

**INSTITUT ZA ŠUMARSTVO · INSTITUTE OF FORESTRY · BEOGRAD**

# **ZBORNİK RADOVA**

**COLLECTION  
TOM 48-49**

**Yu ISSN 0354-1894**



**BEOGRAD  
2003.**

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO • INSTITUTE OF FORESTRY • BEOGRAD

# ZBORNİK RADOVA

COLLECTION  
TOM 48-49

Yu ISSN 0354-1894



BEOGRAD  
2003.

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO – BEOGRAD

Za izdavača:

Dr MILOŠ KOPRIVICA

•

Redakcioni odbor:

Dr VLADIMIR LAZAREV

Dr MILOŠ KOPRIVICA

Dr MIHAILO RATKNIĆ

Dr RADOVAN NEVENIĆ

Dr LJUBINKO RAKONJAC

Dr MARA TABAKOVIĆ-TOŠIĆ

•

Glavni i odgovorni urednik

Dr MARA TABAKOVIĆ-TOŠIĆ

•

Lektor:

MILUTIN VUJOVIĆ, novinar

•

Prevod na engleski:

Mr ANA TONIĆ

•

**Svi radovi su recenzirani**

•

Unos, priprema i računarski slog:

BOJANA SAVIĆ

•

Tiraž:

250 primeraka

Štampa: "Želnid", Beograd, Nemanjina 8

## SARDŽAJ • CONTENTS

*Pero Radonja, Zoran Popović*

- MODELIRANJE RASTA DUŽINE GRANA ODBAČENIH PAROGOVA JELENA (*Cervus elaphus* L.) NA PODRUČJU VELIKOG JASTREPCA  
• A modeling of the length of the red deer (*Cervus elaphus* L.) discarded antlers in the region of Veliki Jastrebac .....5

*Zoran Popović, Miloš Beuković, Dragan Gačić, Nenad Novaković*

- REZULTATI GAZDOVANJA POPULACIJOM JELENSKE DIVLJAČI (*Cervus elaphus* L.) • Results of deer (*Cervus elaphus* L.) management .....15

*Zagorka Tomić, Ljubinko Rakonjac*

- ILIRSKI POJAS BUKVE, JELE I SMRČE (*Piceo-Fago-Abietetum* Čol. 65) U JUGOZAPADNOJ SRBIJI • Ilirski pojas bukve, jele i smrče (*Piceo-Fago-Abietetum* Čol. 65) u jugozapadnoj Srbiji .....23

*Zoran Miletić, Milorad Veselinović, Snežana Stajić*

- UTICAJ SUPSTITUCIJE BUKOVE SASTOJINE KULTUROM DUGLAZIJE NA ERODIBILNOST ZEMLJIŠTA • Effect of beech stand substitution by Douglas-fir plantation on soil erodibility .....35

*Zoran Miletić, Milun Topalović, Vlado Čokeša*

- PROMENE SADRŽAJA PRISTUPAČNIH OBLIKA NAJVAŽNIJIH BIOGENIH ELEMENATA U ZEMLJIŠTU POSLE SUPSTITUCIJE BUKOVIH SASTOJINA SMRČOM I JELOM • Changed contents of available forms of the most important biogenic elements in the soil after the substitution of beech stands with spruce and fir .....44

*Milorad Veselinović, Vesna Golubović-Čurguz*

- PRODUKCIJA BIOMASE NEKIH TRAVNIH VRSTA NA DEPOSOLU REIK KOLUBARA • Biomass production of some grass species on REIK Kolubara .....55

*Tomislav Stefanović, Svetlana Bilibajkić, Sonja Braunović*

- ANALIZA ODNOSA MERENIH I SRAČUNATIH VRDNOSTI GUBITAKA ZEMLJIŠTA U USLOVIMA EKSPERIMENTALNE STANICE RALJA  
• Analysis of measured and calculated soil loss ratio in conditions of experimental station Ralja .....61

*Miroslava Marković*

- GLJIVA SHIITAKE I NJENE VIŠENAMENSKE FUNKCIJE  
• Fungus Shiitake and it's multiple functions .....69

<i>Tomislav Stefanović, Radovan Nevenić, Svetlana Bilibajkić, Nenad Marković</i> ISTRAŽIVANJE I OCENA PRA'ENJA EFEKATA VAZDUŠNIH ZAGAĐENJA NA ŠUME U OKVIRU PROGRAMA EU - ICP FORESTS • Study and assessment of monitoring air pollution effects on forests within the Program EU -ICP Forests.....	79
<i>Dejan Mitrović, Bratislav Matović</i> PROJEKCIJA TEHNOLOGIJE KORIŠĆENJA DRVETA U VEŠTAČKI PODIGNUTIM SAS TOJINAMA CRNOG I BELOG BORA NA PEŠTERS KOJ VISORAVNI • Projection of wood utilisation technology in artivicially established stands of Austria pine and Scots pine on Pešterska visoravan .....	88
<i>Miroslava Marković, Mara Tabaković-Tošić</i> EPIKSILNE GLJIVE - RAZARAČI DRVETA U IZDANAČKIM BUKOVIM ŠUMAMA ISTOČNE SRBIJE • Epixylous fungi - wood decaying fungi in coppie beech forests in East Serbia.....	96
<i>Pero Radonja</i> PREGLED POSTIGNUTIH VISINA DUGLAZIJE U SRBIJI GRUPIS ANIH PREMA NADMORSKIM VISINAMA ZASADA • A review of the reached heights of Douglas-fir in Serbia grouped with regard to the altitudes of the stands ....	104
<i>Pero Radonja</i> MONITORING UTICAJA NADMORSKE VISINE POREKLA PROVENIJENCIJA DUGLAZIJE NA VISINU KULTURA • Monitoring of an effect of origine altitude of Douglas-fir proveniencies on plant height .....	115

UDK 630\*522:58.033

Stručni rad

## PREGLED POSTIGNUTIH VISINA DUGLAZIJE U SRBIJI GRUPISANIH PREMA NADMORSKIM VISINAMA ZASADA

*Pero Radonja*

Izvod: U radu je dat pregled postignutih visina duglazije (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) u Srbiji grupisanih prema nadmorskoj visini zasada. U prvom delu rada posmatrane su desetogodišnje duglazije. U drugom delu rada u cilju grube provere dobijenih modela posmatrane su visine desetogodišnjih i petnaestogodišnjih smrča (*Picea excelsa*) na osnovu podataka iz literature. Pokazano je da se kod modeliranja posmatranih procesa mogu vrlo efikasno iskoristiti modeli bazirani na veštačkoj inteligenciji odnosno na neuronskim mrežama (NM). Prikazana je primena NM različitih struktura. U procesu modeliranja iskorišćene su dvoslojne NM bazirane na Levenberg-Marquardt-ovom algoritmu kao i NM sa radijalnim neuronima.

KLjučne reči: duglazija, smreka, modeliranje, predviđanje, neuronske mreže.

### A REVIEW OF THE REACHED HEIGHTS OF DOUGLAS-FIR IN SERBIA GROUPED WITH REGARD TO THE ALTITUDES OF THE STANDS

Abstract.- In this paper, the review of the reached heights of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco), in Serbia grouped with regard to the altitudes of the stands is done. In the first part of the paper plant heights of ten-year Douglas-fir is analyzed. In the second part of the paper, in the aim of obtained the coarse models verification, plant heights of ten-year and fifteen-year spruce (*Picea excelsa*), based on data from literature, are considered. It is shown that artificial intelligence, i.e., neural networks (NN), based models, can be used very effectively in process of modeling. The application of NN of different structure, is presented. A two layers NN based on the Levenberg-Marquardt algorithm and radial basis function NN are used in process of modeling.

Key words: Douglas-fir, spruce, modeling, prediction, neural networks.

---

*Dr Pero Radonja, viši naučni saradnik, Institut za šumarstvo, Beograd.*

\*Istraživanja je delom finansiralo MNTR Republike Srbije po projektu BTN.5.06.0516.A: Strukturne i proizvodne karakteristike veštački podignutih sastojina četinarara i predlog optimalnih mera gazdovanja.

## 1. UVOD

Poznato je da, generalno, razvoj kulture zavisi od karakteristika staništa. U ovom radu opšti pristup problemu ograničićemo na analizu postignutih visina duglazije i smrče vodeći računa samo o nadmorskoj visini zasada. Na raspolaganju su nam podaci o dostignutoj visini duglazije različitog doba razvoja koji potiču sa 11 različitih lokacija iz Srbije (Vrcelj-Kitić, 1982). Nadmorske visine oglednih polja i zasada su od 83 do 1000 m. Isto tako iz literature, (Stamenković i Vučković, 1988) korišćićemo podatke o dostignutim visinama smrče sa različitih nadmorskih visina. U analizi postignutih visina nećemo voditi računa o uticaju kvaliteta zemljišta kao i o klimatskim uslovima, geografskoj širini, osunčanosti itd. Drugim rečima posmatraćemo postignute visine duglazije i smrče grupisane jedino prema nadmorskoj visini oglednih polja i zasada. Ovo je utoliko opravdanije što za podatke koji imaju veliku varijaciju imamo na raspolaganju više merenja. Tako npr. za nadmorsku visinu od 450 m imamo podatke sa Goča, Majdanpeka i Kosmaja. Isto tako podaci sa Bukulje i Crnoljeva planine odnose se na nadmorsku visinu od 600 m.

Veliki broj odluka u vezi sa eksploatacijom i uvođenjem različitih kultura na različita staništa povezane su sa predviđanjem odnosno predikcijom toka razvoja posmatranih kultura. Predviđanja se dobijaju na osnovu manje ili više tačnih modela razvoja. Primetimo da je svrha razvoja i priroda dobijenih modela vrlo različita, (Johnsen *et al.*, 2001). U skladu s tim statistička i matematička oruđa iskorišćena za razvoj a kasnije i za testiranje dobijenih modela su vrlo različita, (Baldwin *et al.*, 2001). S obzirom da modeli bazirani na neuronskim mrežama (NM) ne zahtevaju poznavanje predominantnog modela, modeli bazirani na NM su pogodni za modeliranje pojava kada unapred nije poznat ni tip funkcionalne zavisnosti, (Amateis, 2002).

U drugom delu rada posmatrani su podaci iz literature (Stamenković i Vučković, 1988), koji se odnose na desetogodišnje i petnaestogodišnje smreke i čiji se zasadi nalaze na različitim nadmorskim visinama.

U cilju pronalaženja najboljeg modela za analizu dostignutih visina kultura u ovom radu koristili smo dva tipa neuronskih mreža. U prvom koraku koristimo troslojnu odnosno dvoslojnu NM sa Levenberg-Marquardt-ovim algoritmom u procesu obučavanja mreže. Verifikacija dobijenih modela je na neki način izvršena pomoću NM baziranih na radijalnim neuronima (*Radial Basis Function Neural Networks* – RBF NN) (Haykin, 1994). Drugim rečima, i RBF NN su iskorišćene za analizu istih pojava na bazi istih ulaznih podataka.

## 2. METOD RADA

Metod rada bazira na primeni veštačke inteligencije odnosno NM. Na bazi nekog algoritma npr. Levenberg-Marquardt-ovog, NM obezbeđuje funkciju koja

odstupa, za neku unapred usvojenu veličinu, tj. za veličinu ciljne greške, od polaznih raspoloživih podataka. Mogućnost izbora ciljne greške obezbeđuje veliku prednost NM u odnosu na neki standardni algoritam minimizacije. Vidi se da je u osnovi optimizacije NM neki adaptivni algoritam. Proces podešavanja parametara NM prema konkretnim ulaznim podacima naziva se proces obučavanja ili treniranja NM. Ovaj proces se može nazvati i proces učenja, i zato ovi algoritmi spadaju u oblast veštačke inteligencije.

Poznato je da raspoloživ set podataka diktira optimalnu strukturu NM, odnosno prediktora realizovanog na bazi NM. S obzirom na raspoložive setove podataka koji sadrže mali broj podataka kao i na činjenicu da nam nije poznata funkcionalna zavisnost pojave koje želimo da modeliramo, odlučili smo da koristimo dva tipa NM.

Kratak, jasan, ali i vrlo pojednostavljen opis veštačkih neuronskih mreža sa propagacijom korisnih podataka unapred i greške unazad (*FeedForwardBack-Propagation* – FFBP) dat je u radu Zhang (2000). Pored toga, u radu je dat i primer efikasne primene NM u šumarstvu. U pomenutom radu posmatrane su troslojne NM koje u prvom, ulaznom sloju imaju neurone sa jediničnom prenosnom funkcijom, u drugom sloju (skriveni sloj) neurone sa tangens-hiperboličnom logističkom sigmoidnom funkcijom (“tansig” neuroni) i neurone sa linearnom prenosnom funkcijom (“purelin” neuroni) u izlaznom sloju.

U prvom koraku odredićemo linearan model odnosno linearnu funkcionalnu zavisnost za modeliranje posmatrane pojave. Iz tog razloga koristićemo tada NM koje imaju 1–5 “purelin” neurona i u drugom (skrivenom) sloju. Kod realizacije nelinearnih modela, očigledno, moramo koristiti NM koje imaju “tansig” neurone u skrivenom sloju.

Primitimo da je kod postupka obučavanja mreže potrebno izabrati mali inkrement (0.000 050) da bi se dobila glatka kriva. U slučaju velikog inkrementa dobija se stepenasta izlomljena linija sa velikim skokovima. S druge strane ciljna greška mora biti velika (0,02) da ne bi dobili talasastu krivu koja prolazi kroz svaki podatak odnosno izmerenu vrednost. Ciljna greška treba biti izabrana tako da ima minimalnu vrednost a da dobijena kriva pokazuje očekivanu zakonitost. Na primer, oblik normalne raspodele, monotono rastuća ili opadajuća funkcija itd. Ukoliko ciljna greška ima veliku vrednost, postojaće velika razlika između dobijenih alternativnih modela. Naravno, ako do toga dođe to znači da nismo uspeali da dobijemo traženi model.

Kao što smo već napomenuli, zbog prirode procesa i raspoloživih podataka odlučili smo da modeliranje posmatranih procesa izvršimo i sa NM koje baziraju na radijalnim neuronima, RBF NN. U cilju dobijanja fleksibilnije strukture NM i lakšeg modeliranja koristićemo dve paralelne NM sa radijalnim neuronima. Ovo nam pruža mogućnost korišćenja različitih konstanti širenja ( $sc$ ) radijalnih neurona kao i različitih ciljnih grešaka za svaku mrežu posebno.

Razvijeni programi koji omogućuju generisanje odgovarajućih modela a kas-

nije analizu posmatranih procesa realizovani su u MATLAB-u (MATLAB 6 R12) pri čemu su iskorišćeni podprogrami iz Neural Network Toolbox-a (Beale, 1993). Obuka mreže u slučaju korišćenja FFBP NM izvršena je pomoću Levenberg-Marquardt-ov (LM) algoritma. Iskorišćen programski paket, MATLAB 6 R12, originalno je razvijen za primenu u oblastima elektrotehnike: obradi signala i podataka, telekomunikacijama, računarskoj tehnici i automatici. Međutim, zbog generalnog pristupa, programski paket može lako biti primenjen u postupku modeliranja procesa i u mnogim drugim oblastima pa i u oblasti šumarstva (Radonja, 2000; Radonja *at al.*, 2000; Radonja *et al.*, 2002; Radonja, 2003), lovstva (Radonja *at al.*, 2003), itd. Postupak obučavanja baziran na LM algoritmu je vrlo konvergentan. U našem slučaju ciljna greška, odnosno suma kvadrata odstupanja izmerenih vrednosti od dobijene krive, postiže se već posle nekoliko koraka, što će biti ilustrovano sa više primera.

Odstupanje izmerenih podataka od usvojenog modela za posmatran proces nazvali smo greške modeliranja i one su predstavljene na odgovarajućim slikama. Grešku modeliranja možemo opisati i preko srednje kvadratne vrednosti odstupanja, ( $SD^2$ ), odnosno standardne devijacije (SD). U radu Radonja (1999) izvršeno je poređenje SD koje je postignuto primenom NM sa osam različitih klasičnih postupaka. Pokazano je da NM obezbeđuju manju SD greške modeliranja, odnosno izravnivanja od svih analiziranih klasičnih metoda izravnivanja.

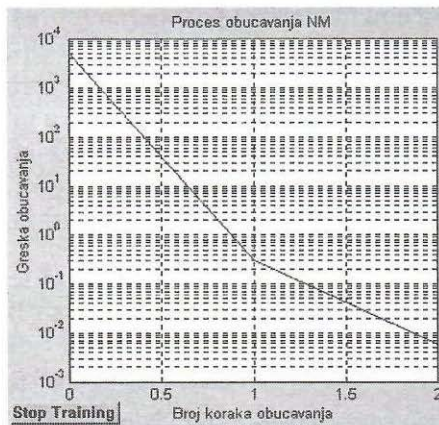
### **3. MODELIRANJE POSTIGNUTIH VISINA KULTURA U ZAVISNOSTI OD NADMORSKE VISINE**

U cilju određivanja modela koji definiše zavisnost postignutih visina kultura duglazije od nadmorske visine lokacije na kojoj se kultura, odnosno ogledno polje nalazi posmatrali smo 11 lokacija u Srbiji koje se nalaze na osam različitih nadmorskih visina. Visine desetogodišnjih kultura duglazije date su u tabeli 1. Visina kulture za 450 m nadmorske visine dobijena je kao srednja vrednost visina odgovarajućih kultura sa lokacija Goč, Majdanpek i Kosmaj. Isto tako, visina kultura za 600 m n.v. dobijena je kao srednja vrednost visina kultura sa lokacija na planinama Bukulja i Crnoljeva.

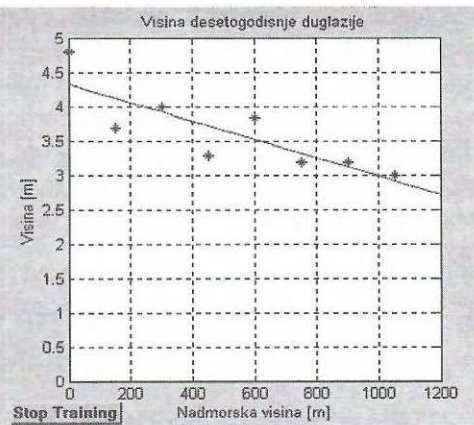
Funkcionalna zavisnost postignutih visina kultura od nadmorske visine na kojoj se ogledno polje odnosno kultura nalazi, nije poznata. Raspolaze se samo sa osam podataka a od toga za većinu (izuzev u 2 slučaja) nismo bili u mogućnosti da pribavimo alternativni podatak (tabela 1). Iz tog razloga pošli smo od linearne zavisnosti s obzirom da se u takvim uslovima sa njom postiže najmanja greška. Proces obuke NM baziran na Levenberg-Marquardt-ovom algoritmu sa podacima iz tabele 1 dat ja na slici 1. Izmereni podaci iz tabele i dobijen model predstavljeni su na slici 2. Greška modeliranja za posmatran proces predstavljena je na slici 3, a predviđanje visina duglazije za veće nadmorskse visine, odnosno do 1500 m dato je na slici 4.

Tabela 1. *Visina kultura desetogodišnjih duglazija iz Srbije*

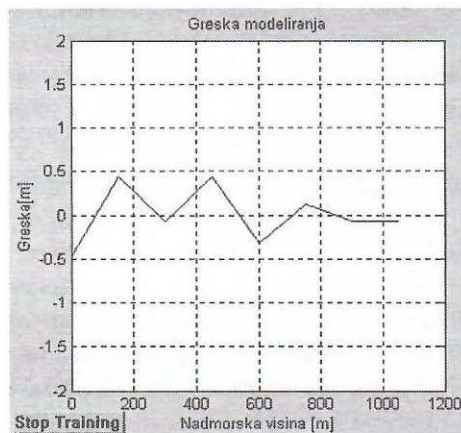
	Lokacija	Nadmorska visina [m]	Visina kultura [m]
1.	Bačka Palanka	0 (83)	4,80
2.	Bogovadja	150 (160-180)	3,70
3.	Avala	300 (240-250)	4,00
4.	Goè-Majdanpek- Kosmaj	450 (400-500)	3,27
5.	Bukulja-Crnoljeva	600	3,85
6.	Jastrebac	750 (700)	3,22
7.	Jelova Gora	900 (950)	3,20
8.	Zlatibor	1050 (1000)	3,00



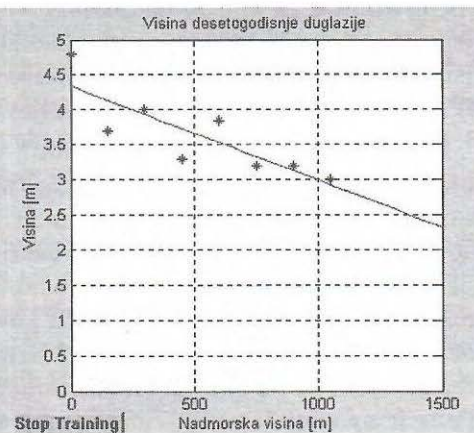
Slika 1: *Proces obucavanja NM*



Slika 2: *Izmereni podaci i dobijen model*



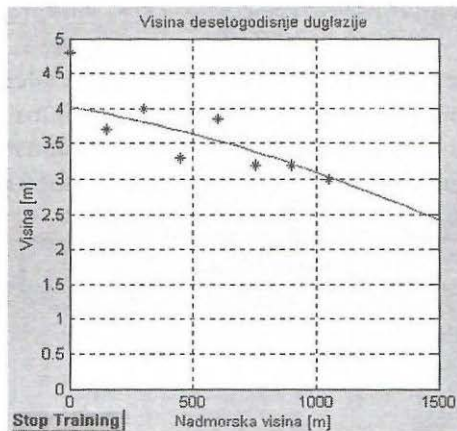
Slika 3: *Greška modeliranja*



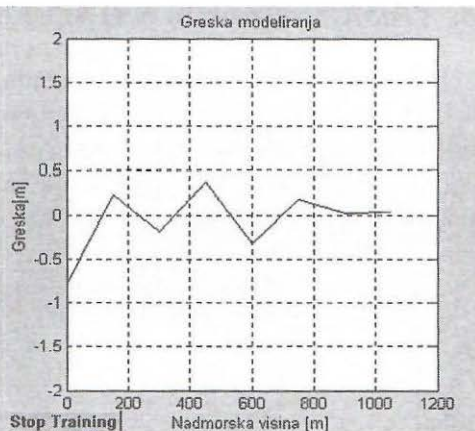
Slika 4: *Predikcija visina do 1500 m*

Slika 3 pokazuje da pozitivne i negativne veličine grešaka imaju približno iste vrednosti. Na osnovu ovoga može se reći da dobijen model odgovara raspoloživim podacima, odnosno pojavi koja se posmatra.

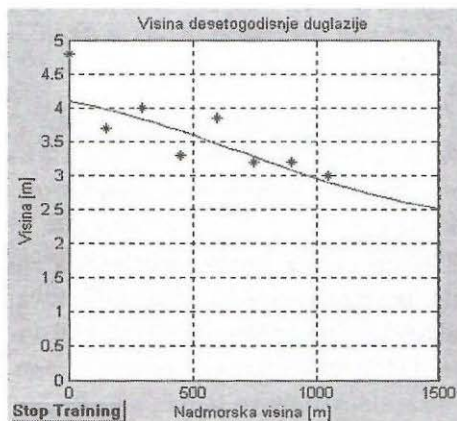
Nelinearan model dobijen za iste podatke prikazan je na slici 5. NM ima jedan "tansig" i jedan "purelin" neuron. Ciljna greška je 0,02, a inkrement odnosno korak obučavanja je  $5 \times 10^{-5}$ . Greška modeliranja predstavljena je na slici 6. Vidi se da greška modeliranja ima približno tendenciju smanjivanja što govori o uspešnosti modeliranja posmatranog procesa, prema modelu predstavljenom na slici 5.



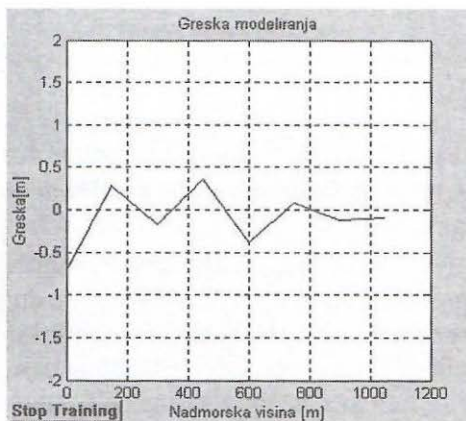
Slika 5: *Predikcija visina do 1500 m*



Slika 6: *Greška modeliranja*



Slika 7: *Predikcija visina do 1500 m*



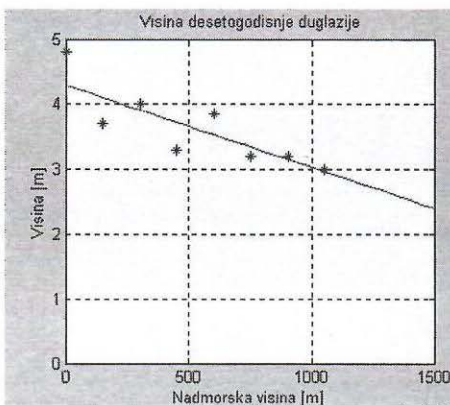
Slika 8: *Greška modeliranja*

NM iste strukture i za iste ulazne podatke može u zavisnosti od proizvoljno izabranih početnih parametara stohastičkog algoritma minimizacije da brže ili sporije konvergira ciljnoj grešci. Proces se, naravno, zaustavlja kada suma svih kvadratnih grešaka bude manja od ciljne greške. Međutim, to ne moraju da budu iste vrednosti. Tako se kao nelinearan model može dobiti i model predstavljen na slici 7.

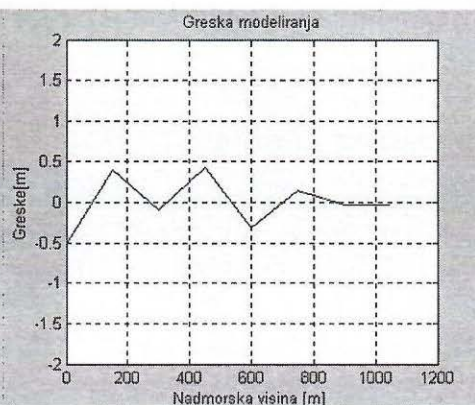
Odgovarajuća greška modeliranja data je na slici 8. Vidi se da je sada greška modeliranja za poslednja dva podatka – 900 m i 1050 m – nešto veća, pa se zato ovaj model može smatrati manje uspešnim.

#### 4. PRIMENA RADIJALNIH NEURONA

Primena NM baziranih na radijalnim neuronima prikazana je na slici 9 i slici 10. Model predstavljen na sl. 9 dobijen je koristeći 2 NM sa radijalnim neuronima odnosno 2 RBF NN. Ciljna greška za obe RBF NM ima istu vrednost  $e_{g1} = e_{g2} = 8$ . Konstante širenja imaju vrednosti  $5 \times 10^5$  i  $5 \times 10^6$  respektivno. Opšti težinski koeficijenti imaju istu vrednost 0,5.



Slika 9: *Predikcija visina do 1500 m*



Slika 10: *Greška modeliranja*

Vidimo da za nadmorsku visinu od 1500 m prema predloženom modelu predikcije (slika 9), desetogodišnje duglazije postižu visinu od oko 2,4 m. Ovaj rezultat je veoma sličan rezultatu koji odgovara linearnom modelu predstavljenom na slici 4, gde visina duglazije za tu nadmorsku visinu iznosi oko 2,3 m.

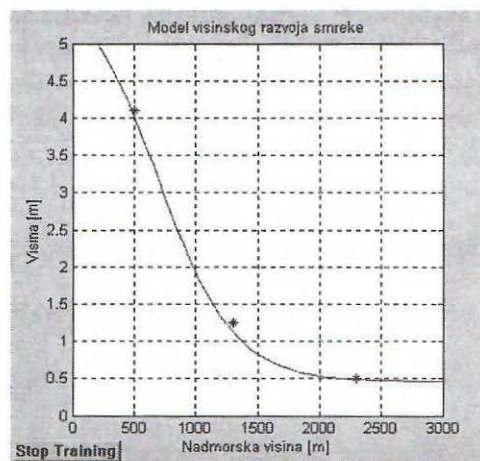
#### 5. POSTIGNUTE VISINE SMRČE U FUNKCIJI NADMORSKE VISINE

U cilju grube provere dobijenih rezultata i predstavljenih modela analiziraćemo dostignute visine smrče na osnovu podataka iz literature (Stamenković i Vučković, 1988, str.131).

Poznato je da je ritam visinskog prirasta brži kao i da su postignute visine veće u nižim regionima odnosno na nižim nadmorskim visinama. Tako npr. ako se posmatra visina stabala desetogodišnjih smrča, u nižem regionu, ispod 1000 m n.v., vidimo da se one kreću u opsegu od 3,4 do 4,5 m. U regionu srednjih nadmorskih visina, tj. od 1000 do 1600 m n.v. postignute visine su od 1,1 m do 1,4 m. Konačno, u regionu u kome su nadmorske visine preko 1600 m postignute visine smrče su oko 0,5 m. S obzirom na prirodni areal četinarara koji je do 3000 m n.v., uzećemo da je 0,5 m prosečna visina smrča na 2300 m n.v. Na osnovu ovih podataka formirana je tabela 2. Na slici 11 prikazani su pomenuti podaci, podaci obeleženi sa \* kao i odgovarajući model koji opisuje dostignute visine. NM koja je generisala ovaj model ima jedan "tansig" neuron u skrivenom sloju.

	Lokacija	Nadm. visina [m]	Visina kultura [m]
1.	Niži region 0-1000 m	500	4,10
2.	Srednji region 1000-1600 m	1300	1,25
3.	Visoki region 1600-3000 m	2300	0,5

Tabela 2. Visina desetogodišnjih smrča



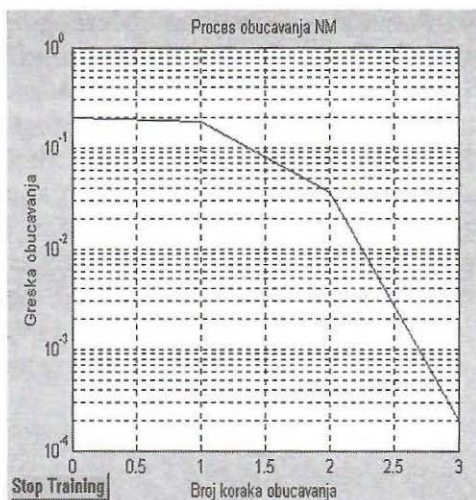
Slika 11: Dostignute visine smrče u zavisnosti od nadmorske visine

Analiza rezultata prikazanih na slici 11 pokazuje da npr. smrča na 1500 m n.v. postiže u proseku visinu od oko 0,7 m. Na osnovu slike 9 duglazija bi postigla oko 2,4 m. Na osnovu nelinearnih modela predstavljenih na slikama 5 i 7 duglazija bi postigla visinu u rasponu od 2,4 do 2,5 m. Ovi rezultati se mogu okvirno prihvatiti s obzirom da je poznato da je duglazija uspešniji četinar u pogledu visinskog razvoja.

U cilju provere modela koji opisuje dostignute visine smreke u funkciji nadmorske visine staništa (slika 11), ponovili smo postupak i za podatke koji se odnose na petnaestogodišnje zasade smreke. Na osnovu podataka iz literature (Stamenković i Vučković, 1988, str.131), vidimo da smrča u nižem regionu postiže visinu između 6,1 i 7,0 m, u srednjem regionu od 2,3 do 2,75 m, a u visokom regionu od 0,7 do 0,82 m. Tabela 3 formirana je na osnovu ovih podataka. Postupak obučavanja NM koja generiše model na osnovu poznatih podataka traje tri koraka i predstavljen je na slici 12.

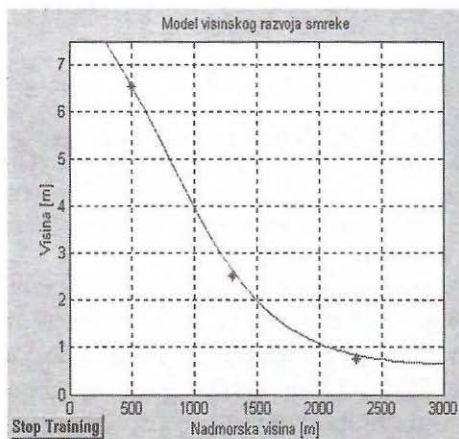
	Lokacija	Nadm. visina [m]	Visina kultura [m]
1.	Niži region 0-1000 m	500	6,55
2.	Srednji region 1000-1600 m	1300	2,53
3.	Visoki region 1600-3000 m	2300	0,76

Tabela 3: *Visina petnaestogodišnjih smrča*

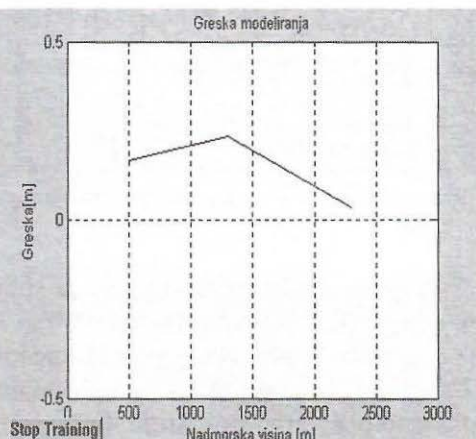


Slika 12: *Proces obučavanja NM*

Dobijen nelinearan model predstavljen je na slici 13, a odgovarajuća greška modeliranja na slici 14.



Slika 13: *Dostignute visine 15-godišnje smrče u zavisnosti od nadmorske visine*



Slika 14: *Greška modeliranja*

Slika 13 pokazuje da 15-to godišnja smrča postiže visinu od oko 2 m na nadmorskoj visini od 1500 m. Primetimo da već 10-to godišnju duglaziju (slika 5), dostiže 2,4 m, na istoj nadmorskoj visini. Može se uzeti da su dobijeni rezultati u skladu sa postojećim saznanjima o visinskom razvoju ove dve posmatrane kulture.

## 6. ZAKLJUČAK

Modeli koji predstavljaju zavisnost postignutih visina četinara od nadmorskih visina na kojim su formirani zasadi očigledno su korisni kako u procesu formiranja novih zasada tako i u pogledu praćenja razvoja postojećih. S obzirom na relativno mali broj novih raspoloživih podataka verifikaciju modela koji se odnose na duglaziju verifikovali smo sa modelima koji se odnose na smrču. Modeli za desetogodišnje i petnaestogodišnje smrče dobijeni si na osnovu podataka iz literature. Dobijeni rezultati su u skladu sa postojećim saznanjima u pogledu uspešnosti razvoja ovih četinarskih kultura.

U radu je pokazano da su NM vrlo podesan i efikasan alat kod razvoja linearnih i nelinearnih modela procesa za koje nemamo detaljne podatke. Ukratko, kod razvoja modela za procese za koje nije poznata ni grubo funkcionalna zavisnost. Dobijeni modeli mogu se koristiti za predikciju visina duglazije kao i smreke za lokacije koje se nalaze na različitim nadmorskim visinama. Dobijene informacije su korisne u postupku uvođenja duglazije u eko prostor Srbije.

## LITERATURA

- Amateis, L.R. (2002): Quantitative tools for modeling forest systems at different scales. Proceedings of the Workshop: Reality, models and parameter estimation - the forestry scenario, Sesimbra 2-5, June 2002, Portugal, Theme 3: Estimation processes, Paper 1, pp.3.1.1-9.
- Baldwin, V.C.Jr., Burkhardt, E.H., Westfall, A.J., Peterson, D.K. (2001): Linking growth and yield and process models to estimate impact of environmental changes on growth of loblolly pine. Forest science, February 2001, Volume 47, Number 1, Society of American Foresters, pp. 77-82.
- Beale, M. (1993): Neural network toolbox. Version 6.0.0.88, release 12. September 22 2000, MATLAB 6 R12.
- Haykin, S. (1994): Neural networks: a comprehensive foundation. McMillan college publishing company, New York.
- Johnsen, K., Samuelson, L., Teskey, R., McNulty, S., Fox, T. (2001): Process models as tools in forestry research and management. Forest science, February 2001, Volume 47, number 1, Society of American foresters, pp. 2-7.
- Radonja, J.P. (1999): Izravnavanje izmerenih podataka koristeći višeslojne neuronske mreže. Zbornik radova VII Telekomunikacionog foruma TELFOR '99, 23-25. novembar, 1999, Beograd. str. 313-316.
- Radonja, J.P. (2000): Radial basis function neural networks in tracking and extraction of stochastic process in forestry. Proceedings of the 5th Seminar on neural networks application in electrical engineering, NEUREL2000, September 25-27, 2000, Belgrade, Yugoslavia, pp. 81-86.
- Radonja, J.P., Stanković, S.S., Čukanović, Nj.R.(2000): Multilayer neural networks in process of height curve fitting. INFO science 3 /2000, Belgrade, pp. 22-26.
- Radonja, P., Koprivica, M., Lavadinović, V. (2002): Modeling current annual height increment of young Douglas-fir stands in different sites. Proceedings of the Workshop: Reality, models and parameter estimation - the forestry scenario,

- 2-5, June 2002, Theme 3: Estimation processes, Paper 3, Sesimbra, Portugal, pp. 3.3.1-10.
- Radonja, P., Popović, Z., Gačić, D., Novaković, N. (2003): Postupak modeliranja baziran na malom broju podataka i efekat primene funkcije raspodele podataka. Zbornik radova (IX) Simpozijuma o računarskim naukama i informacionim tehnologijama, YU INFO 2003, 10-14. mart 2003, CDROM YUINFO 2003, Kopaonik.
- Radonja, P. (2003): Artificial intelligence in monitoring Douglas-fir introduction. Proceedings of the conference "75 anniversary of the Forest research institute at the Bulgarian academy of sciences", 1-5 October 2003, Sofia, pp. 123-129.
- Stamenković, V., Vučković, M. (1988): Prirast i proizvodnost stabala i sumskih sastojina. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Vrcelj-Kitić, D. (1982): Plantations of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziensis* /Mirb./ Franco) in different site conditions of Serbia. Monographies, Book 40, Institute of forestry and wood industry, Belgrade.
- Zhang, Q.B., Hebda, R.J., Zhang, Q.J., Alfaro, R.I. (2000) Modelling tree-ring growth responses to climatic variables using artificial neural networks. Forest science, May 2000, Volume 46, number 2, Society of American foresters, Grosvenor Lane, Bethesda, pp. 229-239.

#### A REVIEW OF THE REACHED HEIGHTS OF DOUGLAS-FIR IN SERBIA GROUPED WITH REGARD TO THE ALTITUDES OF THE STANDS

*Pero J. Radonja*

##### Summary

In is known that forest models can be used as very successful tools in process of an introduction some species. Also, models are very important in process of optimal forest management. In this paper, in the first step, the review of the reached heights of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziensis* /Mirb./ Franco), in Serbia grouped with regard to the altitudes of the stands is done. The analysis includes 11 different location in Serbia with altitude from 83 to 1000 m and ten-year old Douglas-fir. The corresponding model of dependence of heights of Douglas-fir versus stand altitude that is used in monitoring of introduction of this species in Serbia is developed in the second step. In the second part of the paper, in the aim to obtain the coarse models verification, the model of dependence of heights of spruce (*Picea excelsa*) versus stand altitude, based on data from literature is developed. The linear and nonlinear models that represent the dependence between plant height and altitude are shown separately. All obtained the models are based on neural networks, NN. The applications of different structure of NN, NN based on Levenberg-Marquardt algorithm and radial basis function NN are considered separately. It is shown that models based on NN can be used as very successful research tools in process of introduction of Douglas-fir.

---

Recenzet: dr Vojislav Stamenković, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.

CIP - Каталогизacija y publikaciji  
Народна библиотека Србије, Београд

630+674

ZBORNİK radova / Institut za šumarstvo  
= Collection / Institute of forestry ;  
glavni i odgovorni urednik Mara  
Tabaković-Tošić. - 1991, t. 34/35 . -  
Beograd : Institut za šumarstvo, 1991-  
(Beograd : Želnid). - 24 cm

Nastavak publikacije: Zbornik radova -  
Institut za šumarstvo i drvnu industriju =  
ISSN 0351-9147  
ISSN 0354-1894 = Zbornik radova - Institut  
za šumarstvo  
COBISS.SR-ID 27739138