جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۱۱۷-۱۲۶
DOI: 10.22059/jfwp.2018.231610.842

مقایسه دو روش شبکه عصبی مصنوعی و آنالیز رگرسیون در پیش‌بینی و برآورد حجم مقطوعات درختان در جنگل آموزشی-پژوهشی خیرود نوشهر

فاطمه گرزین[1*]، منوچهر نمیرانیان[2]، محمود امید[3] و محمود بیات[4]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۲. استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳. استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، کرج
۴. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۱/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۶

چکیده

استفاده از مدل‌های تجربی آماری از روش‌های کاربردی رایج، میان مدیران منابع جنگلی است. تحلیل رگرسیون نیز از روش‌های آماری بوده که می‌تواند برای برآورد حجم استفاده گردد. این روش نیازمند پیش‌فرض و دارای محدودیت‌هایی مانند نرمال بودن توزیع داده‌ها، عدم رابطه هم خطی، یکسان بودن واریانس خطاها است. استفاده از روش‌های جدید مثل شبکه‌های عصبی مصنوعی، دارای محدودیت های مذکور نیست. در این بررسی هدف مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل رگرسیون در پیش‌بینی و برآورد حجم کل مقطوعات است. بدین منظور تعداد ۳۶۷ اصله درخت از درختان نشانه‌گذاری شده جنگل آموزشی پژوهشی خیرود انتخاب و مشخصه‌های قطر برابر سینه، قطر کنده، ارتفاع کنده، ارتفاع کل، طول صنعتی، حداقل قطر میانه گرده‌بینه، وضعیت درخت، نوع گونه و عوامل توپوگرافی مثل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا با دقت زیاد اندازه‌گیری شد. از مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) برای پیش‌بینی و از رگرسیون چند متغیره برای برآورد حجم کل مقطوعات استفاده شد. نتایج نشان داد شبکه عصبی نسبت به رگرسیون دارای ۴۰ درصد دقت بالاتری در پیش‌بینی حجم کل مقطوعات است. مقایسه معیارهای ارزیابی بین شبکه MLP و رگرسیون گام به گام نشان داد که مقدار RMSE برای حجم کل مقطوعات در مدلسازی شبکه MLP، ۱/۴۱۱ مترمکعب و در رگرسیون چند متغیره ۳/۴۹ مترمکعب است. مقدار اختلاف حجم کل مدل و واقعی برای تحلیل رگرسیون ۶/۵ درصد و در شبکه عصبی ۱/۷ درصد بود. با توجه به نتایج، مقدار اختلاف برای مدل حاصل از شبکه عصبی مصنوعی کمتر از مدل رگرسیونی به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل رگرسیون، حجم کل، شبکه‌های عصبی مصنوعی، مقطوعات.

مقدمه

برداشت محصولات چوبی، رایج‌ترین نوع بهره‌برداری از جنگل محسوب می‌شود که در طی آن با قطع درختان، چوب به دست آمده، به شکل‌های گوناگون مصرف می شوند. با ملی شدن جنگل‌ها، بهره‌برداری در قالب طرح‌های جنگلداری الزامی شد و با تصویب قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل، سهم دولت از اجرای طرح‌های جنگلداری در قالب بهره مالکانه مطرح شد. طبق قانون ذکر شده برای محاسبه ارزش ریالی بهره مالکانه، تعیین حجم تنه-های صنعتی به متر مکعب و حجم هیزمی به استر در پروانه

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۱۷۳۲۱۳۶۳۱۸
Email: fatemegorzin@yahoo.com

قطع لازم است. حجم صنعتی و هیزمی، با توجه به یکسان نبودن ارزش اقتصادی و تجاری قسمت‌های مختلف ساقه به تفکیک اندازه‌گیری می‌شود و از مجموع آن‌ها حجم کل مقطوعات محاسبه می‌شود [۱]. برآورد و پیش‌بینی دقیق مقدار چوب حاصل از عملیات بهره‌برداری، عامل موثری 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 موثرتر واقع خواهد شد. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری و برآورد حجم محصولات چوبی از جانب کارشناسان، پس از تصویب قانون ملی شدن جنگل‌ها و مراتع ارائه شد. نیک‌پی در سال ۱۳۵۲، روش تجدید حجم رگرسیونی را ارائه داد. در این روش ده درصد از درختان مقطوعه بصورت تصادفی انتخاب شده و حجم هیزمی و صنعتی آن‌ها بصورت دقیق اندازه‌گیری شد، سپس یک رابطه رگرسیونی بین حجم سرپا و حجم هیزمی و صنعتی بدست آمد و از آن برای محاسبه باقی درختان استفاده شد. اما به دلیل عدم تطابق حجم حاصل از این روش با حجم واقعی، نتیجه‌ای حاصل نشد. طاهری در سال ۱۳۶۱، تجدید حجم را بصورت آماری انجام داد، او از نتایج تجدید حجم سال‌های گذشته استفاده کرد و یک رابطه خطی ساده بین حجم چوب نشانه‌گذاری شده و چوب صنعتی برای گونه‌های راش، ممرز، بلوط و دیگر گونه‌ها، محاسبه کرد و یک رابطه رگرسیونی نیز برای هر گونه تعیین شد. که به دلیل انطباق نداشتن حجم مقطوعات با نتیجه تجدید حجم آماری، این روش موفقیتی نداشت [۲]. در شرایط فعلی در عملیات بهره‌برداری جنگل، درختان به‌صورت سنتی یا صددرصد و 3P[1] تجدید حجم می‌شوند. استفاده از روابط بین قطر و ارتفاع از روش‌های معمول برای بدست آوردن معادلات حجم است [۳]. تحلیل رگرسیون نیز از روش‌های آماری بوده که میتواند برای برآورد حجم استفاده گردد. این روش همانند دیگر روش‌های آماری که برای یافتن روابط بین متغیر مستقل و وابسته به کار می‌روند نیازمند پیش‌فرض و دارای محدودیت مانند نرمال بودن توزیع اندازه داده‌ها، عدم رابطه هم‌خطی بین متغیرها، یکسان بودن واریانس خطاها است. در صورت فقدان این شرایط استفاده از روابط حاصل ممکن نبوده یا منجر به افزایش قابل توجه خطای برآورد می‌شود [۴]. استفاده از روش‌های جدید مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، دارای محدودیت‌های ذکر شده نیست. شبکه‌های عصبی مصنوعی که به اختصار ANN[2] نامیده می‌شود، یکی از دستاوردهایی هستند که با الگوبرداری از شبکه عصبی مغز انسان، قادرند پدیده‌های پیچیده و ناشناخته را به خوبی بررسی نمایند. شبکه‌های عصبی مصنوعی جزء سیستم‌های دینامیکی هوشمند هستند که با پردازش داده‌های مشاهداتی، قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. به همین علت به این سیستم-ها هوشمند می‌گویند. به تعبیر دیگر شبکه عصبی مصنوعی، مدلی ریاضی است که توانایی مدلسازی و ایجاد روابط غیرخطی برای درون‌یابی را دارد [۵]. از ویژگی‌های کلیدی شبکه‌های عصبی میتوان به قابلیت یادگیری، پراکندگی اطلاعات، قابلیت تعمیم، پردازش موازی اطلاعات و تحمل‌پذیری شبکه اشاره کرد همچنین داشتن توانمندی‌هایی مثل پردازش داده‌های ورودی بدون تکیه بر نوع توزیع آن‌ها و قابلیت حل مدل‌های غیرخطی با متغیرهای متعدد، از امتیازات ویژه شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقابل روش‌های آماری سنتی محسوب می‌شود [۶]. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در جنگل و منابع طبیعی با توسعه سیستم‌های خبره برای حل مسئله و تصمیم‌گیری شروع شد [۷]، و پس از آن استفاده‌های متعددی از این تکنیک در علوم مختلف جنگل به ویژه در پیش‌بینی حجم‌های مختلف درخت صورت گرفت. حجم پوست درخت کاج با استفاده از ANN و پنج مدل رگرسیون غیرخطی با استفاده از

1. Probability Proportional to Prediction

2. Artificial Neural Network

الگوریتم لورنبرگ-مارکوارت پیش‌بینی و برازش شد که به دلیل مشاهده اریبی در فرضیه‌ها و مقادیر بالای خطا، شبکه عصبی همبستگی آبشار[1] رو به جلو، با سه لایه برای تخمین حجم پوست کاج مدل‌سازی شد. نتایج به به وضوح برتری مدل‌های ANN را به دلیل داشتن توانایی غلبه بر مشکلاتی مانند روابط غیر خطی، توزیع غیر نرمال و داده‌های پرت و نویزدار در داده‌های جمع آوری شده از جنگل، به مدل‌های رگرسیونی نشان داد [۸]. پیش‌بینی حجم ساقه درخت با استفاده از با استفاده از شبکه همبستگی آبشاری که الگوریتم نظارت شده رو به جلو است، نشان داد سیستم پیشنهادی می‌تواند برای محاسبه موجودی جنگل مورد استفاده قرار گرفته و پیش‌بینی دقیقی از حجم هر بخش ساقه حاصل نماید. برای مثال مقدار میانگین مربعات خطا برای برآورد حجم کل ساقه درخت ۰/۰۰۵۴ (۹/۲ درصد) به دست آمد این تخمین حجم تنها بر اساس اندازه‌گیری دو قطر (قطر کنده و قطر برابر سینه) و ارتفاع کل درخت بوده است که دارای دقت کافی برای جایگزینی با بسیاری از روش‌های اندازه‌گیری جنگل است [۹]. مدل‌سازی حجم کل درختان کاج در جنگل‌کاری‌ها با استفاده از رگرسیون چند متغیره و ANN نیز صورت گرفت. الگوریتم آموزشی ANN در این تحقیق همبستگی آبشاری بود. نتایج نشان داد پیش‌بینی‌های ANN در مقایسه با رگرسیون معمولی، اریبی ندارد و دقت سیستماتیک بهتری را فراهم می‌کند [۱۰]. کاربرد مدل رقومی سطح و استفاده از روش رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی، در محاسبه حجم سرپای جنگل نشان داد که با توجه به آماره‌های مختلف محاسبه شده برای ارزیابی و مقایسه روش‌های مدلسازی، مدل پرسپترون تک لایه و رگرسیون خطی نتایج مناسب‌تری را نسبت به دیگر روش‌ها نشان دادند [۱۱]. مقایسه شبکه‌های عصبی مصنوعی با تحلیل رگرسیون در پیش‌بینی و برآورد حجم ساقه و حجم سرپای درختان حاکی از بالا بودن دقت شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقایسه با تحلیل رگرسیون بود [۱۲، ۱۳].

با توجه به متاثر بودن روش‌های آماری از فرضیات و محدودیت‌های ذکر شده و قابلیت بیشتر شبکه‌های عصبی بعنوان روش نوین پیش‌بینی، این پژوهش با هدف مقایسه توانایی مدل‌های حاصل از شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقابل مدل‌های برآوردی از تحلیل رگرسیون در تعیین حجم کل مقطوعات به‌منظور تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر و داشتن نتایج معتبرتر صورت گرفت.

مواد و روش

منطقه مورد پژوهش

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در ۷ کیلومتری شرق نوشهر بین ´۲۷ °۳۶ تا ´۴۰ °۳۶ عرض شمالی و ´۳۲ °۵۱ تا ´۴۳ °۵۱ طول شرقی قرار دارد. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۵۰ متر و نزدیک به روستای نجارده و منازل اهالی و حداکثر آن به ۲۲۰۰ متر از سطح دریا به یال‌های هشتادتن و کهنه ده منتهی می‌شود. این تحقیق در بخش گرازبن که با وسعت ۹۳۴/۲۴ هکتار سومین بخش مدیریتی از جنگل خیرود محسوب می‌شود، انجام شد. در بخش گرازبن میانگین درجه حرارت سالیانه ۸/۵۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۵۳۲/۳۵ میلی‌متر است [۱۴]. این بخش دارای ۲۷ پارسل بوده که پارسل‌های ۳۱۷ و ۳۲۰ مورد بررسی در این تحقیق بودند.

روش جمع آوری داده‌ها

در این پژوهش از داده‌های نشانه‌گذاری و تجدید حجم شده مربوط به بخش گرازبن طرح جنگلداری جنگل آموزشی-پژوهشی خیرود استفاده شد. داده‌های استفاده شده مربوط به سال بهره‌برداری ۱۳۹۲ است. که به روش سنتی یا صددرصد تجدید حجم شد. تعداد ۳۶۷ اصله درخت از پارسل‌های ۳۱۷ و ۳۲۰ مورد تجدید حجم قرار گرفت و پس از قطع و تجدید حجم طی عملیات میدانی

1. Cascade-Correlation

در عرصه، مشخصه‌های قطر کنده، ارتفاع کنده تا دقت سانتی‌متر، شیب، جهت ارتفاع از سطح دریا برای هر پایه اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌علت قطع درختان، برای تعیین ارتفاع درختان از منحنی ارتفاع بخش گرازبن استفاده شد. با استفاده از داده‌های تجدید حجم شده مربوطه متغیر طول صنعتی، حداقل قطر میانه‌ی آخرین گرده‌بینه، نوع گونه همچنین وضعیت درختان نیز از نظر سالم بودن برای هر پایه ثبت شد. حجم کل مقطوعات نیز از مجموع حجم صنعتی و حجم هیزمی حاصل از تجدید حجم صددرصد، به دست آمد و به عنوان متغیر وابسته در رگرسیون و خروجی شبکه درنظر گرفته شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. ۸۵ درصد داده‌ها برای تحلیل رگرسیونی و ۱۵ درصد برای ارزیابی مدل‌های رگرسیونی در نظر گرفته شد. در تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی متغیرهای قطر برابر سینه، قطر کنده، ارتفاع کنده، ارتفاع کل، طول صنعتی، حداقل قطر میانه آخرین گرده‌بینه، شیب و ارتفاع از سطح دریا به عنوان متغیرهای مستقل و حجم کل مقطوعات به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته ابتدا رگرسیون تک متغیره و سپس رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام گرفته شد و از بین مدل‌های حاصل بهترین مدل انتخاب شد. در مدلسازی با شبکه‌های عصبی مصنوعی از شبکه پرسپترون چند لایه که به اختصار MLP[1] نامیده می‌شود، استفاده شد. برای آموزش شبکه از تابع تانژانت هیپربولیک در لایه مخفی و تابع خطی در لایه خروجی به همراه الگوریتم نزول گرادیان با مومنتم استفاده شد. نرم‌افزار نروسلوشن برای مدلسازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت که کلیه شبکه‌های بررسی شده در این محیط طراحی و اجرا شد. متغیرهای قطر برابر سینه، قطر کنده، ارتفاع کنده، ارتفاع کل، طول صنعتی، حداقل قطر میانه گرده‌بینه، شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، نوع گونه و حداقل قطر میانه گرده بینه به عنوان ورودی و حجم کل مقطوعات به عنوان خروجی شبکه در نظر گرفته شد. برای مدلسازی داده‌ها به سه قسمت آموزش، اعتبارسنجی و تست تقسیم شد که نسبت هر کدام به ترتیب برابر با ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد بود. در نهایت به‌منظور مقایسه عملکرد شبکه عصبی و تحلیل رگرسیون و ارزیابی آن‌ها از معیار R^2 تعدیل شده و اعتبارسنجی به روش مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و درصد این خطا استفاده شد که در روابط ۱ ، ۲ و ۳ آورده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(y_i^a - y_i^e\right)^2}{n}} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(y_i^e - y_i^e\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(y_i^a - y_i^a\right)^2} \quad (2)$$

$$RMSE\% = \frac{RMSE}{\bar{X}} \times 100 \quad (3)$$

R^2 = ضریب تبیین تعدیل شده

RMSE = مجذور میانگین مربعات خطا

y_i^a = حجم واقعی

y_i^e = حجم برآورد شده

$\bar{y}_i^e$ = میانگین حجم برآورد شده

$\bar{y}_i^a$ = میانگین حجم واقعی

n = تعداد نمونه

$\bar{X}$ = میانگین حجم واقعی داده‌های شاهد

نتایج و بحث

در رگرسیون تک متغیره، از بین مدل‌های موجود برای تخمین منحنی مثل مدل خطی، توانی، درجه ۲ و غیره، بهترین مدل با توجه به ضریب تبیین تعدیل شده و درصد RMSE به دست آمد. رابطه بین هر متغیر و حجم کل مقطوعات نیز بر اساس بهترین مدل به دست آمده، نوشته

1. Multi Layer Perceptron

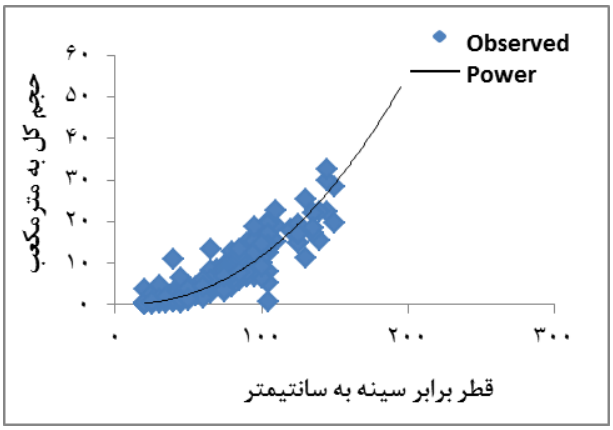
شد که نتایج حاصل در جدول ۱ منظور شده است. با توجه به جدول ۱، بیشترین ضریب تبیین تعدیل شده در میان تمامی متغیرها، مربوط به متغیر قطر برابر سینه با حجم کل مقطوعات است. آزمون ضریب همبستگی نشان داد که متغیرهای قطر برابر سینه، ارتفاع کل، قطر کنده، ارتفاع کنده و طول صنعتی با حجم کل مقطوعات همبستگی معنی‌دار دارند. متغیرهای ارتفاع از دریا و حداقل قطر میانه گرده‌بینه با حجم کل همبستگی بسیار ضعیف دارد. متغیر شیب با حجم کل همبستگی معنی‌دار ندارد. از میان متغیرهای مستقل موجود، بهترین مدل برای برآورد حجم کل با توجه به درصد RMSE، مدل حاصل از رابطه قطر برابر سینه با حجم مربوطه است. قطر برابرسینه یکی ازمهم‌ترین عوامل در محاسبه حجم درختان به شمار می‌رود بنابراین همبستگی بالا بین قطر و حجم مورد انتظار است، همانطور که در نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر و بررسی‌های قبلی اشاره شده است [۱۲، ۱۳].

از میان مدل‌های موجود مثل مدل خطی، توانی، و درجه ۲، بهترین مدل میان متغیر مستقل قطر برابر سینه و حجم کل، مدل توانی[1] به دست آمد که با مطالعات صورت گرفته مطابقت دارد [۱۵]. ابر نقاط روابط بین متغیرهای مستقل و متغیر حجم کل مقطوعات با توجه به بهترین مدل حاصل در رگرسیون تک متغیره، نیز در شکل‌های ۱ تا ۸ ارائه شده است.

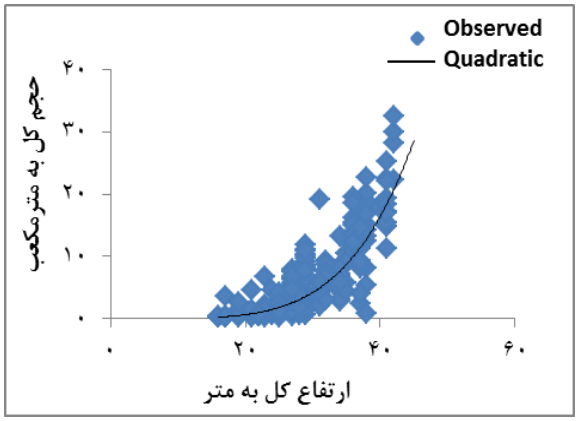
جدول ۱. روابط رگرسیونی بین متغیرها و حجم کل مقطوعات

متغیر	مدل	R_a^2	RMSE (m^3)	RMSE%	رابطه رگرسیونی
قطر برابر سینه	Power	۰/۸۵۰	۳/۲۴۹	۵۵	V_T= ۰/۰۰۰۴X $^{2.239}$
ارتفاع کل	Quadratic	۰/۷۴۴	۳/۸۱۶	۶۴	V_T= ۱۷/۹۵ -۱/۶۸۴X -۰/۰۴۱X^2
قطر کنده	Power	۰/۶۸۱	۴/۷۱۰	۷۹	V_T= ۰/۰۰۰۲X $^{2.1}$
طول صنعتی	Power	۰/۶۲۱	۵/۱۴۶	۸۷	V_T= ۰/۰۹۷X$^{1.150}$
ارتفاع کنده	Quadratic	۰/۱۹۵	۵/۷۸۹	۹۸	V_T= ۰/۷۳۱+۱۲/۳۶X +۲/۷۵۸X^2
شیب	Quadratic	۰/۰۱۷			
حدقل قطر میانه گرده‌بینه	Linear	۰/۰۰۶			
ارتفاع از دریا	Linear	۰/۰۰۴			

V_T : حجم کل مقطوعات R_a^2 : ضریب تبیین تعدیل شده

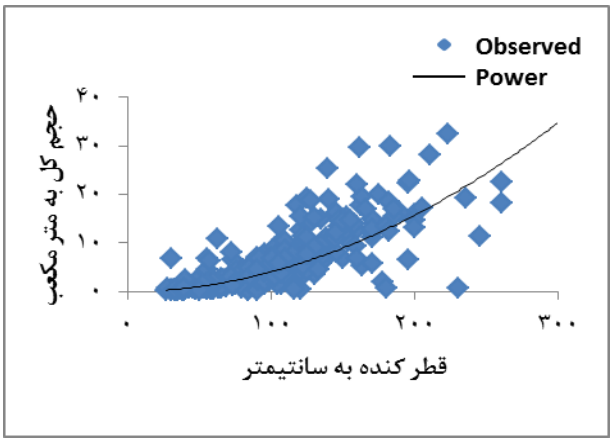


شکل ۱. ابر نقاط و منحنی حجم کل و قطر برابر سینه

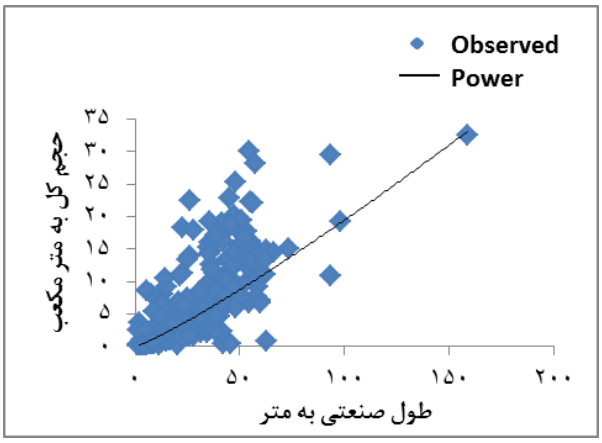


شکل ۲. ابر نقاط و منحنی حجم کل و ارتفاع کل

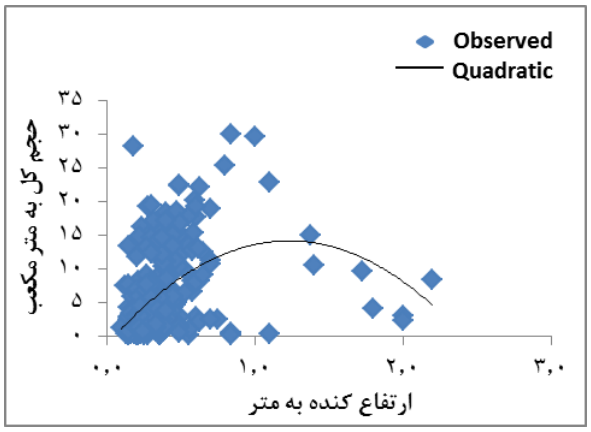
1. Power



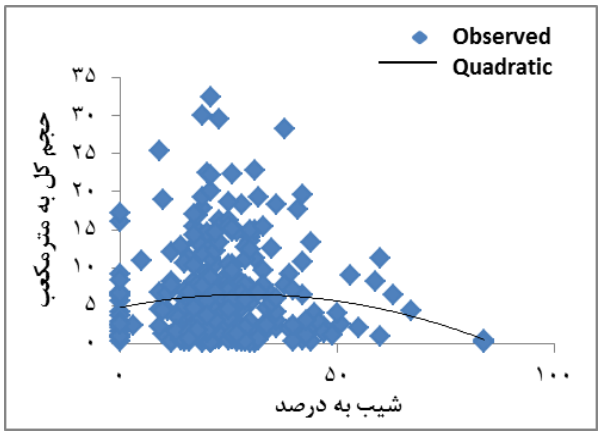
شکل ۳. ابر نقاط و منحنی حجم کل و قطر کنده



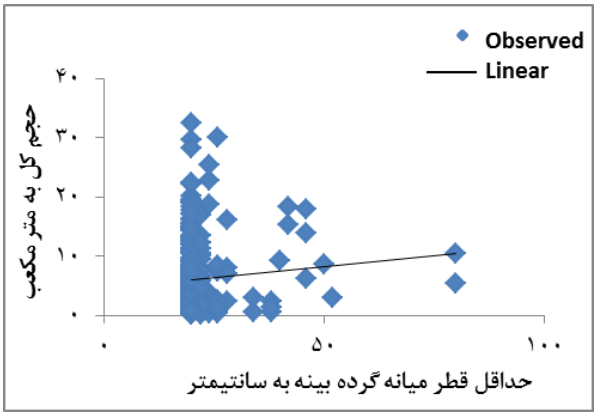
شکل ۴. ابرنقاط و منحنی حجم کل و طول صنعتی



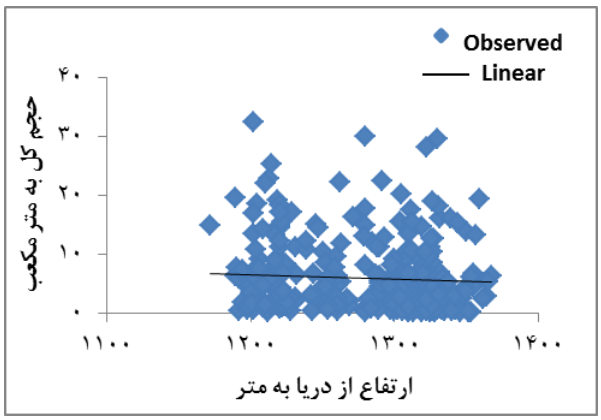
شکل ۵. ابر نقاط و منحنی حجم کل و ارتفاع کنده



شکل ۶. ابر نقاط و منحنی حجم کل و شیب



شکل ۷. ابر نقاط و منحنی حجم کل و حداقل قطر میانه گرده بینه



شکل ۸. ابر نقاط و منحنی حجم کل و ارتفاع از دریا

با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون چند متغیره، مدهای رگرسیونی با روش گام به گام بین متغیرهای منتخب با حجم کل به تفکیک استخراج شده است که در جدول ۲ نشان داده شده است. در برآورد مدل‌ها، بیشترین نقش موثر با توجه به مقدار ضریب همبستگی تعدیل شده، مربوط به متغیر مستقل قطر برابر سینه با حجم مربوطه است. با توجه به جدول ۲، مدل های شماره ۲ و۳ دارای درصد RMSE یکسان و پایین‌تر نسبت به مدل اول

می‌باشند اما با توجه به اینکه مدل $V_{T=}$ -۵/۹۵۱+۱۵/۱۳۸DBH +۰/۰۶۴I.L نسبت به مدل شماره ۳، نیاز به متغیر کمتر داشته و ساده‌تر دارد، برای برآورد حجم کل مقطوعات، مناسب‌تر است. استفاده از روش‌های معمول برای محاسبه معادلات حجم همانند روابط بین قطر و ارتفاع و روش‌های نمونه‌برداری برای تعیین حجم که نیازمند اندازه‌گیری تعداد کمتری قطر در طول ساقه بوده، می‌تواند هزینه را کاهش دهد اما این زمانی پذیرفته می‌شود که اعتبار داده‌های برآوردی نیز قابل قبول باشد [۳، ۱۶].

در جدول‌های ۳ و ۴، پنج مدل برتر حجم مقطوعات در توپولوژی‌های مختلف،که توسط شبکه‌های تک لایه و دو لایه طراحی شد، ارائه شده است. در نهایت شبکه عصبی با دو لایه مخفی و تعداد چهار نرون در لایه مخفی اول و یک نرون در لایه مخفی دوم به عنوان بهترین مدل انتخاب شد.

در شکل ۹ دقت مدل مورد استفاده در پیش‌بینی حجم کل با استفاده از شبکه عصبی ارائه داده شده است. با توجه به ساختار طراحی شده برای شبکه در مدلسازی حجم کل، ملاحظه می‌شود که یک شبکه پرسپترون چندلایه با برقراری اتصالات کامل بین نرون‌ها در سرتاسر شبکه، می‌تواند برای یادگیری مسائل غیر خطی به کار رود. پیروی خروجی‌های مدل از الگوی خروجی‌های واقعی در نمودار حاصل از دقت مدل نیز گویای تناسب شبکه با مسئله داده شده است.

جدول ۲. مدل‌های برآوردی حاصل از رگرسیون خطی برای محاسبه حجم کل

شماره مدل	r	R_a^2	RMSE %	RMSE (m^3)	مدل
۱	۰/۹۰۱	۰/۸۱۱	۶۲	۳/۶۹۰	V_T=-۵/۵۵۷+۱۷/۹۲۰DBH
۲	۰/۹۱۲	۰/۸۳۱	۵۹	۳/۵۲۹	$V_{T=}$ -۵/۹۵۱+۱۵/۱۳۸DBH +۰/۰۶۴I.L
۳	۰/۹۱۴	۰/۸۳۶	۵۹	۳/۴۹۰	$V_{T=}$ -۵/۹۵۰+۱۴/۸۶۲DBH +۰/۰۶۱I.L+۱/۵۸۲h.st

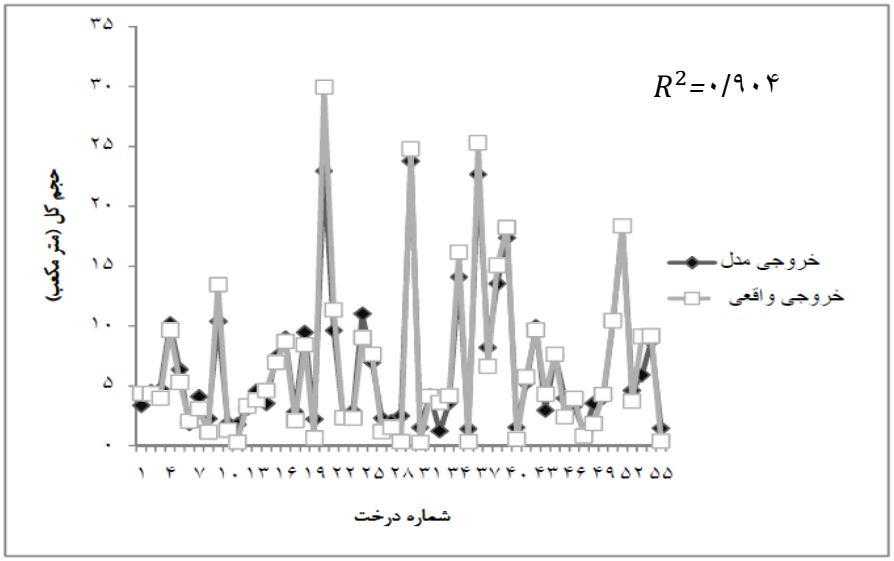
r : ضریب همبستگی DBH = قطر برابر سینه I.L = طول صنعتی h.st= ارتفاع کنده R_a^2 : ضریب تبیین تعدیل شده

جدول ۳. پنج مدل برتر شبکه عصبی حجم‌کل با یک لایه مخفی

شماره مدل	توپولوژی مدل	تعداد نورون در لایه مخفی ۱	تعداد نورون در لایه مخفی ۲	RMSE (m^3)	R^2
۱	۱-۱۴-۱۱	۱۴	۰	۰/۰۸۰۰	۰/۸۷۰
۲	۱-۵-۱۱	۵	۰	۰/۰۷۱۴	۰/۸۴۴
۳	۱-۸-۱۱	۸	۰	۰/۰۷۶۸	۰/۸۸۳
۴	۱-۱۵	۱۵	۰	۰/۰۷۱۴	۰/۹۰۶
۵	**۱-۱۲-۱۱**	**۱۲**	**۰**	**۰/۰۵۹۱**	**۰/۸۶۸**

جدول۴. پنج مدل برتر شبکه عصبی حجم‌کل با دو لایه مخفی

شماره مدل	توپولوژی مدل	تعداد نورون در لایه مخفی ۱	تعداد نورون در لایه مخفی ۲	RMSE (m^3)	R^2
۱	۱-۱۵-۱-۱۱	۱	۱۵	۰/۰۶۳۲	۰/۸۸۳
۲	۱-۱۱-۴-۱۱	۴	۱۱	۰/۰۶۷۸	۰/۹۱۷
۳	۱-۱۴-۴-۱۱	۴	۱۴	۰/۰۶۷۰	۰/۹۱۳
۴	۱-۱۷-۶-۱۱	۶	۱۷	۰/۰۶۶۳	۰/۹۲۵
۵	**۱-۱-۴-۱۱**	**۴**	**۱**	**۰/۰۴۳۵**	**۰/۹۰۴**



شکل ۹. صحت مدل مورد استفاده در پیش‌بینی حجم کل

جدول۵. مقایسه بین مدل رگرسیونی وشبکه عصبی در پیش‌بینی حجم مقطوعات

متغیر	مدل	R^2	RMSE (m^3)	RMSE%	اختلاف حجم واقعی و مدل
حجم کل	رگرسیون	۰/۸۳۶	۳/۵۲۹	۵۹	+۲۱/۶۹۸
	شبکه عصبی	۰/۹۰۴	۱/۴۱۱	۱۹	-۵/۱۶۵

با توجه به جدول ۵، مقدار R^2 برای حجم‌کل مقطوعات در مدل حاصل از شبکه عصبی بالاتر از مقدار آن در مدل رگرسیونی است. همچنین مقدار RMSE به دست آمده در شبکه عصبی بسیار پایین‌تر از مقدار آن در مدل‌های حاصل از رگرسیون خطی است. مقایسه بین معیارهای ارزیابی نتایج شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل رگرسیون چند متغیره نشان داد که دقت شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی حجم کل مقطوعات بیشتر از مدل-های رگرسیون خطی است که با نتایج بررسی‌های پیشین مطابقت دارد [۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳].

با توجه به اختلاف حجم واقعی و مدل در این تحقیق، مقدار اختلاف برای حجم به دست آمده از مدل شبکه عصبی مصنوعی کمتر از مدل‌های رگرسیونی به‌دست آمد که حاکی از عملکرد بهتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به رگرسیون است. که این امر را می‌توان به عدم وابستگی شبکه‌های عصبی به فرض‌های اولیه در مورد داده‌ها نسبت داد. همچنین حساس نبودن به وجود تعداد معدود خطا در داده‌های آماری است که این موضوع نیز موجب پیش‌بینی بهتر مدل شبکه عصبی شده است. توانایی یادگیری شبکه بدون نیاز به داشتن معادلات پیچیده، از طریق ارائه مثال آموزشی، از امتیازات دیگر این روش در مقابل تحلیل رگرسیون است.

نتیجه‌گیری

شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل‌های رگرسیونی دارای دقت بیشتر و خطای کمتری در پیش‌بینی است. زیرا شبکه‌های عصبی بصورت واقعی می‌آموزند که چگونه آینده را پیش‌بینی کنند، بنابراین نسبت به دیگر مدل‌های متداول پیش‌بینی دارای ارجحیت هستند. این تکنیک دارای پتانسیل لازم برای مدلسازی بوده و ابزاری مفید برای جایگزینی با مدل‌های سنتی رگرسیون است.

References

[1]. Shamekhi, T. (2011). Regulations and Administration of Natural resources (Forest and Grasslands). University of Tehran Press, Tehran.

[2]. Anonymos. (1999). Executive instruction of 3P method remeasurement. The forests, grasslands and Watershed Department.

[3]. Akindele, S.O., and Lemay, V.M. (2006). Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. Forest Ecology and Management, 226(1-3): 41-48.

[4]. Bihamta, M.R., and Chahouki, M.A.Z. (2008). Principles of Statistics for the Natural Resource Science. University of Tehran Press, Tehran.

[5]. Soltani, S., Sardari, S., Sheykhpour, M., and Mousavi, S.S. (2010). Artificial Neural Networks. NS Scientific and Cultural institute, Tehran.

[6]. Peng, C., and Wen, X., (1999). Recent applications of Artificial Neural Networks in forest resource management: An Overview, Environmental Decision Support Systems and Artificial Intelligence, 15-22.

[7]. Coulson, R.N., Folse, L.J., and Loh, D.K. (1987). Artificial intelligence and natural resource management. Science, 237(4812): 262-267.

[8]. Diamantopoulou, M.J. (2005). Artificial neural networks as an alternative tool in pine bark volume estimation. Computers and Electronics in Agriculture, 48(3): 235–244.

[9]. Diamantopoulou. M.J., and Milio, E. (2010). Modelling total volume of dominant pine trees in reforestations via multivariate analysis and artificial neural network models. Biosystems engineering 105(3): 306-315.

[10]. Diamantopoulou, M.J. (2006). Tree-Bole volume estimation on standing Pine trees using Cascade Correlation Artificial Neural Network models. Agricultural Engineering International, Manuscript IT 06 002. Vol. VIII: 1-14.

[11]. Sohrabi, H., Hosseini. S.M., and Zobeiri, M. (2011). Application of digital surface model for estimating forest stand volume using regression methods and artificial neural network. Journal of forest and wood products. Iranian Journal of Natural Resources, 64(3). 223-233.

[12]. Bayati, H., and Najafi, A. (2013). Performance comparison artificial neural networks with regression analysis in trees trunk volume estimation. Journal of forestry and wood products. Iranian Journal of Natural Resources, 66(2): 177-191.

[13]. Bayat, M., Namiranian, M., Omid, M., Rashidi, A., and Babaei, S. (2016). Applicability of Artificial Neural Network for estimating the forest growing stock. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(2): 214-226.

[14]. Etemad, V. (2002). Quantity and quality investigation seed of fagus in forests of Mazandaran province. Ph.D. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 258p (In Persian).

[15]. Incheboroni, M. (2013). The possibility of using data obtained by 3P sampling to correct one factor table (Taryf). M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 54p (In Persian).

[16]. Ozçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Brooks, J.R., and Wiant Jr, 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.

Comparison between artificial neural network and regression analysis methods to predict and estimate the volume of logging trees in the kheyroud forest of Noshahr

F. Gorzin*; M.Sc. Graduate, Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

M. Namiranian; Professor, Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

M. Omid; Professor, Dep. of Agricultural Engineering and Technology, Faculty of Agriculture Machines Engineering and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

M. Bayat; Assistant Prof, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

(Received: 19 April 2017 , Accepted: 17 July 2017)

ABSTRACT

The use of statistical experimental models is common practical methods among forest resource managers. Regression analysis is also a statistical method that can be used to estimate the volume. This method has limitations and requires assumptions such as normality, homogeneity of variance and non-linear relationship. The use of new techniques such as artificial neural networks can deal with these limitations. This study aims at comparing the performance of Artificial Neural Networks (ANN) and regression analysis to estimate the total volume of logs. For this purpose**,** 367 trees out of marked trees in research and educational forest of kheyroud were selected and DBH, diameter at stump height, stump height, total tree height, species, tree situation, minimum median diameter and topographic factors such as aspect and elevation were measured with high accuracy. Multilayer perceptron (MLP) and multivariate regression were developed to estimate the total volume of logging trees. The results indicated that the Neural Network was more accurate about 40% in estimating the total volume of logging trees than the regression method. Comparing evaluation criteria showed RMSE value 1.411 for ANN modeling and 3.49 for regression analysis. The difference between estimated and actual total volume was 6.5% to regression analysis and 1.7% to Neural Network. According to the results, the amount of difference was less for ANN model than regression model.

Keywords: Artificial Neural Networks, Regression analysis, trees logging, total volume.

* Corresponding Author, Email: fatemeggorzin@yahoo.com, Tel: +981732136318