

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO · INSTITUTE OF FORESTRY · BEOGRAD

ZBORNİK RADOVA

COLLECTION
TOM 46-47

Yu ISSN 0351-9147



BEOGRAD
2002.

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO • INSTITUTE OF FORESTRY • BEOGRAD

ZBORNİK RADOVA

COLLECTION
TOM 46-47

Yu ISSN 0351-9147



BEOGRAD
2002.

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO – BEOGRAD

Za izdavača:

Dr MILOŠ KOPRIVICA

•

Redakcioni odbor:

Dr ZORAN TOMOVIĆ
Dr VLADIMIR LAZAREV
Dr MILOŠ KOPRIVICA
Dr SLAVKO VLATKOVIĆ
Dr SRĐAN BOJOVIĆ
Dr MIHAILO RATKNIĆ
Dr RADOVAN NEVENIĆ
Dr LJUBINKO RAKONJAC
Dr MARA TABAKOVIĆ-TOŠIĆ

•

Glavni i odgovorni urednik

Dr MARA TABAKOVIĆ-TOŠIĆ

•

Urednik-lektor

MILUTIN VUJOVIĆ, novinar

•

Prevod na engleski:

Mr ANA TONIĆ

•

Svi radovi su recenzirani

•

Unos, priprema i računarski slog:

BOJANA SAVIĆ

•

Tiraž:

300 primeraka

•

Štampa: "Želnid", Beograd, Nemanjina 8

SARDŽAJ • CONTENTS

Zoran Miletić, Miloš Koprivica, Nenad Marković

ZAVISNOST PROIZVODNOSTI KULTURA CRNOG I BELOG BORA OD NEKIH SVOJSTAVA ZEMJIŠTA NA PEŠTERSKOJ VISORAVNI • Dependence of austrian pine and scots pine plantation productivity on some soil properties at Pešterska visoravan	1
---	---

Ljubinko Rakonjac, Milić Matović, Mihailo Ratknić, Vlado Čokeša

NEKE ZAJEDNICE ŽBUNASTE VEGETACIJE NA PODRUČJU JUGOZAPADNE SRBIJE • Some communities of shrub vegetation in the area of the Southwest Serbia	13
--	----

Milorad Veselinović

UTICAJ VAZDUŠNIH POLUTANATA NA PROMENE ASIMILACIONIH ORGANA ČETINARA • Effect of air pollutants on the changes of assimilation organs in conifers	23
---	----

Vera Lavadinović, Vasilije Isajev

GENETSKI POTENCIJAL SEMENSKIH OBJEKATA BUKVE U SRBIJI - OSNOVA ZA OPLEMENJIVANJE VRSTE • Genetic potential of beech seed sources in Serbia - the base for species improvement	32
---	----

Pero Radonja, Miloš Koprivica, Vera Lavadinović

MODELI VISINSKOG RASTA KULTURA DUGLAZIJE NA RAZLIČITIM STANIŠTIMA U SRBIJI • Height increment models of Duoglas-fir culture on different sites in Serbia.....	40
---	----

Milun Krstić, Snežana Stajić, Vlado Čokeša, Bratislav Matović

PRILOG POZNAVANJU KVALITETA IZDANAČKIH BUKOVIH ŠUMA ISTOČNE SRBIJE • A contribution to the study of coppice beech forest quality in East Serbia	53
---	----

Miroslava Marković, Mara Tabaković-Tošić

PRILOG POZNAVANJU EPIKSILNIH GLJIVA U IZDANAČKIM BUKOVIM ŠUMAMA NA PODRUČJU CRNOG VRHA I DUBAŠNICE KOD BORA • A contribution to the study of epixylous fungi in coppice beech forests in the region of Crni vrh and Dubašnica near Bor	67
---	----

Mara Tabaković-Tošić, Miroslava Marković

PRILOG POZNAVANJU ŠTETNE ENTOMOFAUNE IZDANAČKIH BUKOVIH ŠUMA CRNOG VRHA I DUBAŠNICE KOD BORA • A contribution to the study of harmful entomofauna in coppice beech forests of Crni vrh and Dubašnica near Bor	78
--	----

Mara Tabaković-Tošić

HRASTOVI DEFOLIJATORI IZ REDA LEPIDOPTERA I DEFOLIJACIJA
U ŠUMAMA PODRUČJA ŠUMSKOG GAZDINSTVA "RASINA" KRUŠEVAC
• Oak defoliators in the order Lepidoptera and defoliation in the forest region
of the Forest estate "Rasina" Kruševac91

Mara Tabaković-Tošić, Slobodan Milanović, Katarina Babović

EFIKASNOST MIKROBIOLOŠKOG PREPARATA D-STOP U BORBI PROTIV
DUDOVCA (*Hyphantria cunea* Drury) • Efficiency of the microbiological
preparation D-stop In the control of the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury)101

Milić Matović, Mihailo Ratknić, Ljubinko Rakonjac

PLODOVI, ZAČINI I LEKOVITO BILJE ŠUMSKIH PODRUČJA SRBIJE
I NJIHOVA PRERADA • Fruits, spices and medicinal plants in the forest
regions of Serbia and their processing111

Milorad Zlatanović, Bogdan Stefanović

OPTIMIZACIJA RASPOREDA ZEMLJANIH MASA PRI GRADNJI ŠUMSKIH
PUTEVA • Optimisation of earth mass distribution in forest road construction117

Sonja Braunović, Svetlana Bilibajkić, Tomislav Stefanović

DEFINISANJE EROZIVNOSTI PADA VINA NA PODRUČJU BEOGRADA
• Definition of rainfall erosivity in Belgrade region.....130

Miljan Velojić, Tomislav Stefanović

ANALIZA ZAPLAVA PREGRADE br. 1 U KUSOVRAANSKOJ RECI • Analysis
and effect of the first dam siltation in the Kusovranska reka.....139

Radovan Nevenić, Nenad Marković, Tomislav Stefanović

METODOLOŠKI PRISTUP MANIPULACIJE PODACIMA U ŠUMARSTVU
GIS ALATOM • Spatial relation in hunting domain researched
by GIS methodology149

Radovan Nevenić, Nenad Marković, Dušan Petrović

ISTRAŽIVANJE PROSTORNIH RELACIJA GIS METODOLOGIJOM
U DOMENU LOVSTVA • Spatial relation in hunting domain researched
Data manipulation in forestry by GIS tool - methodological approachby
GIS methodology158

Vladimir Lazarev, Miljan Velojić, Ljiljana Brašanac,

Katarina Babović, Slobodan Milanović

MODEL PROCENE POTENCIJALA I PRINOSA JESTIVIH GLJIVA
• Assessment model of edible mushroom potential and yield166

Vladimir Lazarev, Dragan Karadžić

ULOGA HERBICIDA I FUNGICIDA U SISTEMU INTEGRALNE ZAŠTITE
BILJAKA U ŠUMSKIM RASADNICIMA • The role of herbicides and fungicides
in the system of integral protection of plants in forest nurseries180

Milanka Batinić

PROJEKTOVANJE NAUČNOISTRAŽIVAČKE ORGANIZACIJE • Design
of scientific research organisations186

UDK 630*561.1+181
Originalan naučni rad

MODELI VISINSKOG RASTA KULTURA DUGLAZIJE NA RAZLIČITIM STANIŠTIMA U SRBIJI*

Pero Radonja, Miloš Koprivica, Vera Lavadinović

I z v o d: U radu je pokazano da neuronske mreže mogu da posluže kao efikasan alat kod analize i modeliranja rasta, odnosno godišnjeg visinskog prirasta kultura duglazije. Analiziran je visinski prirast kultura starih do 15 godina koji je dobijen merenjem na oglednim poljima koja se nalaze na 6 različitih lokacija u Srbiji. Isto tako posmatrane su i različite provenijencije u ogledima na Tandi i Juhoru. Krive tekućeg (godišnjeg) visinskog prirasta sličnih osobina su grupisane i dobijeni su odgovarajući modeli. Dva nova seta podataka sa lokacije na Zlatiboru i sa Crnojleđa planine iskorišćena su za testiranje dobijenih modela.

K l j u č n e r e č i: duglazija, visinski prirast, modeliranje, izravnavanje, predviđanje, neuronske mreže.

HEIGHT INCREMENT MODELS OF DUOGLAS-FIR CULTURE ON DIFFERENT SITES IN SERBIA

A b s t r a c t: In this paper is shown that neural networks can be used as very successful tools in analyzing and modeling annual height increment of Douglas-fir cultures. The height increments obtained by measurement on experimental stands at 6 different locations in Serbia, for cultures until 15 years ages is analyzed. The different proveniences in plots at Tanda and Juhor are considered, also. The similar height increment curves are grouped and corresponding models are generated. Two new data sets from Zlatibor and Crnojleđa mountain are used for testing of the obtained models.

Key words: Douglas-fir, height increment, modeling, fitting, prediction, neural networks.

Dr Pero Radonja, naučni saradnik, dr Miloš Koprivica, viši naučni saradnik, mr Vera Lavadinović, istraživač saradnik, JP Srbijašume - Institut za šumarstvo, Beograd.

* Istraživanja su delom finansirana od strane MNTR Republike Srbije po Projektu BTN.5.06.0516.A: Strukturne i proizvodne karakteristike veštački podignutih satojina četinara i predlog optimalnih mera gazdovanja.

1. UVOD

Predmet ovog rada je analiza jednog skupa procesa iste prirode definisanih sa relativno malim brojem izmerenih podataka, zatim njihovo grupisanje i generisanje odgovarajućih modela. Dobijeni modeli su provereni, odnosno testirani, pomoću dva nova niza podataka. S obzirom da se izmereni podaci ne odnose na isti period vremena bilo je potrebno da se oni izravnavaju i izvrši predviđanje u cilju lakšeg poređenja. Postavljeni zadatak može se efikasno rešiti pomoću neuronskih mreža (NM) pri čemu se za generisanje odgovarajućeg skupa modela mogu iskoristiti NM slične strukture.

Procesi koji su posmatrani predstavljaju visinski rast u kulturama duglazije na različitim staništima (Vrcelj-Kitić, 1982), kao i različitih provenijencija (Lavadinović, 1995). U cilju sagledavanja mogućnosti gajenja i uvođenja duglazije kao visoko produktivnog četinaru u eko prostor Srbije osnovana su (pre više godina a neka i pre više decenija) ogledna polja sa zasadima duglazije. Obavljena su višegodišnja merenja različitih veličina, a u ovom radu su iskorisćena merenja godišnjeg visinskog prirasta u cilju dobijanja odgovarajućih modela visinskog razvoja kultura duglazije u Srbiji. Modeli razvoja kultura duglazije bazirani na tekućem (godišnjem) visinskom prirastu dobijeni su na osnovu merenja koja su obavljena na 10 karakterističnih lokacija (staništa): Goč, Jelova gora, Kosmaj, Veliki Jastrebac, Bogovađa, Majdanpek (Vrcelj-Kitić, 1982), Juhor (Lavadinović i Koprivica, 1996), Tanda (Lavadinović i Koprivica, 1997), te Zlatibor i Crnojleđa planina (Vrcelj-Kitić, 1982). Zbog male starosti kultura duglazije ne raspolažemo sa podacima gde visinski prirast kulminira.

Različiti hidrotermički uslovi i kvalitet zemljišta, odnosno međusobno veoma različita staništa, implicirali su da se opredelimo za tri različita modela visinskog rasta kultura duglazije. Radi se o staništima koja su vrlo povoljna za rast duglazije, osrednje povoljna i staništa nepovoljna za gajenje duglazije. Kod vrlo povoljnih staništa za rast i uvođenje duglazije krive visinskog prirasta imaju znatan nagib a visinski prirast u 12. odnosno 15. godini razvoja je preko 100 cm. Kod osrednje povoljnih staništa kriva visinskog prirasta ima manji nagib a izmerene vrednosti visinskog prirasta su do 100 cm. Kod nepovoljnih staništa najveće izmerene vrednosti visinskog prirasta su oko 80 cm.

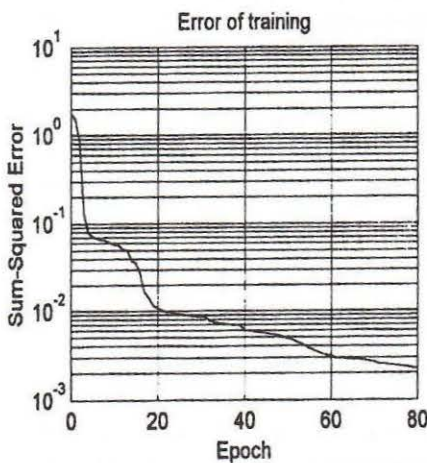
2. DEFINISANJE POSTUPKA IZRAVNAVANJA I STRUKTURE NEURONSKE MREŽE

Raspoloživi podaci kao i osobine koje treba da imaju dobijene krive visinskog rasta usloveli su da se za postupak izravnavanja predloži troslojna neuronska mreža (Zhang, 2000; Haykin, 1994). Analiza je, takođe, pokazala da se svi izmereni podaci mogu izravnavati pomoću NM, približno iste strukture.

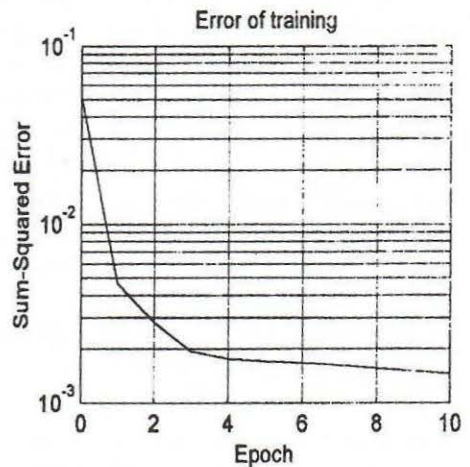
S obzirom da u ulaznom sloju svi neuroni imaju jediničnu prenosnu funkciju, praktično se može iskoristiti dvoslojna NM, kod koje se jedan do dva "tansig" neurona nalaze u skrivenom sloju i jedan "purelin" neuron u izlaznom sloju, (NN Toolbox, 2000; Haykin, 1994). "Tansig" neuroni su neuroni sa tangentsnom hiperboličnom sigmoidnom prenosnom funkcijom, a "purelin" neuroni su neuroni sa linearnom prenosnom funkcijom u opsegu od -10 do +10. Kratak a ipak dovoljno informativan opis NM i primene NM u oblasti šumarstva dat je u radu (Zhang, 2000).

Program koji omogućava analizu posmatranih procesa i kasnije generisanje odgovarajućih modela realizovan je u MATLAB-u (MATLAB 6 R12), pri čemu su iskorišćeni podprogrami iz Neural Network Toolbox-a (NN Toolbox, 2000). Obuka mreže izvršena je pomoću Levenberg-Marquardt-ovog (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 i u mnogim drugim oblastima pa i u oblasti šumarstva (Radonja, 2000; Radonja et al., 2000; Radonja, 2001). Postupak obučavanja baziran na LM algoritmu vrlo je konvergentan. Tako npr. ciljna greška, odnosno suma kvadrata odstupanja izmerenih vrednosti od dobijene krive, postiže se već posle desetak koraka.

Dva tipična postupka obučavanja NM za analizirane nizove (setove) podataka data su na slikama 1 i 2. U slučaju NM koja se koristi za izravnavanje podataka koji su dobijeni merenjem na lokaciji Tanda (Prov. 03), postupak obučavanja dat je na slici 1. Postupak obučavanja u slučaju izravnavanja podataka sa lokacije Crnoljeva planina dat je na slici 2.



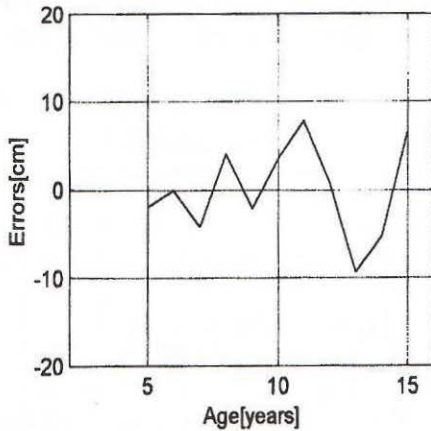
Sl. 1.- Postupak obučavanja u slučaju izravnavanja podataka sa lokacije Tanda (Prov. 03)



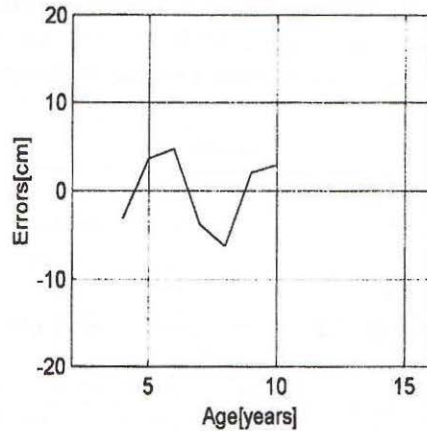
Sl. 2.- Postupak obučavanja u slučaju izravnavanja podataka sa lokacije Crnoljeva planina

Vidi se da postupak obučavanja NM u prvom slučaju traje 80 koraka, dok je u drugom znatno kraći i traje samo 10 koraka. Primitimo da je u prvom slučaju ciljna greška veća i iznosi 2×10^{-3} dok je u drugom slučaju $1,2 \times 10^{-3}$.

Izravnavanjem podataka neizbežno smo uneli greške koju smo nazvali greške izravnavanja i koje su predstavljene na slikama 3 i 4. Greške izravnavanja u slučaju postupka obučavanja NM datog na slici 1 prikazane su na slici 3. Na sl. 4 date su greške izravnavanja koje se odnose na krivu visinskog prirasta sa lokacije Crnojlevoja planina i koje odgovaraju postupku obučavanja datom na slici 2.



Sl. 3.- Greške izravnavanja podataka sa lokacije Tanda (Prov. 03)



Sl. 4.- Greške izravnavanja podataka sa lokacije Crnojlevoja planina

Greške izravnavanja 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 8 različitih klasičnih postupaka. Pokazano je da NM obezbeđuju manju SD greške izravnavanja od Levakovićeve, Noslundove, Terezaki-Mihajlove, Prodanove, Henrik-senove, Stamenkovićeve, Kadijevićeve i Todorović-Stamenkovićeve metode izravnavanja.

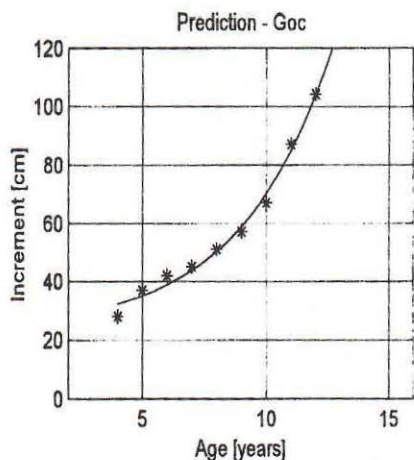
3. ANALIZA OBLIKA KRIVE VISINSKOG RASTA

Podaci dobijeni merenjem za svih 10 posmatranih lokacija ne odnose se na isti period vremena. Na primer, za lokaciju kod Bogovađe raspoložemo podacima koji obuhvataju stabla od 3. do 13. godine starosti. Prva merenja na Jelovoj gori obavljena su u 6. godini starosti kultura duglazije a zadnja u 15 godini. Da bi se lakše izvršila selekcija (grupisanje) krivih koje opisuju slične procese rasta izvršeno je predviđanje za godine u kojima nemamo podatke o prirastu. Pošto su

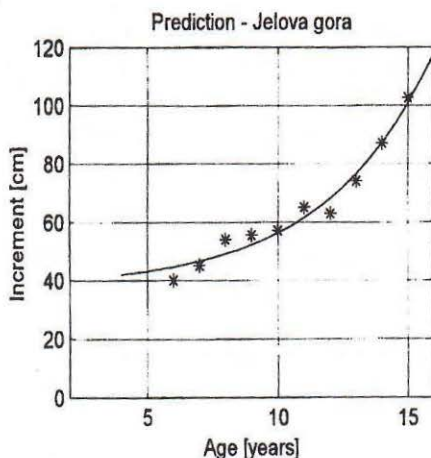
sagledane krive rasta za 6 lokacija izvršili smo grupisanje prema veličini visinskog prirasta, odnosno povoljnosti staništa, kako je predstavljeno na slikama 5–10. Na pomenutim slikama dati su podaci dobijeni merenjem koji su poslužili za obuku odgovarajućih neuronskih mreža, podaci obeleženi sa (*), kao i same krive rasta.

3.1 Analiza visinskog rasta kultura duglazije na Goču i Jelovoj gori

Nadmorska visina zasada na Goču je 400–500m. Stanište na kome su podignuti ogleadni zasadi (kulture) zelene duglazije na Jelovoj gori nalazi se na nadmorskoj visini 950 m. Na osnovu veličine visinskog prirasta kao i oblika krive visinskog prirasta (slike 5 i 6), vidi se da su staništa na Goču i Jelovoj gori pogodna za uvođenje i razvoj duglazije.



Sl. 5.- Godišnji visinski prirast duglazije na Goču

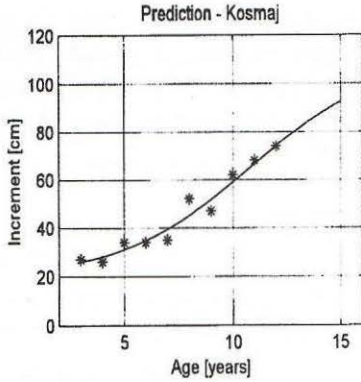


Sl. 6.- Godišnji visinski prirast duglazije na Jelovoj gori

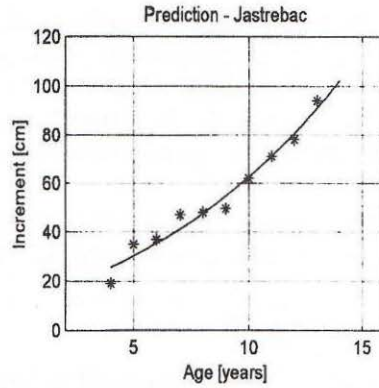
Isto tako, vidi se da je visinski razvoj kulture duglazije na Goču primer intenzivnog razvoja kulture jer je visinski prirast u 11-toj i 12-toj godini približno jednak visinskom prirastu koji postiže duglazija na Jelovoj gori u 14-toj i 15-toj godini. Kašnjenje u razvoju kulture duglazije na Jelovoj gori je posledica veće nadmorske visine (Stamenković i Vučković, 1988).

3.2 Analiza visinskog rasta kultura duglazija na Kosmaju i Jastrepцу

Na Kosmaju postoji kultura zelene duglazije koja se nalazi na nadmorskoj visini 460 m. Na Jastrepцу (Veliki Jastrebac) podignuta kultura je na nadmorskoj visini 700 m.



Sl. 7.- Godišnji visinski prirast duglazije na Kosmaj

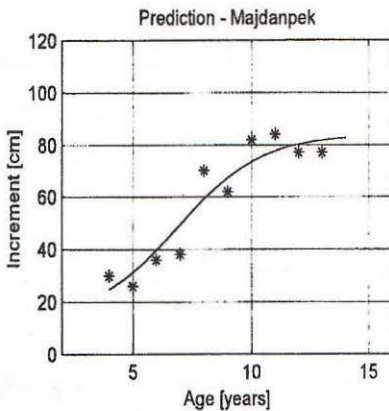


Sl. 8.- Godišnji visinski prirast duglazije na Jastrepcu

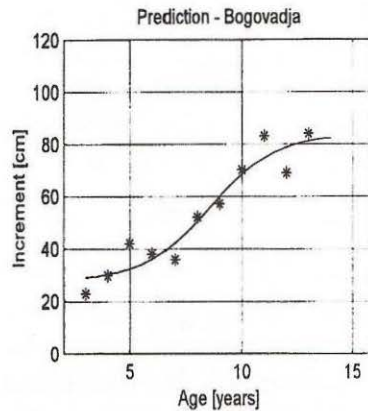
U periodu od 5. do 12. godine starosti kultura duglazije, visinski prirasti za staništa na Kosmaj i Jastrepcu su približno jednaki. Ova staništa se mogu tretirati kao standardna (prosečna) staništa za unošenje i razvoj duglazije.

3.3 Analiza visinskog rasta kulture duglazije u Bogovađi i Majdanpeku

Ogledni zasad u Majdanpeku nalazi se na nadmorskoj visini 440–480 m na staništu izrazito male produktivnosti. Ovaj lokalitet je manje pogodan za duglaziju od svih ranije analiziranih lokaliteta u Srbiji (Vrcelj - Kitić, 1982). Ovo se može zaključiti i na osnovu veličine visinskog prirasta kao i na osnovu oblika dobijene krive visinskog prirasta (sl. 9).



Sl. 9.- Godišnji visinski prirast duglazije U Majdanpeku



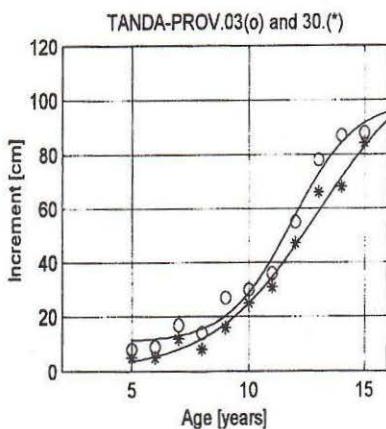
Sl. 10.- Godišnji visinski prirast duglazije u Bogovađi

Ogledno polje u Bogovađi se nalazi na nadmorskoj visini 160–180m. Ovde je kvalitet zemljišta uticao na relativno veliki prirast od osme do desete godine starosti (sl. 10). Upoređujući sl. 9 i sl. 10 vidi se da krive visinskog prirasta za staništa u Bogovađi i Majdanpeku imaju sličan oblik, što pokazuje da i stanište u Bogovađi takođe nije pogodno za razvoj duglazije.

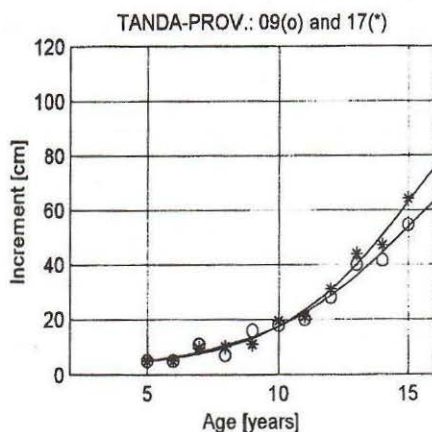
4. ANALIZA VISINSKOG PRIRASTA RAZLIČITIH PROVENIJENCIJA DUGLAZIJE

4.1 Lokalitet Tanda

U ovom odeljku prikazane su veličine godišnjeg visinskog prirasta duglazije u prvih 15 godina razvoja na lokaciji Tanda u istočnoj Srbiji. Ogledno polje u Tandii se nalazi na staništu hrasta na nadmorskoj visini 370 m. Posmatrane su provenijencije označene brojevima 03, 09, 17 i 30 (Lavadinović i Koprić, 1997). U navedenom radu prikazani su izravnati podaci polinomom višeg reda, tako da je vidljiv uticaj različitih uslova u toku godine na razvoj kultura, odnosno na tok krive visinskog prirasta. Primetimo da veći ili manji visinski prirast od očekivanog može nastati zbog različitih meteoroloških uslova dok pojava bolesti ili insekata umanjuje prirast. Isto tako razvoj korenovog sistema, u slučaju prolaska korena kroz slojeve zemljišta različitih osobina, može izazvati različiti visinski prirast. Na slikama 11 i 12, prikazani su ti isti podaci, pri čemu je za izravnavanje iskorišćena neuronska mreža sa malim brojem neurona i dobijene su krive bez oscilacija u svom toku.



Sl. 11.- Godišnji visinski prirast duglazije u Tandii (Prov. 03 i 30)



Sl. 12.- Godišnji visinski prirast duglazije u Tandii (Prov. 09 i 17)

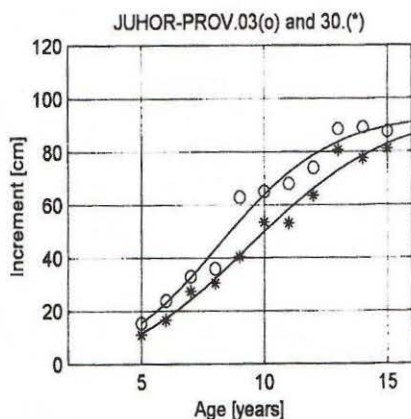
Slika 11 pokazuje da su provenijencije 03 i 30 vrlo uspešne i da visinski prirast u 15 godini starosti kulture duglazije iznosi oko 90 cm. S druge strane,

visinski prirast u istoj godini za neuspešne provenijencije 09 i 17 se kreće oko 60 cm. Visinski prirast u 10-toj godini starosti za uspešne provenijencije iznosi oko 30 cm a za neuspešne oko 20 cm.

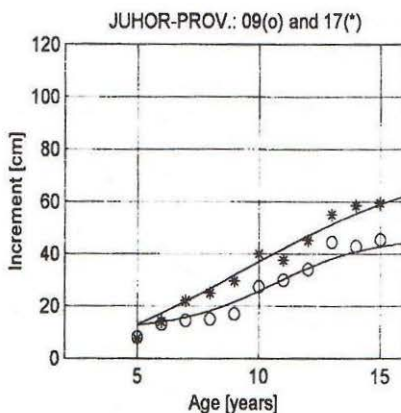
4.2 Lokalitet Juhor

Ogledno polje na Juhoru nalazi se u centralnoj Srbiji, na nadmorskoj visini 660–700 m, na bukovom staništu (Lavadinović i Koprivica, 1996). Generalno sve posmatrane provenijencije imaju veći visinski prirast u odnosu na Tandu, do 12-te godine starosti.

Provenijencije 03 i 30 imaju veći visinski prirast od provenijencija 09 i 17 i na lokaciji Juhor. Uspešne provenijencije pokazuju naročito veliku razliku u veličini visinskog prirasta oko 10 godina starosti. Zaista, uspešne provenijencije imaju dvostruko veći prirast (60 cm) od neuspešnih (30 cm), sl.13 i 14. Velika je razlika i u 15-toj godini starosti. Uspešne provenijencije imaju prirast od 80 do 90 cm a neuspešne od 40 do 60 cm.



Sl. 13.- Godišnji visinski prirast duglazije na Juhoru (Prov. 03 i 30)



Sl. 14.- Godišnji visinski prirast duglazije na Juhoru (Prov. 09 i 17)

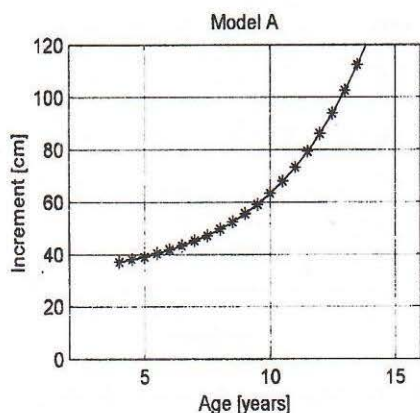
5. DEFINISANJE MODELA RASTA

Generalno modeli različitih procesa važni su kako za one koji se bave izučavanjem same prirode posmatranih procesa tako i za one kojima su važni statistički pokazatelji u cilju eksploatacije posmatranih prirodnih resursa. Modeli procesa u šumarstvu su statističke predstave biološkog sistema u koje je uključeno naše razumevanje fizioloških i ekoloških mehanizama koji su relevantni u posmatranom slučaju (Johnsen et al, 2001). Sumirajući i skupljajući uticaje različitih faktora može se izvršiti predviđanje neke veličine. Ova procedura modeliranja se zove pristup od dna prema vrhu "bottom-up approach",

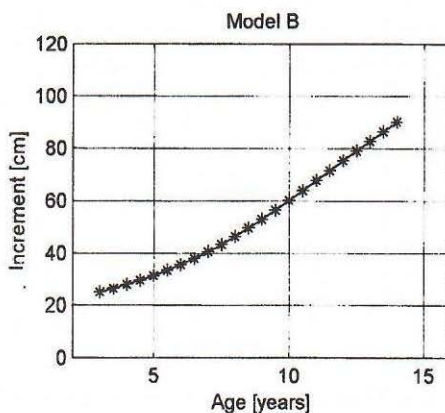
(Baldwin et al, 2001). Mnogi su pristalice suprotnog pristupa koji se naziva "top-down approach". Cilj je unatrag otkriti komponente koje kreiraju dobijen rezultat (Baldwin et al, 2001). U praksi se najčešće kombinuju oba ova pristupa.

Poznato je, generalno, da je za staništa koja su povoljnija za gajenje neke šumske kulture lakše uočiti zakonitost koja je predmet analize (Stamenković i Vučković, 1988). Za staništa koja su nepogodna za razvoj i gajenje posmatrane kulture kao i za nenegovane sastojine, veliki broj često i nepoznatih parametara maskira zakonitost koju je potrebno utvrditi (Stamenković i Vučković, 1988, str.134). U tom slučaju postoje znatno veći problemi kod pronalazjenja i utvrđivanja zakonitosti.

Model A (sl. 15), koji je dobijen kao prosek podataka sa slika 5 i 6, karakteriše staništa koja su povoljna za razvoj duglazije, odnosno staništa sa velikim godišnjim visinskim prirastom, preko 100 cm. Model B, na sl. 16, dobijen na osnovu podataka sa slika 7 i 8, karakteriše staništa na kojima je opravdano unositi duglaziju, tj. staništa sa godišnjim visinskim prirastom od 80 do 100 cm. Vidi se da modeli rasta A i B pokazuju isti visinski prirast u 10-toj godini razvoja posmatranih kultura.



Sl. 15.- Model visinskog rasta za staništa gde postoje jako povoljni uslovi za razvoj duglazije

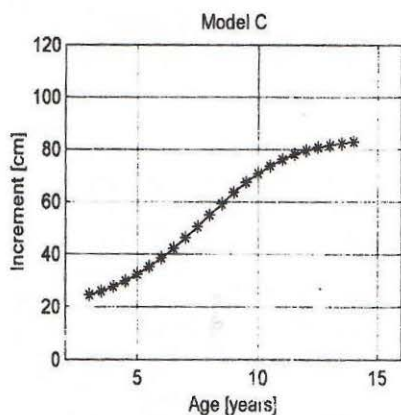


Sl. 14.- Model visinskog rasta za staništa gde postoje srednje povoljni uslovi za razvoj duglazije

Poznato je da visinski prirast zelene duglazije dostiže kulminaciju negde oko 25 godine (Stamenković i Vučković, 1988). Isto tako kriva visinskog prirasta koja se odnosi na pogodnija staništa, odnosno bolji bonitet, dostiže veću vrednost visinskog prirasta i ranije u odnosu na krive za manje pogodna staništa. Tako se kriva visinskog prirasta za pogodnija staništa celim tokom nalazi iznad krive za manje pogodna staništa. Ovo se može uočiti i kod predstavljenih modela visinskog rasta duglazije A i B.

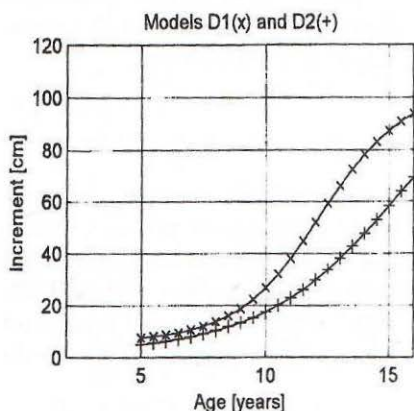
Staništa nepovoljna za unošenje i razvoj (gajenje) duglazije su staništa sa najmanjim visinskim prirastom, manjim od 80 cm. Za statističko predstavljanje ovih staništa može se koristiti Model C. Ovaj model je dobijen na osnovu podataka sa slika 9 i 10. Pomenuli smo ranije da je ogledno polje kod Majdanpeka, najmanje pogodno za gajenje duglazije od svih analiziranih lokaliteta u Srbiji.

Modeli D i E za staništa na Tandi i Juhoru, za uspešne i neuspešne provenijencije (krive obeležene sa "x" i sa "+") predstavljene su na slikama 18 i 19.

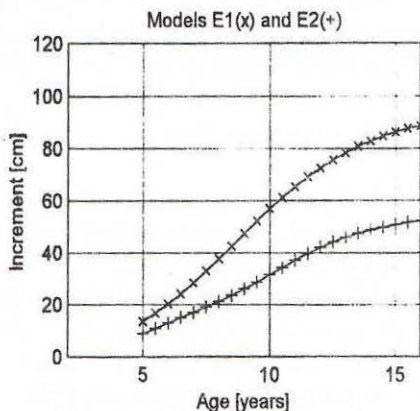


Sl. 17.- Model visinskog rasta za staništa sa nepovoljnim uslovima za razvoj duglazije

Za stanište na Tandi, model za neuspešne provenijencije, D2, može se približno predstaviti sa transliranim modelom D1, koji se odnosi na uspešne provenijencije. Model D1 je potrebno translirati za oko 3 godine. U slučaju staništa na Juhoru modeli E1 i E2 razlikuju se u pogledu maksimalne vrednosti visinskog prirasta za 16-tu godinu razvoja posmatranih kultura. Vidi se da visinski prirast u 16-toj godini razvoja za uspešne provenijencije iznosi 90 cm dok za neuspešne iznosi samo 50 cm.



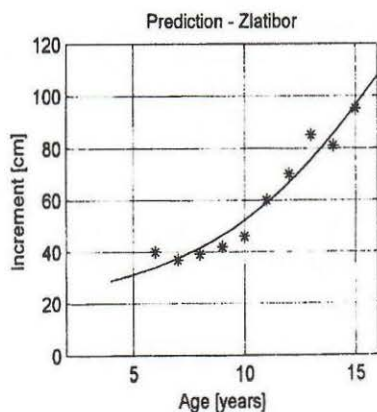
Sl. 18.- Modeli za stanište u Tandi



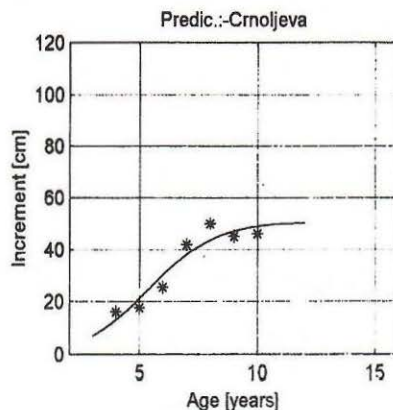
Sl. 19.- Modeli za stanište na Juhoru

6. TESTIRANJE I VERIFIKACIJA MODELA RASTA

Testiranje modela A izvršićemo sa podacima koji su dobijeni merenjem na lokaciji Zlatibor (sl. 20). Ako se model A shvati kao neka srednja vrednost za staništa koja su pogodna za razvoj duglazije, tada se može uzeti da se kriva prirasta koja se odnosi na Zlatibor nalazi unutar neke varijacije, standardnog odstupanja, modela A. Na osnovu ovoga možemo reći da se Model A može uspešno koristiti u statističkom smislu za staništa koja su vrlo pogodna za duglaziju.



Sl. 20.- Testiranje modela A koji se odnosi na staništa sa velikim prirastom



Sl. 21.- Testiranje modela C koji se odnosi na staništa sa malim prirastom

Kriva visinskog prirasta za duglazije na Crnojleja planini data je na sl. 21. Vidi se da znatno odstupa od modela C. U vezi s tim vidi se da je potrebno translirati model kako po horizontalnoj tako i po vertikalnoj osi. Međutim, primetimo da je to u skladu sa prethodnim tvrđenjem da je teško ili čak nemoguće odrediti model za nepogodna, odnosno neodgovarajuća staništa.

7. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana efikasna primena neuronskih mreža u postupku izravnavanja i analize podataka koji predstavljaju godišnji visinski prirast kultura duglazije. Raspoloživi podaci i postavljen zadatak nisu zahtevali korišćenje NM složene strukture, odnosno primenu butstrep tehnike, paralelan rad više NM itd. To je razumljivo s obzirom da se praktično radilo o jednostavnom problemu izravnavanja malog broja podataka i grupisanju odnosno podeli posmatranih procesa na mali broj grupa - modela.

Dobijeni modeli visinskog rasta kultura duglazije značajni su i teoretski i za praktičnu primenu. Međutim, neophodno je navedene podatke dopuniti novim jer će istraživanja dobiti punu vrednost tek kada budu obrađeni i podaci koji obuhvataju kulminaciju visinskog prirasta - podaci za starije kulture duglazije.

LITERATURA

- 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, Num. 1, Society of American Foresters, Grosvenor Lane, Bethesda, pp. 77-82.
- Haykin, S. (1994): *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*, McMillan College Publishing Company, New York, pp. 696.
- Johnsen, K., Samuelson, L., Teskey, R., McNulty, S., Fox, T. (2001) Process models as tools in forestry research and management. *Forest Science*, February 2001, Vol. 47, Num. 1, Society of American Foresters, Grosvenor Lane, Bethesda, pp. 2-7.
- Lavadinović, V. (1995): Variability of 29 Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) provenances in test plots in Serbia in the aim of the improvement and introduction of this species. MSc thesis. The University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Yugoslavia.
- Lavadinović, S.V., Koprivica, J.M. (1996): Development of young Douglas-fir (*Pseudotsuga taxifolia* Britt.) stands of different provenances on beech sites in Serbia. Proceedings of IUFRO Conference "Modelling Regeneration Success and Early Growth of Forest stands", Copenhagen, Denmark, pp. 390-400.
- Lavadinović, S.V., Koprivica, J.M. (1997): Development of young Douglas-fir stands of different provenances at oak site in Serbia. Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation, Ana Amaro and Margarida Tome (Ed.), Oeiras, 21-27 September 1997, Portugal, pp. 231-241.
- NN Toolbox (2000): Neural Network Toolbox, Version 6.0.0.88, Release 12, September 22, 2000, MATLAB 6 R12.
- Radonja, J.P. (1999): Izravnavanje izmerenih podataka koristeći višeslojne neuronske mreže. Zbornik radova VII Telekomunikacionog foruma, TELFOR' 99, Beograd 23-25.11.1999, 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, IEEE and Academic Mind, 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, Savpo, Belgrade, pp. 22-26.
- Radonja, J.P. (2001): Efikasni postupci izravnavanja visinske krive primenom metoda veštačke inteligencije. Zbornik radova Instituta za šumarstvo, Tom 44-45, Beograd, str. 37-50.
- Reed, D.D. (1997): Ecophysiological models of forest growth: uses and limitations. Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation, Ana Amaro and Margarida Tome (Ed.), Oeiras, 21-27 September 1997, Portugal, pp. 305-311.
- Stamenković, V., Vučković, M. (1988): Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str. 368.
- Vrcelj-Kitić, D. (1982): Plantations of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziensis* /Mirb./ Franco) in different site conditions of Serbia. Monographs, Book 40, Institute of forestry and wood industry, Belgrade, pp. 151.

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.

HEIGHT INCREMENT MODELS OF DUOGLAS-FIR CULTURE ON DIFFERENT SITES IN SERBIA

*Pero Radonja
Miloš Koprivica
Vera Lavadinović*

Summary

Mathematical models can be used as very successful statistical tools for both research and management. The most common applications of forest growth models are to predict the growth on a particular site and to enable the researchers to make plans of introduction and cultivation of new species. Also, the forest models enable manager to make plans of harvesting, i.e. to determine the level of wood exploitation.

In the first part of the paper, an analysis of current annual height increments of young Douglas-fir stands in different sites is presented. The analyses is based on multiannual measurements and performed for 10 different locations in Serbia: Jelova gora, Goc, Kosmaj, Jastrebac, Bogovađa, Majdanpek, Tanda, Juhor, Zlatibor and Crnoljeva mountain. The different proveniences in plots on locations, Tanda and Juhor are considered, also. Unfortunately, the age of stands in the considered cases is insufficient for determining the years of culmination and the maximum values of height increment.

In this paper fitting and prediction of the measured data is performed using an artificial intelligence method. For this purpose, two-layer trained neural networks are used. The training or learning of NN is performed by using measured data and the Levenberg-Marquardt algorithm.

In the second part of the paper, models are generated by averaging the obtained curves of height increment for the corresponding sites.

In the end of the paper, in order to evaluate the proposed models, model testing is performed by using two new data sets. Testing model predictions for suitable sites, is performed by the individual curve of height increment of stand on location Zlatibor. Model for unsuitable sites is tested by curve of height increment of stand on Crnoljeva mountain.

The proposed models can be used very successfully to get a general information in related with the considered processes. Also, it is shown that NNs are very useful and suitable tools for building models of different sites on the basis of small data sets.

Recenzenti: prof. dr Srđan Stanković i prof. dr Milivoj Vučković.