

# Modeli planiranja i odlučivanja u šumarstvu

Mario Šporčić, Matija Landekić, Marko Lovrić, Ivan Martinić

## Nacrtač – Abstract

Planiranje i gospodarenje šumskim resursima vrlo je složena zadaća zbog mnogobrojnosti i širokoga raspona kriterija uključenih u procese odlučivanja. Zajednička primjena metoda višekriterijskoga odlučivanja i različitih tehnika grupnoga odlučivanja pritom se pokazuje važnim i potencijalno dobrim načinom rješavanja šumarskih pitanja i problema. Smatra se da višekriterijski modeli i metode mogu današnjemu šumarstvu, s mnogobrojnim ciljevima i zadaćama te više uključenih i zainteresiranih strana često s različitim interesima, pružiti snažnu, fleksibilnu i svestranu podršku u donošenju odluka. U radu se prikazuju osnovne postavke i značajke višekriterijskoga odlučivanja. Opisuju se glavne višekriterijske metode i daje kratak pregled i analiza problema i područja u kojima su dosada primijenjene u šumarstvu. Posebno se prikazuju istraživanja koja su u posljednjih nekoliko godina provedena u hrvatskom šumarstvu. Svrha je rada pružiti informaciju o dosadašnjim iskustvima, uložiti i značenju višekriterijskoga odlučivanja i tako pridonijeti tomu da šumarska struka razvije svijest o značenju i mogućoj ulozi koju višekriterijski modeli odlučivanja mogu imati u šumarstvu. Istodobno su mnogi citirani radovi vrijedan izvor referencija koji može biti koristan studentima, istraživačima, stručnjacima i šumarskim praktičarima.

Ključne riječi: planiranje i odlučivanje, šumarstvo, višekriterijski modeli, AHP, DEA, metode višega ranga, MAUT, SMAA

## 1. Uvod – Introduction

Šumski resursi i koristi koje se od njih danas mogu dobiti važan su dio u ispunjavanju čovjekove potrebe za energijom, sirovinama i kvalitetom života. Te moguće dobiti i blagodati šuma pokrivaju širok raspon proizvoda i usluga. One, među ostalim, uključuju: drvo, rekreaciju, vodu, očuvanje zemljišta, divljač, ljepotu krajolika i dr. Mnoge od tih koristi mogu se donekle istodobno dobiti iz iste šumske sastojine. Iako još uvijek postoje rasprave oko načina na koji treba upravljati šumama i u koje svrhe, u mnogim je zemljama donoseno više propisa kojima se određuju postupci gospodarenja šumama i/ili zaštićuju neke određene funkcije šuma. Pritom kao temeljnu postavku gospodarenja šumama treba istaknuti višestruku uporabu i općekorisne funkcije šuma. Na taj se način ostvaruju bitne gospodarske, ekološke i socijalne uloge šume. Upravljanje šumama treba omogućiti najrazboritije korištenje šuma i šumskih zemljišta i ostvarivanje nekih ili svih proizvoda i povezanih usluga. U tom smislu planiranje i

odlučivanje o uporabi šuma i šumskoga zemljišta, načinu upravljanja različitim resursima, produktivnosti i stabilnosti šumskih ekoloških sustava ima izuzetnu važnost za održivo i djelotvorno gospodarenje šumama.

Planiranje i gospodarenje šumskim resursima vrlo je složena zadaća uglavnom zbog mnogobrojnosti i širokoga raspona kriterija uključenih u procese odlučivanja. To znači da se svaka odluka donosi pod različitim utjecajima, ali isto tako i da svaka donesena odluka utječe na kriterije različite prirode. Takvi utjecaji i kriteriji obuhvaćaju:

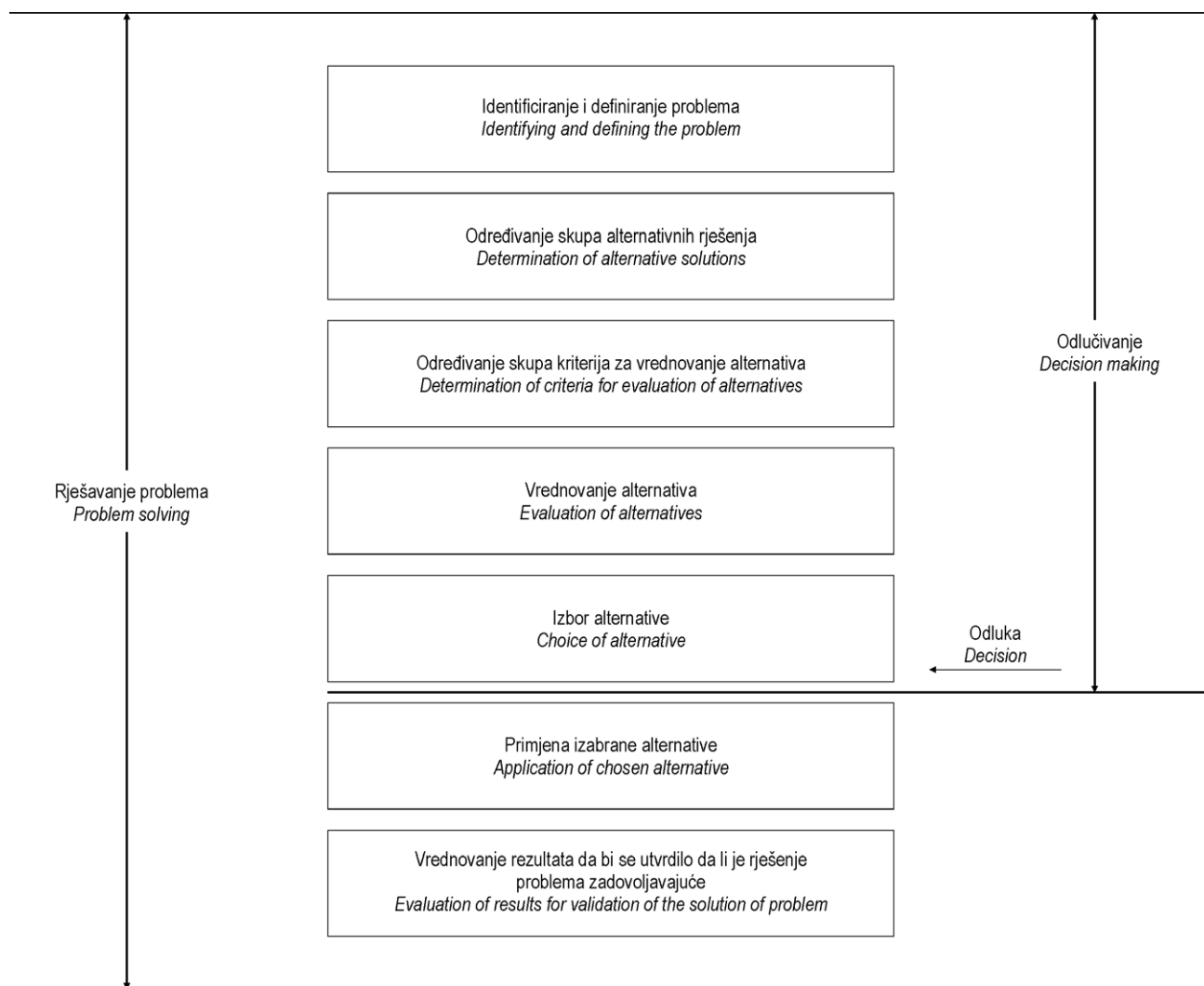
- ⇒ ekonomska pitanja – proizvodnja drva, iskorištavanje nedrvnih proizvoda (plodovi šumskoga drveća i grmlja, cvjetovi, sjeme, gljive, med, smola, treset, humus i sl.), držanje stoke/divljači, lov...
- ⇒ ekološka i okolišna pitanja – erozija tla, regulacija vodotoka, očuvanje biološke raznolikosti, pohranjivanje ugljika, element tvorbe krajolika, utjecaj na klimu...

⇒ socijalna pitanja – rekreacijske aktivnosti, turizam, razina zaposlenosti, naseljenost ruralnih sredina i dr.

Nadalje, složenost velikoga dijela šumarskih problema trenutačno se povećava zbog načina na koji različite interesne skupine, društvene grupe i organizacije doživljavaju relativnu važnost pojedinih kriterija i procjenjuju način odnosno »dobrotu« gospodarenja šumskim resursima. Važnost pojedinih kriterija i ocjene gospodarenja šumama pritom ovise o osobnom stajalištu i mišljenju svakoga pojedinca odnosno grupe. Takve se subjektivne procjene često odnose na ljepotu krajolika i rekreacijsku vrijednost određenoga područja ili, primjerice, na uzgajanje divljači i lovstvo. Tako netko preferira držanje jedne vrste divljači i jednu vrstu lova, netko neku drugu vrstu divljači i lova, a netko je potpuno protiv lova i lov-

stva uopće. Slične se ocjene u šumskom gospodarenju odnose na iskorištavanje šuma i stvaranja određenoga prihoda s jedne strane te zaštitu i očuvanje šuma s druge strane.

Sve navedeno svakodnevno povećava složenost gospodarenja šumama, zaoštava uvjete poslovanja u šumarstvu te čini planiranje i odlučivanje u šumarstvu osobito zahtjevnim. U takvoj se situaciji zajednička primjena metoda višekriterijskoga odlučivanja i različitih tehnika grupnoga odlučivanja pokazuje kao važan i potencijalno dobar način rješavanja šumarskih pitanja i problema. Smatra se da višekriterijski modeli i metode mogu današnjemu šumarstvu, s brojnim ciljevima i zadaćama te s više uključenih i zainteresiranih strana često s različitim interesima, pružiti snažnu, fleksibilnu i svestranu podršku u donošenju odluka. Razvoj i primjena tak-



**Slika 1.** Odnos između rješavanja problema i odlučivanja  
**Fig. 1** Relationship between problem solving and decision making

vih metoda koje do sada nisu tradicionalno korištene u šumarstvu, menadžmentu pruža novi alat koji može biti vrijedna pomoć na strateškoj i operativnoj razini odlučivanja. Naglasak je pritom na nužnosti da se prijedlog odluke i njezino donošenje utemelji na racionalnim argumentima.

Ovim se radom namjerava pridonijeti da šumarska struka razvije svijest o značenju i mogućoj ulozi koju višekriterijski modeli odlučivanja mogu imati, i koju su pri rješavanju određenih pitanja i problema u šumarstvu u nekim slučajevima imali. S tom svrhom u radu će se obraditi osnovne postavke i značajke višekriterijskoga odlučivanja te opisati glavne metode koje se mogu upotrijebiti u šumarstvu. Kratkim pregledom i analizom radova s primjenom višekriterijskih modela u šumarstvu namjerava se dati informacija o dosadašnjim iskustvima, ulozi i značenju višekriterijskoga odlučivanja u šumarstvu te pružiti vrijedan izvor referencija koji može biti koristan studentima, istraživačima, stručnjacima i šumarskim praktičarima. Također će se prikazom istraživanja, koja su u posljednjih nekoliko godina provedena u hrvatskom šumarstvu, pružiti pregled mogućnosti te svrhovitosti i opravdanosti primjene višekriterijskih matematičkih modela kao snažne podrške planiranju i odlučivanju u šumarstvu.

## 2. Višekriterijsko odlučivanje *Multi-criteria decision making*

Pod donošenjem odluke razumijeva se izbor neke od alternativa kojima se rješava dani problem. U problemu odlučivanja postoje ciljevi koji se žele postići odlukom, kriteriji kojima se mjeri postizanje tih ciljeva, težine tih kriterija koje odražavaju njihovu važnost i alternativna rješenja problema. Pod ciljem se razumijeva stanje sustava koje želimo postići odlukom, a kriteriji su atributi kojima se opisuju alternative i njihova je svrha da izravno ili neizravno daju informacije o tome u kojoj se mjeri pojedinom alternativom ostvaruje željeni cilj. U danom problemu odlučivanja svi kriteriji obično nisu jednako važni, a relativna važnost kriterija izlazi iz preferencija donositelja odluke, što je povezano s njegovim vrijednosnim sustavom i ostalim psihološkim karakteristikama. Podaci i informacije o tim elementima problema odlučivanja odgovarajućim se postupcima sažimaju u po jedan broj za svaku alternativu, te se na temelju tih vrijednosti određuje rang-lista al-

ternativa. Slika 1 prikazuje osnovne postupke i korake u procesu odlučivanja i rješavanja problema.

Postupak višekriterijskog odlučivanja uključuje razradu nekoliko alternativa koje se ne mogu više poboljšati po nekom kriteriju, a da se istovremeno ne pokvare po nekom drugom kriteriju (tzv. pareto optimalnost ili efikasnost). Usporedba odabranih alternativa provodi se s obzirom na sve prethodno postavljene kriterije i karakteristike koje imaju utjecaja na odabir određenoga rješenja. Kao rezultat sveobuhvatne usporedbe utvrđuje se prioritet i rang promatranih alternativa. Pri grupnom planiranju i odlučivanju pojedinci mogu, ovisno o osobnim preferencijama, različito rangirati određene alternative. Cjelovite usporedbe pritom se mogu obaviti prida- vanjem različitih težina pojedinim kriterijima, ali i mišljenjima pojedinih sudionika. Time se obuhvaća utjecaj različitih kriterija i individualnih stajališta koji se u analizama skupa uzimaju u razmatranje.

Višekriterijsko odlučivanje<sup>1</sup>, kao što sugerira naziv, razvijeno je da bi se omogućile analize u višekriterijskim situacijama i problemima odlučivanja. Obično se primjenjuje u takvim slučajevima u kojima je potrebno holistički razmotriti i ocijeniti različite alternative u odlukama, pri čemu je sveobuhvatna analiza osobito otežana mnogobrojnošću teško usporedivih kriterija i suprotstavljenih interesa koji utječu na proces odlučivanja. Pri tome modeli i metode višekriterijskoga odlučivanja mogu poslužiti za analizu situacije odlučivanja i pomoći u donošenju najbolje moguće ili barem zadovoljavajuće odluke.

### 2.1 Kratki opis glavnih metoda višekriterijskoga odlučivanja – *A brief review of the main MCDM approaches*

Višekriterijsko se odlučivanje ubraja u široki spektar metoda operacijskih istraživanja. Razvijene su mnogobrojne metode, pri čemu svaka od njih ima svoje specifične karakteristike i različite tehnike koje su primjenjive u odgovarajućim situacijama i slučajevima. Na primjer, neke su metode posebno namijenjene za upravljanje rizikom i nesigurnošću, ili za nelinearne procjene, dok su druge usmjerene na primjenu u upravljanju konfliktnim zadacima i ciljevima ili u korištenju nepotpunih ili nekvalitetnih informacija. Mnoge metode također dolaze s različitim postavkama i u različitim verzijama (npr. *fuzzy* ili stohastičke verzije i sl.). Neke su isto tako donekle modificirane kako bi što bolje odgovorile na zadatke i probleme u određenim područjima, pa tako i u šu-

<sup>1</sup> engl. Multiple Criteria Decision Making (MCDM) ili MCD Support (MCDS) ili MCD Aid (MCDA)

marstvu. Detaljan prikaz operacijskih istraživanja i metoda višekriterijskoga odlučivanja moguće je pronaći u mnogobrojnim izvorima (Vincke 1992, Triantaphyllou 2000, Koksalan i Zionts 2001, Kahraman 2008 i dr.).

U ovom se dijelu rada daje kratak opis glavnih metoda višekriterijskoga odlučivanja koje se mogu primijeniti u višefunkcionalnom gospodarenju šumama. To su:

- ⇒ Analiza omeđivanja podataka – *Data Envelopment Analysis (DEA)*,
- ⇒ Analitički hijerarhijski proces – *Analytic Hierarchy Process (AHP)*,
- ⇒ Višeatributna teorija korisnosti – *Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)*,
- ⇒ Metode višega ranga – *Outranking methods*,
- ⇒ Glasačke tehnike – *Voting methods*,
- ⇒ Analiza stohastičke višekriterijske prihvatljivosti – *Stochastic Multicriteria acceptability analysis (SMAA)*.

Odabrani pristupi predstavljaju različite teorije i škole u okviru operacijskih istraživanja. Iako mnoge metode nisu obuhvaćene ovim radom, većina ih se temelji na istim pretpostavkama i teoriji kao i prikazane metode. Za detaljnije proučavanje određenih metoda i njihove primjene u šumarstvu navedeni su relevantni izvori.

DEA je na linearnom programiranju zasnovana metodologija kojom se određuje učinkovitost proizvodnih i neproizvodnih jedinica (Charnes i dr. 1994). Na temelju podataka o korištenim inputima i ostvarenim outputima DEA računa relativnu efikasnost analiziranih jedinica. Temelji se na ekstremnim vrijednostima i svaku proizvodnu jedinicu uspoređuje samo s onom najboljom. Središte analize pritom leži u pronalazanju »najbolje« virtualne proizvodne jedinice za svaku realnu jedinicu, a poboljšanja koja predlaže neefikasnim jedinicama temeljena su na ostvarenim rezultatima efikasnih jedinica. U šumarstvu su DEA primijenili npr. LeBel (1996), Kao (1998), Bogetoft i dr. (2003), Šporčić i dr. (2009).

AHP metodu razvio je Saaty (1980), a zasnovana je na usporedbama parova alternativa pri čemu se preferencije izražavaju uz pomoć Saatyjeve skale. Rješavanje složenih problema odlučivanja temelji se na njihovu rastavljanju na komponente: cilj, kriterije (potkriterije) i alternative te je vrlo blisko načinu na koji pojedinac intuitivno rješava složene probleme rastavljajući ih na jednostavnije. Kangas (1992), Ananda i Herath (2003), Wolfslehner i dr. (2005), Šegotić i dr. (2003, 2007) neki su od autora koji su AHP primijenili u šumarstvu.

MAUT je strukturni postupak donošenja odluka između alternativa u odnosu na njihovo zadovoljenje odabranih kriterija. Temelji se na teoriji korisnosti

(*utility theory*) koja na sustavan način nastoji vrednovati i kvantificirati korisnikov izbor obično na skali 0 – 1 (Keeney i Raiffa 1976). Na osnovi tehnike MAUT razvijene su metode, kao što su HERO i SMART koja rangiranje alternativa obavlja izravnim pridavanjem relativnih numeričkih vrijednosti razmjerno njihovoj važnosti (Venter i dr. 1998, Kajanus i dr. 2004).

Između metoda višega ranga ističu se PROMETHEE i ELECTRE (Brans i dr. 1986, Maystre i dr. 1994) koje su primijenjene u šumarstvu (Kangas i dr. 2001). Te metode uspoređuju alternative u parovima na osnovi dviju graničnih vrijednosti, tzv. pseudo-kriterija, praga indiferencije i praga preferencije koji opisuju razliku u težini preferencija između dviju alternativa. Prednost je metoda u tome što ne zahtijevaju potpune podatke o preferencijama, a nedostatak je što su prilično nejasne i dosta ih je teško shvatiti i interpretirati.

Glasačke tehnike razvijene su za obradu situacija s niskom kvalitetom podataka o preferencijama. Jednostavnost i obuhvatnost njihova je glavna prednost, osobito pri grupnom planiranju i odlučivanju. Neke od tehnika glasanja su, primjerice, tehnika »odobrenja« (*Approval Voting*) gdje se daje glas za svaku prihvatljivu opciju ili tzv. »borda« tehnika (*Borda Count*) gdje se daje n glasova za najbolju opciju i n – 1 glasova za svaku sljedeću. Na tehnici odobrenja je zasnovana metoda višekriterijskoga odobrenja (*Multicriteria Approval method*) koja je primijenjena u šumarstvu (Laukkanen i dr. 2002, Kangas i Kangas 2003).

SMAA metode (Lahdelma i dr. 1998) prvotno su razvijene za višekriterijske probleme s nepotpunim i/ili nepouzdanim kriterijima gdje od donositelja odluka nije moguće dobiti podatke o težinama i preferencijama. Glavni su pokazatelji SMAA proračuna tzv. indeksi prihvatljivosti koji opisuju vjerojatnost rangiranja odnosno dominantnost alternativa u svim mogućim težinskim kombinacijama kriterija. Takav je način blizak šumarstvu u kojem se zbog snažne nesigurnosti u planiranju najčešće ni jedna od alternativa ne može sa sigurnošću proglasiti najboljom (Kangas i dr. 2003, Kangas i Kangas 2003, Kangas i dr. 2006).

Prikazane se metode međusobno znatno razlikuju. Ni jedna metoda nije univerzalna i najbolja, čak ni primjenjiva, u svim slučajevima. Naime, različitim situacijama i problemima najbolje odgovaraju različite metode. Izbor odgovarajuće metode zahtijeva poznavanje više modela, njihovih postavki, prednosti i ograničenja, te karakteristika i zahtjeva specifičnih situacija i problema u planiranju i odlučivanju. U tablici 1 prikazane su značajke i usporedba prikazanih i nekih dodatnih višekriterijskih metoda.

**Tablica 1.** Karakteristike metoda višekriterijskoga odlučivanja (prema Sarkisu i Weinrachu 2001)**Table 1** Characteristics of multiple criteria evaluation techniques (Sarkis i Weinrach 2001)

Metoda <i>Evaluation technique</i>	Troškovi primjene <i>Cost of implementation</i>	Zahtjev za podacima <i>Data requirement</i>	Osjetljivost <i>Ease of sensitivity</i>	Razumljivost <i>Management understanding</i>	Matematička složenost <i>Mathematical complexity</i>	Fleksibilnost <i>Parameter mixing-flexibility</i>
DEA	S	S	N	N	V	S
AHP	S	S	N	S	N	V
Ekspertni sustavi - <i>Expert systems</i>	V	V	N	S	V	V
Ciljno programiranje - <i>Goal program</i>	S	S	S	N	V	N
MAUT	V	V	S	S	S	V
Metode višega ranga - <i>Outranking</i>	S	S	N	N	S	S
Simulacije - <i>Simulation</i>	V	V	V	V	V	S
Scoring modeli - <i>Scoring models</i>	N	N	N	V	N	V

V - visoko - high; S - srednje - medium; N - nisko - low

### 3. Primjena višekriterijskih modela u šumarstvu – *Application of multiple criteria decision-making models in forestry*

Iako je višekriterijsko odlučivanje prisutno u šumarstvu već više od 30 godina (Field 1973), neki *noviji* pristupi i tehnike višekriterijskoga te grupnoga odlučivanja počinju se značajnije koristiti tek u ranim 90-im godinama (npr. Kangas 1992). U tom je vremenu nastao značajan broj radova koji se u više područja bave različitim problemima šumarstva. Uvjetno određena područja šumarstvu u kojima su dosada primijenjeni višekriterijski modeli mogu se ovako pobrojiti (Diaz-Balteiro i Romero 2008):

- ⇒ Pridobivanje drva,
- ⇒ Prošireno iskorištavanje šuma,
- ⇒ Očuvanje biološke raznolikosti,
- ⇒ Održivo gospodarenje,
- ⇒ Pošumljavanje,
- ⇒ Regionalno planiranje,
- ⇒ Šumarska industrija,
- ⇒ Rizik i neizvjesnost.

U nastavku će se rada navesti primjeri provedenih istraživanja odnosno primjene pojedinih modela u određenim područjima.

Pridobivanje drva i njegovo planiranje prvo je područje u kojem je paradigma višekriterijskoga odlučivanja široko primijenjena (npr. Kao i Brodie 1979, Hallefjord i dr. 1986). Howard i Nelson (1993) uz pomoć MAUT metode rješavaju konkretan problem pridobivanja drva. Diaz-Balteiro i Romero (1998) primjenjuju AHP metodu u planiranju pridobivanja

drva. Heinonen i Pukkala (2004) u problemima pridobivanja drva služe se inačicom HERO metode.

Prošireno iskorištavanje šuma osim pridobivanja drva obuhvaća i problem nedravnih šumskih proizvoda. Tako Arp i Lavigne (1982) u višekriterijske modele uključuju drvo, rekreaciju, lovstvo i divljač. Hyberg (1987) postavlja MAUT model s dva atributa: proizvodnja drva i estetska vrijednost. Rauscher i dr. (2000) s obzirom na više nedravnih kriterija AHP metodom ocjenjuju četiri alternative u upravljanju šumama. Laukkanen i dr. (2002, 2005) u nekoliko problema iskorištavanja šuma primjenjuju različite glasačke tehnike. Kangas i dr. (2005) primjenjuju SMAA metodu te rekreacijske i ekološke kriterije, a Pauwels i dr. (2007) u usporedbi više alternativa u uzgajanju ariševih sastojina primjenjuju ELECTRE.

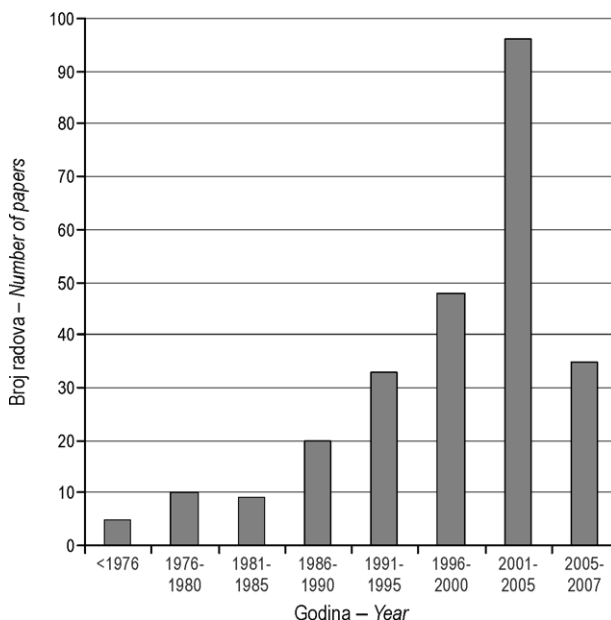
Područje biološke raznolikosti s pozicije višekriterijskoga odlučivanja često je povezano s upravljanjem nacionalnim parkovima, rezervatima i sl., gdje odabir aktivnosti u gospodarenju vodi primjeni različitih modela. Npr. Kangas (1994) primjenjuje AHP metodu u upravljanju zaštićenim područjima prirode u Finskoj. Rothley (1999) se koristi višekriterijskim metodama za dizajniranje optimalne mreže biološke raznolikosti u Kanadi, a Kurttila i dr. (2006) uz pomoć MAUT metodologije utvrđuju optimalne iznose nadoknada za šumoposjednike koji pristaju na takvo gospodarenje šumama kojemu je prvi cilj očuvanje biološke raznolikosti.

Nastojanja da se pitanja održivoga gospodarenja u šumarstvu povežu s višekriterijskim modelima relativno su nova. Njihova se primjena u tom području uglavnom odnosi na ocjenu gospodarenja temeljem analize i povezivanja više uobičajenih pokazatelja u jedan indeks kojim se mjeri održivost šumskih sustava kao cjeline (Mendoza i Prabhu 2003, Maness

i Farrell 2004). Kant i Lee (2004) koriste glasačke tehnike i *borda* metodu za ocjenu i rangiranje šumskogospodarskih planova s obzirom na održivost. Sličan problem Mendoza i Dalton (2005) rješavaju metodom AHP, a Huth i dr. (2005) metodom PROMETHEE.

U pošumljavanju i osnivanju šuma prvi je višekriterijski rad objavio Walker (1985) koji je razvio metodologiju za planiranje pošumljavanja, uzimanjem u obzir nekoliko drvnih vrsta, uzgojnih zahvata i sl. Više je autora u pristupu tom pitanju kombiniralo MAUT i AHP metodu (Kangas 1993, Nousiainen i dr. 1998). Liu i dr. (1998) pomoću AHP ocjenjuju regionalne projekte pošumljavanja u Kini, a Giliams i dr. (2005) uspoređuju AHP, ELECTRE i PROMETHEE u izboru najboljih alternativa pri osnivanju šuma u Belgiji.

U području regionalnoga planiranja višekriterijski su modeli primijenjeni u radovima u kojima se iznose slučajevi o planiranju ili istraživanju učinkovitosti šumskoga gospodarenja na određenom nacionalnom ili regionalnom prostoru (Buongiorno i Svanquist 1982, Faith i dr. 1996, Liu i dr. 1998). Kangas i dr. (2001) analiziraju slučaj gospodarenja šumama u istočnoj Finskoj pomoću triju višekriterijskih tehnika: MAUT, ELECTRE i PROMETHEE. Primjenom DEA metode Kao (1998) mjeri učinkovitost šumskih okruga u Taiwanu, a Vennesland (2005) određuje učinkovitost potpora u regionalnom razvoju Norve-

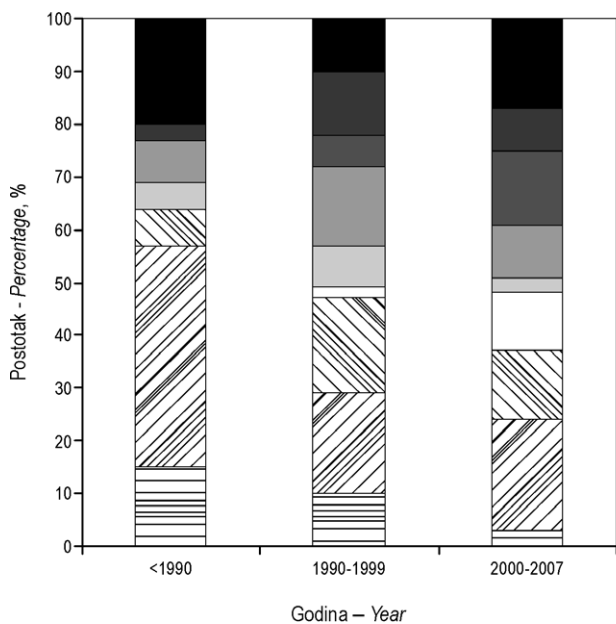


**Slika 2.** Brojnost objavljenih radova s višekriterijskim istraživanjima u šumarstvu

**Fig. 2** Number of published MCDM papers in forestry

ške. Hiltunen i dr. (2008) primjenjuju pet glasačkih metoda pri strateškom planiranju upravljanja u državnim šumama u Finskoj.

U šumarskoj industriji najveći se dio radova odnosi na procjenu učinkovitosti primjenom DEA me-



**Slika 3.** Zastupljenost višekriterijskih radova u pojedinim područjima

**Fig. 3** Relative share of MCDM papers in different forestry topics

**Kazalo - Legend:**

- Ostalo - Other
- Rizik i neizvjesnost - Risk and uncertainty
- Šumarska industrija - Forestry industry
- Regionalno planiranje - Regional planning
- Pošumljavanje - Forestation
- Održivo gospodarenje - Forest sustainability
- Očuvanje biološke raznolikost - Forest biodiversity
- Prošireno iskorištavanje šuma - Extended harvesting
- Pridobivanje drva - Harvesting

todologije. Tako, primjerice, Yin (1998) ocjenjuje učinkovitost 44 tvrtke za proizvodnju papira u Americi, Nyrud i Bergseng (2002) analiziraju učinkovitost 200 pilana u Norveškoj, Sowlati i Vahid (2006) ocjenjuju efikasnost kanadske drvne industrije, a Diaz-Balteiro i dr. (2006) istražuju učinkovitost inovacija u drvnjoj industriji Španjolske.

Nesigurnost i rizik izrazito su prisutni u šumarstvu u kojem nepotpuni podaci i nedostatne informacije pri planiranju i odlučivanju vrlo često ne dopuštaju precizne procjene i planove. MAUT tehnike pritom su najčešći višekriterijski pristup problemu nesigurnosti i rizika (Pukkala 1998, Lexer i dr. 2000, Ananda i Herath 2005). Leskinen i dr. (2006) primjenjuju AHP za procjenu nesigurnosti povezane s preferencijama šumovlasnika u Finskoj, a Kangas (2006) pomoću SMAA metode analizira rizike u konkretnom procesu donošenja odluka.

Navedeni radovi tek su neki primjeri provedenih istraživanja. U posljednjih tridesetak godina u vodećim je svjetskim časopisima objavljeno preko 250 višekriterijskih radova koje Diaz-Balteiro i Romero (2008) razvrstavaju po područjima i metodama. Sama klasifikacija radova pritom ne može biti precizna jer se neki radovi mogu razvrstati u više područja ili je u njima primijenjeno više metoda. Neke je radove, također, teško strogo razvrstati u pojedino područje. Pregled provedenih istraživanja ipak daje informaciju o vrsti problema i primijenjenim modelima višekriterijskoga odlučivanja u šumarstvu. Slike 2 i 3 prikazuju brojnost radova prema zastupljenosti u pojedinim područjima.

#### **4. Rezultati i istraživanja provedena u hrvatskom šumarstvu – *Results and investigations conducted in Croatian forestry***

U ovom će se poglavlju prikazati istraživanja u kojima su primijenjeni modeli višekriterijskoga odlučivanja, a provedena su u hrvatskom šumarstvu. Istraživanja su provedena u okviru znanstvenoistraživačkoga projektnoga zadatka za Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. Za svako provedeno istraživanje, odnosno objavljeni rad opisać će se osnovne postavke rada i prikazati glavni rezultati.

##### **(a) Izbor radne metode pri proredi šumskih sastojina (Šegotić i dr. 2003)**

Članak se temelji na ocjeni djelotvornosti radnih metoda u proredama šumskih sastojina. Istraživanjima je obuhvaćena primjena pet različitih metoda rada i opreme na sječi i privlačenju drva u proredama. Analiza i ocjena radnih metoda obavljena je

putem AHP metodologije pri čemu su za usporedbe korišteni sljedeći kriteriji: proizvodnost rada, potrošnja goriva i maziva pri sječi i izradi, oštećivanje sastojine iskazano štetama na tlu i stablima, te duljina rada motornom pilom i izloženost buci kao ergonomski čimbenici. Formiranje hijerarhijske strukture kriterija i proračuni u programskom paketu Expert Choice omogućili su rangiranje radnih metoda i donošenje zaključaka o izboru najprikladnijih metoda s obzirom na postavljene kriterije. Pritom se naglašava da se pri oblikovanju šumskih radova analizirani kriteriji ne mogu promatrati odvojeno, već da se u nastojanjima za što učinkovitijim obavljanjem šumskih radova, osim povećanju proizvodnosti rada pažnja treba posvetiti i ergonomskim, ekološkim i drugim kriterijima. Na taj su način pokazane mogućnosti primjene AHP metode u unapređenju organizacije rada u proredama šumskih sastojina.

##### **(b) Učinkovitost prijevoza drva kamionskim skupovima određena analizom omeđivanja podataka (Šporčić i dr. 2006)**

U radu se primjenom DEA metodologije određuje učinkovitost prijevoza drva kamionskim skupovima u hrvatskom šumarstvu. Osnovnim DEA modelima za 12 radnih jedinica mehanizacije i transporta utvrđena je razina relativne učinkovitosti u prijevozu drva koji one obavljaju u okviru poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb. Za ocjenu učinkovitosti prijevoza analizirani su podaci koje je na temelju godišnjih poslovnih izvješća i ostvarenih vrijednosti na prijevozu drva sastavila Proizvodna služba Hrvatskih šuma. Pri tome su kao ulazi u primijenjene modele odabrane po dvije varijable za inpute i outpute. Kao inputi u istraživanje su uključeni broj sredstava rada (kamionski skupovi) i poslovni rashodi, a outputi su predstavljeni obujmom prevezenoga drva i ostvarenim prihodom u pojedinim radnim jedinicama. Rezultati su istraživanja omogućili utvrđivanje najuspješnijih jedinica te određivanje iznosa i izvora neučinkovitosti ostalih jedinica.

##### **(c) Rangiranje radnih jedinica u hrvatskom šumarstvu (Šegotić i dr. 2007)**

U ovom su članku primijenjene dvije metode višekriterijskoga odlučivanja, AHP i DEA metoda. Pomoću njih su rangirane radne jedinice mehanizacije »Hrvatskih šuma« d.o.o. Zagreb. Određivanje uspješnosti radnih jedinica obavljeno je s obzirom na njihov poslovni rezultat i količinu opasnoga otpada nastaloga u održavanju šumarske mehanizacije. U rezultatima je istraživanja utvrđeno da su pojedine radne jedinice, iako imaju različite pojedinačne rezultate prilikom određivanja uspješnosti i učinkovitosti AHP odnosno DEA metodom, otprilike jednako

rangirane bez obzira na to koja je metoda primijenjena. Odnosno, utvrđeno je da su najbolje jedinice po AHP metodi, najbolje i po DEA metodi.

**(d) Ocjena uspješnosti poslovanja organizacijskih cjelina u šumarstvu neparаметarskim modelom (Šporčić 2007)**

Primjenom DEA metode ocijenjena je uspješnost organizacijskih cjelina u hrvatskom šumarstvu. U istraživanju je uključeno 48 šumarija kao predstavnici četiriju glavnih regija u hrvatskom šumarstvu: ravninskih poplavnih šuma, brdskih šuma središnjega dijela, gorskih šuma i sredozemnih krških šuma. Svaka od regija zastupljena je u analizama s dvije uprave šuma podružnice, odnosno sa šest šumarija iz svake uprave šuma. Kao inputi u model su uključeni površina, drvena zaliha, ukupni troškovi i broj zaposlenika. Outputi su u istraživanjima predstavljani ukupnim prihodima, etatom, investicijama u infrastrukturu i biološkom obnovom šuma. Rezultati relativne učinkovitosti određeni su na temelju izračuna CCR i BCC modela usmjerenih outputima. Prikazani su podaci o frekvencijama relativno učinkovitih jedinica u referentnim skupovima neučinkovitih jedinica. Utvrđeni su udjeli projiciranih vrijednosti inputa i outputa u empirijskim vrijednostima te su utvrđeni izvori i iznosi neučinkovitosti. Prikazan je utjecaj strukturnih karakteristika na relativnu učinkovitost šumarija i analizirane su razlike u učinkovitosti među upravama šuma i regija. Utvrđeni su čimbenici složenosti radno-proizvodnoga okruženja te je analiziran njihov odnos s rezultatima relativne učinkovitosti kao i odnos relativne učinkovitosti i ekonomskih pokazatelja poslovanja.

Utvrđeno je da prosječna relativna tehnička učinkovitost analiziranih jedinica iznosi 82,9 % prema CCR modelu, odnosno 90,4 % prema BCC modelu te da učinkovitost s obzirom na opseg djelovanja iznosi 91,9 %. Rezultati pokazuju da prosječno najvišu razinu učinkovitosti imaju šumarije s površinom od 10 do 15 000 hektara, odnosno šumarije koje gospodare s 200 – 300 m<sup>3</sup>/ha drvene zalihe. Također je utvrđeno da relativno veću razinu učinkovitosti postižu jedinice u kontinentalnim regijama te da između složenosti radno-proizvodnoga okruženja i relativne učinkovitosti postoji snažna korelacija.

**(e) Analiza omeđivanja podataka kao metoda mjerenja efikasnosti – mogućnosti primjene u šumarstvu (Šporčić i dr. 2007)**

U članku se opisuju mogućnosti primjene DEA metode u šumarstvu te obrazlaže važnost modela i tehnika koji mogu pridonijeti lakšem analiziranju, planiranju i predviđanju u gospodarenju šumama. Objašnjava se koncept relativne učinkovitosti i obra-

zlažu matematičko-statističke osnove DEA metode. Uspoređuju se tradicionalne tehnike mjerenja učinkovitosti i DEA te opisuju prednosti i nedostaci DEA metode. Pregledom dijela provedenih istraživanja prikazani su primjeri primjene DEA metode u šumarstvu. Temeljem prikazanih primjera, karakteristika DEA metode i opisanih mogućnosti primjene zaključuje se da DEA u šumarstvu, jednako kao u mnogim drugim poslovnim sustavima, može biti vrlo snažna podrška planiranju i odlučivanju.

**(f) Primjena DEA metode u ekološkom istraživanju održavanja šumske mehanizacije (Šporčić i dr. 2009)**

U istraživanju se razmatraju tehnike ocjenjivanja učinkovitosti primjenjive pri uspoređivanju organizacija koje upravljaju / gospodare okolišem pri čemu njihovu uspješnost osim novčane dobiti određuje i ekološka dimenzija poslovanja. U šumarstvu se pritom, s ekološkoga stajališta, uporaba strojeva pri šumskim radovima i problematika ekoloških standarda pri održavanju mnogobrojne šumarske mehanizacije ističu kao jedan od najvažnijih pritisaka na šumske ekosustave. Tako je primjenom DEA metode ocijenjena poslovna uspješnost i ekološka učinkovitost 13 radnih jedinica u hrvatskom šumarstvu, pri čemu su kao inputi uzeti brojnost zaposlenika i broj mehaniziranih sredstava rada, a kao outputi poslovni rezultat radnih jedinica i količine opasnoga otpada (otpadne gume, kruti otpad i otpadno ulje) nastalo pri održavanju mehanizacije.

**(g) Višekriterijsko odlučivanje kao podrška u gospodarenju šumama – modeli i iskustva (Šporčić i dr. 2010)**

U članku se prikazuju višekriterijski modeli koji u šumarstvu mogu poslužiti kao podrška u planiranju i odlučivanju. Ukratko je opisano i uspoređeno više metoda među kojima su: analiza omeđivanja podataka, analitički hijerarhijski proces, jednostavno višeatributno rangiranje, metode višega ranga i dr. Cilj je bio pojasniti za koje se vrste zadataka i problema takve metode mogu primijeniti u šumarstvu. Time je omogućen uvid u karakteristike pojedinih metoda i pomoć u odabiru mogućih metoda u eventualnoj primjeni. Uloga i značenje višekriterijskih modela u šumarstvu opisuje se također brojnim primjerima i izvorima u kojima su primijenjeni različiti modeli.

**(h) Višekriterijski model za optimalan izbor tvrtki drvne industrije (Moro i dr. 2010)**

U radu se prikazuje višekriterijski model koji je izrađen radi primjene pri raspodjeli financijskih potpora u drvnoj industriji. Odjel za drvnu industriju



**Tablica 2.** Pregled i usporedba osnovnih informacija o provedenim istraživanjima  
**Table 2** Overview and comparison of basic information on conducted investigations

Rad <i>Reference</i>	Vrsta modela <i>Type of model</i>	Primjer sa stvarnim podacima <i>Illustration with real data</i>	Priroda i vrsta problema <i>Nature and context of the problem</i>	Broj i vrsta kriterija <i>Number and type of criteria</i>	Broj alternativa/ jedinica <i>Number of alternatives/ DMUs</i>
a	AHP	Da Yes	Rangiranje metoda rada u proredama <i>Selection of work method in forest stand thinnings</i>	1. produktivnost, 2. oštećivanje, 3.ergonomija, 4. energija <i>1. productivity, 2. stand damage, 3. ergonomics, 4. energy</i>	5
b	DEA	Da Yes	Ocjena radnih jedinica mehanizacije HŠ <i>Evaluation of HŠ working units</i>	1. radna sredstva, 2. rashodi, 3. obujam drva, 4. prihodi <i>1. work means, 2. expenses, 3. wood volume, 4. income</i>	12
c	AHP, DEA	Da Yes	Poslovanje radnih jedinica i šumska mehanizacija <i>Business activity and forestry mechanization</i>	1. zaposlenici, 2. radna sredstva, 3. poslovni rezultat, 4. opasni otpad <i>1. employees, 2. work means, 3. financial result, 4. hazardous.waste</i>	9
d	DEA	Da Yes	Učinkovitost organizacijskih jedinica šumarstva <i>Efficiency of forestry organizational units</i>	1. površina, 2. drvna zaliha, 3. troškovi, 4. zaposleni, 5. prihod, 6. etat, 7. investicije, 8. biol. obnova <i>1. land, 2. growing stock, 3. costs, 4. employees, 5. revenues, 6. timber, 7.investments, 8. biological renewal</i>	48
e	DEA	NE No	Primjena u šumarstvu <i>Application in forestry</i>	-	-
f	DEA	Da Yes	Poslovna i ekološka učinkovitost radnih jedinica <i>Business and ecological efficiency of working units</i>	1. radnici, 2. radna sredstva, 3. dobit/gubitak, 4. količina otpada <i>1. labour, 2. work means, 3. profit, 4 volume of waste</i>	13
g	DEA, AHP, SMART, Outsanking SMAA ...	Da Yes	Primjeri i mogućnosti primjene u šumarstvu <i>Examples and possibilities of application in forestry</i>	Izvori s različitim brojem i vrstom kriterija odnosno alternativa <i>References with different number and kind of criteria and alternatives</i>	
h	DEA	Da Yes	Rangiranje tvrtki drvne industrije <i>Ranking of wood industry companies</i>	1. dužina poslovanja, 2. zaposlenici, 3. prihod, 4. udio izvoza <i>1. company age, 2. employees, 3. income, 4. share of export.</i>	31

Ministarstva regionalnoga razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva raspisao je natječaj za dodjelu nepovratnih sredstava za razvoj tvrtki drvne industrije i proizvodnje namještaja u Hrvatskoj. Na natječaj se prijavilo više tvrtki koje su predale tražene podatke o poslovanju i predložile određene projekte. U tome je prepoznat problem višekriterijskoga odlučivanja i razvijen je model za optimalan izbor tvrtki, odnosno dodjelu sredstava. Model je zasnovan na DEA metodi.

U tablici 2 prikazan je pregled i usporedba provedenih istraživanja prema vrsti modela primijenjena u radu, prirodi problema i područja šumarstva, broju i vrsti postavljenih kriterija te broju promatranih alternativa, odnosno uspoređivanih jedinica (donošitelja odluke).

## 5. Rasprava i zaključci – Discussion and conclusions

Djelotvorno gospodarenje šumama ubraja se u rješavanje svjetskih problema u vezi s energijom, sirovinama i kvalitetom života. Planiranje i odlučivanje u šumskom gospodarenju pritom je instrument od središnje važnosti, jednako za usmjeravanje šumskih uprava i poduzeća u gospodarenju šumama te za osiguranje javnoga interesa u donošenju odluka vezanih uz šumarstvo. U šumarstvu mnogih zemalja oni koji upravljaju (gospodare) šumama kao podloge pri donošenju odluka koriste se različitim matematičkim modelima. U tom smislu primjena različitih metoda i modela višekriterijskoga odlučivanja može šumarstvu pružiti potrebnu podršku u planiranju i odlučivanju.

Općenito, pod donošenjem odluke razumjeva se izbor neke od alternativa kojima se rješava dani problem. U postupku višekriterijskoga odlučivanja oni koji donose odluke rangiraju skup alternativnih rješenja i odabiru ono rješenje koje po vlastitim preferencijama smatraju najboljim. Da bi se rangiranje moglo obaviti, moraju se postaviti kriteriji koji su relevantni i po mišljenju donositelja odluke značajni za određeni problem. U rangiranju različitih alternativa svaka od alternativa ocjenjuje se s obzirom na svaki od postavljenih kriterija i donosi se prijedlog odluke odnosno odabire najbolje rangirana alternativa. Naglasak je pritom na tome da se prijedlog odluke temelji i donosi na racionalnim argumentima.

Planiranje i odlučivanje u šumarstvu je naglašeno složeno zbog višestrukih ciljeva gospodarenja šumama, odnosno zbog mnogobrojnosti i širokoga raspona teško usporedivih, ali i suprotstavljenih kriterija i interesa koji utječu na proces odlučivanja. Višekriterijske metode pritom mogu olakšati proces donošenja odluka i time umanjiti mnoge izazove u današnjem zahtjevnom i složenom planiranju šumskoga gospodarenja. O tome pišu mnogi autori, npr. Tarp i Helles (1995), Krč (1999), Kangas i Kangas (2005), Herath i Prato (2006) i dr. Svakako da višekriterijsko odlučivanje i operacijska istraživanja pritom ne mogu riješiti sva pitanja i probleme u šumarstvu, ali mogu poslužiti kao platforma na kojoj se rezultati različitih znanstvenih područja mogu sveobuhvatno iskoristiti u procesu odlučivanja.

Također je potrebno istaknuti da rukovođenje bilo kojom organizacijom zahtijeva sposobnost učinkovite procjene i analize informacija generiranih u poslovnom procesu. Kod organizacija, kakve su šumarske tvrtke, koje gospodare prirodnim resursima i donošenjem poslovnih odluka utječu na okoliš, to je s gledišta ekološke obazrivosti i okolišnoga menadžmenta još kritičnije. Razvoj i primjena metoda koje do sada nisu tradicionalno korištene u rukovođenju takvih organizacija i djelatnosti, menadžmentu može pružiti vrijednu pomoć na strateškoj, taktičkoj i/ili operativnoj razini planiranja i odlučivanja. Neke od metoda koje su u tom smislu posljednjih godina doživjele široku primjenu su npr. analitički hijerarhijski proces (AHP) i analiza omeđivanja podataka (DEA).

U radu se, osim navedenih, prikazuju i ostale glavne metode višekriterijskoga odlučivanja: višatributna teorija korisnosti (MAUT), metode višega ranga, glasačke tehnike i analiza stohastičke višekriterijske prihvatljivosti (SMAA). Opisuju se njihove osnovne značajke te daje kratak pregled i analiza problema i područja u kojima su dosada primijenjene u šumarstvu. Posebno se prikazuju istraživanja koja su u posljednjih nekoliko godina provedena u

hrvatskom šumarstvu. Cilj je bio pružiti informaciju o dosadašnjim iskustvima, uloziti i značajnu višekriterijskoga odlučivanja i na taj način pridonijeti tomu da šumarska struka razvije svijest o značenju i mogućoj ulozi koju višekriterijski modeli odlučivanja mogu imati u šumarstvu. Isto tako, brojni citirani radovi mogu biti vrijedan izvor referencija studentima, istraživačima, stručnjacima i šumarskim praktičarima. Rezultati pokazuju da je u šumarskoj literaturi u posljednjih tridesetak godina objavljen značajan broj radova u kojima se višekriterijski modeli primjenjuju u različitim šumarskim problemima i područjima kao što su: pridobivanje drva i iskorištavanje šuma, biološka raznolikost, održivo gospodarenje, regionalno planiranje i dr. Broj objavljenih radova u pojedinim godinama također upućuje na povećanu primjenu višekriterijskih istraživanja u šumarstvu i vrlo visoku stopu porasta brojnosti takvih radova u posljednjim godinama. S obzirom na učestalost i brojnost višekriterijskih istraživanja u svijetu u hrvatskom je šumarstvu primjena višekriterijskih modela još uvijek nedovoljno zastupljena. Uglavnom se radi o povremenim istraživanjima koja se većinom odnose na ocjenu učinkovitosti u gospodarenju šumama. Provedena istraživanja ipak upućuju na svrhovitost i opravdanost primjene višekriterijskih matematičkih modela i ističu mogućnosti primjene višekriterijskoga planiranja i odlučivanja s uključenim multifunkcionalnim zadaćama šume i naglašenim zahtjevima održanja biološke raznolikosti, sposobnosti obnavljanja, trajnoga očuvanja šuma i sl. Pokazuje se kako metode višekriterijskoga odlučivanja mogu poslužiti za analizu problema odlučivanja i pomoći u donošenju najbolje moguće ili barem zadovoljavajuće odluke te na taj način pridonijeti pouzdanijemu planiranju i objektivnijemu odlučivanju u šumarstvu.

## 6. Literatura – References

- Ananda, J., G. Herath, 2003: The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning. *Forest Policy and Economics*, 5(1): 13–26.
- Ananda, J., G. Herath, 2005: Evaluating public risk preferences in forest land-use choices using multi-attribute utility theory. *Ecological Economics*, 55(3): 408–419.
- Arp, P. A., D. R. Lavigne, 1982: Planning with goal programming: a case study for multiple use of forested land. *Forestry Chronicle*, 58(5): 225–232.
- Bogetoft, P., B. J. Thorsen, N. Strange, 2003: Efficiency and merger gains in the Danish Forestry Extension Service. *Forest Science*, 49(4): 585–595.

- Brans, J. P., Ph. Vincke, B. Mareschal, 1986: How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2): 228–238.
- Buongiorno, J., N. H. Svanquist, 1982: A separable goal programming model of the Indonesian forestry sector. *Forest Ecology and Management*, 4(1): 67–78.
- Charnes, A., W. Cooper, A. Lewin, L. Seiford, 1994: *Data envelopment analysis, theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Diaz-Balteiro, L., C. Romero, 1998: Modeling timber harvest scheduling problems with multiple criteria: an application to Spain. *Forest Science*, 44(1): 47–57.
- Diaz-Balteiro, L., A. C. Herruzo, M. Martinez, J. González-Pachón, 2006: An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Forest Policy and Economics*, 8(7): 762–773.
- Diaz-Balteiro, L., C. Romero, 2008: Making forestry decisions with multiple criteria – a review and an assessment. *Forest ecology and management*, 255(8–9): 3222–3241.
- Faith, O. P., P. A. Walker, J. R. Ive, L. Belbin, 1996: Integrating conservation and forestry production: exploring trade-offs between biodiversity and production in regional land-use assessment. *Forest ecology and management*, 85(1–3): 251–260
- Field, D. B., 1973: Goal programming for forest management. *Forest Science*, 19(2): 125–135.
- Gilliams, S., D. Raymaekers, B. Muys, J. Orshoven, 2005: Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 49(1): 142–158.
- Hallefjord, A., K. Jornsten, O. Eriksson, 1986: A long range forestry planning problem with multiple objectives. *European Journal of Operational Research*, 26(1): 123–133.
- Heinonen, T., T. Pukkala, 2004: A comparison of one- and two-compartment neighbourhoods in heuristic search with spatial forest management goals. *Silva Fennica*, 38(3): 319–332.
- Herath, G., T. Prato, 2006: *Using multi-criteria decision analysis in natural resource management*. Ashgate publishing, Hampshire, England, 239 str.
- Hiltunen, V., J. Kangas, J. Pykäläinen, 2008: Voting methods in strategic forest planning – Experiences from Metsähallitus. *Forest Policy and Economics*, 10(3): 117–127.
- Howard, A. F., J. D. Nelson, 1993: Area-based harvest scheduling and allocation of forest land using methods for multiple-criteria decision making. *Canadian Journal of Forest Research*, 23 (2): 151–158.
- Huth, A., M. Drechsler, P. Kohler, 2005: Using multicriteria decision analysis and a forest growth model to assess impacts of tree harvesting in Dipterocarp lowland rain forests. *Forest Ecology and Management*, 207(1–2): 215–232.
- Hyberg, B. T., 1987: Multiattribute decision theory and forest management; a discussion and application. *Forest Science*, 33(4): 835–845.
- Kahraman, C., 2008: *Fuzzy multi-criteria decision making: theory and applications with recent developments*. Berlin/Heidelberg, 591 str.
- Kajanus, M., J. Kangas, M. Kurttila, 2004: The use of value focused thinking and the A'WOT hybrid method in tourism management. *Tourism Management*, 25(4): 499–506.
- Kangas, J., 1992: Multiple-use planning of forest resources by using analytic hierarchy process. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 7(1–4): 259–268.
- Kangas, J., 1993: A multi-attribute preference model for evaluating the reforestation chain alternatives of a forest stand. *Forest Ecology and Management*, 59(3–4): 271–288.
- Kangas, J., 1994: An approach to public participation in strategic forest management planning. *Forest Ecology and Management*, 70(1–3): 75–88.
- Kangas, A., J. Kangas, J. Pykalainen, 2001: Outranking methods as tools in strategic natural resources planning. *Silva fennica*, 35(2): 215–227.
- Kangas, J., J. Hokkanen, A. Kangas, R. Lahdelma, P. Salminen, 2003: Applying stochastic multicriteria acceptability analysis to forest ecosystem management with both cardinal and ordinal criteria. *Forest Science*, 49(6): 928–937.
- Kangas, J., A. Kangas, 2003: Multicriteria approval and SMAA-O in natural resource decision analysis with both cardinal and ordinal criteria. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 12(1): 3–15.
- Kangas, J., R. Store, A. Kangas, 2005: Socioecological landscape planning approach and multicriteria acceptability analysis in the multiple-purpose forest management. *Forest Policy and Economics*, 7(4): 603–614.
- Kangas, J., A. Kangas, 2005: Multiple criteria decision support in forest management – the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest ecology and management*, 207(1–2): 133–143.
- Kangas, A., 2006: The risk of decision making with incomplete criteria weight information. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(1): 195–205.
- Kangas, A., J. Kangas, R. Lahdelma, P. Salminen, 2006: Using SMAA-2 method with dependent uncertainties for strategic forest planning. *Forest Policy and Economics*, 9(2): 113–125.
- Kant, S., S. Lee, 2004: A social choice approach to sustainable forest management: an analysis of multiple forest values in Northwestern Ontario. *Forest Policy and Economics*, 6(3–4): 215–227.
- Kao, C., 1998: Measuring the efficiency of forest districts with multiple working circles. *Journal of the Operational Research Society*, 49(6): 583–590.
- Kao, C., J. D. Brodie, 1979: Goal programming for reconciling economic, even flow and regulation objectives in forest

- harvest scheduling. *Canadian Journal of Forest Research*, 9(4): 525–531.
- Keeney, R. L., H. Raiffa, 1976: Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs. John Wiley & Sons, NY.
- Koksalan, M. M., S. Zionts, 2001: Multiple criteria decision making in the new millennium. Springer, Berlin/Heidelberg, 478 str.
- Krč, J., 1999: Večkriterijalno dinamično vrednotenje tehnoloških, ekonomskih, socialnih in ekoloških vplivov na gospodarjenje z gozdovi. Disertacija, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 174 str.
- Kurttila, M., J. Pykalainen, P. Leskinen, 2006: Defining the forest landowner's utility-loss compensative subsidy level for a biodiversity object. *European Journal of Forest Research*, 125(1): 67–78.
- Lahdelma, R., J. Hokkanen, P. Salminen, 1998: SMAA – Stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 106(1): 137–143.
- Laukkanen, S., A. Kangas, J. Kangas, 2002: Applying voting theory in natural resource management: a case of multiple-criteria group decision support. *Journal of Environmental Management*, 64(2): 127–137.
- Laukkanen, S., T. Palander, J. Kangas, A. Kangas, 2005: Evaluation of the multicriteria approval method for timber-harvesting group decision support. *Silva Fennica*, 39(2): 249–264.
- LeBel, L. G., 1996: Performance and efficiency evaluation of logging contractors using Data envelopment analysis. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, 201 str.
- Leskinen, P., J. Viitanen, A. Kangas, J. Kangas, 2006: Alternatives to incorporate uncertainty and risk attitude in multicriteria evaluation of forest plans. *Forest Science*, 52(3): 304–312.
- Lexer, M. J., K. Honniger, H. Scheifinger, C. Matulla, N. Groll, H. Kromp Kolb, 2000: The sensitivity of central European mountain forests to scenarios of climatic change: methodological frame for a large-scale risk assessment. *Silva Fennica*, 34(2): 113–129.
- Liu, A., A. Collins, S. Yao, 1998: A multi-objective and multi-design evaluation procedure for environmental protection forestry. *Environmental and Resource Economics*, 12(2): 225–240.
- Maness, T., R. Farrell, 2004: A multi objective scenario evaluation model for sustainable forest management using criteria and indicators. *Canadian Journal of Forest Research*, 34 (10): 2004–2017.
- Maystre, L. Y., J. Pictet, J. Simos, 1994: Methodes multicriteres ELECTRE. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Switzerland.
- Mendoza, G. A., R. Prabhu, 2003: Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. *Forest Ecology and Management*, 174(1–3): 329–343.
- Mendoza, G. A., W. J. Dalton, 2005: Multi-stakeholder assessment of forest sustainability: multi-criteria analysis and a case of the Ontario forest assessment system. *Forestry Chronicle*, 81(2): 222–228.
- Moro, M., M. Šporčić, K. Šegotić, A. Pirc, R. Ojurović, 2010: The multi-criteria model for optimal selection of croatian wood industry companies. Proceedings of International scientific conference Wood processing and furniture manufacturing: present conditions, opportunities and new challenges, Vyhne, Slovakia, 6–8. October 2010, str. 117–123.
- Nousiainen, I., L. Tahvanainen, L. Tyrvaainen, 1998: Landscape in farm-scale land-use planning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13(1–4): 477–487.
- Nyrud, A. Q., E. R. Bergseng, 2002: Production efficiency and size in Norwegian sawmilling. *Scand. J. For. Res.*, 17: 566–575.
- Pauwels, D., P. Lejeune, J. Rondeux, 2007: A decision support system to simulate and compare silvicultural scenarios for pure even-aged larch stands. *Annals of Forest Science*, 64(3): 345–353.
- Pukkala, T., 1998: Multiple risks in multi-objective forest planning integration and importance. *Forest Ecology and Management*, 111(2–3): 265–284.
- Rauscher, H. M., F. T. Lloyd, D. L. Loftis, M. J. Twery, 2000: A practical decision-analysis process for forest ecosystem management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 27(1–3): 195–226.
- Rothley, K. D., 1999: Designing bioserve networks to satisfy multiple, conflicting demands. *Ecological Applications*, 9(3): 741–750.
- Saty, T. L., 1980: The analytical hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
- Sarkis, J., J. Weinrach, 2001: Using data envelopment analysis to evaluate environmentally conscious waste treatment technology. *Journal of Cleaner Production*, 9(5): 417–427.
- Sowlati, T., S. Vahid, 2006: Malmquist productivity index of the manufacturing sector in Canada from 1994 to 2002, with a focus on the wood manufacturing sector. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(5): 424–433.
- Šegotić, K., M. Šporčić, I. Martinić, 2003: The choice of a working method in forest stand thinning. SOR 03 Proceedings – The 7<sup>th</sup> International Symposium on Operational Research in Slovenia, Podčetrtek, Slovenia, September 24–26, 2003, str. 153–159.
- Šegotić, K., M. Šporčić, I. Martinić, 2007: Ranking of the mechanisation working units in the forestry of Croatia. SOR '07, Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Operational Research, Nova Gorica, Slovenia, September 26–28, 2007, str. 247–251.
- Šporčić, M., 2007: Ocjena uspješnosti poslovanja organizacijskih cjelina u šumarstvu neparаметarskim modelom (Evaluation of business success of organisational units in

forestry by nonparametric model). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–112 + VIII.

Šporčić, M., K. Šegotić, I. Martinić, 2006: Efikasnost prijevoza drva kamionskim skupovima određena analizom omeđivanja podataka (Efficiency of wood transport by truck assemblies determined by Data Envelopment Analysis). Glasnik za šumske pokuse, pos. izdanje 5: 679–691.

Šporčić, M., I. Martinić, M. Landekić, M. Lovrić, 2008: Analiza omeđivanja podataka kao metoda efikasnosti – mogućnosti primjene u šumarstvu (*Data Envelopment Analysis as the efficiency measurement tool – possibilities of application in forestry*). Nova mehanizacija šumarstva, 29: 51–59.

Šporčić, M., I. Martinić, M., Landekić, M., Lovrić, 2009: Measuring efficiency of organisational units in Forestry by nonparametric model. Croatian Journal of Forest Engineering, 30(1): 1–13.

Šporčić, M., I. Martinić, K. Šegotić, 2009: Application of Data Envelopment Analysis' in ecological research of maintenance of forestry mechanisation. Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering, 55(10): 599–608.

Šporčić, M., M. Landekić, M. Lovrić, S. Bogdan, K. Šegotić, 2010: Višekriterijsko odlučivanje kao podrška u gospodarenju šumama – modeli i iskustva (*Multiple criteria decision making in forestry – methods and experiences*). Šumarski list, 134(5–6): 275–286.

Tarp, P., F. Helles, 1995: Multi-criteria decision making in forest management planing – an overview. Journal of Forest Economics, 1(3): 273–306.

Triantaphyllou, E., 2000: Multi-criteria decision making methods: a comparative study. Kluwer, Dordrecht, Netherlands, 288 str.

Vennesland, B., 2005: Measuring rural economic development in Norway using data envelopment analysis. Forest Policy and Economics, 7(1): 109–119.

Venter, S.N., A.L. Kühn, J. Harris, 1998: A method for the prioritization of areas experiencing microbial pollution of surface water. Water Science and Technology, 38(12): 23–27.

Vincke, Ph., 1992: Multi-criteria decision aid. Wiley, New York.

Walker, H. D., 1985: An alternative approach to goal programming. Canadian Journal of Forest Research, 15(2): 319–325.

Wolfslehner, B., H. Vacik, M.J. Lexer, 2005: Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. Forest Ecology and Management, 207(1–2): 157–170.

Yin, R., 1998: DEA: a new methodology for evaluating the performance of forest products producers. Forest Products Journal, 48(1): 29–34.

---

### Abstract

---

## Planning and Decision Making Models in Forestry

*Forest resources and related benefits represent an important part of fulfilling the human need for energy, raw materials and quality of life. These potential benefits of forests cover a broad specter of goods and services. Among other things, they include: wood, recreation, water, soil preservation, game, scenic beauty, etc. Many of these benefits and services can be simultaneously gained from forest stands. And still there are many debates on how to manage forests and to what purpose, while many countries have legislation that prescribes forest management and/or protects certain functions of forests, where the basic postulate of forest management is the multifunctional use of forests. In this manner the crucial economical, ecological and social functions of forests are fulfilled. Forest management should enable careful use of forests and forest land in the process of procurement of respective products and services. In that sense, the planning, decisions regarding the use of forests and forest land, specificities of management of respective resources, productivity and stability of forest functions have an important bearing on sustainable and effective management of forests.*

*Planning and management of forest resources represents a very complex task mainly for its multitude and a broad specter of criteria used in the decision making process. That means that any decision making is under different influences, and that any decision made has further influence on various aspects of nature. These influences and criteria include: a) economical issues – wood production, non-wood forest products, game management, hunting; b) ecological and environmental issues – soil erosion, watershed regulation, biodiversity, carbon sink, scenic beauty, influence on climate; c) social issues – recreational activities, tourism, employment, rural development, etc. Moreover, the complexity of a large proportion of forestry issues is increasing due to the way in which interest and social groups and organizations perceive the relative importance of specific criteria and appraise the management of forests, and assess the »goodness« of management of forest resources, accordingly. The importance of specific criteria and evaluation of forest management in that sense depends on personal standpoints and opinions of each individual or group. All of the above daily increases the complexity of forest management, worsening the management*

conditions and making planning and decision making in forestry very demanding. In such a situation the common application of multi-criteria decision making and different techniques of group decision making are becoming an important and potentially desirable way for solving forestry issues. It is considered that multi-criteria decision models and methods can provide to modern forestry, which has multiple aims and tasks, and a multitude of interest groups with often conflicting interests, a strong and flexible support to decision making. The emphasis is on the fact that the decision proposals and decision statements must be based on rational arguments. Some of the methods that lately have had a broad field of application are Analytical Hierarchy Process (AHP) and Data Envelopment Analysis (DEA).

Further to the above, this paper also presents many other methods of multi-criteria decision making; Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), Outranking methods, voting techniques and Stochastic Multiple-Criteria Acceptability Analysis (SMAA). Their basic features are presented, a short overview of each method is given and the areas of application in the field of forestry are indicated. Special attention is given to the researches that have been conducted in the Croatian forestry in the last few years. The aim was to provide information of the existing experiences, the actual role and significance of multiple-criteria decision making, and its future perspective. Many of the cited papers can be a valuable source of information to students, researchers, experts and forestry practitioners. The results show that in the last thirty years a significant number of papers dealing with multiple-criteria decision making models have been published, contributing to the awareness of forestry experts regarding the potential role of these models that could be applied in many aspects of forestry, such as: logging and forest utilization, biodiversity, sustainable management, regional planning, etc. The number of published papers in specific years also indicates an increasing trend of use of multiple-criteria decision making models in forestry, especially in the last few years. Considering the frequency of multiple-criteria research in the world, the application of such models in the Croatian forestry is still lagging behind. Mostly it involves periodical research focused on evaluation of effectiveness of forest management. These researches, however, point to the justification and possibility of application of multiple-criteria decision making in multifunctional forest management, with the emphases on sustainability of biodiversity, regeneration capacity and sustainable management. This paper also shows how multiple-criteria decision making can be used for analyzing the choice of the best or at least satisfactory decision, and thus contribute to more reliable planning and more objective decision making in forestry.

*Keywords:* forestry, forest management, multiple criteria decision making, MCDM methods, AHP, DEA, Outranking, MAUT, SMAA

---

**Adresa autorâ – Authors' address:**

Doc. dr. sc. Mario Šporčić  
e-pošta: sporcic@sumfak.hr  
Matija Landekić, dipl. inž. šum.  
e-pošta: mlandekic@sumfak.hr  
Marko Lovrić, dipl. inž. šum.  
e-pošta: mlovric@sumfak.hr  
Prof. dr. sc. Ivan Martinić  
e-pošta: martinic@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
HR – 10002 Zagreb  
HRVATSKA