مقاله پژوهشی، صفحات ۴۵۳-۴۳۹

مدلسازی رابطه پوشش گیاهی با پارامترهای محیطی به کمک مدلهای رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی در جنگلهای گز شهرستان ورامین

محمود بیات[1*]، سحرحیدری مستعلی[2]، نعیمه رحیمی زاده[3]، اکرم بیات[4]، فرهاد خاکساریان[1] و اصغر سپهوند[5]

[1] **ایران، تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور**

[2] **ایران، کرج، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه محیط زیست**

[3] **ایران، تهران، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان تهران**

[4] **ایران، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اراک، گروه محیط زیست**

[5] **ایران، ورامین، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری ورامین**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳

چکیده

این تحقیق در جنگل¬های گز شهرستان ورامین که بخشی از مناطق ایرانی تورانی و در ناحیه خشک تا نیمه خشک واقع شده¬اند و از لحاظ تنوع گونه و شرایط اقلیمی دارای شرایط منحصر به فردی هستند، انجام شد. به این منظور ابتدا عوامل توصیفی (متغیرهای ¬محیط¬ زیست) مورد استفاده، شامل پارامترهای اقلیمی (دما و بارش)، خاک (حاصلخیزی، ماده آلی، بافت خاک) و توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) برداشت شدند. در رابطه با پارامترهای اقلیمی از آمار ایستگاه های هواشناسی منطقه استفاده شد. در رابطه با عوامل فیزیوگرافی از مدل رقومی ارتفاع (DEM) استفاده و پارامترهای مورد نظر نقشه سازی شد. و در رابطه با عوامل خاک هم در هر منطقه تعداد ۲۰ پروفیل خاک حفر و داده ها جهت آنالیز پارامترهای خاک به آزمایشگاه منتقل و آنالیزهای مرتبط انجام شد. عوامل مستقل مطالعه شامل ۴ پارامتر پوشش گیاهی برای گونه گز یعنی قطر گونه، تاج پوشش گیاهی، تعداد در هکتار و کیفیت و شادابی گونه بودند که برای این منظور نیز یک شبکه ۶۰۰در ۶۰۰ متر در هر منطقه پیاده سازی و اجرا شد. که عوامل محیطی به¬عنوان مهم¬ترین متغیرهای ورودی نورون¬های پردازش¬گر محسوب شده تعیین و در نهایت عوامل محیط زیستی مؤثر بر پوشش گیاهی با استفاده از شبکه¬های عصبی و مدل¬های رگرسیونی تعیین شدو با کمک آماره¬هایی مانند ضریب تبیین و خطای مدل، بهترین مدل¬ها انتخاب شدند. نتایج نشان که در رابطه با تاج پوشش گونه گز عامل قطر و میزان نیتروژن خاک متغیرهای مهم و در رابطه با قطر نیز سطح تاج و ارتفاع عوامل مهم و اثر گذار بودند. نتایج مدلسازی نشان داد که R2 هر دو مدلاختلاف معناداری نداشتند، R2 در شبکه عصبی ۰/۷۸ و در مدلهای رگرسیونی بین ۰/۸ تا ۰/۹ بود. همچنین در رابطه با عوامل پوشش گیاهی، قطر تاج پوشش گونه گز بیشترین همبستگی را در میان عوامل مستقل با عامل شیب و ارتفاع داشت و عامل سطح تاج پوشش نیز بیشترین همبستگی را با عامل شیب داشت. بنابراین با توجه به نتایج مدلسازی در تحقیق حاضر (رابطه قوی عامل نیتروژن خاک با پوشش گیاهی گونه گز در مدل رگرسیون) جهت افزایش پوشش گیاهی این گونه به عنوان یک گونه مهم در منطقه توجه به حفاظت از خاک و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک و انجام اقدامات لازم جهت افزایش عناصر مغذی خاک بسیار لازم به نظر می¬رسد.

واژه های کلیدی: حفاظت خاک، تاج پوشش گیاهی، جنگل‌های ایرانی تورانی، شبکه عصبی مصنوعی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۴۴۷۸۷۲۸۲ ، پست الکترونیکی: mbayat@rifr-ac.ir

مقدمه

جنگل های ایرانی تورانی در ناحیه خشک تا نیمه خشک واقع شده اند. یکی از مشخصه‌های اصلی و مهم آن، کمبود بارندگی در طول دوره رویشی است. ازنظر اکولوژیکی این جنگل‌ها، جامعه خاصی را تشکیل داده است. بر کسی پوشیده نیست که این نقش مهم و کلیدی به لحاظ ویژگی‌های پوشش‌های نه چندان متراکم جنگل های ایرانی تورانی است (۹). امروزه جهت مدیریت و حفاظت از این جنگل‌ها نیاز به بررسی همه جانبه عوامل تاثیرگذار زنده و غیرزنده بر جنگل و پوشش گیاهی است. (۱۵-۲۰) که شناسایی اثرات هر یک از عوامل به خودی خود کاری سخت و نیاز به استفاده از مدل‌ها و روش‌های جدید است. به ویژه در سطح محدود، عوامل خرد مانند مواد مغذی خاک دارای اثر بسیار زیاد بر رشد و رویش و تراکم پوشش گیاهی است (۱۷-۲۲-۲۶).

کاربرد شبکه‌های عصبی برای کشف روابط حاکم بین عناصر اکوسیستم، احتمال خطر در تصمیم‌گیری‌ها و طرح‌های توسعه را کاهش می‌دهد (۱۸)، زیرا این تکنیک به عنوان یکی از سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در مدیریت جنگل شناخته می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی برگرفته از ساختارهای عصبی بیولوژیکی مغز انسان هستند و تاکنون در مطالعات گسترده‌ای در زمینهٔ محیط‌زیست و جنگل به کار گرفته شده‌اند. در مقایسه شبکه عصبی مصنوعی با مدل‌ها اکثر پژوهشگران کارایی بیش‌تر شبکه عصبی مصنوعی را در پیش بینی تآیید کرده‌اند. در این زمینه Al Kafy و همکاران در سال ۲۰۲۱ روابط بین پوشش گیاهی، خاک، دما و کاربری سرزمین را در منطقه‌ای در بنگلادش با کمک شبکه عصبی تعیین کردند و نتیجه گرفتند که به کمک شبکه عصبی و مصنوعی می‌توان با دقت قابل قبولی روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی راپیش‌بینی کرد (۲۱). همچنین de Andrade و همکاران نیز در سال ۲۰۲۱ در منطقه‌ای در آمریکای شمالی رابطه بین ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی را با کاربرد شبکه عصبی مورد بررسی قرار دادند (۱۹) پژوهش دیگر در این زمینه Rani و همکاران در سال ۲۰۲۲ بود که روابط بین ویژگیهای خاک را با کمک مدل‌های هوش مصنوعی و شبکه عصبی مورد مطالعه قرار دادند. نتیجه این تحقیقات بر کاربردی بودن روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در مدلسازی و کشف روابط پوشش گیاهی و عوامل محیطی دلالت دارند (۲۵).همچنین Bayat و همکاران در سال ۲۰۲۱ به مدلسازی و بررسی رابطه بین تولید و تعیین رویش حجمی جنگل با عوامل زنده و غیرزنده در جنگل‌های هیرکانی پرداختند و از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگسیون چند عامله استفاده کردند. آنها با مقایسه آماره‌های ارزیابی مدل‌ها، به این نتیجه رسیدند که می‌توان حجم سرپا جنگل را به کمک این مدلها، پیش‌بینی و برآورد کنند هر چند که دقت پیش‌بینی و برآورد در مدلهای شبکه عصبی بیشتر بود (۱۳).

در پژوهشی دیگر Pequeno Reis و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل‌های شبکهٔ عصبی به پیش‌بینی رشد درختان در شرق منطقهٔ آمازون پرداختند. آن‌ها از آمارهای سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۲ استفاده کرده و شاخص‌های مختلف رقابتی نیمه-مستقل (Different Semi-independent Competitive Indicators) را وارد مدل کردند. نتایج نشان داد که همهٔ شبکه‌های عصبی همبستگی بالای ۹۹٪، RMSE زیر ۱۱٪ و EF بالای ۰/۹۸ داشتند (۲۴).

همچنین در رابطه با گونه مورد مطالعه یعنی گونه گز هم مطالعاتی انجام شده است؛ به عنوان مثال متینی خواه و کاوه سدهی در سال ۱۳۹۶ به بررسی رابطه خصوصیات خاک با ویژگی‌های گونه گز در ابیانه اصفهان پرداخته که نتایج مطالعه آنها نشان داد ماده آلی و درصد اشباع خاک دارای رابطه معنی داری با ارتفاع درخت و سطح تاج پوشش آن دارد (۷). جهان تیغ در سال ۱۳۹۵ رابطه خاک و پوشش گیاهی گونه گز را در سواحل رودخانه های مناطق خشک

مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت بین خصوصیات خاک و تاج پوشش این گونه رابطه معنی‌دار وجود دارد (۱). همچنین نقش شرایط خاک در الگوی Lihong و همکاران در سال ۲۰۰۵ پراکنش گیاهی بیابانی در دامنه‌های شمالی کوه‌های تیانشان را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که گونه گز خاصی نسبت به شوری یا عمق سطح ایستابی ندارند اما رویشگاه‌های با ظرفیت رطوبتی بالای خاک را ترجیح میدهند (۲۲). Abdelghani و Amer نیز در سال ۲۰۰۳ مطالعه ای را در رابطه با گونه گز در صحرای سینا انجام داده و به این نتیجه رسیدند که تنوع گونه‌ای این گونه دارای رابطه منفی با شوری خاک است (۱۱). با توجه به مرور منابع ذکر شده، اکثر تحقیقات در رابطه با بررسی رابطه پوشش گیاهی گونه گز با محیط، تنها به مطالعه خصوصیات خاک پرداخته شده و این لزوم بررسی جامع عوامل محیطی و تاثیر آنها بر پارامترهای پوشش گیاهی این گونه را آشکار می کند. از طرفی امروزه با توجه به پیچیدگی روابط بین عوامل زنده (عواموال وابسته) و عوامل محیطی تاثیرگذار (عوامل مستقل)، اهمیت استفاده از مدل-های مناسب که بتوانند روابط را به خوبی بین این متغییرها بشناسند، روز به روز از اهمیت بیشتری برخوردار می شود. در این تحقیق نیز از مدل‌های رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت شناسایی عوامل تاثیرگذار و در نهایت مدلسازی آن‌ها استفاده شد. به عبارت دیگر، پیچیده بودن عوامل مؤثر در تعیین پارامتر موردنظر اعم از عوامل کمی و کیفی، ضرورت ایجاد مدل را برای پیش‌بینی‌های مورد نظر نمایان می‌کند (۱۶-۱۴). با توجه به این موارد، در پژوهش حاضر هدف استفاده از تکنیک شبکهٔ عصبی مصنوعی به عنوان یکی از مهم‌ترین زیر مجموعه‌های هوش محاسباتی و مدل‌های رگرسیونی جهت مدل‌سازی و شبیه‌سازی عوامل زیست محیطی مؤثر بر پوشش گیاهی است. با این هدف عوامل توصیفی (متغیرهای محیط‌زیستی) مورد استفاده، شامل پارامترهای اقلیمی (دما و بارش)، خاک (حاصلخیزی، ماده آلی، بافت خاک) و فیزیوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای ورودی نورون‌های پردازش‌گر محسوب شده که در شبکهٔ موردنظر با تبادل اطلاعات، متغیر پاسخ را با حداکثر دقت پیش‌بینی می‌کنند و در نهایت فاکتورهای زیست محیطی مؤثر (طبق مرور منابع) بر پوشش گیاهی با استفاده از شبکه‌های عصبی و مدل‌های رگرسیونی تعیین شد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه بخشی از شهرستان ورامین و بخش جوادآباد و دهستان بهنام با مساحت ۱۲۰۸/۲ هکتار می‌باشد. این منطقه به صورت زمین¬های کم¬ارتفاع و نسبتاً هموار با بیشینه ارتفاع از سطح دریای ۸۵۵ متر در ارتفاعات شمالی و کمینه ۷۸۱ متر است (شکل ۱). همچنین میانگین ارتفاع از سطح دریا نیز ۸۱۸ متر است طول و عرض جغرافیایی سه منطقه به شرح زیر است: منطقه فخرآباد دارای طول جغرافیایی ۵۵۱۲۷۵ و عرض جغرافیایی ۳۸۷۸۰۰۷، منطقه شکرآباد دارای طول جغرافیایی ۵۴۴۰۰۸ و عرض جغرافیایی ۳۸۷۸۳۸۴ و منطقه دولت آباد دارای طول جغرافیایی ۵۷۷۵۹۰ و عرض جغرافیایی ۳۸۸۴۱۳۷ است.

شرایط اکولوژیکی منطقه منطقه مورد مطالعه در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان ورامین در حاشیه راه آهن تهران – مشهد قرار دارد. اقلیم منطقه با استفاده از روش آمبرژه، اقلیم بیابانی گرم میانه را نشان می‌دهد. با بهره¬گیری از آمار ۱۰ساله (۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ میلادی) بارندگی ایستگاه هواشناسی ورامین، میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۸۰ میلی¬متر می‌باشد که دارای دامنه تغییرات نسبتاً زیادی است (۶). با استفاده از فرمرول آمبرژه ضرریبQ برابر با ۱۵/۴ محاسبه شد. به این ترتیب اقلیم منطقه با استفاده از روش آمبرژه، «اقلیم بیابانی گرم میانه» را نشان می‌دهد (۶). در نهایت با استفاده از این داده¬ها، نقشه خطوط هم دما و هم بارش در هر منطقه تهیه و با توجه موقعیت جغرافیایی هر قطعه نمونه در محیط Arcmap بارش و دمای مربوط با آن به روش میان یابی تهیه و ثبت شد (۲).

مقاله پژوهشی، صفحات ۴۵۳-۴۳۹

شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه در شهرستان ورامین در استان تهران

شرایط اکولوژیکی منطقه منطقه مورد مطالعه در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان ورامین در حاشیه راه آهن تهران – مشهد قرار دارد. اقلیم منطقه با استفاده از روش آمبرژه، اقلیم بیابانی گرم میانه را نشان می‌دهد (۱۲). با بهره¬گیری از آمار ۱۰ساله (۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ میلادی) بارندگی ایستگاه هواشناسی ورامین، میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۸۰ میلی¬متر می‌باشد که دارای دامنه تغییرات نسبتاً زیادی است (۶). با استفاده از فرمول آمبرژه ضرریبQ برابر با ۱۵/۴ محاسبه شد. به این ترتیب اقلیم منطقه با استفاده از روش آمبرژه ،«اقلیم بیابانی گرم میانه» را نشان می‌دهد (۶). در نهایت با استفاده از این داده¬ها، نقشه خطوط هم دما و هم بارش در هر منطقه تهیه و با توجه موقعیت جغرافیایی هر قطعه نمونه در محیط Arcmap بارش و دمای مربوط با آن به روش میان یابی تهیه و ثبت شد.

جمع آوری داده¬های پوشش گیاهی: با توجه به یکنواخت بودن تیپ جنگلی و پوشش گیاهی برای هر یک از سه منطقه مورد مطالعه، که از گونه غالب گز تشکیل شده است و همچنین باتوجه به اینکه از نظر آماری، برداشت ۳۰ قطعه¬نمونه از دقت کافی برای تجزیه وتحلیل نتایج کافی است، برای این پژوهش از شبکه نمونه¬برداری با ابعاد شبکه ۶۰۰×۶۰۰ متر استفاده شد. برای هر منطقه یک شبکه ۶۰۰ × ۶۰۰ متر طراحی و پیاده¬سازی شد. به کمک قطعات نمونه مربع شکل، ۰/۳۵هکتاری با ابعاد ۶۰ ×۶۰ متر استفاده شد. در هر قطعه‌نمونه اطلاعات مورد نیاز شامل گونه، قطر یقه قطورترین جست، قطر بزرگ تاج و قطر عمود بر آن و سلامت و شادابی درخت برداشت و ثبت شد. جهت بررسی شادابی درختان از روش استفاده شده توسط کنشلو در سال ۱۳۸۳ استفاده شد (۳-۷).

جدول ۱- روش بررسی و درجه‌بندی شادابی درختان

کد	درجه شادابی	خصوصیات
۱	خیلی ضعیف	رنگ برگها زرد، تراکم برگها بسیار کم، برگها پیچ خورده، آلودگی شدید به آفات و امراض، درصد بالایی از برگها زرد و خشک شده اند، خشکیدگی شاخه‌های اصلی
۲	ضعیف	برگها زرد و خشک، تراکم برگها پایین، درصدی از برگها خشک شده اند، فاصله میان گره ها خیلی کم.
۳	متوسط	برگها سبز رنگ پریده، تراکم کمتر از نرمال، آثار حمله آفات و امراض و بیماری ها مشاهده می شود،
۴	خوب	رنگ برگها سبز تراکم، در حد نرمال، آثار زردی در نوک برگها مشاهده نمی شود، اثار حمله آفات و امراض ناچیز
۵	عالی	رنگ برگها سبز براق طول برگها بلندتر، تراکم گره ها بالاتر از حد نرمال، عاری از افات و امراض

داده های ارزیابی خاک: جهت ارزیابی خاک منطقه، شامل بافت خاک، PH, EC سدیم و عناصر اصلی خاک شامل NPK با استفاده از نقشه کاربری سرزمین و نیز پس از بازدیدهای میدانی، و با توجه به وضعیت فیزیوگرافی و شکل زمین اقدام به نمونه¬برداری با مته از اعماق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی¬متری گردید(۴) که برای هر منطقه تعداد ۱۰ نمونه برداشت شد که در مجموع ۳۰ نمونه می¬باشد که موقعیت نقاط نمونه¬برداری نیز در شکل ۱ مشخص شده است. همچنین لازم به ذکر است برای پی¬بردن به خصوصیات مورفولوژیکی نیمرخ خاک در فواصل مشخص و تغییر شکل زمین جهت منطبق نمودن خاک‌ها اقدام به حفر پروفیل و برگ تشریح پروفیل شده و نمونه‌ها در کیسه پلاستیکی بسته¬بندی شده و به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل شد. پس از انجام مراحل آماده¬سازی در فاز اول اقدام به سنجش بافت خاک، pH خاک و هدایت الکتریکی شد. در ادامه در فاز دوم از نمونه‌هایی که محدودیت هدایت الکتریکی و یا بافت داشته آزمایش‌های تکمیلی به‌عمل آمد تا از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک،pH, EC سدیم و عناصر اصلی خاک شامل NPK خاک برای مرحله بعدی (اقدام به کاشت جنگلکاری) مطلع و با دقت نظر بیشتری، گونه¬ها و شرایط مورد نظر بررسی شود (۸). پس از تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه، محتوی رطوبت وزنی به روش توزین، کربن آلی خاک با اکسیداسیون و ازت کل به روش کجلدال، واکنش خاک با استفاده از دستگاه pHمتر، هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک با دستگاه هدایت سنج الکتریکی، فسفر قابل جذب به روش فسفر قابل جذب به روش اولسن و پتاسیم قابل جذب، به روش نورسنجی شعله ای (فلیم فتومتری) اندازه¬گیری شد (۴). در نهایت داده¬های ارزیابی خاک به تفکیک هر منطقه (فخرآباد، دولت آباد و شکرآباد) ثبت شد.

بررسی همبستگی بین پارامترها: پیش از فرایند مدلسازی جهت بررسی و شناخت مهمترین عوامل دارای همبستگی معنا¬دار با فاکتورهای پوشش گیاهی تحلیل همبستگی انجام شد. ابتدا نرمال بودن بودن داده‌ها توسط تحلیل کای¬اسکوئر انجام شد و سپس با توجه به آن، تحلیل همبستگی پیرسون برای داده¬های نرمال و اسپیرمن برای داده¬های غیرنرمال جهت شناخت و تحلیل رابطه پوشش گیاهی (سطح تاج پوشش و قطر) با عوامل مستقل (توپوگرافیک، اقلیمی و خاک) در محیط نرم افزار۲۲ SPSS انجام شد.

فرایند مدلسازی – مدل رگرسیونی به روش گام به گام: جهت بررسی رابطه بین پوشش گیاهی مدلسازی رگرسیون به روش گام به گام انجام شد و سپس فرایند مدلسازی رگرسیون خطی چند متغیره در محیط نرم افزار ۲۲ SPSS انجام شد.

فرایند مدلسازی – شبکه¬های عصبی مصنوعی: پس از آماده‌سازی داده¬ها، از نرم‌افزار5 NeuroSolutions جهت طراحی و آموزش شبکه¬ها استفاده شد و کلیه معماری¬های بررسی شده در این محیط طراحی و اجرا شدند. تعیین معماری بهینه شبکه¬های عصبی مصنوعی (اعم از تعداد ورودی¬ها، تعداد لایه¬های مخفی، تعداد نورون در هر لایه مخفی و تابع انتقال هر یک از لایه¬ها) در افزایش دقت پیش¬بینی توسط شبکه نقش تعیین کننده¬ای دارد و غالبا بر اساس فرآیند آزمون و خطا تعیین می¬شود؛ که لازم به ذکر است که شبکه عصبی انتخاب شده بیشترین دقت و کمترین خطا را داشت. متغیرهای زنده از قبیل قطر یقه درخت، تاج¬پوشش، و متغییرهای غیر زنده شامل عوامل اقلیمی، عوامل خاک، شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا به عنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شدند. داده¬های ورودی به طور تصادفی به داده¬های آموزش و تست تقسیم شدند به صورتی که ۷۰ درصد داده¬ها برای تعلیم و مابقی برای تست یا ارزیابی مدل مورد استفاده قرار

گرفتند (۱۳). از ضریب تبیین (R2) ریشه دوم میانگین خطا (RMSE) ضریب اریبی برای ارزیابی مدل‌های ارایه شده و در نهایت انتخاب بهترین مدل استفاده شد.

ارزیابی عملکرد شبکه: جهت بررسی و آزمون اعتبار مدل¬های حاصل از شبکه و رگرسیون، از معیارهای ضریب تبیین (R2) (رابطهٔ ۱) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) (رابطهٔ ۲) استفاده شد. از لحاظ آماری هر چقدر مقدار آمارهٔ RMSE کمتر باشد، طبیعتاً برآوردهای انجام شده توسط مدل تخمین دارای دقت بیشتری خواهد بود.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{oi} - y_{fi})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_{oi} - \overline{y}_{fi})^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{oi} - y_{fi})^2}{n}}$$

در رابطهٔ بالا yo و yf به ترتیب مقدار مشاهده¬ای و برآوردشدهٔ پارامتر مورد نظر با شبکه و n تعداد کل داده¬های استفاده شده است.

نتایج

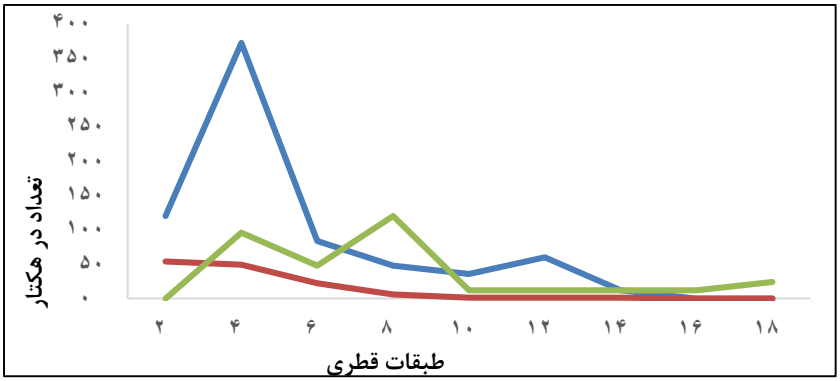
گونه گز تنها عنصر شمارش و ثبت شده در قطعات نمونه بود که قطر یقه آن از ۲ سانتیمتر تا حداکثر ۱۸ سانتیمتر متغیر بود. (جدول ۱)

جدول ۲- میانگین و حداقل و حداکثر تعداد در هکتار سه منطقه

	تعداد در هکتار	قطر یقه قطورترین درخت	قطر تاج پوشش
میانگین	۴۰۱/۵	۷/۹	۸/۲
حداقل	۱۳۶/۵	۳	۳/۸
حداکثر	۷۳۲	۱۸	۱۵/۲
انحراف معیار	۲۵/۵	۵/۲	۳/۷

نمودار زیر نتایج توزیع تعداد درختان در طبقات قطری مختلف در سه منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

همان گونه که در شکل ۲مشاهده می¬شود، در منطقه شکرآباد طبقه قطری ۴ سانتی¬متری دارای بیشترین فراوانی بوده ولی در دو منطقه دیگر، طبقه قطری ۸ سانتی¬متری بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده و در نتیجه طبقه قطری غالب بوده است.



شکل ۲- نمودار توزیع طبقات قطری درختان در سه منطقه شکرآباد (آبی)، دولت‌آباد (سبز) و فخرآباد (قرمز)

مقاله پژوهشی، صفحات ۴۵۳-۴۳۹

در شکل ۲ جهت مقایسه و نمایش بهتر، توزیع قطری سه منطقه در یک نمودار ارائه شده است؛ همان گونه که مشاهده می‌شود در بین هر سه منطقه، طبقه قطری ۴ سانتی‌متر دارای بیشترین فراوانی بوده است.

همبستگی بین پارامترها: در جدول ۳ ضرائب همبستگی بین پارامترهای محیطی شامل متغیرهای وابسته و مستقل نشان داده شده است. هدف این جدول بررسی روابط متقابل همه عوامل استفاده شده در این تحقیق چه مستقل و چه وابسته برای بررسی روابط و اثر هر یک از عوامل بر روی یکدیگر است.

جدول ۳- همبستگی بین متغیرهای محیطی در منطقه مورد مطالعه

	اسیدیته	هدایت الکتریکی	نیتروژن	کربن آلی	فسفر	TNV	کیفیت و شادابی گونه	قطر	سطح تاج	تعداد در هکتار	ارتفاع	شیب	جهت	بارش
اسیدیته	۱	۰/۱۱۱	-۰/۸۰۳**	۰/۴۶۶	-۰/۷۶۶**	۰/۳۷۵	۰/۴۱۷	-۰/۰۲۱	-۰/۱۹۳	-۰/۰۰۴	-۰/۱۱۸	۰/۰۸۸	-۰/۰۱۵	-۰/۰۴۲
هدایت الکتریکی	۰/۱۱۱	۱	-۰/۳۹۲	۰/۱۸۲	-۰/۵۲۲	-۰/۴۸۶	۰/۱۱۲	-۰/۰۹۲	-۰/۲۱۸	۰/۲۰۸*	۰/۳۳۳	۰/۱۸۱	-۰/۶۹۳*	-۰/۶۶۴*
نیتروژن	-۰/۸۰۳**	-۰/۳۹۲	۱	۰/۳۷۰	۰/۷۹۸**	-۰/۴۰۸	-۰/۱۸۰	۰/۰۹۳	۰/۴۶۰	-۰/۳۴۹	۰/۱۶۲	-۰/۰۱۰	۰/۲۳۷	۰/۰۴۲
کربن آلی	-۰/۴۶۶	-۰/۱۸۲	۰/۳۷۰	۱	۰/۵۴۰	-۰/۵۸۷	-۰/۵۹۵	-۰/۴۴۹	-۰/۰۵۵	-۰/۳۷۴	۰/۴۷۷	-۰/۳۶۰	۰/۲۹۸	-۰/۴۷۳
فسفر	-۰/۷۶۶**	-۰/۵۲۲	۰/۷۹۸**	۰/۵۴۰	۱	-۰/۳۷۷	۰/۶۳۶*	-۰/۲۸۱	۰/۰۲۷	-۰/۱۷۸	۰/۱۱۸	-۰/۳۷۱	۰/۴۴۰	۰/۱۵۷
TNV	۰/۳۷۵	-۰/۴۸۶	-۰/۴۰۸	-۰/۵۸۷	-۰/۳۷۷	۱	۰/۲۲۴	۰/۲۰۸	-۰/۰۹۲*	۰/۳۶۱	-۰/۴۹۹	۰/۱۲۳	۰/۱۴۷	۰/۶۲۸
کیفیت	۰/۴۱۷	۰/۱۱۲	-۰/۱۸۰	-۰/۵۹۵	-۰/۶۳۶*	۰/۲۲۴	۱	۰/۸۰۳**	۰/۶۴۷*	۰/۰۹۲	-۰/۴۶۷	۰/۴۳۰	-۰/۴۱۳	۰/۲۲۹
قطر	-۰/۰۲۱	-۰/۰۹۲	۰/۰۹۳	-۰/۴۴۴۹	-۰/۲۸۱	۰/۲۰۸	۰/۸۰۳**	۱	۰/۸۳۰**	۰/۰۸۲	-۰/۶۹۵*	۰/۶۶۹*	-۰/۳۳۹	۰/۵۳۱
سطح تاج	-۰/۱۹۳	۰/۲۱۸	۰/۴۶۰	-۰/۰۵۵	۰/۰۲۷	-۰/۰۹۲	۰/۶۴۷*	۰/۸۳۰**	۱	-۰/۲۸۶	-۰/۳۵۰	*۰/۶۵۲	۰/۰۶۰	۰/۲۷۰
تعداد در هکتار	-۰/۰۰۴	۰/۲۰۸	-۰/۳۴۹	-۰/۳۷۴	-۰/۱۷۸	۰/۳۶۱	۰/۰۹۲	۰/۰۸۲	-۰/۲۸۶	۱	۰/۴۳۰**	-۰/۲۹۴	-۰/۵۳۳	۰/۳۳۸
ارتفاع	-۰/۱۱۸	۰/۳۳۳	۰/۱۶۲	۰/۴۷۷	۰/۱۱۸	-۰/۴۹۹	-۰/۴۶۷	-۰/۶۹۵*	-۰/۵۵۰	-۰/۴۳۰	۱	-۰/۳۱۹	۰/۰۸۴	-۰/۸۹۶**
شیب	۰/۰۸۸	-۰/۱۸۱	-۰/۰۱۰	-۰/۳۶۰	-۰/۲۷۱	۰/۱۲۳	۰/۴۳۰	۰/۶۶۹*	۰/۶۲۲*	-۰/۲۹۴	-۰/۳۱۹	۱	۰/۳۲۰	۰/۳۰۵
جهت	-۰/۰۱۵	۰/۶۹۳*	۰/۲۳۷	۰/۲۹۸	۰/۴۴۰	۰/۱۴۷	-۰/۴۱۳	-۰/۲۳۹	۰/۰۶۰	۰/۵۳۳	۰/۰۸۴	۰/۳۲۰	۱	۰/۲۰۸
بارش	-۰/۰۴۲	-۰/۶۶۴*	۰/۰۴۲	-۰/۴۷۳	۰/۱۵۷	۰/۶۲۸	۰/۲۲۹	۰/۵۳۱	۰/۲۷۰	۰/۳۳۸۰	-۰/۸۹۶**	۰/۳۰۵	۰/۲۰۸	۱

مدلسازی رابطه بین پارامترهای پوشش گیاهی با پارامترهای محیطی: در این فرایند، پارامترهای پوشش گیاهی (تعداد در هکتار، قطر و سطح تاج گیاهی) هر بار به عنوان متغیر وابسته انتخاب و پارامترهای خاک که در بخش‌های قبل بیان شد، همچنین اقلیم و توپوگرافی به عنوان متغیر مستقل انتخاب شدند. متغیر تعداد در هکتار رابطه معناداری با سایر پارامترها نداشت. روابط و آماره‌های ارزیابی هر مدل در انتها تعیین شد (جدول۴ و ۵).

جدول ۴- نتایج مدل اول با متغیر وابسته سطح تاج گیاهی و قطر

متغیر وابسته	مدل	R	R^2	خطای استاندارد
تاج گیاهی	۱	۰/۸۳۰	۰/۶۴۹	۲/۲۳۴۷۴
	۲	۰/۹۱۵	۰/۷۹۰	۱/۷۳۰۸۳
قطر	۱	۰/۸۳۰	۰/۶۴۹	۳/۱۳۵۱۱
	۲	۰/۹۳۵	۰/۸۳۹	۲/۱۲۳۴۴

مقاله پژوهشی، صفحات ۴۵۳-۴۳۹

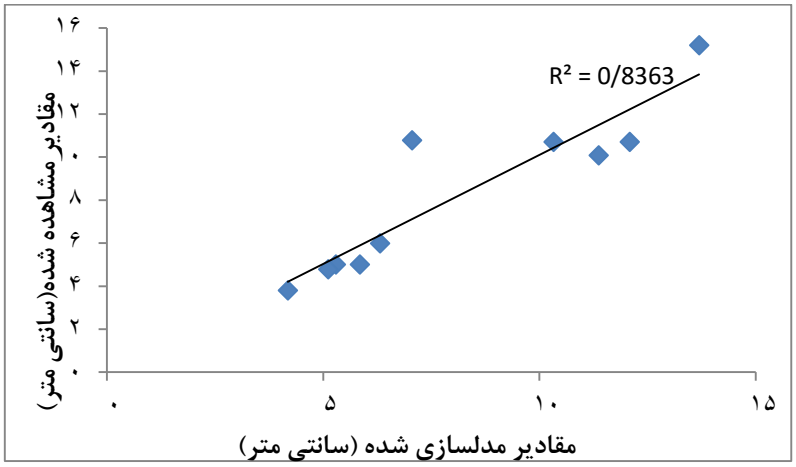
جدول ۵ – نتایج ضرائب مدل اول با متغیر وابسته سطح تاج گیاهی

مدل	B	خطای استاندارد	ضرائب استاندارد شده Beta	t	Sig
۱ (ثابت)	۳/۵۲۳	۱/۳۱۹		۲/۶۷۰	۰/۰۲۸
قطر	۰/۵۹۱	۰/۱۴۱	۰/۸۳۰	۴/۲۰۲	۰/۰۰۳
۱ (ثابت)	۰/۰۰۲	۱/۷۳۲		۰/۰۰۱	۰/۹۹۹
قطر	۰/۵۶۶	۰/۱۰۹	۰/۷۹۴	۵/۱۶۷	۰/۰۰۱
N	۱۰۰/۴۱۶	۳۹/۸۹۱	۰/۳۸۷	۲/۵۱۷	۰/۰۴۰

طبق جداول بالا رابطه سطح تاج با سایر پارامترهای گفته شده طبقه رابطه زیر است:

رابطه (۱) $T= 0.002+0.556(diameter)+100.416(N)$

که در رابطه بالا T سطح تاج گیاهی و diameter برابر با قطر و N هم عنصر نیتروژن خاک است.



شکل ۴- مقایسه مقادیر مدلسازی شده و واقعی در مدل اول (متغیر وابسته سطح تاج گیاهی)

رابطه بین قطر و سایر پارامترها نیز به شرح زیر است:

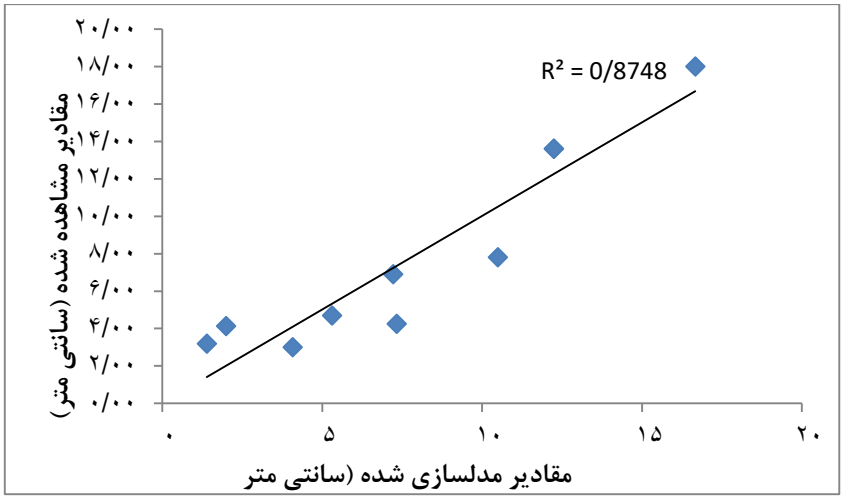
جدول ۶- نتایج ضرائب مدل دوم با متغیر وابسته قطر

مدل	B	خطای استاندارد	ضرائب استاندارد Beta	t	Sig
۱ (ثابت)	-۱/۶۳۱	۲/۴۷۹		-۰/۶۵۸	۰/۵۲۹
سطح تاج	۱/۱۶۴	۰/۲۷۷	۰/۸۳۰	۴/۲۰۲	۰/۰۰۳
۱ (ثابت)	۸۶/۲۶۹	۲۷/۲۵۸		۳/۱۶۵	۰/۰۱۶
سطح تاج ارتفاع	۰/۹۳۷	۰/۲۰۰	۰/۶۶۸	۴/۶۷۹	۰/۰۰۲
	-۰/۱۰۶	۰/۰۳۳	-۰/۴۶۱	-۳/۲۳۱	۰/۰۱۴

رابطه (۲)

Diameter= 86.269+0.937(T)-0.106(elevation)

که در رابطه بالا diameter برابر با قطر و Tسطح تاج گیاهی و elevation نیز ارتفاع از سطح دریاست. همان گونه که مشاهده می شود بیشترین اثر معنی‌دار را در پیش بینی عامل قطر، ارتفاع از سطح دریا داشته است.



شکل ۵- مقایسه مقادیر مدلسازی شده و واقعی در مدل دوم (متغیر وابسته قطر)

مقایسه مقادیر مدلسازی شده و مقادیر مشاهده شده برای هر دو مدل رگرسیونی نشان دهنده ضریب تبیین (R^2) نسبتا قابل قبول در هر دو مدل است. نتایج شبکه‌های عصبی مصنوعی که حاصل چندین الگوریتم مختلف می‌باشد به صورت جدول زیر است. همان طور که مشخص است از مدل رگرسیونی پرسپترون چند لایه و مدل ار بی اف در این مدلسازی استفاده شده است.

جدول ۷- نتایج شبکه عصبی که حاصل چندین الگوریتم مختلف

شاخص	نام شبکه	الگوریتم	عامل خطا	فعالساز لایه مخفی	R^2	RMSE	% RMSE	BIAS	% BIAS
1	MLP 17-9-1	BFGS 106	SOS	Tanh	0/78	0/52	21/84	0/0008	0/0336
2	MLP 17-6-1	BFGS 54	SOS	Exponential	0/76	0/59	24/78	0/0015	0/0630
3	MLP 17-4-1	BFGS 55	SOS	Exponential	0/70	0/63	26/47	0/0017	0/0714
4	MLP 17-7-1	BFGS 128	SOS	Tanh	0/70	0/58	24/36	0/0011	0/0462
5	MLP 17-6-1	BFGS 177	SOS	Logistic	0/72	0/57	23/94	0/0010	0/0420
6	RBF 17-28-1	RBFT	SOS	Gaussian	0/65	0/83	34/87	0/0132	0/5546
7	RBF 17-21-1	RBFT	SOS	Gaussian	0/60	1/31	55/04	0/244	10/252
8	RBF 17-19-1	RBFT	SOS	Gaussian	0/50	0/91	38/23	0/053	2/2268
9	RBF 17-22-1	RBFT	SOS	Gaussian	0/55	1/10	46/21	0/054	2/2689
10	RBF 17-20-1	RBFT	SOS	Gaussian	0/49	1/23	51/68	0/243	10/210

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش رابطه بین فاکتورهای مهم پوشش گیاهی گونه گز شامل قطر، تاج پوشش، تعداد در هکتار و کیفیت و شادابی درخت با ویژگی¬های محیطی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که منطقه شکر آباد از نظر میانگین تعداد در هکتار نسبت به دو منطقه دیگر یعنی فخرآباد و دولت آباد، از شرایط به مراتب بهتری چه نسبت به تعداد درختان در هکتار و چه تنوع پوشش کف برخوردار بود به طوری که در بعضی از قطعات نمونه تعداد در هکتار به بالای ۱۰۰۰ اصله در هکتار می¬رسید ولی در میانگین مجموع قطعات نمونه ۷۳۲ اصله درخت در هکتار بود. از نظر زادآوری درمجموع شرایط بسیار نگران کننده بود و زادآوری در منطقه شکرآباد از شرایط به نسبت بهتری برخوردار بود ولی دو منطقه دیگر فاقد زادآوری بودند. از نظر شرایط شادابی درختان نیز باز همین شرایط در منطقه حاکم بود (جدول ۱).

مطابق آنالیز همبستگی برخی از پارامترهای خاک مانند pH با پارامترهای درصد نیتروژن و فسفر دارای همبستگی نسبتا بالایی بود. همچنین متغیر EC خاک هم دارای رابطه معنی¬دار منفی با متغیرهای بارش و جهت بود. به این معنی که هرچه بارش منطقه بیشتر شده بود، از میزان EC خاک کاسته می‌شود که کاملا منطقی است چرا که بارش از شوری زیاد و تجمع بالای املاح در خاک کاسته و در رابطه با جهت نیز از آنجا که کددهی به جهت به ترتیب از شمال، شرق، غرب و جنوب با کدهای ۱ تا ۴ بوده است نشان می‌دهد هر چه به جهات جنوبی و غربی می‌رویم از EC خاک کاسته شده و جهات شمال و شرق دارای EC بالاتر بوده¬اند که آن را هم می‌توان به میزان رطوبت هوا ارتباط داد که در این جهات رطوبت کمتری وجود دارد (۲۳). در این زمینه یافته¬های مشابه وجود دارد که از آن جمله می¬توان به پژوهش متینی¬خواه و کاوه سدهی در سال ۱۳۹۶ اشاره کرد که نتایج مطالعه آنها نشان داد ماده آلی و درصد اشباع خاک دارای رابطه معنی–داری با ارتفاع درخت و سطح تاج پوشش آن دارد (۷). همچنین جهان تیغ در سال ۱۳۹۵ نتیجه گرفت بین خصوصیات خاک و تاج پوشش این گونه رابطه معنی¬دار وجود دارد (۱). Abdelghani و Amer نیز در سال ۲۰۰۳ به این نتیجه رسیدند که تنوع گونه ای این گونه دارای رابطه منفی با شوری خاک است (۱۱). یافته مهم دیگری هم که از جدول ۳ یعنی ضرائب همبستگی مشاهده شد، نشان داد که کیفیت درختان با قطر و سطح مقطع دارای همبستگی معنی¬دار بودند که قابل پیش بینی بود چرا که کیفیت تابعی از قطر و سطح مقطع می¬باشد. همچنین قطر درختان دارای همبستگی معنادار منفی با ارتفاع و مثبت با شیب بود؛ پس هرچه ارتفاع از سطح دریا بالاتر باشد از میزان قطر درختان کاسته می¬شود که این می¬تواند به علت عدم وجود شرایط بهینه در ارتفاعات بالا برای رشد قطری درختان باشد. بیشترین اثر معنی¬دار را عامل نیتروژن خاک و قطر بر روی سطح تاج پوشش گیاهی دارد، این امر نشان دهنده اثر بالای مواد مغذی خاک در سطح منطقه مورد مطالعه بر رشد و رویش گیاهی است که در همین راستا Cheng و همکاران نیز در سال ۲۰۲۱ در پژوهشی در جنگل¬های پاناما، بیان داشتند که در سطح محدود، عامل خرد مانند مواد مغذی خاک، بیش از عوامل کلان مانند اقلیم بر تاج پوشش گیاهی اثر گذار است (۱۷). مقایسه مقادیر مدلسازی شده و مقادیر مشاهده شده برای هر دو مدل رگرسیونی نشان دهنده ضریب تبیین (R2) نسبتا قابل قبول در هر دو مدل است که همان گونه که مشاهده می¬شود این مقادیر نسبتا نزدیک به هم می¬باشد که نشان دهنده کارایی بالای این مدل¬ها در پیش بینی فاکتورهای پوشش گیاهی توسط متغیرهای مستقل ذکر شده در مدل می¬باشند. طبق جدول ۷ بهترین مدل۱پرسپترون چند لایه با تابع فعالسازی تانژانت و با چند لایه ورودی و مخفی ضریب تبین ۰/۷۸ به عنوان بهترین مدل برای بررسی رابطه بین قطر یقه، خاک و شادابی و تراکم استفاده شد. از آنالیز حساسیت در نرم افزار استاتیستیکا استفاده شد و تاثیر هریک از عوامل بررسی و

تاثیر هر یک از عوامل مشخص و در نهایت مهمترین فاکتورها تاثیر گذار در مدل مشخص شدند. دو مدل با ضرائب R2 بالا ساخته شد. که اولی بین متغیر وابسته سطح تاج با متغیرهای دیگر بود که R2 این مدل ۰/۸۳ و مدل دوم بین متغیر قطر و سایر متغیرها ایجاد شد که دارای ضریب تبیین برابر با ۰/۸۷بود که نشان از رابطه قوی ایجاد شده دارد. در مدل اول یعنی مدل سطح تاج دو متغیر وابسته درصد نیتروژن خاک و قطر به شکل معنادار وارد مدل شدند که نشان می‌دهد مقدار ازت خاک یک عامل مهم در پیش‌بینی رویش و سطح تاج است و چنانچه هدف افزایش سطح پوشش گیاهی منطقه باشد باید حتما برنامه‌ریزی‌های لازم جهت حفظ و اصلاح خاک (مانند جلوگیری از فرسایش خاک، بهبود خاک، روشهای زیستی افزایش مواد آلی و مغذی خاک و غیره) انجام شود. همچنین Schmitt و همکاران در سال ۲۰۲۲ در پژوهشی مشابه به این نتیجه رسیدند که عوامل توپوگرافیک به ویژه ارتفاع، دارای تاثیر زیادی بر مشخصه های گیاهی است (۲۷). جهان تیغ در سال ۱۳۹۵ در پژوهشی در مورد گونه های گز و تاغ استان سیستان و بلوچستان به این نتیجه رسید که اختلاف بین ویژگیهای مختلف خاک مانند مواد آلی و معدنی حتی در صورت شرایط اقلیمی و رطوبتی یکسان سبب ایجاد اثر معنی داری بر پوشش گیاهی شده است. (۱). مهدوی اردکانی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در منطقه چاه افض یزد ره نتیجه مشابهی دست یافته و بیان داشتند که پوشش گیاهی گونه گز رابطه معنی داری با مقدار کربن، نسبت کربن به نیتروژن، پتاسیم، ماده آلی و واکنش خاک داشت. (۱۰).

در مدل دوم نیز چنان چه مشاهده شد متغیر قطر با ارتفاع و سطح تاج رابطه رگرسیون معنادار تشکیل داد. این نشان می‌دهد عوامل توپوگرافیک هم می‌تواند نقش تعیین کننده ای در میزان پوشش گیاهی منطقه داشته باشد. در این زمینه هم می توان به پژوهش ساغری و همکاران در سال ۱۳۹۵ اشاره کرد نتیجه گرفتند رویش، شادابی، و سایر خصوصیات پوشش گیاهی با عوامل توپوگرافیک یعنی شیب، جهت و ارتفاع دارای رابطه معنی دار است (۵). از مدل‌های شبکه عصبی نیز در این مدلسازی استفاده شده که با توجه به ماهیت داده‌ها از دقت مناسبی برخوردار بودند ولی ضریب تبیین به نسبت پایین تری نسبت به مدل رگرسیونی داشتند.

نتایج مدلسازی این پژوهش نشان داد که عناصر مغذی خاک به ویژه میزان عنصر نیتروژن اثر زیادی بر قطر و تاج پوشش گیاهی دارد. همچنین، عوامل توپوگرافیک به ویژه ارتفاع از سطح دریا اثر زیادی بر پارامترهای پوشش گیاهی می¬گذارند. در رابطه با معنادار نبودن اثر عامل اقلیم با پوشش گیاهی در این پژوهش نیز، می توان بیان داشت هرچند که یکی از عوامل بسیار مهم و اثرگذار بر پوشش گیاهی است اما از آنجا که در سطح مورد مطالعه، تغییرپذیری این عامل محود بوده و مناطق از نظر این عامل تقریبا تفاوت چندانی با هم نداشتند، لذا این عامل اثر معنی¬داری بر پوشش گیاهی نداشت و چون مطالعه در سطح محدودی انجام شده، لذا عامل اقلیمی با تاثیرگذاری بر عوامل خاک، اثر خود را بر رشد و رویش گیاهی گذاشته است. بنابراین با توجه به آنچه نتایج تحلیل همبستگی و مدلسازی نشان داد برای مدیریت، افزایش سطح و حفاظت جنگل های گز شهرسان ورامین، توجه به حفاظت از خاک و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک و انجام اقدامات لازم جهت افزایش عناصر مغذی خاک بسیار لازم به نظر می¬رسد چرا که با توجه به کاهش شدید سطح این جنگل¬های ارزشمند و نقش موثری که در جلوگیری از بیابان¬زایی دارند، لازم است که بیش از پیش اقدامات مدیریتی لازم در جهت حفاظت و احیا خاک انجام گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل از طرح پژوهشی مصوب در صندوق پژوهشگران و فناوران کشور به شماره طرح ۴۰۰۰۶۹۰ می باشد، بدین وسیله نویسندگان مقاله کمال قدردانی و سپاسگزاری را از صندوق پژوهشگران و فناوران کشور بایت حمایت از این طرح را دارند.

منابع

۱. جهان تیغ، م. بررسی رابطه خاک و پوشش گیاهی در سواحل رودخانه های مناطق خشک. حفاظت زیست بوم گیاهان، ۹: ۱۸۱-۱۹۳.

۲. دارابی، ح، سعیدی، ا. ۱۳۹۱، طراحی اکولوژیک پارک‌های جنگلی، محیط شناسی، ۲ :۱۰-۱.

۳. زبیری، م.، ۱۳۸۴، زیست سنجی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۴۱۶ ص.

۴. زرافشار، م. تیموری، م. پورهاشمی، م. علیزاده، ط. بردبار،ک. روستا، م. عباسی، ع. ۱۴۰۰. اثر زوال درختان بلوط ایرانی (Quercus brantii Lindl.) بر مشخصه‌های خاک رویشگاه (مطالعهٔ موردی: کوهمره‌سرخی، استان فارس. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۴(۱).

۵. ساغری، م. شاهرخی، ح. رستم پور، م و عشقی زاده، م. ۱۳۹۵. بررسی عوامل توپوگرافی موثر بر خصوصیات رشد و استقرار درختچه سماق در مراتع حوزه آبخیز شرق کشور) مطالعه موردی: حوزه آبخیز کاخک در شهرستان گناباد. مجله حفاظت زیست بوم گیاهان, ۴(۹): ۱۳۳-۱۵۰.

۶. طرح اجرایی مدیریت مناطق کویری آبردژ شهرستان ورامین، اداره کل منابع طبیعی استان تهران، ۱۳۸۷.

۷. کنشلو، ه. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر شدت هرس بر شادابی درختان میانسال کاج تهران(پارک چیتگر تهران). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲: ۱۱۱-۱۴۰.

۸. متین خواه، ح. و کاوه سدهی، ز. ۱۳۹۶. رابطه خاک با خصوصیات رویشی گونه گز پرشاخه (Tamarix ramosissima) در ابیانه، استان اصفهان. مجله علمی پژوهشی اکولوژی کاربردی: ۶(۳), ۸۹-۱۰۰

۹. مروی مهاجر، م. ر. ۱۳۸۴. جنگل¬شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۱۸.

۱۰. مهدوی اردکانی، ر. جعفری، م. ضرغام، ن. زارع چاهوکی، م. باغستانی میبدی، ن. طویلی، ع. بررسی تاثیر گونه های گز، تاغ و اشنان بر خاک در منطقه چاه افضل یزد. مجله جنگل ایران، ۴: ۳۵۷-۳۶۵.

۱۱. نصرتی، ض. زهتابیان، غ. زارع چاهوکی، م. جعفری، م. طویلی، ع. بررسی تاثیر کشت گونه Haloxylon aphyllum بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه ابردژ ورامین. مجله مرتع و آبخیزداری، ۲: ۲۶۹-۲۷۶.

12. Abd El-Ghani, M.M. and Amer, W.M., 2003. Soil–vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. Journal of Arid Environments, 55(4), pp.607-628.

13. Bayat, M., Bettinger, P., Hassani, M. and Heidari, S., (2021). Ten-year estimation of Oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) volume increment in natural forests: a comparison of an artificial neural networks model, multiple linear regression and actual increment. Forestry, 94(4):598-609

14. Bayat, M., Pukkala, T., Namiranian, M., and Zobeiri, M. (2013). Productivity and optimal management of the uneven-aged hardwood forests of Hyrcania. European Journal of Forest Research 132(5-6): 851–864.

15. Blanchard, G., Munoz, F., Ibanez, T., Hequet, V., Vandrot, H., Girardi, J., and Birnbaum, P. (2019). Regional rainfall and local topography jointly drive tree community assembly in lowlandtropical forests of New Caledonia. Journal of Vegetation Science 30: 845–856.

16. Bourque, C.P.A., Bayat, M. (2015). Landscape variation in tree species richness in northern Iran forests. PLoS ONE 10(4), e0121172.

17. Cheng, Y., Leung, L.R., Huang, M., Koven, C., Detto, M., Knox, R., Bisht, G., Bretfeld, M. and Fisher, R.A., (2022). Modeling the joint effects of vegetation characteristics and soil properties on ecosystem dynamics in a Panama tropical forest. Journal of Advances in Modeling Earth Systems 14(1), p.e2021MS002603.

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

19. de Andrade, B.C.C., Pedrollo, O.C., Ruhoff, A., Moreira, A.A., Laipelt, L., Kayser, R.B., Biudes, M.S., dos Santos, C.A.C., Roberti, D.R., Machado, N.G. and Dalmagro, H.J., (2021). Artificial neural network model of soil heat flux over multiple land covers in South America. Remote Sensing, 13(12): 2337.

20. Ferry, B., Morneau, F., Bontemps, J.-D., Blanc, L., and Freycon, V. (2010). Higher treefall rates on slopes and waterlogged soils result in lower

stand biomass and productivity in a tropical rain forest. Journal of Ecology 98: 106–116.

21. Kisi, O., (2009). Suspended sediment estimation using neuro-fuzzy and neural network approaches. Hydrological Sciences Journal, 50(4): 683-696.
22. Levine, P. A., Randerson, J. T., Chen, Y., Pritchard, M. S., Xu, M., and Hoffman, F. M. (2019). Soil moisture variability intensifies and prolongs eastern Amazon temperature and carbon cycle response to El Nino-Southern Oscillation. Journal of Climate 32(4): 1273–1292.
23. Xu, L., Liu, H., Chu, X. and Su, K., 2006. Desert vegetation patterns at the northern foot of Tianshan Mountains: The role of soil conditions. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 201(1), pp.44-50.
24. Pequeno Reis, L., Lopes de Souza, A., Mazzei. L., Carolline Marques dos Reis, P., Garcia Leite, H., and Pedro Boechat Soares, C., (2016). Prognosis on the diameter of individual trees on the eastern region of the amazon using artificial neural networks. Forest Ecology and Management 382:161–167.
25. Rani, A., Kumar, N., Kumar, J. and Sinha, N.K., (2022). Machine learning for soil moisture assessment. In Deep Learning for Sustainable Agriculture:143 -168. Academic Press.
26. Robinson, D. A., Campbell, C. S., Hopmans, J. W., Hornbuckle, B. K., Jones, S. B., Knight, R., et al. (2008). Soil moisture measurement for ecological and hydrological watershed-scale observatories: A review. Vadose Zone Journal 7(1): 358–389
27. Schmitt, S., Raevel, V., Réjou-Méchain, M., Ayyappan, N., Balachandran, N., Barathan, N., Rajashekar, G. and Munoz, F., (2021). Canopy and understorey tree guilds respond differently to the environment in an Indian rain forest. Journal of Vegetation Science 32(5), p.e13075.

مقاله پژوهشی، صفحات ۴۵۳-۴۳۹

Interaction modeling of vegetation and environmental parameters using regression models and artificial neural networks in Tamarix forests of Varamin city

Bayat M.[1], Heidari Mostali S.[2], Rahimi Zadeh N.[3], Bayat A.[4], Khaksarian F.[1] and Sepahvand A.[5]

[1] Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extention Organization (AREEO), Tehran, I.R. of Iran

[2] Dept. of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. of Iran

[3] General Office of Natural Resources and Watershed Management of Tehran Province, Tehran, I. R. of Iran

[4] Dept. of Environment, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Arak, Arak University, Arak, I.R. of Iran

[5] Office of Natural Resources and Watershed Management of Varamin, Varamin, I.R. of Iran

Abstract

This research was carried out in the Gaz forests of Varamin city, which are part of Iran's Turani regions and are located in the dry to semi-arid region, and have unique conditions in terms of species diversity and climatic conditions. For this purpose, descriptive factors (environmental variables) including climatic parameters (temperature and precipitation), soil (fertility, organic matter, and soil texture), and topography (slope, direction, and height) were taken. In relation to climatic parameters, the statistics of weather stations in the region were used. In relation to physiographic factors, the Digital Elevation Model (DEM) was used, and the desired parameters were mapped in relation to soil factors. 20 soil profiles were dug in each area, and the data were transferred to the laboratory to analyze soil parameters, and related analyses were performed. The independent factors of the study included 4 parameters of vegetation for Gaz species: tree diameter, tree canopy, number per hectare, and the quality and happiness of the species. that the environmental factors are considered as the most important input variables of the processing neurons and finally, the environmental factors affecting vegetation were determined using ANN and regression models, and with the help of statistics such as the Explanation coefficient and model error, the best models were selected. The results show that diameter and soil nitrogen content were important variables in relation to the tree canopy of Gaz. The modeling results showed that R2 of both models had no significant difference; R2 in ANN was 0.78, and in the regression models, between 0.8 and 0.9. Also, in relation to the vegetation factors, the tree canopy of Gaz species had the highest correlation among the independent factors with the slope and height factors, and the tree canopy factor also had the highest correlation with the slope factor. Therefore, according to the modeling results in the present research (the strong relationship between soil nitrogen factor and the vegetation cover of the Gaz species in the regression model), in order to increase the vegetation cover of this species as an important species in the region, pay attention to soil protection and also prevent soil erosion and carry out necessary measures to increase soil nutrients seem very important.

Keywords: Iranian-Turanian forests, Regression models, Artificial neural networks