فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۵ شماره ۳، صفحه ۵۲۷-۵۱۷، (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2017.112886

پیش‌بینی حجم صنعتی و هیزمی پهن‌برگان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: سری گرازبن جنگل خیرودکنار، نوشهر)

فاطمه گرزین [۱*]، منوچهر نمیرانیان [۲]، محمود امید [۳] و محمود بیات [۴]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: fatemegorzin@yahoo.com
۲- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- استاد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۱

چکیده

تصمیم‌گیری در منابع طبیعی اغلب به پیچیدگی‌هایی فراتر از روش‌های تجربی آماری منجر می‌شود، بنابراین نیاز به راهکارهای نوین دارد. تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی با تقلید از مغز انسان و الگوبرداری از آن به فرآیند حل مشکل می‌پردازد. در این پژوهش به پیش‌بینی حجم صنعتی و هیزمی درختان با استفاده از تکنیک هوش مصنوعی پرداخته شد. برای این منظور، ۳۶۷ اصله از درختان نشانه‌گذاری شده جنگل آموزشی- پژوهشی خیرودکنار نوشهر انتخاب و متغیرهای قطر برابر سینه، قطر کنده، ارتفاع کنده، ارتفاع کل، طول صنعتی، حداقل قطر میانه گرده‌بینه، وضعیت درخت، گونه و عامل‌های توپوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا اندازه گیری شدند. کلیه متغیرها به‌عنوان ورودی شبکه درنظر گرفته شدند. برای مدل‌سازی از شبکه پرسپترون چندلایه استفاده شد. نتایج نشان داد که شبکه MLP با مقدار خطای جذر میانگین مربعات ۰/۲۳۳ و ضریب‌تبیین‌های ۰/۹۴ و ۰/۷۱ به‌ترتیب برای حجم‌های صنعتی و هیزمی دارای دقت قابل قبولی برای پیش‌بینی بود.

واژه‌های کلیدی: پرسپترون چندلایه، جنگل خیرودکنار، مدل‌سازی، هوش مصنوعی.

مقدمه

بشر از دیرباز اقدام به بهره‌برداری از جنگل‌ها می‌کرده و همواره بخش مهمی از نیازهای او مانند چوب و برخی مایحتاج دیگر از طریق جنگل‌ها تأمین می‌شده است، ولی امروزه افزایش جمعیت، ارتقاء سطح زندگی، کاهش سطح جنگل‌ها و مشکلات محیط زیستی و بینش جدید انسان منجر به حساسیت بیشتر در مورد بهره‌برداری شده است. در ایران، جنگل‌هایی که تحت پوشش طرح جنگل‌داری هستند، دارای برنامه مدون برداشت سالانه می‌باشند که امکان برداشت از جنگل در برنامه‌های پیش‌بینی شده طرح‌های اجرایی (به‌طور سالانه) مشخص شده است. دولت نیز به‌عنوان مالک جنگل، درآمد خود را از طریق دریافت بهره مالکانه وصول می‌کند. همچنین، با توجه به یکسان نبودن ارزش اقتصادی تجاری قسمت‌های مختلف ساقه درخت، تفکیک آن به حجم صنعتی و هیزمی الزامی است (Shamekhi, 2011). چوب‌هایی که دارای ابعاد قابل

ملاحظه با قطر میانه بیشتر از ۲۵ سانتی‌متر باشند و در صنایعی که بزرگی ابعاد چوب شرط اساسی است، به‌کار روند، همچنین بتوان با انواع تیغ‌های برنده و قطع‌کننده روی آن‌ها کار کرد و آن‌ها را به شکل و ابعاد معینی درآورد و یا به شکل طبیعی خود به مصرف رساند، چوب کار نامیده می‌شوند در بین جنگل‌بانان این چوب‌ها به‌اصطلاح چوب صنعتی نامیده می‌شوند. چوب‌هایی با قطر میانه کمتر از ۲۵ سانتی‌متر که در تخته‌خرده و صنایع تبدیل شیمیایی به مصرف می‌رسند، چوب صنعتی نامیده می‌شوند. این چوب‌ها را جنگل‌بانان چوب هیزمی می‌دانند (Zobeiri, 2005).

برآورد و پیش‌بینی دقیق مقدار چوب به‌دست‌آمده از عملیات بهره‌برداری، عامل مؤثری در مدیریت مطلوب محصولات چوبی است. این امر مدیریت بهینه طرح‌های جنگل‌داری را نیز در پی دارد. دانستن هرچه دقیق‌تر حجم این محصولات برای محاسبه دقیق‌تر بهره مالکانه و بیلان اقتصادی طرح جنگل‌داری بهتر است. به‌منظور تجدید حجم درختان روش‌های مختلفی به‌وجود آمده‌اند که عبارتند از تجدید حجم سنتی یا صددرصد، روش رگرسیون، روش آماری و Probability Proportional to Prediction که به اختصار 3P نامیده می‌شود. در شرایط فعلی نیز تجدید حجم سنتی یا صددرصد و 3P استفاده می‌شود (Zobeiri, 2007; Namiranian, 2010; Yolme *et al*., 2013; Gorzin, 2015).

سال‌های زیادی است که مدیران و پژوهشگران جنگل برای پیش‌بینی، مدیریت و تصمیم‌گیری از مدل‌های تجربی آماری و مدل‌های پیچیده ریاضی استفاده می‌کنند (Peng & Wen, 1999). بیشتر آماربرداران جنگل، برای برآورد حجم ناچار به اندازه‌گیری درختان نمونه هستند که اغلب فعالیتی هزینه‌بر است. استفاده از روش‌های نمونه‌برداری برای تعیین حجم که نیازمند اندازه‌گیری تعداد کمتری قطر در طول ساقه است، می‌تواند هزینه را کاهش دهد، اما این روش زمانی پذیرفته می‌شود که اعتبار داده‌های برآوردی قابل قبول باشد (Ozçelik *et al*., 2010). تصمیم‌گیری در منابع طبیعی اغلب به پیچیدگی‌هایی فراتر از روش‌های تجربی آماری منجر می‌شود، بنابراین نیاز به راهکارهای نوین است (Gimblett & Ball, 1995). استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial neural network/ANN) در جنگل و منابع طبیعی با توسعه سیستم‌های خبره برای حل مسئله و تصمیم‌گیری شروع شد (Coulson *et al*., 1987). با توجه به ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی، ویژگی‌های عمده آن همانند سرعت زیاد پردازش، توانایی یادگیری الگو پس از آموزش، توانایی تعمیم دانش پس از یادگیری، انعطاف‌پذیری در برابر خطاهای ناخواسته و عدم ایجاد اختلال قابل توجه در صورت بروز اشکال در بخشی از اتصال‌ها به‌دلیل توزیع وزن‌های شبکه است که آن را به‌عنوان ابزاری قدرتمند در حل مسایل ناشناخته تبدیل کرد (Kia, 2010; Soltani *et al*., 2010: Jafari *et al*., 2013). به‌طور کلی، تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی تقلیدی از مغز انسان در فرآیند حل مشکل است. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدیریت جنگل با درک اینکه مغز انسان در پردازش مقادیر زیاد داده در طیفی از منابع مختلف و تصمیم‌گیری در محیط پیچیده کارآمد است، نشأت گرفته است.

Safi Samgh Abadi (۲۰۰۳) در تحقیق برنامه‌ریزی چندهدفه جنگل، اقدام به برنامه‌ریزی جنگل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی کرد. نتایج نشان داد که شبکه عصبی دارای توانایی تولید جواب مطلوب با خطای قابل قبول در مسایل تصمیم‌گیری چندهدفی فردی و گروهی است. Ghanbari و همکاران (۲۰۰۹) توانایی شبکه عصبی را در پیش‌بینی تعداد در هکتار مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که توانایی شبکه عصبی در پیش‌بینی تعداد در هکتار خوب بود و همچنین این روش می‌تواند تغییرات تعداد در هکتار جنگل را با استفاده از خصوصیات توپوگرافی تا ۶۵ درصد پیش‌بینی کند. Ozçelik و همکاران (۲۰۱۰) حجم ساقه چهار گونه از درختان را با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برآورد کردند. سپس، حجم تخمین زده شده با روش‌های سابق برآورد حجم مانند جداول حجم مقایسه شد. نتایج نشان داد که مدل‌های شبکه عصبی همبستگی آبشاری برای برآورد حجم ساقه چهار

گونه درخت مورد بررسی، قابل اعتمادتر بودند. Bayati و Najafi (۲۰۱۱) به بررسی کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در برآورد حجم تنه درختان در جنگل آموزشی- پژوهشی دانشگاه تربیت‌مدرس پرداختند. از دو مدل شبکه عصبی، پرسپترون چندلایه (Multi Layer Perceptron) و تابع پایه شعاعی (RBF) به‌منظور پیش‌بینی استفاده شد. نتایج نشان داد که شبکه عصبی دقت قابل قبول در پیش‌بینی را نشان دارد. همچنین، تابع پایه شعاعی نسبت به پرسپترون چندلایه دارای دقت بیشتری در برآورد حجم تنه بود. آن‌ها در مطالعه دیگری (۲۰۱۳) به مقایسه کارآیی شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل رگرسیون در برآورد حجم تنه درخت پرداختند. نتایج پژوهش حاکی از کارآیی شبکه عصبی مصنوعی و برتری آن به روش تحلیل رگرسیون بود. Bayat (۲۰۱۴) در بخش گرازبن جنگل آموزشی- پژوهشی خیرودکنار، مدل‌های رشد و محصول را که شامل مدل تک درخت رویش قطری، مدل تک‌درخت رویش ارتفاعی، مدل تک‌درخت رویش زادآوری و مدل تک‌درخت زنده‌مانی(مرگ و میر) را با استفاده از شبکه عصبی ارایه دادند. نتایج نشان داد که مدل‌های رویش قطری، رویش ارتفاعی و مدل زنده‌مانی دقت و صحت زیادی در برآورد رویش و حجم جنگل داشت و می‌توان از این مدل‌ها در شبیه‌سازی استفاده کرد. Bayat و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای دیگر به بررسی کارآیی روش شبکه عصبی مصنوعی در برآورد موجودی سرپای توده های جنگلی پرداختند. نتایج کارآیی شبکه عصبی پس‌انتشار را در برآورد موجودی سرپا و برتری روش نوین شبکه عصبی را به روش تحلیل رگرسیون نشان داد.

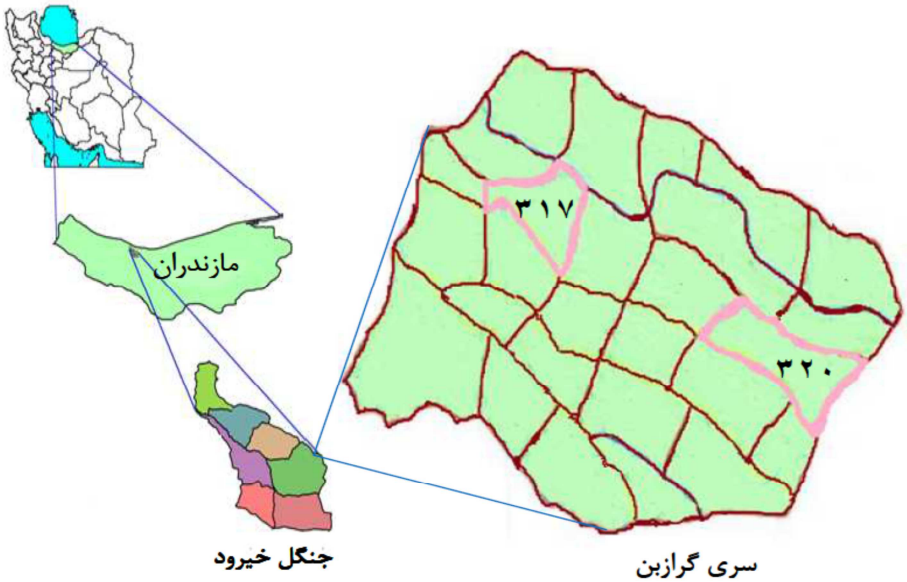
با توجه به روش‌های موجود تجدید حجم می‌توان بیان کرد که در روش سنتی به این دلیل که تمام درختان مورد تجدید حجم قرار می‌گیرند، وقت‌گیر بوده و محاسبه حجم محصولات چوبی زمان طولانی‌تری را می‌طلبد و نیازمند صرف هزینه زیاد است. در روش 3P که در اصل یک روش نمونه‌برداری است، چون تمام درختان اندازه‌گیری نمی‌شوند، نسبت به تجدید حجم به روش سنتی نیازمند زمان کمتری بوده و با توجه به کمتر بودن زمان، هزینه‌های آن نیز نسبت به تجدید حجم سنتی کمتر خواهد بود، اما به‌دلیل اینکه تمام درختان اندازه‌گیری نمی‌شوند و تنها تعدادی به عنوان نمونه تعیین شده و نتیجه به‌دست‌آمده به کل تعمیم داده می‌شود، ممکن است همیشه دقت کافی را ارایه ندهد و نمونه‌های انتخابی معرف کل جامعه نباشد. به‌دلیل وسعت زیاد جنگل و دشواری برنامه‌ریزی در این سطح، همچنین پرهزینه و وقت‌گیر بودن روش‌های آماری میدانی، به رهیافت‌های جدیدی نیاز است. این پژوهش با اهداف تسریع انجام محاسبات حاصل از آماربرداری، کسب دقت زیاد در پیش‌بینی حجم صنعتی و هیزمی و بررسی متغیرهای مؤثر برآن‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در بخش گرازبن جنگل آموزشی- پژوهشی خیرودکنار با وسعت ۹۳۴/۲۴ هکتار انجام شد. جنگل خیرودکنار در هفت کیلومتری شرق نوشهر با مختصات جغرافیایی ´۲۷ °۳۶ تا ´۴۰ °۳۶ عرض شمالی و ´۳۲ °۵۱ تا ´۴۳ °۵۱ طول شرقی قرار دارد. بخش گرازبن دارای ۲۷ پارسل است که پارسل‌های ۳۱۷ و ۳۲۰ برای این پژوهش انتخاب شدند (شکل ۱). پارسل ۳۱۷ دارای ۳۴/۴۶ هکتار مساحت می‌باشد. حداقل ارتفاع از سطح دریا در این پارسل ۱۱۶۰ متر و حداکثر آن ۱۲۳۰ متر می‌باشد. متوسط شیب این پارسل ۱۷٪ و جهت شیب جنوبی است. پارسل ۳۲۰ دارای ۴۱/۵۱ هکتار مساحت با حدقل ۱۲۲۰ متر و حداکثر ۱۳۸۰ متر ارتقاع از دریا می‌باشد. متوسط شیب در این پارسل ۱۸٪ و جهت شیب جنوبی می‌باشد. بخش گرازبن در محدوده راشستان‌های هیرکانی قرار دارد که به‌دلیل دخالت‌های مستمر گذشته فراوانی ممرز در توده‌های راش به‌وفور دیده می‌شود و جامعه‌ای طبیعی راش در قسمت‌هایی به تیپ راش- ممرز تغییر یافته است. از سایر گونه‌های همراه با این تیپ در پارسل‌های مورد مطالعه می‌توان به بلندمازو، توسکا و افرا اشاره کرد. تشکیلات

زمین‌شناسی آن شامل سنگ آهکی و مارن آهکی متعلق به دوره میوسن و پلیئوسن از دوران سوم و سنگ‌های آهکی متعلق به کرتاسه فوقانی از دوران دوم زمین‌شناسی است. عمده تیپ‌های خاک موجود در منطقه شامل قهوه‌ای اسکلتی، قهوه‌ای کالسیک، قهوه‌ای جنگلی شسته شده می‌باشد (Etemad, 2002).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

در این پژوهش از داده‌های مربوط به پایه‌های نشانه‌گذاری شده و تجدید حجم‌شده استفاده شد. داده‌های استفاده شده مربوط به سال بهره‌برداری ۱۳۹۲ بود که به روش سنتی یا صددرصد تجدید حجم شدند. تعداد ۳۶۷ اصله درخت از پارسل‌های ۳۱۷ و ۳۲۰ تجدید حجم شدند. پس از قطع و تجدید حجم توسط عملیات میدانی در عرصه، متغیرهای قطر کنده، ارتفاع کنده تا دقت سانتی‌متراز طریق اندازه‌گیری مستقیم با خطکش دوبازو و متر به‌دست آمد. شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا برای هر پایه نیز ثبت شد. به‌علت قطع درختان، برای تعیین ارتفاع درختان از منحنی ارتفاع بخش گرازبن استفاده شد. متغیر قطر برابر سینه، نوع گونه و وضعیت درخت از صورت‌مجلس نشانه‌گذاری مربوط به سال بهره‌برداری۱۳۹۲ استخراج شد. متغیرهای طول صنعتی، حداقل قطر میانه آخرین گرده‌بینه، حجم صنعتی و حجم هیزمی از داده‌های تجدید حجم که به‌صورت صددرصد انجام شد، به‌دست آمد.

روش تجزیه و تحلیل

در مدل‌سازی با شبکه‌های عصبی مصنوعی از شبکه پرسپترون چندلایه استفاده شد. متغیرهای قطر برابر سینه، قطر کنده، ارتفاع کنده، ارتفاع کل، طول صنعتی، گونه، وضعیت درخت، حداقل قطر میانه آخرین گرده‌بینه، شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان ورودی‌های شبکه و حجم صنعتی و هیزمی به‌عنوان خروجی‌های شبکه درنظر گرفته شدند. برای آموزش شبکه از تابع تانژانت هیپربولیک در لایه مخفی و تابع خطی در لایه خروجی به‌همراه الگوریتم نزول گرادیان با مومنتم استفاده شد. نرم‌افزار NeurolSolutions.5 برای مدل‌سازی شبکه استفاده شد. برای مدل‌سازی، داده‌ها به سه قسمت آموزش، اعتبارسنجی و تست تقسیم شدند که نسبت هر کدام به‌ترتیب ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد بود. تعیین تعداد لایه‌های پنهان و نرون‌های هر لایه نیز با آزمون و خطا انجام شد و تا زمان رسیدن مقدار

خطا به حداقل ممکن ادامه یافت. در نهایت، به‌منظور رتبه‌بندی و تعیین نقش ورودی‌ها بر خروجی شبکه از تحلیل حساسیت استفاده شد. برای ارزیابی و درنتیجه تعیین کارایی مدل‌ها از معیار ضریب تبیین (R^2) و اعتبارسنجی به روش جذر میانگین قدر مطلق خطا ($RMSE$) استفاده شد. از آزمون t جفتی نیز برای بررسی اختلاف بین حجم به‌دست‌آمده از مدل و حجم واقعی استفاده شد.

نتایج

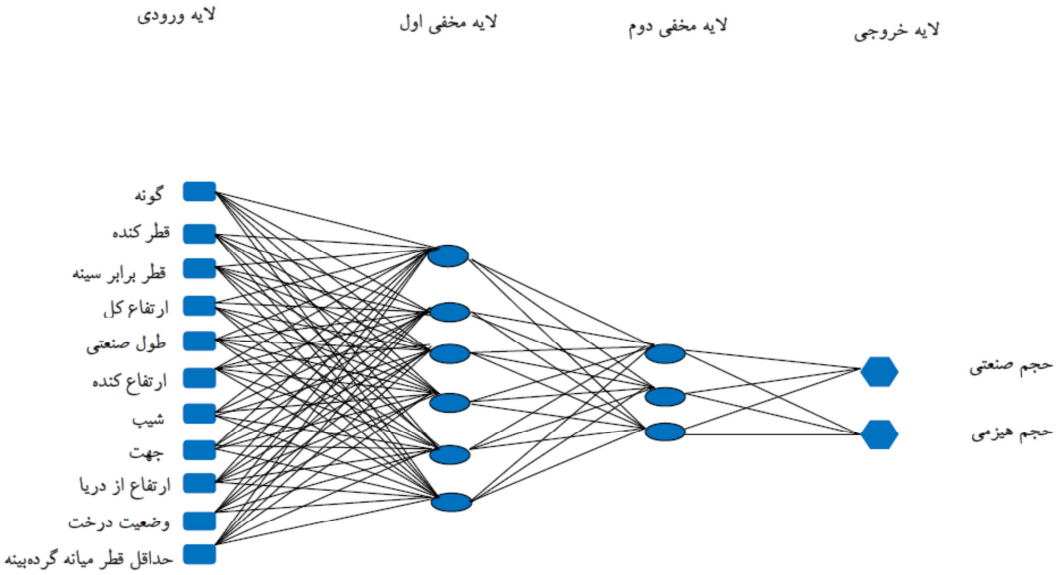
در جدول‌های ۱ و ۲، پنج مدل برتر حجم صنعتی و هیزمی درختان در شبکه تک‌لایه و دولایه به‌تفکیک آورده شده است که در نهایت شبکه عصبی با دو لایه مخفی و شش نرون در لایه مخفی اول و سه نرون در لایه مخفی دوم به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد. معماری این شبکه در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- پنج مدل برتر شبکه عصبی حجم صنعتی و هیزمی با یک لایه مخفی

شماره مدل	تعداد نرون در لایه مخفی ۱	$RMSE$	R^2	
			حجم هیزمی	حجم صنعتی
۱	۶	۰/۰۸۱۸	۰/۵۷۰	۰/۸۶۳
۲	۱۲	۰/۰۵۹۱	۰/۵۴۰	۰/۸۷۷
۳	۸	۰/۰۷۶۸	۰/۶۷۸	۰/۸۶۸
۴	۱۶	۰/۰۹۸۹	۰/۶۶۲	۰/۸۹۳
۵	۱۴	۰/۰۸۰۰	۰/۷۳۴	۰/۸۷۲

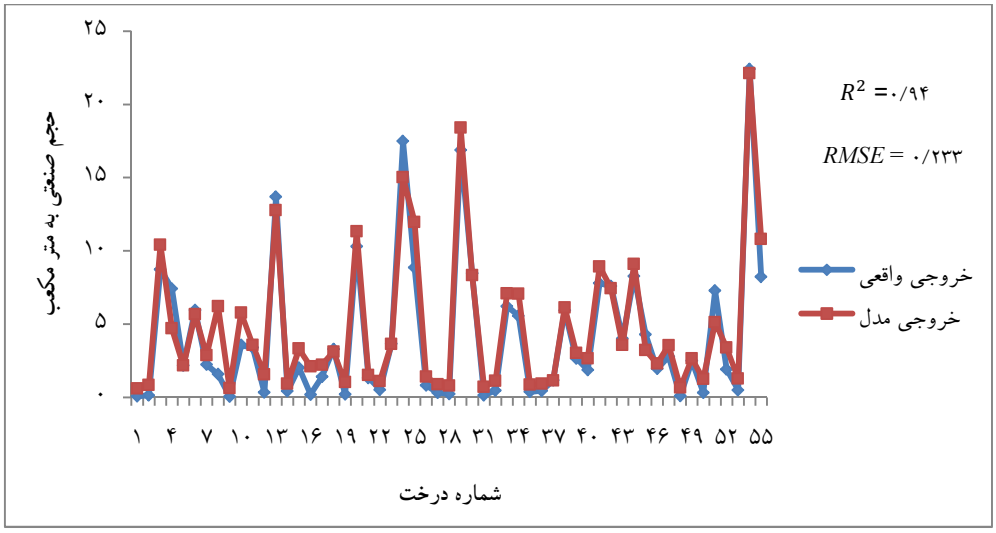
جدول ۲- پنج مدل برتر شبکه عصبی حجم صنعتی و هیزمی با دو لایه مخفی

شماره مدل	تعداد نرون در لایه مخفی ۱	تعداد نرون در لایه مخفی ۲	$RMSE$	R^2	
				حجم هیزمی	حجم صنعتی
۱	۶	۱۷	۰/۰۶۶۳	۰/۵۷۷	۰/۹۳۱
۲	۴	۴	۰/۲۲۵۳	۰/۶۲۴	۰/۹۳۱
۳	۶	۱	۰/۲۱۷۲	۰/۷۲۱	۰/۹۳۰
۴	۱	۱۱	۰/۰۹۶۴	۰/۶۹۰	۰/۹۴۰
۵	۶	۳	۰/۲۳۳۸	۰/۷۱۵	۰/۹۴۱

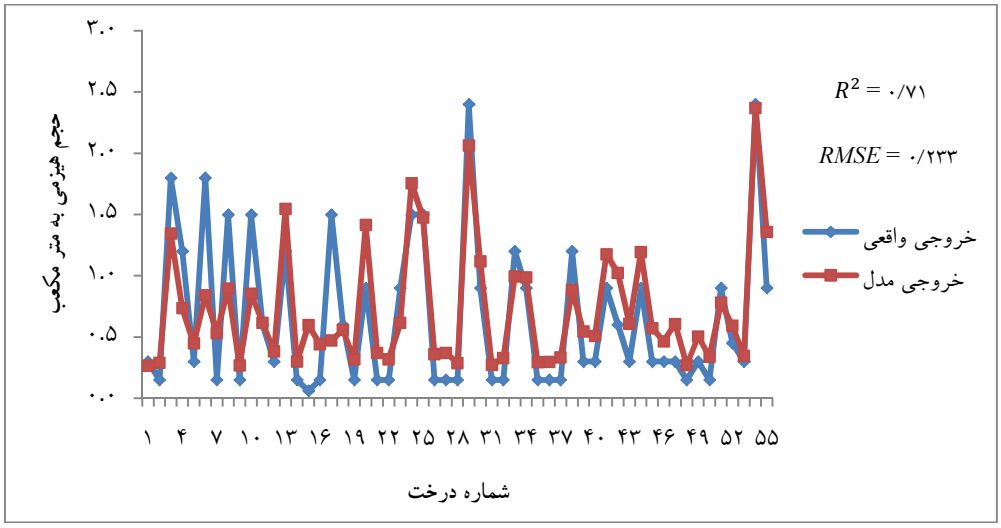


شکل ۲- ساختار شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در پیش‌بینی حجم صنعتی و هیزمی

در شکل‌های ۳ و ۴ دقت مدل مورد استفاده در پیش‌بینی حجم صنعتی، هیزمی در مقایسه با حجم واقعی به‌دست‌آمده از تجدید حجم صددرصد به‌تفکیک نشان داده شده است.

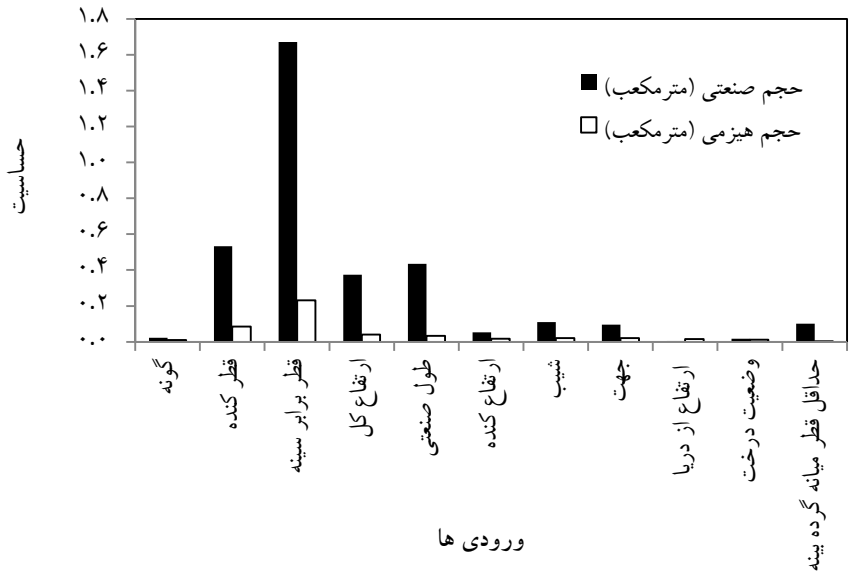


شکل ۳- دقت مدل مورد استفاده در پیش‌بینی حجم صنعتی



شکل ۴- دقت مدل مورد استفاده در پیش‌بینی حجم هیزمی

نتایج مربوط به تحلیل حساسیت ورودی‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، بیشترین حساسیت در بین ورودی‌های مدل انتخاب شده در مدل‌سازی برای هر دو حجم صنعتی و هیزمی مربوط به قطر برابر سینه و ارتفاع کل درخت بود.



شکل ۵- تحلیل حساسیت ورودی‌های مدل

نتایج بررسی عملکرد مدل به‌دست‌آمده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی حجم صنعتی و هیزمی برای ۵۵ اصله در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، بیشترین اختلاف مربوط به حجم صنعتی بود. بر اساس نتایج آزمون t جفتی، اختلاف معنی‌داری برای حجم‌های هیزمی وجود نداشت، اما برای حجم صنعتی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه اختلاف حجم مدل و تجدید حجم صددرصد

متغیر	تعداد	حجم واقعی	حجم مدل	اختلاف حجم
حجم صنعتی (متر مکعب)	۵۵	۳۲۰	۳۰۷/۲۶۱۲	-۳/۹۸۰٪
حجم هیزمی (متر مکعب)	۵۵	۴۳/۵۶	۴۵/۲۵۸۲	+۳/۸۹۸٪

جدول ۴- آزمون t جفتی بین حجم مدل و تجدید حجم صددرصد

متغیر	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	معنی‌داری
حجم صنعتی (متر مکعب)	۰/۷۱۲	۱/۳۱۶	۵۴	۰/۰۰۰ **
حجم هیزمی (متر مکعب)	۰/۰۳۰	۰/۴۰۹	۵۴	۰/۵۷۹ ns

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار

بحث

نتایج ارزیابی مدل به‌دست‌آمده در پژوهش پیش‌رو نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی با توجه به ضریب تبیین زیاد و *RMSE* کم قادر به پیش‌بینی حجم با دقت قابل قبولی بود که با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات Özçelik و همکاران (۲۰۱۰)، Bayati و Najafi (۲۰۱۱؛ ۲۰۱۳) و Bayat و همکاران (۲۰۱۶) هم‌خوانی دارد. استفاده از این تکنیک نسبت به روش‌های آماری از این نظر ارزشمند است که امکان پردازش را با سرعت بیشتری و زمان کمتر نسبت به عملیات میدانی فراهم می‌کند. عدم محدودیت در تعداد متغیرهای ورودی به‌ویژه عامل‌های کیفی مؤثر که در معادلات مربوط به حجم وارد نمی‌شوند، از دیگر امتیازات تکنیک شبکه عصبی است. مقدار عددی حساسیت قطر و ارتفاع برای حجم‌های صنعتی و هیزمی بیشتر از دیگر متغیرها بود که گویای اهمیت متغیرهای فوق در تعیین حجم است. با توجه به ساختار طراحی شده برای شبکه در مدل‌سازی حجم صنعتی و هیزمی، ملاحظه می‌شود که یک شبکه پرسپترون چندلایه با برقراری اتصالات کامل بین نرون‌ها در سرتاسر شبکه می‌تواند برای یادگیری مسائل غیرخطی به‌کار رود. با توجه به نمودار دقت مدل، الگوی خروجی‌های به‌دست‌آمده از شبکه عصبی مطابق الگوی خروجی‌های واقعی بودند که این مسئله بیانگر کارآمدی شبکه مورد استفاده در ارتباط با موضوع پژوهش بود. قابل ذکر است که پیدا کردن تعداد لایه پنهان و تعداد نرون مناسب برای هر مدل شبکه عصبی نیاز به آزمون و خطا دارد، بنابراین در هربار آموزش باید معیارهای ارزیابی اندازه‌گیری شده تا زمانی‌که کمترین خطا به‌دست آید.

اختلاف حجم صنعتی پیش‌بینی شده از مدل با مقدار واقعی معنی‌دار بود. این موضوع ممکن است به‌دلیل استفاده از قطر برابر سینه در طبقات پنج سانتی‌متری باشد، زیرا در این پژوهش از حجم درختان ثبت شده در صورت‌مجلس نشانه‌گذاری استفاده شد. در این صورت‌مجلس، قطر برابر سینه درختان برای تعیین حجم نشانه‌گذاری آن‌ها با استفاده از جدول تاریف در طبقات پنج سانتی‌متری قید می‌شوند، در حالی‌که ممکن است درخت نشان‌گذاری شده در واقعیت دارای قطر برابر سینه بیشتری باشد. درنتیجه، به ازای این کاهش قطر، کاهش حجم به‌وجود خواهد آمد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نیز حجم صنعتی بیشترین حساسیت را نسبت به قطر برابر سینه داشت. علت دیگر ممکن است استخراج ارتفاع درختان از منحنی ارتفاع بخش گرازبن باشد که استفاده از طبقات قطری پنج سانتی‌متری اندازه ارتفاع استخراج شده را نیز به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار داده و بر حجم پیش‌بینی شده مؤثر واقع خواهد شد. مقدار عددی حساسیت برای متغیر قطر برابر سینه بسیار

بیشتر از مقدار عددی حساسیت دیگر متغیرها برای حجم‌های صنعتی و هیزمی بود که این نکته حاکی از مهم بودن متغیر قطر برابر سینه در تعیین حجم است.

انتخاب تعداد و نوع متغیرها به‌عنوان ورودی شبکه بستگی به اهداف مجری داشته و به‌طور معمول در مواقعی که هزینه و زمان در اولویت باشند، تعداد متغیرها کمتر بوده و متغیرهای در دسترس انتخاب می‌شوند، اما زمانی‌که هدف کسب دقت زیاد است، تعداد متغیرهای بیشتری به‌عنوان ورودی شبکه مورد توجه قرار می‌گیرند. در این پژوهش، متغیرهای قطر برابر سینه، قطر کنده، ارتفاع کنده، ارتفاع کل، عامل‌ةای فیزیوگرافی، نوع گونه، وضعیت درخت از نظر سالم یا شکسته بودن، طول صنعتی و حداقل قطر میانه گرده‌بینه برای افزایش دقت کار و دست‌یابی به اطلاعاتی در ارتباط با نقش این عامل‌ها بر حجم، به‌عنوان ورودی شبکه درنظر گرفته شدند. ارزشمندی این مدل به این دلیل است که می‌توان عامل‌های کیفی را نیز در تعیین حجم مورد بررسی قرار داد. همچنین، می‌توان با اولویت قرار دادن زمان و هزینه نسبت به کار میدانی، تعداد متغیرهای کمتر، در دسترس‌تر و مؤثرتری مانند قطر در قسمت‌های مختلف درخت و ارتفاع را درنظر گرفت و با کاهش محاسبات و زمان کار اجرایی در عرصه، کاهش هزینه اکیپ تجدید حجم، کاهش خستگی ناشی از کار میدانی که منجر به کاهش دقت می‌شود، پیش‌بینی را برای تمام درختان نشانه‌گذاری شده و حجم زیاد داده با سرعت بیشتری انجام داد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود تکنیک شبکه عصبی مصنوعی در موارد و مناطق دیگر ارزیابی شود تا قابلیت‌های گسترده آن شناخته شود. همچنین، می‌توان برای تعیین دقیق‌تر حجم، عامل‌های اقلیمی، ارتفاع ریشه‌دوانی روی ساقه درخت و قطر تاج را نیز مورد بررسی قرار داد.

References

- Bayat, M., 2014. Growth and yield models for uneven-aged and mixed broadleaf forest by neural network method (Case study: Gorazbon district in Kheyroud forest, North of Iran). Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 147p (In Persian).
- Bayat, M., Namiranian, M., Omid, M., Rashidi, A. and Babayi, S., 2016. Applicability of artificial neural network for estimating the forest growing stock. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(2): 214-226 (In Persian).
- Bayati, H. and Najafi, A., 2011. Application of artificial intelligence in trees stems volume estimation. Journal of Renewable Natural Resources Research, 2(2): 52-59 (In Persian).
- Bayati, H. and Najafi, A., 2013. Comparison between artificial neural network and regression analysis in trees stem volume estimation. Journal of Forest and Wood Product, 66(2): 177-191 (In Persian).
- Coulson, R.N., Folse, J.L. and Loh, D.K., 1987. Artificial intelligence and natural resource management. Science, 237: 262-267.
- Etemad, V., 2002. Study of quantitative and qualitative characteristics of beech tree seed in Mazandaran province. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, 258p (In Persian).
- Ghanbari, F., Shataee, Sh., Dehghani, A.A. and Ayoubi, Sh., 2009. Tree density estimation of forests by terrain analysis and artificial neural network. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 16(4): 25-42 (In Persian).
- Gimblett, R.H. and Ball, G.L., 1995. Neural network architectures for monitoring and simulating changes in forest resources management. AI Applications, 9(2): 103-12.
- Gorzin, F., 2015. Prediction volume of trees by artificial neural networks (Case study: Kheyroud Forest). M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 78p (In Persian).
- Jafari, M., Vafakhah, M. and Abghari, H., 2012. Performance comparison of two activation functions namely sigmoid and hyperbolic tangent in artificial neural networks for storm runoff coefficient forecasting (Case study: Barariyeh Watershed, Neishabour). Journal of Water and Soil Conservation, 20(2): 85-103 (In Persian).
- Kia, M., 2010. Neural Network in Matlab. Kian Rayaneh Sabz Press, Tehran, 323p (In Persian).
- Namiranian, M., 2010. Tree Measurement and

Forest Bio-inventory. University of Tehran Press, Tehran, 574p (In Persian).
- Ozçelik, R., Diamantopoulou, J.M., Brooks, J.R. and Wiant, H.V., 2010. Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. Journal of Environmental Management, 91(3): 742-753.
- Peng, C. and Wen, X., 1999. Recent applications of artificial neural networks in forest resource management: an overview. AAAI Technical Report WS-99-07, Published by American Association for Artificial Intelligence (AAAI), USA, 8p.
- Safi Samgh Abadi, A., 2003. Forest multi-objective planning by artificial neural networks. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, 156p (In Persian).
- Shamekhi, T., 2011. Regulation and Administration of Natural Resources (Forests and Rangelands). University of Tehran Press, Tehran, 476p (In Persian).
- Soltani, S., Sardari, S., Sheykhpour, M. and Mousavi, S., 2010. Understanding the Principles and Applications of Artificial Neural Networks. Published by Scientific and Cultural Organization of Nas, Tehran, 216p (In Persian).
- Yolme, Gh., Moayyeri, M.H. and Mohammadi, J., 2013. An introduction to different methods for renewal volume of felled trees. Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources, 1(1): 99-111 (In Persian).
- Zobeiri, M., 2005. Forest Inventory (Tree Measurement). University of Tehran Press, Tehran, 401p (In Persian).
- Zobeiri, M., 2007. Forest Biometry. University of Tehran Press, Tehran, 407p (In Persian).

Prediction commercial and cordwood volume of broadleaves using Artificial Neural Networks (Case study: Gorazbon distric of Kheyrood forest, Nowshahr)

F. Gorzin [*1], M. Namiranian [2], M. Omid [3] and M. Bayat [4]

1*- Corresponding author, M.Sc. Forestry, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: fatemegorzin@yahoo.com

2- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Prof., Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 09.03.2017 Accepted: 01.05.2017

Abstract

Decision-making in natural resources often leads to complexities beyond the statistical empirical methods, therefore we need new solutions than algorithmic methods**.** Artificial neural networks (ANN) technology mimics the human brain in the process of problem solving. The aim of this study was to predict the commercial volume and cordwood volume using this technique (Artificial Neural Network). For this purpose**,** 367 marked trees in the experimental and educational forest of Kheyrood were selected. Some factors including diameter at breast height, diameter at stump, stump height, total height, topographic factors (slope, aspect and elevation), species, tree situation and minimum median diameter of last log were measured. The factors were considered as input network. Multi-layer Perceptron network (MLP) was used for modeling. The result showed that Multi-layer Perceptron network (with the 0/94 and 0/71 R^2, and 0/233 *RMSE*) has acceptable accuracy to predict the commercial and cordwood volume.

Keywords: Artificial neural networks, Kheyrood forest, Multi layer Perceptron.