može reći koja je od ovih sorti jabuka najbolja u svim parametrima, a zbirni rezultati su grafički prikazani na slici 4.

Atribut	Idared	Gala	Golden Delicious	Top red
Izbor sorte jabuke	Dobra	Srednja	Srednja	Dobra
└ Ekonomski kriterij	Vrlo dobar	Vrlo dobar	Vrlo dobar	Vrlo dobar
└└ Finansijsko-investicijski	Dobar	Dobar	Vrlo dobar	Vrlo dobar
└└└ Investicijska ulaganja	Srednje	Srednje	Srednje	Srednje
└└└ Profitabilnost	Srednja	Srednja	Veliko	Veliko
└└└ Troškovi održavanja	Srednje	Srednje	Srednje	Srednje
└ Ekonomska održivost	Dobar	Dobar	Dobar	Dobar
└└ Anatomija voćnjaka	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja
└└ Održivi kapaciteti	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja
└ Tržišni kriterij	Vrlo dobar	Vrlo dobar	Vrlo dobar	Vrlo dobar
└└ Mogućnost prodaje	Veliko	Veliko	Veliko	Veliko
└└ Cijena	Srednja	Veliko	Srednja	Veliko
└└ Potrebna promidžba	Nepotrebna	Djelomično potrebna	Nepotrebna	Nepotrebna
└ Socijalno-politički kriterij	Srednji	Srednji	Srednji	Srednji
└ Socijalni kriterij	Dobar	Dobar	Dobar	Vrlo dobar
└└ Životni standard	Srednja	S	Srednja	Srednja
└└ Znanje voćara	Srednje	Srednja	Srednje	Srednje
└└ Utjecaj na zdravlje voćara	Srednje	Srednje	Srednje	Malo
└ Politički kriterij	Loš	Loš	Loš	Loš
└└ Subvencije i poticaji	Djelomično postoji	Djelomično postoji	Djelomično postoji	Djelomično postoji
└└ Zaštita proizvodnje	Djelomično postoji	Djelomično postoji	Djelomično postoji	Djelomično postoji
└└ Subvencije izvoza	Ne postoje	Ne postoje	Ne postoje	Ne postoje
└ Ekonomsko-socijalni kriterij	Dobar	Dobar	Dobar	Dobar
└└ Jačanje zajednice	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja
└└ Zapošljavanje	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja
└ Tehnički kriterij	Srednji	Loš	Loš	Srednji
└ Analiza stabla	Dobar	Loš	Loš	Dobar
└└ Otpornost na štetočine	Srednje osjetljivo	Visoko osjetljivo	Visoko osjetljivo	Srednje osjetljivo
└└ Otpornost na klimatske uvjete	Srednje osjetljivo	Srednje osjetljivo	Srednje osjetljivo	Srednje osjetljivo
└ Procjena ploda	Vrlo dobar	Vrlo dobar	Dobar	Vrlo dobar
└└ Izgled ploda	Dobar	Vrlo dobar	Dobar	Dobar
└└ Kvaliteta ploda	Vrlo dobar	Vrlo dobar	Dobar	Vrlo dobar
└└ Mogućnost skladištenja	Vrlo dobar	Dobar	Dobar	Vrlo dobar
└ Tehnologija uzgoja	Dobar	Loš	Loš	Loš
└└ Podizanje voćnjaka	Srednje	Srednje	Srednje	Srednje
└└ Navodnjavanje	Djelomično potrebna	Djelomično potrebna	Djelomično potrebna	Djelomično potrebna
└└ Tehnička potpora	Djelomično potrebna	Potrebna	Potrebna	Potrebna
└ Ekološki kriterij	Loš	Loš	Loš	Dobar
└└ Korištenje pesticida	Potrebna	Potrebna	Potrebna	Djelomično potrebna
└└ Upravljanje otpadom	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja

Figure 3. Evaluation of used apple varieties

Slika 3. Ocjena korištenih sorti jabuka

Slika 3 prikazuje detaljnu analizu korištenih kriterija i atributa u modelu, pa je moguće na temelju nje usporediti sve četiri sorte jabuka. Sorta Idared je imala vrlo dobrih 7 od 40 kriterija, dok su 4 kriterija ocijenjena kao loša. Sorta Gala ima 7 vrlo dobrih kriterija, dok je 9 kriterija ocijenjeno kao loši. Sorta Golden Delicious ima 6 vrlo dobrih

kriterija, dok je 9 kriterija ocijenjeno kao loši. Sorta Top Red ima 12 vrlo dobrih kriterija, dok su 4 kriterija ocijenjeni kao loši. Analiziranjem kriterija prema kojima su ocijenjene kao loše, proizlazi kako je tome najviše doprinjeo politički kriterij. Država BiH nema razvijene mjere zaštite izvoza, a tržište je prepuno jabuka iz uvoza. Također, slabe su poticajne mjere za voćare u obliku subvencija i poticaja, a malo se ulaže i u zaštitu domaće proizvodnje voća.

Za detaljnu ocjenu pojedinih sorti jabuka potrebno je izvršiti pojedinačnu ocjenu svakog od glavnih kriterija i to ekonomskog, socijalno-političkog i tehničkog kriterija. Rezultati tih kriterija su predstavljeni radarskim grafikonom kreiranim korištenjem programskog alata DEXi koji koristi DEX metodu. Grafikoni su u obliku trokuta te kod tehničkog kriterija u obliku trapezoida. Način predstavljanja kriterija ovisi o broju podatributa, pa ako su tri podatributa rezultati će se predstaviti trokutom, ako su četiri podatributa rezultati će se predstaviti trapezoidom, itd. Njihove granice predstavljaju najbolje vrijednosti odgovarajućeg atributa, pa ako se vrijednosti podatributa smanjuju to se grafički predstavlja približavanjem sredini slike, a ukoliko je loš kriterij on se predstavlja u sredini slike. Na temelju toga proizlazi kako bi bolja alternativa trebala imati vrijednost svih podatributa na vanjskim granicama grafikona.

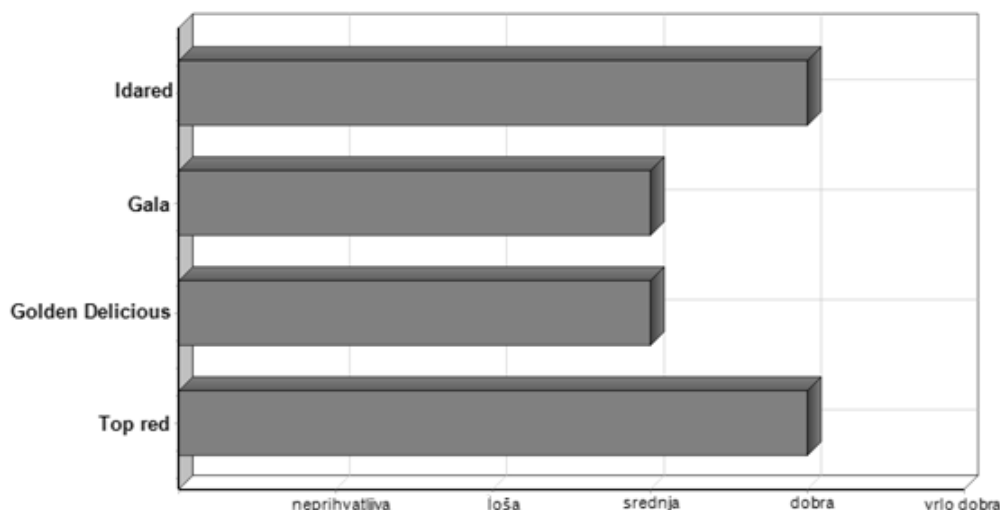


Figure 4. Graphic representation of the final decision-making result

Slika 4. Grafički prikaz konačnog rezultata odlučivanja

Grafički prikaz ekonomskog kriterija prikazan je na slici 5. Ekonomski kriterij ima tri podatributa i to financijsko-investicijski, ekonomska održivost i tržišni kriterij. Golden Delicious i Top Red imaju vrijednost financijsko-investicijskog kriterija „vrlo dobar“, a Idared i Gala imaju vrijednost ovoga kriterija „dobar“. Sve četiri sorte imaju „dobru“ ekonomsku održivost i „vrlo dobar“ tržišni kriterij. Na temelju toga može se zaključiti kako su sorte Golden Delicious i Top Red malo bolje od sorti Idared i Gala. Zbirna ocjena za ekonomski kriterij je ista za sve sorte jabuka i to „vrlo dobro“.

Rezultati političko-socijalnog kriterija su predstavljeni na slici 6. Kod ocjene ovog kriterija korištena su tri podatributa i to: socijalni, politički i ekonomsko-socijalni kriterij. Rezultati provedenog modela su pokazali da je kod sorti Idared, Gala i

Golden Delicious „dobar“ socijalni kriterij dok je kod sorte Top Red ovaj kriterij „vrlo dobar“. Razlog tome je što se ostvaruju više cijene ove jabuke na tržištu, pa to djeluje na bolji životni standard voćara, te što se kod ove sorte jabuke može koristiti manje pesticida i mineralnih gnojiva koji negativno djeluju na zdravlje voćara. Politički kriterij je kod svih sorti jabuka ocijenjen kao „loš“. Razlog tome je što se ne subvencionira izvoz, a pored toga su slabe subvencije i poticaji proizvodnje, pa je cijeli kriterij ocijenjen kao „loš“. Ekonomsko-socijalni kriterij je „dobar“ za sve sorte jabuka jer sve ove sorte pozitivno djeluju na jačanje zajednice i zapošljavanje, prije svega jer se prilikom proizvodnje jabuke povećavaju primanja voćara te oni imaju više novca, a posljedično se to odražava i na ostale grane privrede u toj zajednici. Također, kod berbe voća angažiraju se sezonski radnici čime se izravno djeluje na zaposlenost u toj zajednici.

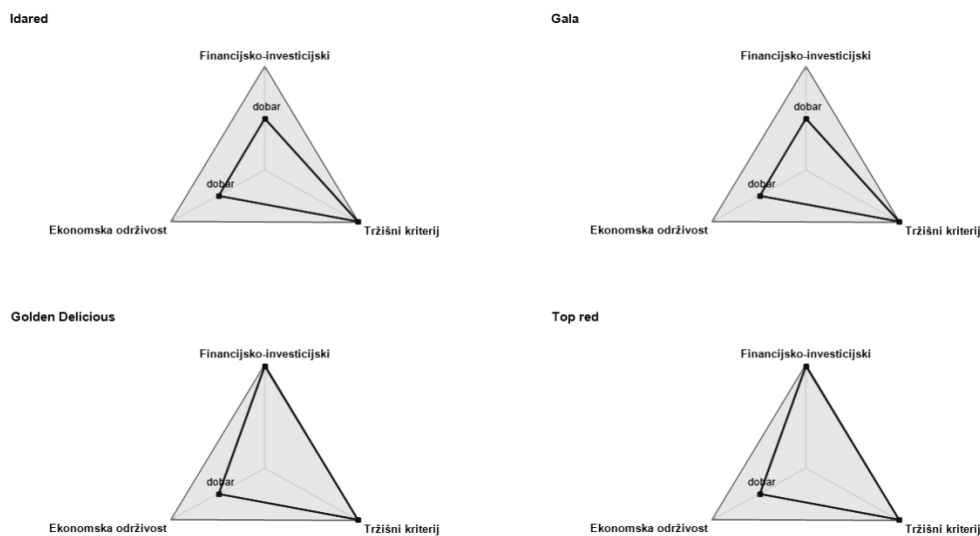


Figure 5. Evaluation of apple varieties using the economic criterion

Slika 5. Ocjena sorti jabuka pomoću ekonomskog kriterija

Analiza tehničkog kriterija je prikazana na slici 7. Kod analize tehničkog kriterija korištena su četiri podatributa i to: analiza stabla, procjena ploda, tehnologija uzgoja i ekološki kriterij. Prilikom analize stabla sorte jabuka Idared i Top Red su ocijenjene kao „dobre“, dok su sorte Gala i Golden Delicious ocijenjene kao „loše“. Razlog tome je što su ove sorte visoko osjetljive na štetočine, a srednje osjetljive na klimatske promjene kao i druge dvije sorte. Što se tiče samog ploda kao „vrlo dobre“ su ocijenjene sorte Idared, Gala i Top Red, dok je sorta Golden Delicious ocijenjena kao „dobra“. Glavni razlog tome je kvaliteta ploda, jer okus je dobar, ali je podložan promjenama u procesu skladištenja te tako gubi na kvaliteti.

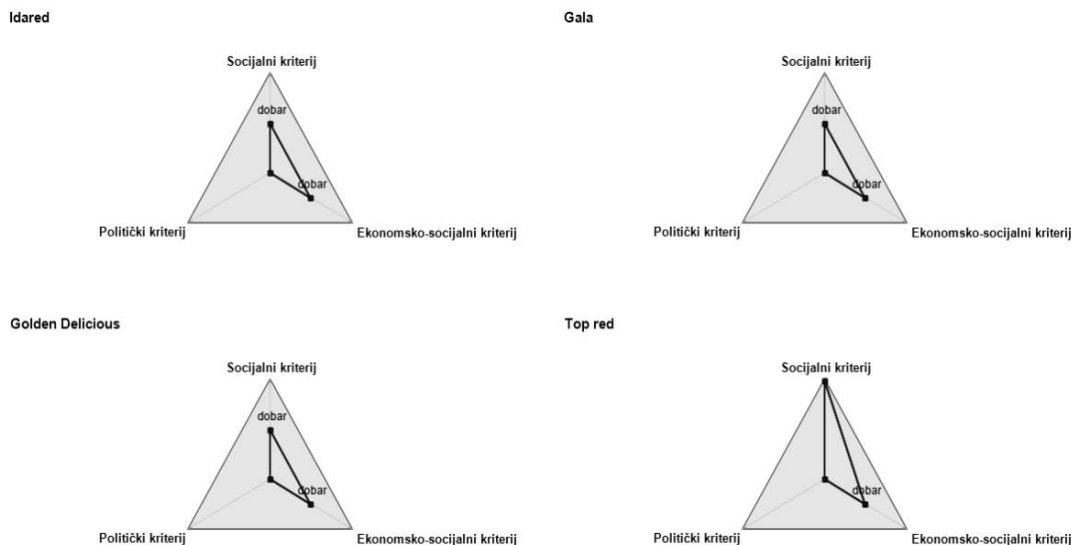


Figure 6. Evaluation of apple varieties using socio-political criteria

Slika 6. Ocjena sorti jabuka pomoću socijalno-političkog kriterija

Kod tehnologije uzgoja svim sortama je potrebna ista priprema za sadnju te se u tome ne razlikuju, jedino je kod sorte Idared tehnička podrška „djelomično potrebna“, pa je ova sorta jedina ocijenjena kao „dobra“, dok su preostale tri sorte ocijenjene kao „loše“. Kod ekološkog kriterija jedino je sorta Top Red ocijenjena kao „dobra“ jer kod ove sorte je potrebno djelomično prskanje protiv štetočina, dok je kod ostalih sorti jabuke ovaj kriterij ocijenjen kao „loš“.

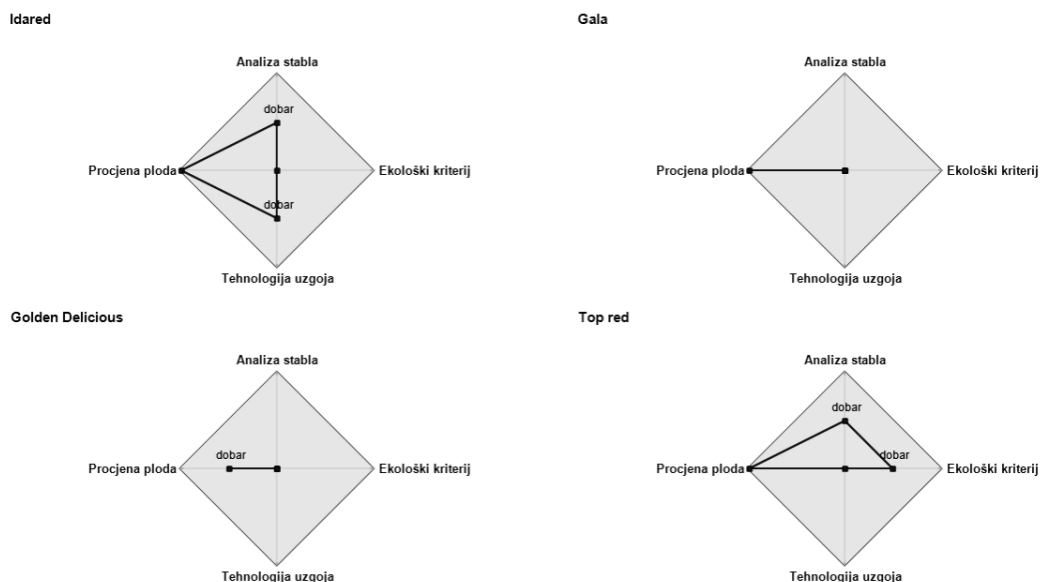


Figure 7. Evaluation of apple varieties using a technical criterion

Slika 7. Ocjena sorti jabuka pomoću tehničkog kriterija

Nakon što su pojedinačni kriteriji objašnjeni sa svojim podatributima, potrebno je objasniti i zbirne rezultate za svaki od glavnih kriterija. Što se tiče ekonomskog kriterija, sve sorte jabuka su ocijenjene kao „vrlo dobre“ jer sve daju dobre ekonomske rezultate i pozitivno djeluju na primanja voćara. Prema socijalno-političkom kriteriju sve sorte jabuka su ocijenjene kao „srednje“, a razlog tome je politički kriterij koji je ocijenjen kao „loš“ kod svih sorti. Ono u čemu se najviše razlikuju sorte jabuka je tehnički kriterij. Sorte Idared i Top Red su ocijenjene kao „srednje“, dok su Gala i Golden Delicious ocijenjene kao „loše“. To je iz razloga što je sve ove sorte jabuka potrebno djelomično ili puno prskati protiv štetočina. Također je kod svih ovih sorti jabuka potrebno djelomično navodnjavanje po principu „kap po kap“. Sve ove, ali i druge vrijednosti atributa su uzrokovale loše rezultate tehničkog kriterija kod proizvodnje sve četiri sorte po integralnom ili organskom principu.

## Rasprava

U radu je korišten višekriterijski model za procjenu proizvodnje jabuka po suvremenim zahtjevima tržišta. Prilikom ocjenjivanja svake od sorti jabuka bilo je potrebno detaljno analizirati sve četiri sorte jabuka, po svakom od korištenih atributa. Tu analizu su vršili eksperti iz udruženja Integralne proizvodnje voća Laktaši. Svaku od alternativa u modelu je bilo potrebno detaljno istražiti kako bi se mogao kreirati model (Stubelj Ars i Bahovec, 2010), u ovom slučaju izbora sorte jabuke. Samo na taj način je moguće izvući određene zaključke o problemu odlučivanju u voćarskoj proizvodnji.

Izbor odgovarajuće sorte je vrlo značajan za smanjenje troškova održavanja voćnjaka jer se pogrešne odluke mogu odraziti na buduće prinose koji se očekuju od tog voćnjaka. Za dobar izbor potrebno je sagledati sve aspekte suvremene voćarske proizvodnje (Ntakyo et al., 2013), pa su u ovom modelu zbog toga korišteni ekonomski, socijalno-politički i tehnički kriterij. Ekonomski kriterij je služio za procjenu mogućih troškova i prihoda od investicijskog pothvata podizanja voćnjaka jabuka. Socijalno-politički kriterij je služio za procjenu djelovanja tog voćnjaka na zajednicu i kako zajednica djeluje na proizvodnju. Tehnički kriterij se koristio za procjenu plodova, stabla, tehnologije te djelovanja proizvodnje na okoliš.

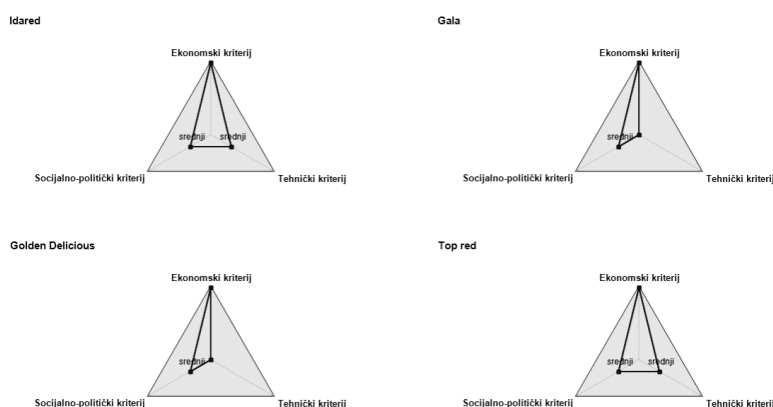


Figure 8. Summary evaluation of apple varieties

Slika 8. Zbirna ocjena sorti jabuka



Dobiveni rezultati ukazuju na to da je korišteni model uspješno primijenjen za izbor sorte jabuke za podizanje voćnjaka. Model je omogućio usporedbu pojedine sorte jabuke po pojedinim atributima te sagledavanje prednosti i nedostataka svake od korištenih sorti jabuke. Rezultati dobiveni ovim modelom pokazuju da je najbolja sorta Top Red kada se gledaju zbirno svi atributi. Međutim, kada se pogleda tehnički kriterij sorta Idared bi bila najbolja sorta za podizanje novog voćnjaka. Razlog tome treba potražiti u manjoj tehničkoj zahtjevnosti za proizvodnju u odnosu na druge sorte. Zbog toga je bilo potrebno sagledati sve aspekte suvremene proizvodnje jabuka po zahtjevima tržišta.

Ono što je dominantno kod ovog modela je porazan politički kriterij za sve sorte. Sve sorte jabuka se isto tretiraju, odnosno ne tretiraju jer ne postoji nikakva zaštita od strane države što se tiče izvoza, dok su poticaji za proizvodnju jabuke mali i variraju od lokalnih zajednica. Subvencije su također male, pa je potrebno posvetiti više pažnje voćarskoj proizvodnji od strane države. Samo sa pravim mjerama je moguće popraviti stanje voćarske proizvodnje u BiH i utjecati na stanovništvo da se intenzivnije bave voćarskom proizvodnjom. Na taj način bi se poboljšali i životni uvjeti ruralnog stanovništva jer bi ostvarivali veće dohotke, a zemljište koje ima velike potencijale za voćarsku proizvodnju bi bilo iskorišteno. BiH pruža klimatski povoljne uvjete za voćarsku proizvodnju (Čejvanović et al., 2005), što je potrebno iskoristiti u budućnosti.

Osim političkog kriterija, porazni su i rezultati ekološkog kriterija. Da bi se održala visoka rodnost u proizvodnji jabuka potrebno je iste prskati protiv štetočina. Poznato je kako se u proizvodnji jabuke koristi najviše tretmana prskanjem određenim pesticidima (Keserović et al., 2017). Zbog toga bi trebalo odabrati one sorte jabuka koje je potrebno malo ili uopće ne tretirati, a da se održi visoka rodnost. U suvremenoj voćarskoj proizvodnji bi trebalo primjenjivati kompromis između kvalitetnog izgleda ploda jabuke i djelovanja prskanja pesticidima na zdravlje ljudi. Sve više se potrošači okreću zdravlju i biraju organske proizvode, a kako je organska proizvodnja manje isplativa od integralne proizvodnje (Maksimović et al., 2017) proizvođači se sve više okreću integralnoj proizvodnji voća koja je u suvremenim tržišnim uvjetima postala konvencionalna, dok je „stara“ konvencionalna proizvodnja skoro pa izbačena iz upotrebe.

Sorta Idared je pokazala najbolje pokazatelje što se tiče otpornosti na utjecaje štetočina, pa je ovu sortu jabuka moguće manje prskati u odnosu na druge. Međutim, cijena koju postiže ova sorta je niža u odnosu na sortu Top Red, pa ova sorta zbog toga pozitivno utječe na dohodak voćara. Za održavanje visokih prinosa u voćarstvu potrebno je primjenjivati suvremena tehnološka pomagala. Suvremena proizvodnja jabuke osigurava visoke prihode po jedinici površine, ali za ostvarivanje koncepta suvremene (intenzivne) proizvodnje jabuke potrebna su značajna ulaganja (Mamuza i Vaško, 2013).

Na temelju korištenog modela i kriterija korištenih u njemu, može se uočiti sljedeće: nije moguće odabrati sortu jabuka koja je najbolja prema svim pokazateljima i zbog toga je potrebno donijeti kompromisnu odluku koja će najbolje realizirati ciljeve odlučivanja. Potrebno je sagledati sve prednosti i nedostatke pojedinih sorti jabuka te iskoristiti te prednosti, a pokušati ukloniti nedostatke, kako bi novi voćnjak bio održiv i rentabilan. Ovaj model je ponudio način na koji bi trebalo vršiti izbor sorte jabuka za

podizanje novog voćnjaka. Međutim, potrebno je za svaki novi voćnjak izvršiti procjenu kvalitete zemljišta, klime, nagiba zemljišta, itd. na tom području, kako bi se odabrala sorta koja bi davala najbolje rezultate. Pri tome je potrebno sagledati sve aspekte suvremene voćarske proizvodnje koje se tiču ekonomskog, socijalno-političkog i tehničkog kriterija, kao i svih drugih kriterija koji djeluju na uspjeh u voćarskoj proizvodnji.

## Zaključak

Model za izbor sorte jabuka za suvremeni voćnjak prilagođen zahtjevima tržišta ima i dodatnu vrijednost koja se ogleda u praktičnom smislu. Detaljnom analizom vrijednosti atributa korištenjem radar grafikona, može se pružiti značajne informacije u postupku donošenja odluke o izboru sorte jabuke.

Specifičnost ovog modela je da nijedna od korištenih sorti jabuka nije dobila ocjenu „vrlo dobra“ jer su sve imale određene nedostatke. Sorte jabuka Idared i Top Red su ocijenjene „dobro“, dok su sorte Gala i Golden Delicious ocijenjene ocjenom „srednje“. Kada se sagledaju svi kriteriji i svi radar grafikoni, može se zaključiti da je sorta Top Red najbolja po mišljenju eksperata. Najveći nedostatak svih sorti jabuka je kod političkog kriterija, na koji same sorte jabuka nemaju utjecaj. Također je poražavajući i ekološki kriterij, ali na njega svaki voćar može djelovati korištenjem pesticida samo kada je neophodno za održavanje kvalitete i izgleda ploda.

Primjena modela odlučivanja zasnovanog na višekriterijskom odlučivanju je pokazala svojevrsnu fleksibilnost u radu, te je isti moguće prilagoditi i primijeniti na sve druge voćne vrste, a također promjenom određenih kriterija i u drugim granama ekonomije, a ne samo u poljoprivredi. Na temelju svega iznesenog može se zaključiti kako model korišten u ovom radu doprinosi razvoju voćarstva jer pruža vrlo koristan alat za proizvođače voća, koji se može lako primijeniti. Rezultati dobiveni ovim modelom su prilagođeni ljudskom razmišljanju, a tome je pomogla DEX metoda koja opisno predstavlja konačne rezultate modela. Na taj način je olakšano odlučivanje.

U budućim istraživanjima bi se trebalo primijeniti ovaj model u integraciji sa drugim MCDA metodama. Npr. da se sa AHP metodom odredi težina podatributa i tako olakša samo donošenje odluka, jer tada ne bi trebalo primijeniti pravila odlučivanja. Također, mogu se koristiti i drugi kriteriji kako bi se donijela što sigurnija odluka o izboru sorte voća pri podizanju novog voćnjaka.

## Literatura

- Agha, S.R., Latifa, G.N., Nassar, H.A., Shehada, R.Y. (2012) Multi criteria governmental crop planning problem: an analytic hierarchy approach. *Management*, 2 (4), 96-105.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5923/j.mm.20120204.03>
- Ćejvanović, F., Rovčanin, A., Rozman, Č. (2005) Financijska ocjena učinkovitosti proizvodnje jabuka u Bosni i Hercegovini. *Journal of Central European Agriculture*, 6 (1), 43-52.

- Keserović, Z., Nikolić, M., Ognjanov, V., Milić, B. (2017) Genetički resursi autohtonih vrsta i sorti voća. *Selekcija i semenarstvo*, 23 (2), 23-33.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5937/SelSem1702023K>
- Kontiće, B., Bohanec, M., Urbančić, T. (2006) An experiment in participative environmental decision making. *The Environmentalist*, 26 (1), 5-15.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s10669-006-5353-3>
- Maksimović, A., Puška, A., Čejvanović, F. (2016) Ekonomska analiza integralne proizvodnje šljive u Bosni i Hercegovini. *Tranzicija*, 18 (1), 99-112.
- Maksimović, A., Grgić, Z., Čejvanović, F. (2017) Multi-attribute analysis of orchard according to the Integrated production concept. *Economics of Agriculture*, 64 (1), 69-79. DOI: <https://dx.doi.org/10.5937/ekoPolj1701069M>
- Mamuza, M., Vaško, Ž. (2013) Utvrđivanje cijene koštanja proizvodnje jabuke primjenom analitičke obračunske kalkulacije. *Agroznanje*, 14 (3), 411-420.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.7251/AGRSR1303411M>
- Montazar, A., Gaffari, A. (2011) An Ahp model for crop planning within irrigation command areas. *Irrigation and Drainage*, 61 (2), 168-177.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/ird.645>
- Ntakyo, P.R., Mugisha, J., Elepu, G. (2013) Socio-economic factors affecting apple production in Southwestern Uganda. *African Crop Science Journal*, 21 (4), 311-321.
- Rozman, R., Pažek, K. (2012) Introduction to DEXi multi criteria decision models: what they are and how to use them in agriculture. *Agricoltura* 9 (1-2), 23-30.
- Rozman, Č., Hühner, M., Kolenko, M., Tojnko, S., Unuk, T., Pažek, K. (2015) Apple variety assessment with analytical hierarchy process. *Erwerbs-Obstbau*, 57 (2), 97-104. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s10341-015-0236-8>
- Rozman, Č., Grgić, Z., Maksimović, A., Čejvanović, F., Puška, A., Šakić Bobić, B. (2016) Multiple-criteria approach of evaluation of milk farm models in Bosnia and Herzegovina. *Mljekarstvo*, 66 (3), 206-214.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.15567/mljekarstvo.2016.0305>
- Rozman, Č., Maksimović, A., Puška, A., Grgić, Z., Pažek, K., Prevolšek, B., Čejvanović, F. (2017) The use of multi criteria models for decision support system in fruit production. *Erwerbs-Obstbau*, 59 (3), 235-243.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s10341-017-0320-3>
- Slijepčević, Đ., Ivanić M. (2013) Savremeno promišljanje ekološke politike uz ostvarivanje održivog razvoja. *Svarog*, 7, 247-263.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.7251/SVR1307247S>
- Stubelj Ars, M., Bahovec, M. (2010) Towards the ecotourism: a decision support model for the assessment of sustainability of mountain huts in the Alps. *Journal of Environmental Management*, 91 (12), 2554-2564.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.006>
- Sudha, A.S., Jeba, J.R.I. (2015) Crop selection based on Fuzzy TOPSIS using entropy weights. *International Journal of Computer Applications*, 124 (14), 16-20. DOI: <https://dx.doi.org/10.5120/ijca2015905782>

Zangeneh, M., Akram, A., Nielsen P., Keyhani A. (2015) Developing location indicators for Agricultural service center: a Delphi-TOPSIS-FAHP approach. *Production & Manufacturing Research*, 3 (1), 124-148.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/21693277.2015.1013582>