دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دهم، شماره بیستم و یکم
http://pec.gonbad.ac.ir

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه در مدل‌سازی حجم توده سرپا با استفاده از داده‌های محیطی و سنجش‌ازدور

حسن فرامرزی[1*]، سعید شعبانی[2]، اکرم احمدی[2]

[1] دانش‌آموخته دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
[2] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶

چکیده

برای اداره و بهره‌برداری بهینه و پایدار از جنگل آگاهی از اطلاعات حجم توده سرپا ضروری به نظر می‌رسد. در پژوهش حاضر مدل‌سازی حجم توده سرپا جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلای ساری صورت پذیرفت. بدین منظور به تعداد ۱۸۶ قطعه نمونه ۱۰ آری به‌صورت تصادفی سیستماتیک دایره‌ای شکل آماربرداری انجام گرفت و با استفاده از داده‌های سنجش دور و روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه مدل‌سازی گردید. به عبارتی با استفاده از نقشه توپوگرافی، لایه‌های فیزیوگرافی منطقه تهیه و با استفاده از تصویر LISS-III ماهواره IRS-P6 با اندازه تفکیک ۲۳/۵ مشخصه‌های پوشش گیاهی تهیه گردید و با درنظرگرفتن این متغیرها و داده‌های برداشت‌شده مدل‌سازی و ارزیابی صحت مدل‌ها صورت گرفت. نتایج بیانگر دقت فراوان مدل خطی چندگانه با مقدار R^2= ۰/۷۵ و RMSE = ۰/۳ در برآورد تغییرات حجم توده سرپا نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی در منطقه بود؛ به‌طوری‌که شاخص‌های TVI و DVI جزو شاخص‌های تأثیرگذار شناخته شدند. از نتایج پژوهش حاضر می‌توان در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و به‌عنوان یکی از عوامل اثرگذار در طراحی مسیرهای چوبکشی و جاده‌های جنگلی استفاده نمود، به‌گونه‌ای که مناطق دارای حجم توده سرپا بیشتر تحت پوشش قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: شاخصه‌های پوشش گیاهی، پرسپترون چندلایه، جنگل آموزشی پژوهشی دارابکلا، مدل‌سازی حجم توده سرپا

مقدمه

اکوسیستم جنگل در حفظ اکولوژی و محیط‌زیست منطقه‌ای، تعادل جهانی کربن و کاهش تغییرات آب‌وهوایی جهانی نقش بی‌بدیلی دارد (Wang et al., 2021). برای دستیابی به اصل استمرار تولید و پایداری جنگل و کاربرد دانش جنگل‌شناسی همگام به طبیعت، بررسی ساختار توده‌های طبیعی و مشخصه‌های کمی آن از جمله موارد مورد نیاز است (Dong et al., 2022). برآورد مشخصه‌های کمی و کیفی جنگل با استفاده از سنجش از دور با وجود صرفه جویی در وقت و هزینه در حال حاضر از برنامه‌های کاربردی مدیریت جنگل و محیط زیست به شمار می‌آید (Latifi et al., 2015). سنجش از دور به عنوان روشی برای کسب اطلاعات درباره هدف مورد نظر به‌وسیله ابزارهای ویژه مدرن بدون تماس فیزیکی با هدف، تعریف می‌شود (Seyhan, 2004). به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به آن، می‌توان حداقل دو باند را ترکیب کرده و شاخص مرکبی به نام شاخص پوشش گیاهی ایجاد نمود (علوی پناه، ۱۳۸۲ : ۳۵). مشخصات کمی و کیفی به دست آمده از سنجش از دور نظیر قطر و ارتفاع درختان، شاخص سطح برگ یا

*نویسنده مسئول: Faramarzi.hassan@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

ترکیب گونه‌های درختی می‌تواند به عنوان داده‌های ورودی در تکنیک‌های مدل‌سازی مورد استفاده قرار گیرد. تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور با روش‌های مدل‌سازی نظیر شبکه‌های عصبی و تحلیل رگرسیون می‌تواند در سریع‌ترین زمان ممکن، اطلاعات مناسبی از مشخصات توده‌های جنگلی در یک مقیاس بزرگ در اختیارمان قرار دهد (Xu et al., 2018). رگرسیون خطی چندگانه تعمیمی از رگرسیون خطی است که با محدود کردن تعداد متغیرهای وابسته به یک و در نظر گرفتن بیش از یک متغیر مستقل و یک مورد خاص مدل‌های خطی را اجرا می‌کند (Rencher and Christensen, 2012) به عبارتی رابطه یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل به‌طور همزمان مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. اگرچه تکنیک‌های رگرسیونی برای تحلیل و پیش‌بینی روند تغییرات در منابع طبیعی ساده به نظر می‌رسند، اما همچنان به‌عنوان مدل‌های پایه در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی دیگر از تکنیک‌های مدل‌سازی که امروزه در علوم طبیعی به فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، شبکه عصبی مصنوعی است (Devotta et al., 2021; Zekić-Sušac et al., 2021). شبکه عصبی مصنوعی(ANN) طی چهار دهه گذشته به‌عنوان یک شبکه قدرتمند و یک ابزار محاسباتی جامع برای سازماندهی و همبستگی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pham et al., 2020). این ابزار در حل بسیاری از مشکلات که رویکردی عددی و آماری دارند و استفاده از روش‌های معمولی دشوار است، پیش‌بینی مفیدی دارند (Sylvain et al., 2019). حوزه کاربرد این شبکه‌ها آنچنان گسترده است که کاربردهای طبقه‌بندی، درون‌یابی، برآورد، آشکارسازی و غیره را شامل می‌شود (Ahmad et al., 2017). شبیه‌سازی هر سامانه غیر خطی بدون فرض قبلی از فرآیند، از مزیت‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند. هم‌چنین وقتی اطلاعات ورودی ناقص و یا مبهم باشند روش بسیار خوبی برای پیش‌بینی هستند (منهاج، ۱۳۷۷: ۸۵). در شبکه عصبی مصنوعی لایه ورودی متغیرهای مسأله مورد بررسی را دریافت می‌کند و لایه خروجی مقادیر تخمین زده شده را ارائه می‌نماید و یک پهنه‌بندی از یک فضای چند متغیره با اطلاعات دریافتی را به‌وجود می‌آورد (Lee et al., 2003).

بیاتی و نجفی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی با تحلیل رگرسیون در برآورد حجم تنه درختان در جنگل آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس پرداختند که در این خصوص قطر برابر سینه، قطر در ارتفاع کنده، قطر انتهای تنه، ارتفاع تنه و ارتفاع کل ۱۰۱ درخت نشانه‌گذاری شده اندازه‌گیری شد و با استفاده از دو مدل شبکه عصبی، پرسپترون چندلایه (MLP) و تابع پایه شعاعی (RBF) جهت پیش‌بینی حجم تنه استفاده شد. نتایج نشان داد با افزایش متغیرهایی که همبستگی بیشتری با حجم تنه دارند، ضریب تشخیص شبکه عصبی از ۰/۸ به ۰/۹۵ افزایش می‌یابد. مقایسه معیارهای ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی با رگرسیون گام به گام نشان داد که شبکه عصبی MLP و RBF به ترتیب دارای مقدار RMSE، ۱/۱۸ و ۱/۰۵ است. در مطالعه‌ای دیگر جورابیان شوشتری و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی کاربرد روش پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در شرق استان مازندران پرداختند. در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و بهره‌گیری از پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی پتانسیل انتقال برای ۷ زیر مدل اجر شد. نتایج مدل‌سازی پتانسیل انتقال در همه زیرمدل‌ها دارای دقت بالایی (۸۹-۶۷ درصد) را نشان داد که بیانگر کارایی و قابلیت زیاد مدل بود. در مطالعه (Liu et al., 2019) نیز به طبقه‌بندی گونه‌های درختی و برآورد حجم موجودی در جنگل با استفاده از تصاویر زمینی و روش یادگیری عمیق پرداختند. در این پژوهش از یک شبکه UNET و مدل هوش مصنوعی آموزش دیده VGG16 استفاده گردید. نتایج نشان داد که دقت طبقه‌بندی گونه‌های درخت در آزمایش ۹۶ درصد و میانگین IOU برابر ۸۶ درصد است. R^2 و RMSE مدل پیش‌بینی حجم در حال رشد برابر با ۸۰ و ۷۰ درصد با مقدار و ۵۳۹ /۳۰ (متر مکعب) / هکتار) بدست آمد که نشان‌دهنده دقت زیاد مدل بود. در مطالعه‌ای دیگر de Freitas et al., 2020 به بهره‌وری توده جنگلی اکالیپتوس با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در ایالت Minas Gerais برزیل پرداختند. در این پژوهش متغیرهای زیست محیطی، ژنوتیپ، شیوه‌های پرورشی و میزان بهره‌وری جنگل با استفاده از متغیرهای موجودی جنگل، آب و هوا، تجزیه و تحلیل خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل مورد استفاده با R^2 برابر ۸۵ درصد و RMSE کمتر از ۱۵ درصد از دقت مناسبی برخوردار بوده است. در این تحقیق متغیرهای ژنوتیپ، فاصله، خصوصیات خاکی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

(رس، مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی - CEC)، مشخصات آب و هوایی (میزان بارندگی، دما وکمبود آب) و کوددهی بیشترین تأثیر را در بهره وری از اکالیپتوس نشان دادند.

با توجه به تحقیقات پیشین، برآورد مشخصه‌های کمی و کیفی جنگل با تلفیق داده‌های سنجش‌ازدور و مدل‌های رگرسیونی و هوش مصنوعی، برای مدیریت بر مبنای توسعه پایدار اکوسیستم‌ها به‌صورت محدود در ایران انجام شده است. هدف از پژوهش حاضر مدل‌سازی برآورد حجم توده سرپا آموزشی و پژوهشی دارابکلای ساری با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و داده‌های فیزیوگرافی و به‌کارگیری مدل‌های رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی است. تا ضمن تشخیص شاخصه‌های مهم پوشش گیاهی در حجم توده سرپا مدل دارای دقت بالاتر در این زمینه نیز شناسایی گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

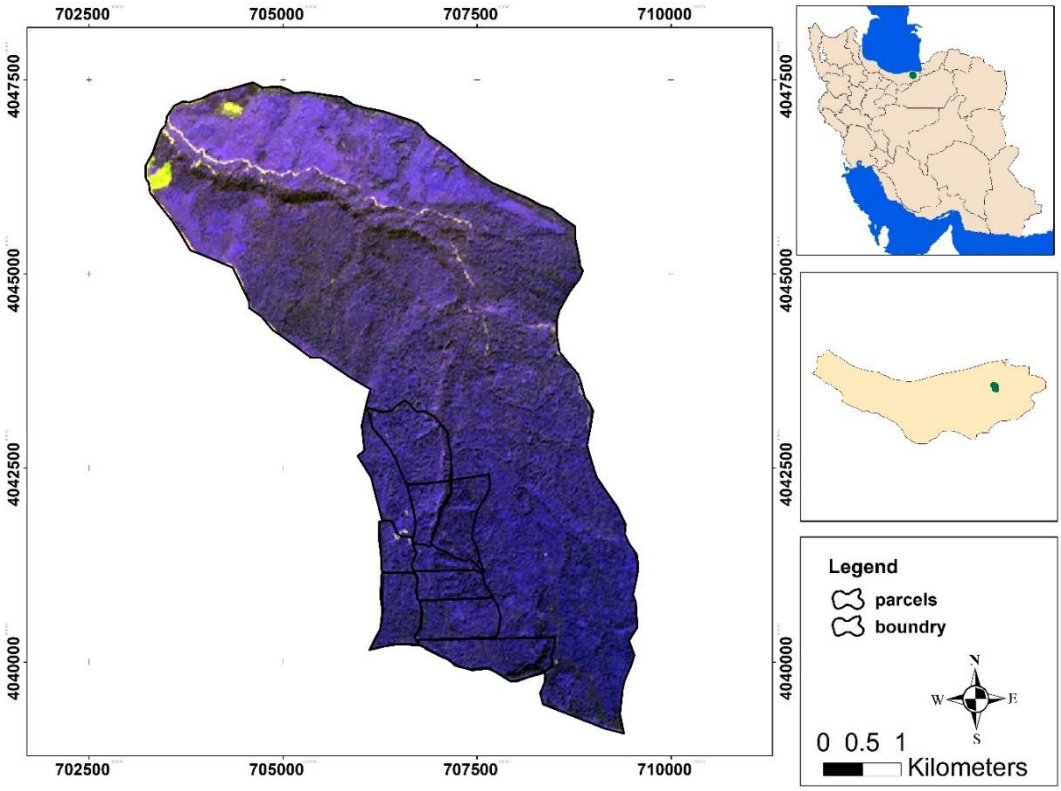
جنگل دارابکلا در جنوب شرقی شهرستان ساری در محدوده حوزه شمارهٔ ۷۴ آبخیز جنگل‌های شمال کشور بین طول و عرض جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۴ دقیقه الی ۵۲ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه الی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه با مساحت ۴۷۴۱ هکتار واقع گردیده است. طرح جنگلداری دارابکلا بخشی از منطقه مورد بهره‌برداری شرکت سهامی نکا چوب درگذشته بوده است. بر اساس مطالعات طرح جنگلداری، با توجه به وضعیت جنگل، محدوده موردنظر به دو سری جداگانه تقسیم و دو روش جنگلداری متفاوت در هر یک به کار گرفته شد. تحقیق حاضر در سری یک انجام شده که شامل ۴۱ قطعه با مساحت ۲۱۲۹ هکتار است.

روش تحقیق

آماده‌سازی پایگاه داده

در این مطالعه ابتدا شبکه آماربرداری ۸۰ ×۱۰۰ تهیه شد و ۱۸۶ قطعه نمونه ۱۰ آری دایره‌ای‌شکل در هشت پارسل جنگل آموزشی دارابکلا مشخصه‌های تعداد درختان، قطر درختان موجود در قطعه نمونه‌ها و ارتفاع درختان شاهد به صورت منظم تصادفی برداشت گردید و سپس با استفاده از جداول تاریف حجم هر قطعه نمونه به دست آمد و تعداد در هکتار هر قطعه نمونه نیز مشخص گردید. سپس تصویر سنجنده LISS-III ماهواره IRS-P6 با اندازه تفکیک ۲۳.۵ متر تهیه گردید و با استفاده از معادله چندجمله‌ای خطی و روش نمونه‌گیری از نوع نزدیک‌ترین همسایه، ارزش‌ها و DN پیکسل‌ها تصحیح هندسی انجام و صحت آن مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲). با استفاده از این تصویر شاخص‌های پوشش گیاهی در نرم‌افزار ENVI تهیه گردید (جدول ۱). نقشه‌های فیزیوگرافی شامل شیب، جهت، ارتفاع نیز از نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۲۰۰۰۰ تهیه شد. پس از آماده‌سازی لایه‌ها مقدار آن‌ها برای قطعه نمونه‌ها به‌دست آمد و پایگاه داده به‌منظور مدل‌سازی تهیه گردید.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

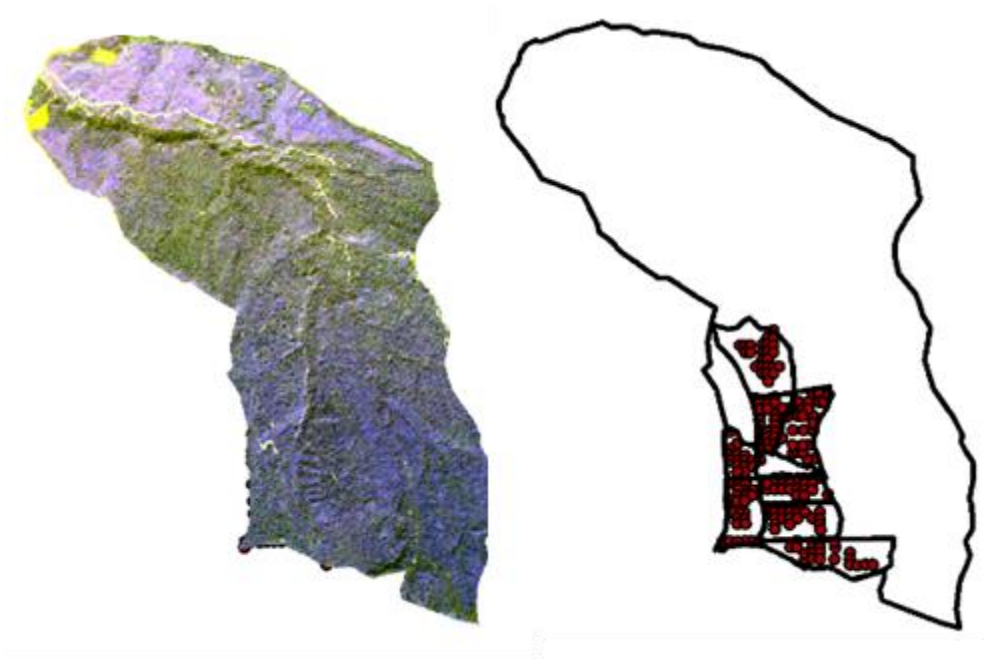


شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده

ردیف	شاخص‌های طیفی	رابطه
۱	SR	NIR/RED
۲	NDVI	$(NIR-RED)/(NIR+RED)$
۳	RVI	RED/NIR
۴	NRVI	$(RVI-1)/(RVI+1)$
۵	DVI	$RED-NIR$
۶	RDVI	$\sqrt{NDVI \times DVI}$
۷	TVI	$\sqrt{NDVI + 0.5}$

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای IRS و قطعه نمونه‌های اندازه‌گیری شده در جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلا

شبکه‌های عصبی مصنوعی

یکی از ساده‌ترین و در عین حال کارآمدترین سناریوها قابل استفاده در مدل‌سازی در روش شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل پرسپترون چندلایه است که از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل شده است. در این پژوهش ۱۸۶ قطعه نمونه اندازه‌گیری شده به صورت تصادفی به سه دسته شامل ۲۸ قطعه نمونه برای سنجش دقت (۱۵ درصد)، ۲۸ قطعه نمونه برای ارزیابی مدل (۱۵ درصد) و ۱۳۰ قطعه نمونه باقی مانده (۷۰ درصد) برای آموزش مدل تقسیم و مورد استفاده قرار گرفت. تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌ها نیز به صورت آزمون خطا بررسی و بیشترین دقت استفاده گردید.

رگرسیون خطی چندگانه

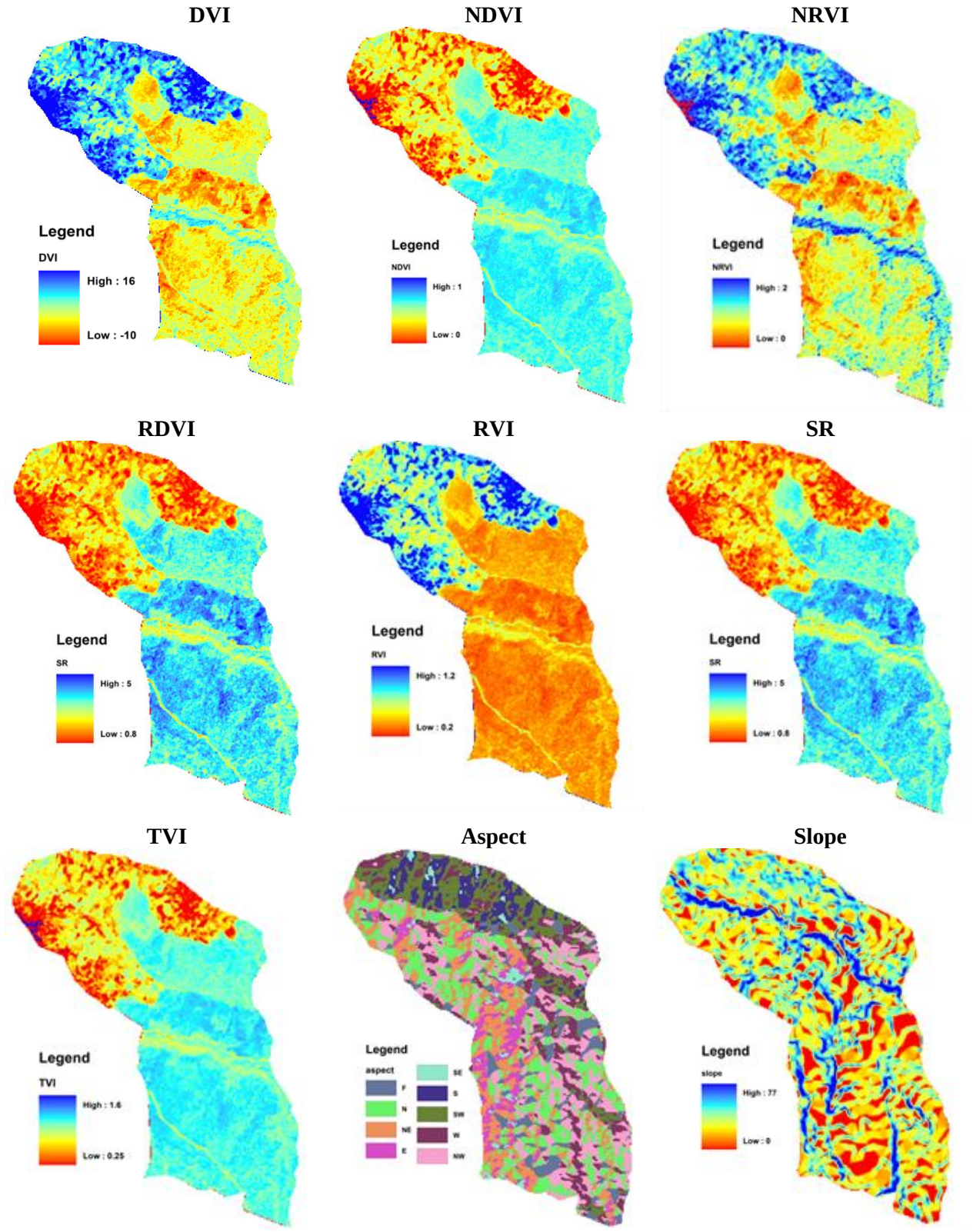
در این روش متغیر حجم توده سرپا به عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده به عنوان متغیر مستقل مورد استفاده قرار گرفت. پس از آماده‌سازی پایگاه اطلاعات در نرم افزار R 4.1.0 برازش داده‌ها انجام گردید. با استفاده از رابطه و نتایج به‌دست آمده مدل منتج شده به کل منطقه تعمیم داده شد و صحت آن مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین با استفاده از معیار آکائیک (AIC^2) متغیرهای مهم تأثیرگذار بر روی حجم شناسایی شدند. در انتها میزان دقت مدل‌ها با استفاده از مقدار R^2 و RMSE بررسی شد.

نتایج

در این مطالعه ابتدا نقشه‌های مربوط به شاخص‌های پوشش گیاهی و نقشه‌های فیزیوگرافی منطقه به‌دست آمد (شکل ۳).

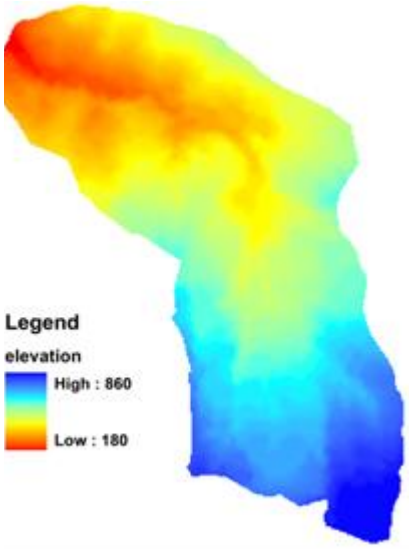
[2]Akaike information criterion

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۳- نقشه‌های شاخص‌های پوشش گیاهی و فیزیوگرافی

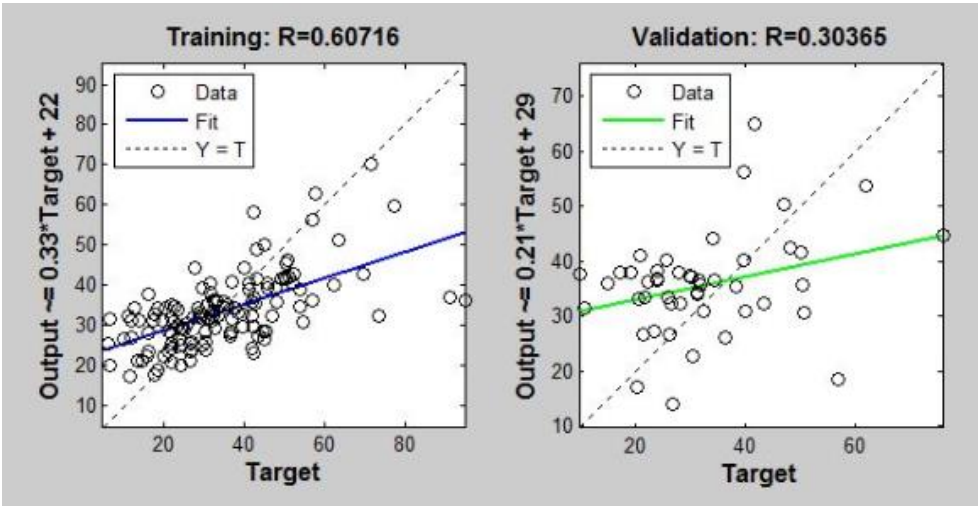
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



ادامه شکل (۳)

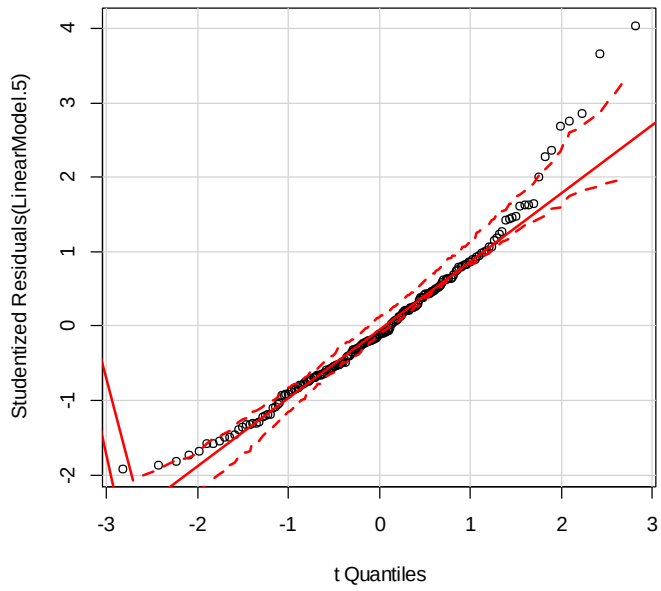
پس از تهیه لایه‌ها، مدل پرسپترون چندلایه آن برای داده‌های قطعه نمونه‌ها اجرا گردید. در این مدل حجم توده سرپا به‌عنوان متغیر وابسته و داده‌های شاخص‌های پوشش گیاهی و فیزیوگرافی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. نتایج اعتبارسنجی مدل برای داده‌های آموزش و ارزیابی به‌صورت جداگانه در شکل ۴ نشان داده شده است.

به‌منظور استفاده از مدل رگرسیونی خطی چندگانه پیش‌فرض‌های مربوطه نیز مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج نرمال بودن داده‌ها را نشان داد (شکل ۵).



شکل ۴- نمودارهای حاصل از ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۵- نمودار نرمال بودن باقیمانده‌ها پیش از اجرای مدل خطی چندگانه

آزمون همگنی واریانس و هم خطی بودن داده‌ها نیز با استفاده از آزمون‌های دوربین واتسون و VIF مورد بررسی قرار گرفت که آزمون مستقل بودن با مقدار p-value = 0.04 و DW = 1.7 نشان‌دهنده استقلال داده‌ها و شاخص VIF < 5, max VIF 4.3 نیز بیانگر فاقد هم خطی بودن داده بوده است.

نتایج حاصل از رگرسیون چندمتغیره و روش AIC شاخص‌های DVI و TVI به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار را در شناسایی حجم توده سرپا نشان داد. به‌طوری‌که رابطه حاصل از این مدل‌سازی نیز به‌صورت رابطه زیر به‌دست آمد:

Y (volume) = -1174.708 + 3468. 074TVI+ 4.548 DVI

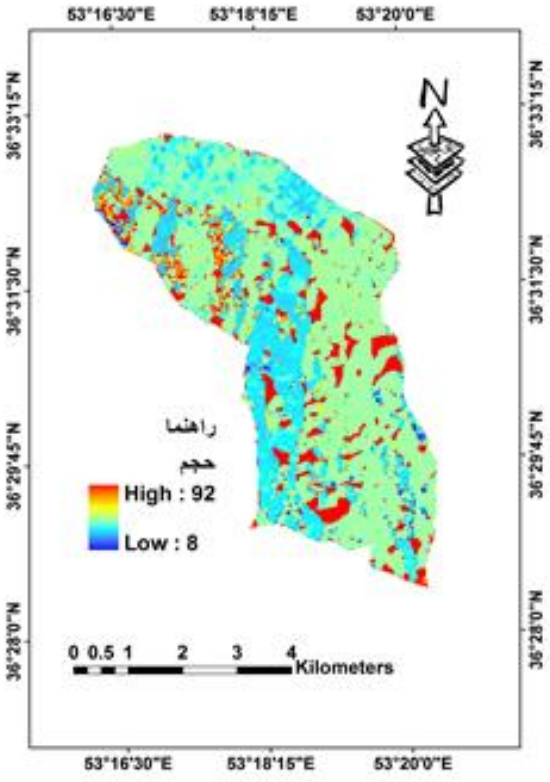
نتایج حاصل از ارزیابی صحت مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چندگانه با استفاده از R^2 و RMSE به‌دست‌آمد که نشان‌دهنده عملکرد مناسب‌تر مدل رگرسیون نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی در برآورده حجم توده سرپا است (جدول ۲).

در نهایت شبکه تهیه شده برای کل داده‌های منطقه مورد بررسی قرار گرفت و نقشه‌ی میزان حجم برای کل منطقه براساس مدل رگرسیون چندگانه به‌دست آمد که در واقع میزان حجم در هر واحد را نشان می‌دهد (شکل ۶).

جدول ۲- نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌ها

ردیف	مقدار R^2	مقدار RMSE
شبکه عصبی مصنوعی	۰/۳	۰/۸
رگرسیون چندگانه	/۷۵	۰/۳

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۶- نقشه حجم توده سرپا (متمرکعب درهکتار) جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلا با استفاده از رگرسیون چندمتغیره

بحث و نتیجه‌گیری

روش سنجش از دور برای غلبه بر محدودیت تکنیک‌های سنتی تخمین موجودی ایجاد و توسعه داده شده و از طرفی این روش‌ها منجر به تنوع فزاینده‌ای از داده‌های موجود می‌شوند (McRoberts and Tomppo, 2007). از سال ۱۹۷۲ به بعد که روش‌های سنجش از دور راه‌اندازی شد، روش‌های سنجشی و مدل‌سازی فراوانی در مطالعات اندازه‌گیری جنگل استفاده شده است که از جمله آن می‌توان به روش‌های رگرسیونی (Lu, 2005; Gasparri et al., 2010)، روش K نزدیک‌ترین همسایگی (McRoberts and Tomppo, 2007)، شبکه‌های عصبی مصنوعی (Wang et al., 2017) منطق فازی (Triepke, 2017)، روش‌های سنجش از دوری، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌سازی (Afrin et al., 2019) اشاره نمود. علی‌رغم کارا بودن، ضعف‌هایی در هر کدام از این روش‌ها قابل مشاهده است، به طوری که اکثر محققان روش‌های ترکیبی را جایگزین مناسب‌تری می‌دانند؛ لذا در این پژوهش نیز سعی شده است که از تکنیک‌های نوین برای تعیین حجم سرپای جنگل استفاده شود و آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دهد. به‌طوری که این روش‌ها قابل اطمینان باشد و از طرف دیگر بتواند نتایج و اطلاعات مطمئنی را در اختیار محققان و پژوهشگران قرار دهد. بدین منظور در مطالعه حاضر از داده‌های محیطی که از طریق آماربرداری با تکرار زیاد به‌دست‌آمده در کنار داده‌های سنجش از دور استفاده گردیده است. همچنین از دو تکنیک رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان مدلی که از نظام‌های عصبی واقعی و یادگیری ماشین الگو گرفته و کاربرد فراوانی در حوزه‌های مختلف مانند طبقه‌بندی، درون‌یابی، برآورد، آشکارسازی و غیره دارد، به‌کار گرفته شده است.

از نتایج بدست آمده می‌توان تا اندازه زیادی به یک چشم‌انداز کلی از میزان حجم توده سرپا در منطقه دست یافت تا در هنگام طراحی شبکه‌های جاده جنگلی و مسیرهای چوبکشی مورد استفاده قرار گیرد. تهیه این نقشه‌ها کمک می‌کند تا مناطقی که حجم توده سرپای بیشتری دارند، در طراحی جاده‌های جنگلی و مسیرهای چوبکشی از تراکم پوشش جاده بالاتری برخوردار شوند. شاخص‌های پوشش گیاهی از جمله معیارهای مهم و

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

کاربردی است که می‌توان از آن با صرف هزینه‌ای کم در تولید این نقشه‌ها استفاده نمود. از آن‌جا که در جنگل‌های شمال کشور، فیزیوگرافی نقش مهمی در نحوه‌ی پراکنش گونه‌ها و در نتیجه بر حجم در هکتار منطقه دارد، لذا در این مطالعه برای بهبود مدل، اطلاعات فیزیوگرافی منطقه نیز به داده‌های پوشش گیاهی اضافه گردید. همچنان که یافته‌های حاصل از این مطالعه در بخش شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که با افزودن این اطلاعات نتایج بدست آمده بهبود می‌یابد، به‌طوری‌که در مطالعه‌ای (Wang et al., 2017) نیز بیان نموده‌اند زمانی‌که داده‌هایی با دقت بالا به کار برده شوند، شبکه عصبی کارایی بسیار بیشتری داشته‌اند. در مطالعه‌ای دیگر (Li et al., 2020) نیز اظهار داشتند که داده‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به دلیل ارتباط غیرمستقیم با پراکندگی گونه‌ها سبب افزایش صحت در تهیه نقشه پراکندگی گونه‌ها شده است. در این رابطه سهرابی شیخ ویسی و همکاران (۱۳۹۲) از خصوصیات توپوگرافی جهت مدل‌سازی حجم سرپای جنگل با شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرده و نتایج آن را رضایت‌بخش اعلام نمودند، به‌طوری‌که شبکه عصبی توانست در پارسل‌های بهره‌برداری شده ۹۱ درصد و در پارسل‌های بهره‌برداری نشده ۸۱ درصد حجم سرپای جنگل را با استفاده از خصوصیات توپوگرافی پیش‌بینی نماید. این در حالی است که بخشی از جنگل‌های اتریش برآورد حجم سرپای جنگل با استفاده از داده‌های لیدار مورد مطالعه قرار دادند. متوسط حجم این منطقه ۴۶۵ مترمکعب در هکتار و جذر میانگین مربعات خطای نسبی برآورد ۲۱/۴ درصد بود (Hollaus et al., 2007). در مطالعه دیگر از داده‌های SAR حجم سرپای جنگل در فنلاند بررسی شد. این تحقیق در ۵ منطقه با متوسط حجم سرپای ۱۱۱ تا ۲۵۷ مترمکعب در هکتار بود. جذر میانگین مربعات خطای نسبی حجم سرپا در این مناطق از ۲۵ تا ۵۱ درصد متغیر بود (Santoro et al., 2006). در تحقیقی دیگر سهرابی و همکاران (۱۳۹۱) در جنگلی ناهمگن از مدل رقومی سطحی در برآورد حجم سرپای جنگل با استفاده از روش‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد حجم سرپا استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که مدل پرسپترون تک لایه و رگرسیون خطی نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌ها با خطای نسبی ۴۷ درصد دارا بودند. این در حالی است که نتایج این تحقیق که در واقع با تکیه بر داده‌های واقعی و بهره‌گیری از روش‌های نوین، مدلی با دقت بالا را در اختیار مدیران جنگلی و پیمانکاران به منظور طراحی شبکه‌های خروج متناسب با حجم چوب‌آلات را می‌دهد.

همان‌طورکه در این مطالعه نشان داده شد، مدل رگرسیون خطی با دقت بیشتری نسبت به تکنیک شبکه مصنوعی توانست به برآورد حجم سرپا در جنگل‌های شمال کشور بپردازد. اگرچه در بسیاری از مطالعات، تکنیک‌های نوین نظیر شبکه عصبی مصنوعی دقت زیادی در مدل‌سازی و پیش‌بینی ارائه داده‌اند، لیکن به علت پنهان ماندن حجم بالایی از اطلاعات، آگاهی از چگونگی روابط و حصول نتایج در آن‌ها بسیار دشوار است. حجم اطلاعات مورد استفاده از میزان مناسبی برخوردار بوده است، اما این احتمال وجود دارد با افزایش تعداد نمونه‌های برداشت شده، توان و دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی ارتقاء پیدا کند. یقیناً تکرار این نوع مطالعات و با حجم داده‌های بیشتر می‌تواند پاسخگوی سؤالات در این زمینه باشد.

نتیجه‌گیری کلی

تحقیق حاضر به دنبال آن بود تا حجم سرپای جنگل را با استفاده از روش‌های ترکیبی به‌صورت مدل ارائه نماید. استفاده از عوامل توپوگرافی در کنار شاخص‌های پوشش گیاهی و همچنین تلفیق اطلاعات آماربرداری میدانی با داده‌های سنجش‌ازدور، این امکان را فراهم آورد تا مجموعه‌ای مناسب از متغیرهای تبیینی در این تحقیق به کار گرفته شود. بررسی نتایج دو مدل رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که با توجه به مقادیر R^2 و RMSE مدل رگرسیون چندگانه از دقت برازش و اعتبارسنجی بالاتری برخوردار بوده است. این یافته نشان می‌دهد چنانچه پیش‌شرط‌های اولیه نظیر عدم رابطه هم‌خطی بین متغیرهای تبیینی، نرمال بودن متغیر وابسته و همگن بدن واریانس خطاها برقرار باشد، می‌توان از مدل خطی به‌عنوان تکنیکی ارزشمند در مدل‌سازی علوم طبیعی بهره برد. همچنان که به دلیل ملموس بودن فرآیند مدل‌سازی در مدل‌های خطی، انتقال و آموزش آن به کاربران و مدیران اجرایی بسیار ساده و با صرف کمترین هزینه و زمان امکان‌پذیر است. یافته‌های این تحقیق قابلیت آن را دارد تا در برنامه‌ریزی مؤثر بازاریابی، بهره‌برداری، تدارکات و زنجیره تأمین محصولات چوبی در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

منابع

بیاتی، ه.، نجفی، ا. ۱۳۹۲. مقایسه عملکرد شبکه های عصبی مصنوعی با تحلیل رگرسیون در برآورد حجم تنه درختان. جنگل و فرآورده های چوب(منابع طبیعی ایران، ۶۶(۲)، ۱۹۱-۱۷۷.

جورابیان شوشتری، ش.، اسماعیل ساری، ع.، حسینی، س.م.، غلامعلی فرد، م. ۱۳۹۷. کاربرد روش پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شرق استان مازندران. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۹(۴).

علوی‌پناه، س.ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

منهاج م.ب. ۱۳۷۷. مبانی شبکه‌های عصبی. چاپ اول. مرکز نشر پروفسور حسابی.

سهرابی، ه.، حسینی، س.م.، زبیری، م. ۱۳۸۹. کاربرد مدل رقومی سطح (DSM) در برآورد حجم سرپای جنگل با استفاده از روش‌های رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی، منابع طبیعی ایران، ۶۳ (۴): ۱۱-۱.

Afrin, S., Gupta, A., Farjad, B., Ahmed, M.R., Achari, G., Hassan, Q.K. 2019. Development of land-use/land-cover maps using landsat-8 and MODIS data, and their integration for hydro-ecological applications. Sensors, 19: 4891.

Ahmad, M.W., Mourshed, M., Rezgui, Y. 2017. Trees vs Neurons: Comparison between random forest and ANN for high-resolution prediction of building energy consumption. Energy and Buildings 147: 77-89.

de Freitas, E.C.S., de Paiva, H.N., Neves, J.C.L., Marcatti, G.E., Leite, H.G. 2020. Modeling of eucalyptus productivity with artificial neural networks. Industrial Crops and Products, 146, 112149.

Devotta, S., Chelanib, A., Vonsild, A. 2021. Prediction of flammability classifications of refrigerants by artificial neural network and random forest modelPrévision des classifications d'inflammabilité des frigorigènes par un réseau neuronal artificiel et un modèle de forêt d'arbres décisionnels. International Journal of Refrigeration, 131: 947-955.

Dong, L., Bettinger, P., Liu, Z. 2022. Optimizing neighborhood-based stand spatial structure: Four cases of boreal forests. Forest Ecology and Management, 506: 119965.

Gasparri, N.I., Parmuchi, M.G., Bono, J., Karszenbaum, H., Montenegro, C.L. 2010. Assessing multi-temporal Landsat 7 ETM+ images for estimating above-ground biomass in subtropical dry forests of Argentina. Journal of Arid Environments 74: 1262-1270.

Hollaus, M., Wagner, W., Maier, B., Schadauer, K. 2007. Airborne Laser Scanning of Forest Stem Volume in a Mountainous Environment. Sensors 7: 1559-1577.

Latifi, H., Fassnacht, F.E., Hartig, F., Berger, C., Hernández, J., Corvalán, P., Koch, B. 2015. Stratified aboveground forest biomass estimation by remote sensing data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 38: 229-241.

Lee, S., Ryu, J.-H., Lee, M.-J., Won, J.-S. 2003. Use of an artificial neural network for analysis of the susceptibility to landslides at Boun, Korea .Environmental Geology 44: 820-833.

Li, W., Buitenwerf, R., Munk, M., Bøcher, P.K., Svenning, J.C. 2020. Deep-learning based high-resolution mapping shows woody vegetation densification in greater Maasai Mara ecosystem. Remote Sensing of Environment 247: 111953.

Liu, J., Wang, X., Wang, T. 2019. Classification of tree species and stock volume estimation in ground forest images using Deep Learning. Computers and Electronics in Agriculture, 166: 105012.

Lu, X., 2005. Spatial variability and temporal change of water discharge and sediment flux in the lower Jinsha tributary: impact of environmental changes. River Research and Applications, 21: 229-243.

McRoberts, R.E., Tomppo, E.O., 2007. Remote sensing support for national forest inventories. Remote sensing of environment, 110: 412-419.

Pham, T.A., Ly, H.-B., Tran, V.Q., Giap, L.V., Vu, H.-L.T., Duong, H.-A.T., 2020. Prediction of pile axial bearing capacity using artificial neural network and random forest. Applied Sciences, 10: 1871.

Rencher, A.C., Christensen, W.F. 2012. Chapter 10, Multivariate regression– Section 10.1, Introduction. Methods of multivariate analysis. Wiley Series in Probability and Statistics, 709: 19.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

the mount tai area using the RBF ANN algorithm. Intelligent Automation & Soft Computing, 1-8.

Wang, Y., Zhang, X., Guo, Z. 2021. Estimation of tree height and aboveground biomass of coniferous forests in North China using stereo ZY-3, multispectral Sentinel-2, and DEM data. Ecological Indicators 126: 107645.

Xu, C., Manley, B., Morgenroth, J. 2018. Evaluation of modelling approaches in predicting forest volume and stand age for small-scale plantation forests in New Zealand with RapidEye and LiDAR, Int J Appl Earth Obs Geoinformation 73: 386–396.

Zekić-Sušac, M., Has, A., Knežević, M. 2021. Predicting energy cost of public buildings by artificial neural networks, CART, and random forest, Neurocomputing, 439: 223-233.

Santoro, M., Eriksson, L., Askne, J., Schmullius, C. 2006. Assessment of stand-wise stem volume retrieval in boreal forest from JERS-1 L-band SAR backscatter. International Journal of Remote Sensing, 27: 3425-3454.

Seyhan, I. 2004. RS & GIS (Remote Sensing & Geographical Information Systems).

Sylvain, J.-D., Drolet, G., Brown, N. 2019. Mapping dead forest cover using a deep convolutional neural network and digital aerial photography. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 156: 14-26.

Triepke, F.J., 2017. Fuzzy classification of vegetation for ecosystem mapping, Mapping Forest Landscape Patterns, Springer, pp. 63-103.

Wang, L., Liu, J., Xu, S., Dong, J., Yang, Y. 2017. Forest above ground biomass estimation from remotely sensed imagery in

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Modeling the Volume of Residual Stand Using Environmental Data and Remote Sensing: An Application of Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression

Hassan Faramarzi*[1], Saeid Shabani[2], Akram Ahmadi[2]

[1]PhD Graduated of Natural Resources Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
[2] Research Assistant, Research Department of Natural Resources, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

Received: 2022/07/21; Accepted: 2022/10/18

Abstract

In order to sustainably manage and optimize forest utilization, it is crucial to have information on the volume of standing mass. This study aimed to model the standing mass of the educational and research forest of Darabkola Sari using remote sensing data and artificial neural network and multiple linear regression methods. 186 sample plots of 10 R were randomly and systematically collected, and using topographic maps and LISS-III images from the IRS-P6 satellite, the vegetation characteristics of the area were prepared. Modeling and accuracy evaluation of the models were done using these variables and collected data. The multiple linear model showed higher accuracy with an R2 of 0.75 and RMSE of 0.3 compared to the artificial neural network model in the region. The results can be utilized in management planning and as a factor in the design of logging routes and forest roads to cover areas with standing trees. The influential indicators were TVI and DVI. The results of the present research can be used in management planning and as one of the effective factors in the design of logging routes and forest roads, so that the areas with the volume of standing trees are covered more.

Keywords: Vegetation Indicators, Multilayer Perceptron, Darabkola Educational Research Forest, Standing Mass Volume Modeling.

*Corresponding author: Faramarzi.hassan@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]