Archive of SID

محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶
صفحات: ۷۸۲-۷۷۱

پیش‌بینی و ارزیابی مرگ‌ومیر گونه‌های درختی و تعیین فاکتورهای فیزیوگرافیک تأثیرگذار بر آن در جنگل‌های استان مازندران به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی

محمود بیات[۱*]، ارسلان شکرچیان[۲]، محمود امید[۳]

۱. استادیار پژوهشی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.
۳. استاد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۰۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۷)

چکیده

ارزیابی و تعیین میزان مرگ‌ومیر درختان در طول دوره، اساس برنامه‌ریزی‌های بلندمدت مدیریت منابع طبیعی است که کاری چالش‌برانگیز و دشوار است؛ زیرا عوامل و فرآیندهای مختلفی بر روی آن تأثیرگذار و تعیین‌کننده هستند. در این پژوهش با استفاده از تکنیک شبکهٔ عصبی مصنوعی، احتمال مرگ و میر درختان در سطح قطعات نمونهٔ ثابت مدل‌سازی و تخمین زده شد. از متغیرهای زیستی و غیرزیستی نظیر میران انرژی تابشی نور خورشید در فصل رویش، شاخص خیسی توپوگرافی، ارتفاع بالای نزدیک‌ترین نقطهٔ زه‌کشی شده، سرعت باد، متوسط قطر برابر سینه (در سال ۱۳۹۱) و سطح مقطع برابر سینه به عنوان متغیرهای ورودی و احتمال مرگ‌ومیر درختان در سطح قطعات نمونهٔ ثابت در جنگل-های هیرکانی به عنوان متغیر خروجی در کلیهٔ مدل‌سازی‌های آلومتریک و شبیه‌سازی شبکهٔ عصبی استفاده شد. معماری‌های مختلف (توپولوژی) شبکه با الگوریتم پس‌انتشار خطا با تعداد نورون‌های متفاوت شامل توابع انتقالی لجستیک سیگموئدی و تانژانت هیپربولیک در لایه‌های پنهان آموزش داده شدند، این مدل‌ها دقت‌های متفاوتی از برآورد متغیر پاسخ ارائه دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که درختان با قطر ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بهترین و بیشترین زنده‌مانی را دارند. با افزایش رقابت (سطح مقطع قطورترین درخت) زنده‌مانی کاهش پیدا می‌کند. گونهٔ ممرز نسبت به سایر گونه‌ها به مقدار کمی از مرگ و میر بیشتری برخوردار است. همچنین از نتایج این تحقیق چنین استنباط می‌شود که از متغیرهای زیستی، سطح مقطع قطورترین درختان و از میان متغیرهای غیرزیستی ترکیب عوامل توپوگرافی با شاخص خیسی خاک و سرعت باد بیشترین تأثیر را بر احتمال مرگ و میر در سطح قطعهٔ نمونه دارند.

کلید واژگان: جنگل‌های هیرکانی، مرگ‌ومیر، متغیرهای زیستی و غیر زیستی، شبکهٔ عصبی مصنوعی.

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۹۱۸۳۶۱۱۵۶+ ایمیل: mbayat@rifr-ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

گیاهان به صورت اجتماعی زندگی می‌کنند و در یک بوم سازگان بین گیاهان و سایر اجزای آن‌ها ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. پیدایش پوشش گیاهی حاصل برخورد و کنش متقابل بین عناصر رویشی و عوامل محیطی- فیزیکی است. میزان دسترسی به منابع اکولوژیک، تغییرات در محیط خاک، تنوع جانوران خاکزی و خصوصیات خرد اقلیم هر عرصهٔ جنگلی بستگی به ترکیب عوامل گفته شده با یکدیگر دارد (Atri, 1997).

نقش مهم بقا و مرگ‌ومیر درختان در جنگل‌ها غیرقابل انکار بوده و می‌تواند تعیین‌کنندهٔ پویایی و توالی جنگل، تغییر چرخهٔ عناصر و کمک بیشتر به همزیستی گونه‌های درختی باشد (Lutz & Halpern, 2006). بدون درک درست الگوها و عوامل مؤثر بر بقا و مرگ‌ومیر درختان، درک درست پویایی جنگل دشوار است. شرایط محلی در هر زیستگاه عمدتاً شامل دو دستهٔ اصلی است: متغیرهای غیرزنده یا محیطی و متغیرهای زنده یا زیستی (Nakashizuka, 2001). از آنجا که گیاهان برآیندی از خصوصیات محیطی هر منطقه هستند با مطالعهٔ پوشش گیاهی و عوامل مختلف محیطی همچون فیزیوگرافی، خاک و اقلیم می‌توان به پایداری جوامع گیاهی و همبستگی این عوامل با پوشش گیاهی پی برد که این مسئله از نظر توسعه و احیای جوامع جنگلی بسیار مهم و کاربردی است (Basiri, 2003). همچنین پوشش گیاهی می‌تواند بازگوکنندهٔ بسیاری از عوامل محیطی، میکروکلیما، خاک، نور و فیزیوگرافی باشد که اندازه‌گیری مستقیم آن‌ها پرهزینه و مشکل است. به عبارتی، گیاهان منعکس کنندهٔ مجموعه‌هایی از شرایط محیطی، شامل آب و هوا، پستی و بلندی و متغیرهای خاکی هستند (Daubenmire, 1976).

تنها عوامل محیطی غیرزنده نیستند که موجب حضور گونه‌ای خاص و بقای آن می‌شوند، بلکه عوامل زنده همانند حضور گونه‌های گیاهی دیگر نیز باعث تغییر در آشیان اکولوژیک و تأثیر بر بقای گونه می‌شوند. هرچه همپوشانی آشیان‌های اکولوژیک گونه‌ها بیشتر باشد، رقابت نیز بیشتر شده که این موضوع در جوامعی که از نظر رفتاری، خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مشابه‌اند، مشهود است (Tahmasebi, 2015) براساس مطالعات، مدل‌های بقا تابعی از تعداد، اندازه و هویت افراد در همسایگان محلی است. مشاهده شده است که بقا در جوامع درختی وابسته به تراکم است (Zhang *et al.*, 2009). به‌طور خاص درختان در مناطقی که همسایگان هم‌گونه، متراکم‌تر و نزدیک‌تر هستند تمایل بیشتری به مرگ‌ومیر دارند. تراکم بالای همسایگان هم‌گونه می‌تواند منجر به افزایش شدت رقابت درون‌گونه‌ای یا میزبانی خاص دشمنان طبیعی مانند حشرات گیاهخوار و عوامل بیماری‌زا شده و درنتیجه باعث کاهش بقای گونه شود (Volkov *et al.*, 2005). سایز و اندازهٔ درخت از عوامل دیگری است که بقا را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. تعدادی از محققان به بررسی تأثیرات عوامل زنده و غیر زنده بر بقا در جوامع گیاهی پرداخته‌اند همانند مطالعهٔ Wang و همکاران (۲۰۱۲)، در تحقیقی محرک‌های بقای درخت را در جنگل معتدل مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد عامل اندازه اثر مثبت بر بقا دارد و عامل زندهٔ تراکم اثر منفی بر بقا داشت. همچنین اهمیت عامل مواد مغذی خاک از عامل توپوگرافی بر بقا بیشتر بود. باتوجه به اینکه پاسخ گونه‌ها به شرایط محیطی زنده و غیرزنده کاملاً متفاوت است و عوامل محیطی زنده و غیر زنده نیز به‌طور پیوسته طی زمان و مکان در حال تغییر است، نیاز به بررسی همزمان عوامل زنده و غیر زنده بر احتمال زنده‌مانی گونه‌های درختی احساس می‌شود. زیرا این عوامل نقش تعیین کننده بر رشد و نمو گونه‌ها و بقا و پایداری اکوسیستم های جنگلی دارند. درک ارتباط بین عوامل مؤثر زنده و غیر زنده برای مثال، میزان تابش نور خورشید در فصل رویش، شاخص خیسی توپوگرافی، سرعت و جهت باد و خیلی از فاکتورهای جدیدی که در پژوهش‌های قبلی اشاره‌ای به آن‌ها نشده است و تأثیر آن‌ها بر احتمال

www.SID.ir

Archive of SID

زنده‌مانی (مرگ و میر) درختان منجر به درک پویایی جنگل شده و ارائهٔ بینش‌های مهمی در مدیریت پایدار جنگل خواهد شد. در پژوهش حاضر از تکنیک شبکهٔ عصبی مصنوعی به عنوان یکی از مهم‌ترین زیرمجموعه‌های هوش محاسباتی جهت مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم استفاده شد (Hagan *et al*., 1996). با توجه به عوامل توصیفی (متغیرهای زیست‌فیزیکی) مورد استفاده، متغیرهایی که دارای بیشترین همبستگی با متغیر پاسخ می‌باشند به‌عنوان مهمترین متغیرهای ورودی نورون‌های پردازش‌گر محسوب شده که در شبکهٔ مدنظر با تبادل اطلاعات متغیر پاسخ با حداکثر دقت پیش‌بینی می‌شود (Hagan *et al*., 1996). در بین انواع شبکه‌های مورد استفاده در مدل‌سازی، پرسپترون های چندلایه (Multilayer Perceptron) با الگوریتم یادگیری پس‌انتشار خطا به‌عنوان پر استفاده‌ترین شبکه‌های عصبی در روند شبیه‌سازی متغیر هدف (به‌خصوص در زمینهٔ بیوفیزیکی) هستند. بیشتر شبکه‌های دیگر زیرمجموعهٔ شبکهٔ مذکور هستند. مطالعات زیادی در رابطه با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی و مقایسهٔ آن با تحلیل رگرسیون در جنگل‌های طبیعی صورت پذیرفته است که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به پژوهش Foody و همکاران (۲۰۰۳) در جنگل‌های آمازون برزیل اشاره کرد که خروجی شبکهٔ عصبی مصنوعی در قیاس با استفاده از رگرسیون چندگانه برای برآورد زیست توده، همبستگی زیاد بین داده‌های واقعی و تخمینی را نشان داده و دقت بیشتری برای پیش‌بینی مقادیر زی‌توده محسوب شدند. Toth و همکاران (۲۰۰۷) نیز از رگرسیون چندگانه و شبکهٔ عصبی مصنوعی با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی برای پیش‌بینی متغیرهای خاک مانند اسیدیتهٔ خاک استفاده کردند که در نهایت، شبکهٔ عصبی مصنوعی کاربردی‌تر معرفی شد. در نهایت هدف مطالعهٔ حاضر بررسی ارتباط بین عوامل زیستی و غیرزیستی و تأثیر آن‌ها بر احتمال زنده‌مانی درختان است که برای این منظور از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۱،۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

جنگل خیرود، یک جنگل کمتر دستخورده و مدیریت شده به مساحت ۸۰ کیلومترمربع از جنگل‌های شمال ایران است که در ۷ کیلومتری شرق نوشهر واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه (میانگین بارندگی سالیانه در یک دورهٔ ۲۸ ساله) در این ناحیه ۱۳۹۷ میلی‌متر است (۷۵۸ میلی‌متر در طول فصل رویش). بر پایهٔ داده‌های هواشناسی ۱۳۸۴- ۱۳۵۷، ماه‌های آبان با ۲۵۸ میلی‌متر و تیر با ۳۷ میلی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بارندگی را در سال دارند. متوسط درجهٔ حرارت سالیانه ۱۵/۵ سانتی‌گراد است که سردترین و گرمترین ماه‌های سال به ترتیب آبان با ۷/۴ درجهٔ سانتی‌گراد و مرداد با ۲۵/۴ درجهٔ سانتی‌گراد هستند (Etemad., 2002). از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی نوشهر و رامسر و مرزن آباد به نحوی استفاده شده است که تغییرات ارتفاع از سطح دریا مد نظر قرار گیرد.

۲،۲. روش پژوهش

۱،۲،۲. نحوهٔ اندازه‌گیری در قطعهٔ نمونه

با استفاده از یک شبکهٔ آماربرداری ۱۵۰×۲۰۰ (الگوی اجرایی آماربرداری برخی از حوزه‌های آبخیز جنگل‌های شمال کشور)، در مجموع ۲۵۸ قطعه نمونهٔ دائم دو بار در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ در قسمت قابل بهره‌برداری بخش گرازبن به مساحت ۹۳۴/۲۴ هکتار آماربرداری گردید. پس از مشخص شدن مرکز قطعهٔ نمونه (در طبیعت ابعاد شبکه به طور افقی پیاده شدند) در جهت حداکثر خط شیب در دو جهت کلی قطعهٔ نمونه، شیب اصلی قطعهٔ نمونه مشخص و به کمک جدول تصحیح شیب، شعاع مناسب تعیین گردید. در داخل قطعهٔ نمونه، قطر برابر سینهٔ تمام درختان زنده که در ارتفاع برابر سینه، قطری بزرگتر از ۷/۵ سانتی‌متر داشتند به کمک خط‌کش دو بازو اندازه‌گیری و مقادیر آن‌ها در طبقات یک

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌متری در فرم‌های آماربرداری به تفکیک گونه یادداشت شد. محل اندازه‌گیری قطر برابر سینه درختان توسط رنگ قرمز مشخص و زاویهٔ هر یک از درختان از طبقهٔ قطری ۷/۵ سانتیمتری به بالا نسبت به مرکز قطعهٔ نمونه برداشت گردید. با توجه به ناهمسال بودن قسمت اعظم توده‌های بخش گرازبن، برای تهیهٔ منحنی ارتفاع، در هر قطعهٔ نمونه قطورترین و نزدیکترین درخت به مرکز قطعهٔ نمونهٔ انتخاب شده، قطر برابر سینه و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری و یادداشت شد. در مرکز و چهار جهت خارجی هر قطعهٔ نمونه قطعات نمونهٔ دیگری به مساحت چهار متر مربع تعیین و نسبت به برداشت اطلاعات زادآوری آن‌ها اقدام گردید. این عملیات پس از گذشت نه سال توسط نویسندهٔ مقاله مجدداً تکرار و پس از اتمام کار محاسبات لازم انجام شد

۲،۲،۲. تعریف و روش محاسبه و برآورد متغیرهای مورد بررسی

در تجزیه و تحلیل میزان مرگ‌ومیر ابتدا تعریف بعضی از متغیرهای مورد بررسی، ارائه و در نهایت نحوهٔ محاسبه و برآورد هر یک از آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. ترکیب متغیر ارتفاع از نزدیکترین نقطهٔ زهکشی شده زمین (HNDP[1]) و متغیر شاخص خیسی توپوگرافی (TWI[2]) به عنوان نماینده‌ای از مقدار آب خاک (SWC[3]). گونه‌های درختی از نظر نیاز به آب در خاک و بردباری به آن متفاوتند (Bang *et al.*, 2010). آب بهینهٔ خاک باعث کارایی بهتر و بیشتر در جذب مواد غذایی خاک شده و اجازه افزایش عکس‌العمل‌های زیستی شیمیایی و تولید زیست‌توده را می‌دهد و هم‌چنین، در پراکنش گونه‌ای نقش بسیار مهمی دارد (Chavez, 1988). پراکنش آب در دسترس خاک، به عنوان تابعی از ارتفاع نزدیک‌ترین نقطهٔ زهکشی‌شده (HNDP) و شاخص خیسی توپوگرافی (TWI) انتخاب شده است. ترکیب این دو متغیر به عنوان معرف مقدار آب در خاک منطقی و معقول است. از آنجا که حجم آب خاک با زهکشی ارتباط زیادی به خصوص در مجاورت کانال‌های زهکشی دارد، همچنان شاخص خیسی توپوگرافی (TWI) ارتباط نزدیکی در مورد خصوصیات جریان آب در خاک دارد. در مجموع برای تشریح و توضیح جریان آب سطحی مرتبط با فرایندها و طرح‌های سیمای سرزمین جنگلی، شاخص ارتفاع نزدیکترین نقطهٔ زهکشی شده و شاخص خیسی توپوگرافی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (Murphy *et al.*, 2011).

۱،۲،۲،۲. درجهٔ حرارت

متابولیسم یا سوخت و ساز گیاهی، رویش و غنای گونه‌ای از درجهٔ حرارت اثر می‌پذیرند (Pausas & Austin, 2001)، به این دلیل پراکنش گیاهی می‌تواند رابطهٔ منطقی و مناسبی با شاخص ورودی حرارت سالیانه داشته باشد. در این مطالعه از میانگین درجهٔ حرارت در فصل رویش به عنوان شاخصی از حرارت ورودی در فصل رویش در بلند مدت استفاده گردید.

۲،۲،۲،۲. رطوبت نسبی

رطوبت نسبی به صورت مستقیم بر روابط آبی گیاه (Campbell & Norman, 1998) و غیرمستقیم بر رویش جوانه‌ها، فتوسنتز، گرده افشانی، و تولیدات زیست‌توده اثر می‌گذارد (Bassow & Bazzaz, 1998). نقشه‌های رطوبت نسبی بر اساس اصول مشهور هواشناسی مرتبط با جابه‌جایی‌های هوای مرطوب وابسته به کوه توسعه و ارائه شدند (Bourque & Matin, 2012). در جدول ۱ نحوهٔ محاسبه و برآورد متغیرهای مورد بررسی در آنالیز احتمال زنده مانی شرح و توضیح داده شده است.

[1] Height above Nearest Drainage Point
[2] Topographic Wetness Index
[3] Soil Water Content

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱. متغیرهای مورد بررسی در آنالیز میزان مرگ‌ومیر

متغیر	استخراج / یا منبع	توضیحات
شیب به درصد	شیب می‌تواند مستقیماً از ارزیابی‌های اختلاف محدود داده‌های مدل رقومی ارتفاع به وسیلهٔ GIS تخمین زده می‌شود. مدل رقومی زمین با قدرت تفکیک و رزلوشن ۱۰ متر از درون‌یابی مدل رقومی زمین با قدرت تفکیک ۳۰ متر به دست می‌آیند.	از شیب به عنوان یک شاخص پتانسیل اتلاف توده و ماده که در زمین‌های شیب‌دار اتفاق می‌افتد استفاده می‌شود. شیب‌های بسیار زیاد می‌تواند منجر به جریان پیدا کردن واریزه‌های حاصل از شیب زیاد در دامنه‌ها، قابل ملاحظه و بزرگ و یک طرفه شدن زمین که باعث تشدید ناهمگنی در درون رویشگاه و سرعت بخشیدن به ازدیاد و تکثیر گونه‌ها در طول بازیابی رویشگاه می‌شوند گردد.
ارتفاع بالای نزدیک‌ترین نقطه زه‌کشی شده به متر	بر اساس الگوریتم‌های توضیح داده شده در Murphy *et al.*, (2011)	HNDP یک اندازه‌گیری آسان از پتانسیل زه‌کشی فراهم می‌کند و به عنوان جداساز عمودی بین سطح خشک بالای نقطه و تخمین محلی از سطح آب توضیح داده می‌شود. برای یک سلول به‌خصوص خشک، سلول خیسی نزدیکترین سلول است که با یک تابع جستجوی تکراری مشخص شده باشد و فاصلهٔ افقی بین سلول خشک و خیس را حداقل می‌کند. جایی که رابطهٔ منطقی بین جهات جریان مدل رقومی زمین و مسیرهای اب وجود دارد. HNDP=0 نشان‌دهندهٔ سطح و مقدار زیاد آب و جایی که HNDP بزرگ است نشان‌دهندهٔ خشک بودن و کم بودن سطح آب دارد.
شاخص خیسی توپوگرافی (فاقد بعد)	$TWI= \ln(As /\tan(\beta))$, بر اساس رابطهٔ بالا در اینجا As مساحت ویژهٔ مشارکت‌داده شده و $\tan(\beta)$، شیب در امتداد جهت جریان است.	توپوگرافی، آب خاک و بارندگی را دوباره پخش و پراکنده کرده و در نتیجه سطوحی از شاخص خیسی توپوگرافی می‌تواند به تنهایی از مدل رقومی زمین توسعه یابد. روش‌های محاسبهٔ شاخص خیسی توپوگرافی متغیر می‌باشند. اینجا از روش جریان ماده استفاده شد.
مجموع تشعشعات خورشیدی در طول فصل رویش	گرفته شده از محاسبات مدل لندست ArcGIS دارای قابلیت مشابه در تولید چنین سطوحی می‌باشد.	تشعشات خورشیدی این پتانسیل را دارد که رویش و پراکنش درختان را برای گونه‌های مختلف تغییر دهد. اینجا تشعشعات خورشیدی ورودی تابعی از ۱- محاسبات مدل رقومی زمین شیب، جهت، فاکتور دید، زاویهٔ افق و فاکتورهای تشکیل زمین ۲- هندسهٔ خورشید – زمین و زاویهٔ نوردهی و ۳- محاسبات جریان نور در بالای اتمسفر است.
درجهٔ حرارت هوا به سانتی‌گراد	تغییرات عمودی در درجهٔ حرارت بر پایه این نظریه است که درجهٔ حرارت محیط هر یک کیلومتر ۶/۵ درجه تغییر می‌کند و درجهٔ حرارت اولیهٔ سطح زمین ۲۱/۲ در نوشهر است (Bourque & Bayat., 2015)	متغیرهای فیزیولوژیکی مرتبط با فوسنتز گیاهی و رویش، گونه‌های گیاهی جواب متفاوت به درجهٔ حرارت اتمسفر و گرمای فصلی جمع شدهٔ مرتبط می‌دهد.
رطوبت نسبی به درصد	از یک راه مشابه که به‌وسیلهٔ Matin Bourque & (2012) توضیح داده شده است، محاسبه می‌گردد.	متغیرهای فیزیولوژیکی با تبخیر تعرق و رویش گیاه در ارتباط هستند. محاسبهٔ رطوبت نسبی بر اساس نرخ تغییر درجه حرارت با تغییر ارتفاع و ثبات رطوبت نسبی در ۱۰۰ در یک هوای اشباع انجام می‌شود. رطوبت نسبی در یک هوای اشباع شده کاهش می‌یابد.
سرعت باد (متر بر ثانیه) و جهت (نسبت به شمال واقعی)	بر اساس معادله‌های سه بعدی نویر- استوکس[1] مدل خواهد شد. بر پایهٔ یکی شدن اثرات آشفتگی جوی و فرآیندهای حرارتی محاسبات مدل بر اساس مرز فیت شدهٔ سیستم مختصاتی خواهد بود. شرایط مرز ابتدایی متمایز می‌شود به وسیلهٔ ۱- درجهٔ حرارت سطحی فصل رویش و سرعت باد و جهت تعیین شده از داده‌های جمع شده از ایستگاه‌های اقلیم‌شناسی شهر نوشهر و اینکه سرعت بالای باد در ارتفاع ۵۰۰ متری شش متر بر ثانیه است محاسبه می‌شود. (Bourque & Bayat., 2015) درلایه‌بندی درجه حرارت اتمسفر فرض می‌شود که طبیعی است. یک حالت عمومی از مرزهای سیاره‌ای تحت شرایط بادی روزانه وجود دارد.	سرعت های باد می‌تواند عواقب مثبت و منفی بر روی رویش هم از نقطه نظر فیزیولوژیکی و هم از نظر آشفتگی‌های مکانیکی داشته باشد.

[1] 3D Navier-Stokes equations

www.SID.ir

Archive of SID

۳،۲،۲. مدل‌سازی شبکهٔ عصبی مصنوعی

یک شبکهٔ عصبی مصنوعی چند لایه پیش خور از یک لایهٔ ورودی، یک یا چند لایهٔ مخفی و یک لایهٔ خروجی تشکیل می‌شود. در این شبکه ارتباط میان نرون‌ها و تنظیم وزن‌ها از قانون یادگیری پس انتشار خطا پیروی می‌کند. روش‌هایی که جهت تنظیم وزن‌ها و بایاس‌ها یا اریبی‌ها (مقادیر ثابتی که با وزن‌ها جمع می‌شوند) برای دستیابی به مقدار معلوم اتخاذ می‌شوند، قواعد یادگیری نام دارد. این قواعد در واقع الگوریتم‌های ریاضی پیچیده‌ای هستند که در نهایت وزن‌های شبکه را جهت تولید خروجی بهینه، تنظیم می‌کنند. هر شبکه برای بوجود آمدن به دو مجموعه داده نیازمند است، مجموعهٔ آموزش و مجموعهٔ آزمون. در حدود ۸۰ درصد از داده‌ها صرف آموزش و مابقی صرف آزمون شبکه می‌گردد. یکی از متداولترین الگوریتم‌های یادگیری شبکه‌های عصبی الگوریتم پس‌انتشارخطا است که بویژه در مطالعات جنگل کاربرد زیادی دارد. دراین روش ابتدا وزن‌های تصادفی به هر نرون داده شده و بر اساس آن‌ها خروجی محاسبه می‌شود. سپس بر اساس اختلاف میان خروجی به‌دست آمده و خروجی واقعی، خطا محاسبه و تغییرات وزن‌ها به سمت عقب (ازخروجی به سمت ورودی) تنظیم می‌شوند. در این الگوریتم ارتباط میان نرون‌ها توسط ماتریس وزن‌ها (W_i) برقرار می‌شود. ورودی خالص هر نرون تابعی از ماتریس وزن‌ها و اطلاعات رسیده به آن نرون (x_i) است و از رابطهٔ (۱) به‌دست می‌آید.

$$net = \sum_{i=1}^{n} W_i x_i + \theta \qquad \text{رابطه ۱}$$

که در آن: θ وزن بایاس، net خروجی هر نرون است که با استفاده از تابع تبدیل سیگموئید که رایج‌ترین تابع محرک در الگوریتم آموزش پس انتشار است (رابطهٔ ۲) به‌دست می‌آید:

$$f(net) = \frac{1}{1+\exp(-net)} \qquad \text{رابطه ۲}$$

عمل تنظیم وزن‌ها طی فرایند یادگیری آنقدر تکرار می‌شود تا یکی از عوامل محدود کنندهٔ چرخه حاصل شود. از جمله این عوامل می‌توان به بیشینهٔ تعداد تکرار، کمینهٔ خطای مطلوب و حداکثر زمان یادگیری اشاره کرد. همان‌گونه که بیان شد در روش شبکهٔ عصبی ابتدا باید داده‌ها به دو مجموعهٔ آموزش و آزمون تقسیم شوند. نکتهٔ مهم در انتخاب این داده‌ها آن است که باید سعی شود این دو مجموعه به لحاظ پارامترهای میانگین و انحراف معیار به هم نزدیک باشند که این مورد با تصادفی کردن داده‌ها و سعی و خطا به دست می‌آید. با در نظر گرفتن این نکته، ۸۰ درصد داده‌ها به‌عنوان داده‌های آموزش و ۲۰ درصد باقی‌مانده به‌عنوان داده‌های آزمون شبکه انتخاب شد. نکتهٔ مهم دیگر نرمال کردن داده‌ها قبل از ورود به شبکه است. اصولاً وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌گردد. در این تحقیق به منظور اجتناب از چنین شرایطی و به منظور یکسان کردن ارزش داده‌ها برای شبکه و نیز به دلیل طبیعت تابع تبدیل سیگموئید از نرم‌افزار NeuroSolutions 5 استفاده شد که نرمال سازی را بین (۰/۹ و ۰/۹-) انجام می‌دهد. پس از آماده‌سازی داده‌ها، از نرم‌افزار NeuroSolutions 5 جهت طراحی و آموزش شبکه‌ها استفاده شد. مهم‌ترین مسئله در طراحی شبکه، تعداد لایه‌ها و نرون‌ها در هر لایهٔ مخفی است. اصولاً تعداد نرون‌ها در لایهٔ اول (ورودی) برابر با تعداد متغیرهای ورودی‌ها و در لایهٔ خروجی برابر با تعداد متغیرهای خروجی مسئلهٔ تحت بررسی است. مشکل عمده، در انتخاب تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌ها در هر یک از آن‌هاست. روش عمومی برای به دست آوردن آن‌ها روش سعی و خطا و البته تجربیات دیگر محققان است. در تحقیقات جنگل با توجه به وجود اغتشاش و پراکندگی در داده‌ها و انعطاف پذیری شبکهٔ عصبی پیشخور با دو لایهٔ مخفی، معمولاً شروع پردازش داده‌ها با دو لایهٔ مخفی آغاز می‌شود. به منظور ارزیابی نتایج مدل شبکهٔ عصبی و مقایسهٔ آن با برآوردهای

www.SID.ir

Archive of SID

رگرسیونی، از معیارهای میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده می‌شود (روابط ۳ و۴ و۵).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(p_{Si} - \hat{p}_S)^2}$$

رابطه ۳

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|(p_{si}) - (\hat{p}_s)\right|$$

رابطه ۴

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_{Si} - \hat{p}_S)^2}{\sum_{i=1}^{n}(p_{Si} - \hat{p}_S)}$$

رابطه ۵

که در آن‌ها: p_{si} : زنده‌مانی مشاهده شده، p_s : زنده‌مانی برآورد شده، $\hat{p}_S$: میانگین زنده‌مانی مشاهده شده و $\hat{p}_S$: میانگین زنده‌مانی برآورد شده است.

۳. نتایج

۱،۳. ترکیب داده‌ها و متغیرهای زیستی محیطی مورد استفاده در تعیین عوامل تأثیرگذار بر میزان مرگ‌ومیر

میانگین احتمال زنده‌مانی نه سالهٔ گونه‌های درختی جنگل‌های مورد مطالعه در شمال کشور ۸۱ درصد است که به صورت مستقیم و با اندازه‌گیری در قطعات نمونهٔ دائمی به دست آمده است و به عنوان متغیر وابسته است. در جدول ۲ همبستگی پیرسون بین تمام متغیرهای زیستی محیطی بررسی شده است که تأثیر مهمی در فهم روابط بین متغیرهایی که برای اولین بار معرفی شده‌اند را دارد. وجود همبستگی یا عدم وجود همبستگی بین متغیرها در بررسی و اندازه‌گیری هر یک از متغیرهایی که اندازه‌گیری آن‌ها مشکل است کمک فراوانی می‌کند. رابطهٔ متغیرها برای اولین بار بررسی شده است که کمی کردن آن‌ها بسیار مشکل و هزینه‌بر است. وجود رابطهٔ منفی بین احتمال زنده‌مانی و سطح مقطع قطورترین درختان در هکتار نشان دهندهٔ تأثیر منفی رقابت بین پایه‌ها بر احتمال زنده‌مانی است.

جدول ۲. بررسی همبستگی پیرسون بین تمام متغیرهای زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار بر میزان مرگ‌ومیر

متغیر	قطر برابر سینه (cm) ۱۳۹۱	احتمال زنده مانی	مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس	میانگین مقدار آب خاک	متوسط درجهٔ حرارت فصلی	متوسط شاخص خیسی توپوگرافی	متوسط سرعت باد	قطر برابر سینه (cm) ۱۳۸۲	سطح مقطع قطورترین درختان
قطر برابر سینه (cm) ۱۳۹۱	۱	۰/۶۷۱**	۰/۲۰۰**	۰/۰۵۳*	-۰/۱۷۰**	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۹	-۰/۴۴۴**	۰/۹۶۲**
احتمال زنده مانی	۰/۶۷۱**	۱/۰۰۰	-/۰۸۵**	۰/۰۶۹**	-۰/۱۸۳**	-۰/۱۱۹**	۰/۰۲۹	-۰/۶۴۳**	۰/۷۳۹**
میانگین مقدار انرژی تابشی	-۰/۲۰۰**	-۰/۰۸۵**	۱	-۰/۰۲۸	۰/۲۴۷**	۰/۰۳۰	-۰/۲۷۸**	۰/۰۵۴*	-۰/۲۳۸**
میانگین مقدار آب خاک	۰/۰۵۳*	۰/۰۶۹**	-۰/۸	۱/۰۰۰	۰/۰۸۹**	-۰/۲۹۹**	-۰/۳۱۸**	-۰/۰۲۴	۰/۰۵۶*
متوسط درجهٔ حرارت فصلی	-۰/۱۷۰**	-۰/۱۸۳**	۰/۲۴۷**	۰/۰۸۹**	۱	۰/۳۰۸**	-۰/۲۶۴**	۰/۰۷۶**	-۰/۱۷۸**
متوسط شاخص خیسی توپوگرافی	-۰/۰۲۶	-۰/۱۱۹**	۰/۰۳۰	۰/۲۹۹**	-۰/۳۰۸**	۱/۰۰۰	-۰/۲۰۷**	۰/۰۵۱*	-۰/۰۳۵
متوسط سرعت باد	-۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	-۰/۲۷۸**	-۰/۳۱۸**	-۰/۲۶۴**	-۰/۲۰۷**	۱/۰۰۰	-۰/۰۳۸	-۰/۰۲۵
قطر برابر سینه (cm) ۱۳۸۲	-۰/۴۴۴**	-۰/۶۴۳**	۰/۰۵۴*	-۰/۰۲۴	۰/۰۷۶**	۰/۰۵۱*	-۰/۰۳۸	۱/۰۰	-۰/۵۱۱**
سطح مقطع توده (m^2/he)	۰/۷۴۴**	۰/۳۵۷**	-۰/۲۴۷**	۰/۰۶۳**	-۰/۱۶۵**	-۰/۰۰۷	-۰/۰۳۶	۰/۰۹۲**	۰/۷۳۴**
سطح مقطع قطورترین درختان	۰/۹۶۲**	۰/۷۳۹**	-۰/۲۳۸**	۰/۰۵۶*	-۰/۱۷۸**	-۰/۰۳۵	-۰/۰۲۵	-۰/۵۱۱**	۱/۰۰

**همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنادار است

*همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنادار است

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول ۳ ضرایب مدل رگرسیونی عوامل زیست محیطی تأثیرگذار بر احتمال زنده‌مانی و مقدار ثابت مدل آورده شده است. سطح مقطع برابر سینه در هکتار، سطح مقطع قطورترین درختان در هکتار و قطر برابر سینه به سانتی‌متر معنادارترین متغیرهای تأثیرگذار بر احتمال زنده‌مانی هستند. بقیهٔ ضرایب به طور کامل در جدول نشان داده شده‌اند.

جدول ۳. ضرایب مدل رگرسیونی متغیرهای زیست‌محیطی تأثیر گذار بر میزان مرگ‌ومیر

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری	فاصله اطمینان ۹۵ درصد برای B	
	B	انحراف معیار	بتا			حد بالا	حد پایین
ضریب ثابت	۰/۸۹۹	۰/۰۹۸		۹/۲۰۵	۰/۰۰۰	۰/۷۰۷	۱/۰۹۰
قطر برابر سینه (cm) ۱۳۹۱	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	-۰/۳۹۹	-۸/۰۴۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱
میانگین مقدار انرژی تابشی	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۲۲	۱/۱۴۸	۰/۲۵۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
میانگین مقدار آب خاک	-۰/۰۱۵	۰/۰۲۵	-۰/۰۱۴	-۰/۶۱۵	۰/۵۳۸	-۰/۰۶۵	۰/۰۳۴
متوسط درجهٔ حرارت فصلی	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۶	-۰/۰۴۷	-۳/۰۸۸	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۹	-۰/۰۰۷
متوسط شاخص خیسی توپوگرافی	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	-۰/۰۸۵	-۴/۰۹۹	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۵
متوسط سرعت باد	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۸۰	۴/۷۸۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷
قطر برابر سینه (cm) ۱۳۸۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	-۰/۲۷۹	-۱۰/۷۲۷	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱
سطح مقطع توده (m^2/he)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۵۵	-۱/۶۶۲	۰/۰۹۷	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
سطح مقطع قطورترین درختان	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۱/۰۴۷	۱۷/۳۸۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰

متغیر وابسته: زنده‌مانی

جدول ۴ نتایج حاصل از مدل‌سازی شبکهٔ عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، برای هر ۶ مدل، بهترین مدل با تعداد متغیرهای وابستهٔ متفاوت در لایهٔ ورودی و توپولوژی‌های مختلف از توابع انتقال با تعداد نورون‌های متفاوت انتخاب شده است. نتایج حاصل از مدل‌سازی زنده‌مانی درختان در جنگل مورد مطالعه نشان داد که آخرین مدل جدول ۴ (ردیف ۶) با ورودی‌های Temperature Mean Point (TMP) متوسط درجهٔ حرارت فصلی به سانتی‌گراد، TWI متوسط شاخص خیسی توپوگرافی، (BA[1]) سطح مقطع توده به متر مربع در هکتار، BAL سطح مقطع قطورترین درختان به متر مربع در هکتار، (DBH_2012[2]) قطر برابر سینه به سانتی‌متر بالاترین دقت در پیش‌بینی احتمال زنده‌مانی را دارد. RMSE مدل برابر ۹/۸۵ درصد است که نشان‌دهندهٔ دقت نسبتاً مناسب مدل در برآورد احتمال زنده‌مانی تحت تأثیر متغیرهای زیستی محیطی است. مدل نشان می‌دهد که درختان با قطر ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بهترین و بیشترین زنده‌مانی را دارند. با افزایش رقابت (سطح مقطع قطورترین درخت) زنده‌مانی کاهش پیدا می‌کند. گونهٔ ممرز نسبت به سایر گونه‌ها از زنده‌مانی کمتری برخوردار است. میانگین مربعات خطا (RMSE) ۹/۸۵ درصد و درصد پیش‌بینی صحیح مدل زنده‌مانی دارای ضریب تبین ۹۱/۸ درصد است (اگر از ۰/۵ به عنوان آستانهٔ زنده‌مانی استفاده شود). با توجه به نتایج جدول ۴ در توپولوژی‌های مختلف با انتخاب تابع Tansig به جای Logsig در لایهٔ خروجی، دقت مدل پیش‌بینی بهتر شده است.

[1] Basal Area
[2] Diameter at Breast Height

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. نتایج مدل‌سازی با شبکهٔ عصبی مصنوعی در رابطه با پیش‌بینی میزان مرگ و میر بخش گرازبن جنگل خیرود

مدل	لایهٔ ورودی	توپولوژی شبکه	تعداد نورون	Epoch	R2	RMSE
۱	W[1]	Tansig – Logsig	۱ – ۲	۴	۰/۶۸	۹/۹۵
۲	BAL[2]	Logsig – Tansig	۱ – ۵	۱۳	۰/۶۳	۹/۹
۳	D[3]	Logsig – Tansig	۱ – ۴	۱۶	۰/۶	۹/۹۴
۴	W*TWI*[4]	Logsig – Logsig	۱ – ۹ – ۶	۱۹	۰/۷۵	۹/۹
۵	*T*WI*BAL	Logsig – Tansig	۱ – ۸ – ۵	۹	۰/۸۵	۹/۸۵
۶	T*W*TWI*BAL*D	Logsig – Tansig	۱ – ۷ – ۸ - ۶	۱۴	۰/۹۲	۹/۸۵

Epoch : تعداد دور رفت و برگشت، R^2: ضریب تبیین، RMSE: میانگین مربعات خطا، * هر سه متغیر با هم در مدل استفاده گردیده است

در جدول ۵ ضریب همبستگی، ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده، انحراف معیار و تغییرات آماری برای مدل رگرسیونی عوامل زیستی محیطی تأثیرگذار بر احتمال زنده‌مانی آورده شده است. جدول ۶ جدول تجزیهٔ واریانس مدل رگرسیونی عوامل زیستی محیطی تأثیرگذار بر احتمال زنده‌مانی است. همان‌طور که مشخص است میزان معناداری مدل بسیار بالا و قابل قبول است.

جدول ۵. ضریب همبستگی، ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده برای مدل رگرسیونی متغیرهای زیست- محیطی تأثیرگذار بر میزان مرگ‌ومیر

متغیرهای مدل	R	R^2	R اصلاح شده	انحراف معیار	تغییرات آماری	
					مربع تغییرات R	تغییرات آمارهٔ F
۱	۰/۸۲۴a	۰/۶۷۹	۰/۶۷۷	۰/۰۸۱۳۴۰	۰/۶۷۹	۰۴۰/۰۵۸

جدول ۶. جدول تجزیهٔ واریانس مدل رگرسیونی متغیرهای زیست‌محیطی تأثیرگذار بر میزان مرگ‌ومیر

مدل	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	معناداری
رگرسیون ۱	۲۶/۳۷۷	۱۳	۲/۰۲۹	۳۰۶/۶۷	۰/۰۰۰[b]
باقیمانده	۱۲/۴۴۵	۱۸۸۱	۰/۰۰۷		
مجموع	۳۸/۸۲۲	۱۸۹۴			

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تعیین مرگ‌ومیر و زنده‌مانی درختان در جنگل و عوامل تأثیرگذار بر روی آن یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در جنگل و منابع‌طبیعی است (Bang *et al.*, 2010). به علت ناشناخته و در دسترس نبودن بسیاری از عوامل تأثیرگذار، تعیین میزان مرگ‌ومیر و زنده‌مانی درختان، کاری مشکل و طاقت فرسا است.

در سال‌های اخیر کوشش و تلاش‌های فراوانی در برآورد و تعیین میزان احتمال زنده‌مانی انجام شده است. علاوه بر وجود افات و امراض و عواملی که به صورت

[1] Wind
[2] Basal Area in Larger Trees
[3] Diameter
[4] Topographic Wetness Index

www.SID.ir

Archive of SID

ناگهانی بر مرگ و میر تأثیر می‌گذارند، در مجموع عوامل اصلی در این پژوهش بررسی و مورد مطالعه قرار گرفتند. از روش‌های مختلفی برای بررسی احتمال و میزان زنده‌مانی استفاده می‌شود. امروزه استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی یکی از این روش‌هاست که به علت در نظر گرفتن سناریوهای مختلف مدیریت جنگل بسیار رایج و مطالعه شده است (Bayat *et al.*, 2016). در این تحقیق از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای بررسی، تعیین و کمی‌سازی متغیرهای زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار بر احتمال زنده‌مانی و در نهایت ارائهٔ مدل احتمال زنده‌مانی با توجه به این عوامل، اقدام شد. متغیرهایی برای اولین بار مطرح و مورد بررسی قرار گرفته‌اند که اندازه‌گیری آن‌ها به تنهایی و با استفاده از داده‌های اقلیمی در سطح قطعات نمونه ممکن نبود. متغیرهایی از قبیل میزان انرژی تابشی خورشیدی در دسترس، مقدار آب خاک، متوسط درجهٔ حرارت فصلی، شاخص خیسی توپوگرافی، سرعت و جهت باد که هریک می‌تواند تأثیر به سزایی بر احتمال زنده‌مانی در جنگل بگذارد. بررسی نتایج ارزیابی مدل‌های شبکهٔ عصبی نشان داد که شبکهٔ عصبی مصنوعی MLP با توابع انتقال سیگموئیدی توانایی بالایی در پیش‌بینی زنده‌مانی درخت و عوامل تأثیرگذار بر آن دارد. یافتن تعداد لایهٔ پنهان و تابع انتقال مناسب در هریک از مدل‌های شبکهٔ عصبی نیاز به دقت زیادی داشته و باید به صورت سعی و خطا مشخص شود؛ به طوری که در هر آزمون باید معیارهای ارزیابی اندازه‌گیری شده و تا زمانی فرآیند آموزش شبکه‌ها تکرار شود که کمترین خطا بین مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی به دست آید. مقایسهٔ بین معیارهای جدول‌های نتایج شبکهٔ عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره نشان می‌دهد که شبکهٔ عصبی دقت بهتر R^2 (بیشتر) و خطای کمتری در پیش‌بینی دارد که این امر را می‌توان به عدم وابستگی شبکهٔ عصبی به فرض‌های اولیه دربارهٔ داده‌ها نسبت داد که Bourque و Matin (۲۰۱۲) به آن اشاره کردند؛ زیرا بین متغیرها رابطه‌ای غیر خطی وجود داشته که رگرسیون قادر به پیش‌بینی آن نبوده است. انتخاب تعداد متغیرهای لازم به عنوان ورودی‌های شبکه بستگی به هدف طراح دارد؛ به طوری‌که اگر هدف برآورد احتمال زنده‌مانی با دقت بالا باشد، از مدلی استفاده می‌شود که بیشترین ورودی را داشته باشد. ولی اگر هدف برآورد با هزینهٔ کمتر باشد از متغیرهایی که نیاز به زمان و امکانات و تخصص کمتری به منظور محاسبه دارند، استفاده خواهد شد، همان‌گونه که در این تحقیق نشان داده شد، برآوردهای شبکهٔ عصبی در مقایسه با مدل‌های رگرسیونی از دقت نسبتاً بالاتری برخوردار بوده و توانسته است برآورد دقیق‌تری از احتمال زنده‌مانی بر اساس متغیرهای مستقل نسبت به مدل رگرسیونی داشته باشد. آنالیزهای چند متغیره در این تحقیق نشان دادند که عوامل زیستی و غیرزیستی اثرات متفاوتی بر احتمال زنده‌مانی می‌گذارند. رقابت درونی و بیرونی، به علت تغییر در میزان دسترسی به منابع اکولوژیک، تغییرات در محیط خاک، تنوع جانوران خاکزی و خصوصیات خرد اقلیم هر عرصهٔ جنگلی نقش بسیار مهمی بازی می‌کنند (Atri,. 1997). کاهش احتمال زنده‌مانی در قطعات نمونه ثابتی مشاهده شد است که سرعت باد در سطح سیمای سرزمین افزایش یافته، همچنین رطوبت خاک نیز به مدت طولانی بالا و تا حدودی خاک اشباع از آب بوده است. میانگین مربعات خطای (RMSE) مدل بعد از لحاظ نمودن متغیرهای زیستی از ۸/۵ درصد به ۵/۵ درصد رسید که نشان‌دهندهٔ دقت نسبتاً مناسب مدل در برآورد احتمال زنده‌مانی تحت تأثیر متغیرهای زنده و غیرزنده است. مدل نشان می‌دهد که درختان با قطر ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بهترین و بیشترین زنده‌مانی را دارند. با افزایش رقابت (سطح مقطع قطورترین درخت) زنده‌مانی کاهش پیدا می‌کند. گونهٔ ممرز نسبت به سایر گونه‌ها از زنده‌مانی نسبتاً کمتری برخوردار است. به طور کلی مجموع اثرات عوامل غیر زیستی از قبیل میزان انرژی تابشی خورشید در فصل رویش، شاخص خیسی توپوگرافی، سرعت باد و دمای هوا بر تغییرات احتمال زنده‌مانی راش تا حدودی نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

مجموع اثرات متغیرهای زیستی یعنی سطح مقطع توده در قطعات نمونه و شاخص تغییرات قطر برابر سینه بیشتر است که با نتایج Bassow و Bazzaz (۱۹۹۸) همخوانی دارد. مدیریت عوامل و متغیرهای زیستی می‌تواند تأثیر مثبتی در احتمال زنده‌مانی درختان در آینده داشته باشد. همچنان که با تنک کردن‌ها و عملیات‌های پرورشی مناسب تا حدودی می‌توان رقابت را کاهش داده و به افزایش احتمال زنده‌مانی کمک فراوانی کند (Pausas & Austin, 2001). با انجام عملیات‌های پرورشی و تنک کردن‌های به جا در میزان دریافتی انرژی تابشی خورشید تأثیر گذاشته که خود باعث بهبود شرایط رویشی و افزایش احتمال زنده‌مانی می‌شود. در پایان هدف این پژوهش شناخت عوامل زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار بر احتمال زنده‌مانی بود و سعی در کمی کردن متغیرهایی به کمک شبکهٔ عصبی مصنوعی داشت که تأثیر به‌سزایی داشته ولی اندازه‌گیری آن‌ها مشکل و هزینه‌بر است و تا حدودی هموار کردن مسیری که پژوهش‌های آینده در پیش دارند، که امیدوار است به اهداف خویش رسیده باشد.

References

Atri, M., 1997. Phytosociology (Sociology plant). Research Institute of Forests and Rangelands press. 384p (In Persian).

Bang, C., Sabo, J.L. and Faeth, S.H., 2010. Reduced wind speed improves plant growth in a desert city. PLoS One 5(6), 1-12.

Basiri, R., 2003. Growth area ecological study of *Quercus* Libani using analysis environmental factors in the region of Marivan (northern Zagros).Phd thesis. Natural Resources (In Persian)

Bassow, S.L. and Bazzaz, F.A., 1998. How environmental conditions affect canopy leaf-level photosynthesis in four deciduous tree species. Ecology 79(8), 2660-2675.

Bayat, M. Namiranian, M. Omid, M. Rashidi, A. and Babaei, S. 2016. The efficiency of artificial neural network in estimation of forest stand. Journal – research forest and poplar 24 (2): 214-226. (In Persian).

Bourque, CP-A. and Matin, M.A., 2012. Seasonal snow cover in the Qilian Mountains of Northwest China: Its dependence on oasis seasonal evolution and lowland production of water vapour. Journal of Hydrology 454-455, 141-151.

Bourque, CP-A. Bayat, M. 2015. Landscape Variation in Tree Species Richness in Northern Iran Forests. PLoS ONE 10(4):1-18.

Campbell, G.S. and Norman, J.M., 1998. An introduction to environmental biophysics (2nd ed.). Springer-Verlag, New York, 306 pp.

Chavez, P.S., 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. Remote Sensing of Environment 24, 459-479.

Daubenmire, R. F., 1976. The use of vegetation in assessing the productivity of forest lands. Botanical Review 42,115-143.

Etemad, v., 2002. Quantity and quality investigation seed of fagus the forests of Mazandaran province, PHD thesis of forestry. Natural Resources Faculty, University of Tehran, 258p

Foody, G.M., Boyd, D.S. and Cutler, M.E.J., 2003. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. Remote Sensing of Environment 85, 463– 474.

Hagan, M.T., Dcmuth, H.B. and Beale, M., 1996. Neural Network design, PWS publishing co, United States of America.

www.SID.ir

Archive of SID

Lutz, J.A. and Halpern, C.B., 2006. Tree mortality during early forest development: along-term study of rates, causes, and consequences. Ecological Monographs 76, 257–275.

Murphy, PNC., Ogilvie, J., Meng, F-R., White, B. and Bhatti, JS., 2011. Modelling and mapping topographic variations in forest soils at high resolution: A case study. Ecological Modelling 222, 2314-2332.

Nagendra, H., 2001. Using remote sensing to assess biodiversity. International Journal of Remote Sensing 22(12), 2377-2400.

Nakashizuka, T., 2001. Species coexistence in temperate, mixed deciduous forests. Trends in Ecology and Evolution, 16: 205–210.

Pausas, J.G. and Austin, M.P., 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. Journal of Vegetation Science 12, 153-166.

Tahmasebi, P., 2015. Ecology of plant communities. University of shahrekord Press. 247p.

Volkov, I., Banavar, JR., He, FL., Hubbell, SP. and Maritan, A., 2005. Density dependence explains tree species abundance and diversity in tropical forests. Nature 438, 658–661.

Toth, T., Schaap, M.G. and Molnar, Z., 2008. Utilization of soil–plant interrelations through the use of multiple regression and artificial neural network in order to predict soil properties in hungrian solonetzic grasslands. Cereal Research Communications 36, 1447–1450.

Wang, X., Comita, L.S., Hao, Z., Davies, S.J. and Ye, J., 2012. Local-Scale Drivers of Tree Survival in a Temperate Forest. PLoS ONE 7(2), e29469.

Zhang, J., Hao, Z., Sun, IF., Song, B. and Ye, J., 2009. Density dependence on tree survival in an old-growth temperate forest in northeastern China. Annuals of Forest Sciences 66, 204.

www.SID.ir