مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد نوزدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۱
http://jwfst.gau.ac.ir

بررسی امکان برآورد مکانی تعداد در هکتار و متوسط قطر درختان جنگل با استفاده از آنالیز زمین (مطالعه موردی: سری ۱ طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا، گرگان، ایران)

فریبا قنبری[۱]، *شعبان شتایی[۲]، هاشم حبشی[۳] و شمس‌ا... ایوبی[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]دانشیار دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۱

چکیده

امکان پیش‌بینی مشخصه‌های کمی جنگل بدون اندازه‌گیری زمینی از ایده‌های نوین بیومتری جنگل به‌شمار می‌رود. این مطالعه به‌منظور بررسی امکان تعیین پراکنش مکانی دو مشخصه مهم کمی جنگل (تعداد در هکتار و متوسط قطر) با استفاده از آنالیز زمین و مدل‌های رگرسیون خطی در سری ۱ جنگل دکتر بهرام‌نیا (شصت‌کلاته) در استان گلستان انجام شده است. مدل رقومی ارتفاع با اندازه پیکسل ۱۰×۱۰ متر از طریق درون‌یابی منحنی‌های میزان ۱۰ متری نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. نقشه خصوصیات اولیه (شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، انحنای مسطح، انحنای پروفیلی، رلیف سایه و انحنای مماسی) و ثانویه توپوگرافی (شاخص رطوبت و پتانسیل سالانه تابش خورشید) با استفاده از مدل رقومی زمین به‌دست آمد. داده‌های به‌دست آمده از آماربرداری زمینی طرح تجدیدنظر جنگل‌داری سری ۱ (٤۲۹ قطعه نمونه) نیز به‌عنوان داده‌های اصلی خصوصیات کمی جنگل مورد استفاده قرارگرفت. اطلاعات نقشه‌های خصوصیات توپوگرافی در محل قطعات نمونه استخراج گردید. سپس رابطه بین مشخصه‌های کمی جنگل و خصوصیات توپوگرافی با استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره و روش گام به گام مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و به‌صورت مدل درآمد. مدل‌های به‌دست آمده با استفاده از نقاط تست مدل (۸۵ قطعه نمونه) اعتبارسنجی شدند. ضریب تبیین اصلاح شده و ریشه میانگین مربع خطا برای نشان دادن درجه تخمین مناسب مدل‌ها محاسبه گردیدند. نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا،

* مسئول مکاتبه: shataee@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

پتانسیل سالانه تابش خورشید، شیب و جهت شیب خصوصیات مهم زمین هستند که نقش تعیین‌کننده‌ای در پراکنش مکانی خصوصیات جنگل دارند. نتایج همچنین نشان داد که بین ٤٧-٤٠ درصد از تغییرات خصوصیات جنگل می‌تواند به‌وسیله این مدل‌های خطی تبیین شوند. این مدل‌ها می‌توانند با استفاده از مدل رقومی زمین و بدون اندازه‌گیری یا نمونه‌برداری، برای برآورد خصوصیات کمی جنگل‌های مجاور که دارای شرایط مشابهی هستند (نوع مدیریت و مورفولوژی) مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت استفاده از آنالیز زمین برای شناخت اولیه خصوصیات کمی جنگل مورد تاکید قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات توپوگرافی، آنالیز زمین، مدل رقومی زمین، رگرسیون، مدل برآورد مکانی، جنگل دکتر بهرام‌نیا

مقدمه

مدل‌سازی مکانی خصوصیات جنگل براساس آنالیز زمین یکی از روش‌های غیرمستقیم برای برآورد مقادیر آن‌ها است. کسب اطلاعات مکانی دقیق در مورد خصوصیات کمی و کیفی جنگل برای مدیران جنگل دارای اهمیت بوده و به‌طور عمده با اهداف مدیریت بهینه جنگل، ارزیابی دقیق منابع آن و شناخت مکانی از منابع زیستی و نحوه بهره‌برداری از آن‌ها صورت می‌گیرد (شتایی و ایوبی، ۲۰۰۷). از آن‌جا که نرخ رشد درختان، فراوانی یا تنوع درختان به‌طور مستقیم به پارامترهای زیادی از جمله میزان تشعشع خورشیدی، خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی و عناصر غذایی خاک وابسته است، بنابراین امکان بررسی مکانی ویژگی‌های درختان جنگلی به‌وسیله متغیرهای ناحیه‌ای فراهم می‌گردد (کینت و همکاران، ۲۰۰۳). یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده تولید گیاهان، تابش خورشید است (زانیوسکی و همکاران، ۲۰۰۲). عامل دیگر رژیم رطوبتی خاک است که یکی از مهم‌ترین فاکتورهای ایجادکننده حاصل‌خیزی خاک می‌باشد. شاخص رطوبت[1] براساس پویایی آب خاک می‌تواند بیان‌کننده روند تغییرات رطوبت خاک باشد. همچنین وجود پستی و بلندی به‌عنوان یکی از فاکتورهای محدودکننده رشد مورد توجه می‌باشد (میتسودا و ساکوموتو، ۲۰۰۷). متغیرهای اولیه توپوگرافی مشتق شده از مدل رقومی زمین مانند ارتفاع از سطح دریا[2]، شیب[3]، جهت شیب[4] و پتانسیل تابش خورشید از متداول‌ترین

1- Wetness Index
2- Altitude from Sea Level (A.S.L)
3- Slope
4- Aspect

Archive of SID

www.SID.ir

متغیرهای به‌کار گرفته در مدل‌سازی وقوع مکانی پوشش گیاهی می‌باشند (لیپریور و همکـاران، ۱۹۹۸؛ باروق و همکاران، ۲۰۰۱؛ مویسن و فرسینو، ۲۰۰۲). مدل‌های رقومی ارتفاع[1] به‌طور فزآینـده‌ای بـرای آنالیزهای بصری و محاسباتی توپـوگرافی، منظـر زمـین[2] و شـکل زمـین اسـتفاده مـی‌شـوند. ترکیـب مدل‌سازی زمین و قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[3] امکان پـیش‌بینـی سـریع خـصوصیات جنگل را فراهم می‌آورد. سادگی نسبی روش‌های آماری، زمانی‌که ارزیابی سریع با کم‌ترین هزینـه لازم است، نیز قابل‌توجه است (گروسوسکی و گسلر، ۲۰۰٦). مـدل‌هـای متفـاوتی از جملـه، تکنیـک‌هـای سنجش از دور، رگرسیون خطی[4]، رگرسـیون خطـی تعمـیم‌یافتـه[5] و شـبکه عـصبی مـصنوعی[6] بـرای پیش‌بینی خصوصیات بیولوژیکی جنگل استفاده شده‌انـد (فـرانکلین و همکـاران، ۲۰۰۰). از بـین ایـن مدل‌ها، مدل‌های رگرسیون چندگانه می‌توانند برای پیش‌بینی پراکنش مکـانی گونـه‌هـا اسـتفاده شـوند (زانیوسکی و همکاران، ۲۰۰۲). کلیسن و همکاران (۲۰۰٦) از خصوصیات توپوگرافی مـشتق شـده از مدل رقومی ارتفاع برای آنالیز پراکنش مکانی گونه کاری (*Agathis australis*) در نیوزیلنـد اسـتفاده کردند و با استفاده از رگرسیون لجستیک[7]، سهم هر یک از این متغیـرهـا را بـرای حـضور یـا حـضور نداشتن این گونه مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که شیب و جهت شیب بـا حـضور ایـن گونه دارای ارتباط می‌باشد ولی نقش ارتفاع از سطح دریا و تـابش خورشـید در ایـن پـژوهش تقریبـاً بی‌اهمیت است. هورش (۲۰۰۳)، توانایی ۲٤ خصوصیت مشتق شده از مدل رقومی زمین را برای بیـان پراکنش مکانی جنگل‌های کوهستانی در آلپ مرکزی مورد بررسی قـرار داد. نتـایج وی نـشان داد کـه ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب و تا حدودی رطوبت، مهم‌ترین پـارامترهـا بـرای بیـان خـصوصیات جنگل می‌باشند. کانتون و همکاران (۲۰۰٤) رابطـه بـین پـراکنش مکـانی تیـپ‌هـای پوشـش زمـین و خصوصیات توپوگرافی در زمین‌های سنگلاخی تابرانز در جنوب‌شرقی اسـپانیا را مـورد بررسـی قـرار دادند. نتایج آنان نشان داد پوشش زمین در طـول گرادیـان ارتفـاعی سـازگار شـده اسـت. هیـدالگو و همکاران (۲۰۰۸) پراکنش مکانی جنگل‌های بلوط چوب‌پنبه‌ای را در منطقه هویلوای اسپانیا مدل‌سازی نمودند و از داده‌های توپوگرافی، بارندگی، سنگ‌شناسی و دما استفاده کردند. آن‌ها نتیجـه گرفتنـد کـه

1- Digital Elevation Model (DEM)
2- Landscape
3- Geographic Information System
4- Linear Regression
5- Generalized Linear Model (GLM)
6- Artificial Neural Network (ANN)
7- Logistic Regression

Archive of SID

www.SID.ir

شیب‌های شمالی، میزان بارش سالیانه و سنگ‌شناسی منطقه مهم‌ترین متغیرهای این مدل می‌باشند. میتسودا و همکاران (۲۰۰۷) از خصوصیات توپوگرافی مانند پتانسیل سالانه تابش خورشید[1]، شاخص رطوبت و شاخص پرتوگیری توپوگرافی[2] و آنالیز رگرسیون خطی، مدل‌سازی شاخص رویشگاه[3] را برای توده‌های خالص کاج ژاپنی انجام دادند. بهترین مدل در این پژوهش برای مدل رقومی زمین با تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر و با R^2=۰/٦۹۲ بوده است. در این پژوهش پتانسیل سالانه تابش خورشید مهم‌ترین عامل محدودکننده شناخته شد و رطوبت خاک نیز در حاصل‌خیزی رویشگاه مؤثر بوده است.

تلاش برای ارایه روش‌های مناسب برای برآورد مکانی و تهیه نقشه خصوصیات جنگل یکی از اهداف مهم محققان می‌باشد. آنالیز کمی متغیرهای سطح زمین روش بسیار امیدبخشی برای دانشمندان و مدیران علاقه‌مند به اکولوژی منظر و مدل‌سازی برآورد صفات کمی گیاهی فراهم نموده است. با توجه به اهمیت عوارض زمین و مدل‌سازی آن‌ها توسط مدل‌های رقومی زمین و بر مبنای اصل ارتباط بین عوامل مختلف طبیعی که در شکل‌گیری و استقرار پوشش گیاهی مؤثر می‌باشند، این پژوهش به‌عنوان بخشی از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد و با هدف بررسی امکان برآورد پراکنش مکانی دو مشخصه مهم تعداد در هکتار و متوسط قطر درختان با استفاده از اطلاعات آماربرداری طرح تجدیدنظر جنگل‌داری سال ۱۳۸۳ سری ۱ جنگل دکتر بهرام‌نیا (شصت‌کلاته) گرگان و داده‌های توپوگرافی به‌دست آمده از مدل رقومی زمین و در نهایت تهیه مدل آماری پراکنش مکانی آن‌ها توسط رگرسیون خطی چندمتغیره انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

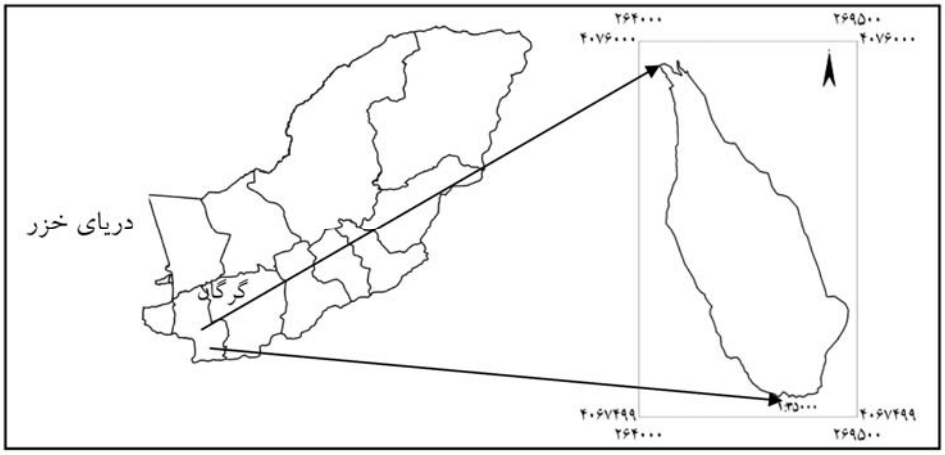
منطقه مورد مطالعه: منطقه مطالعه طرح جنگل‌داری سری ۱ دکتر بهرام‌نیا (شصت‌کلاته) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان می‌باشد. این جنگل در عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٤٤ دقیقه و ٤ ثانیه تا ۳٦ درجه و ٤۷ دقیقه و ٤۷ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۱ دقیقه و ٥۷ ثانیه تا ٥٤ درجه و ۲٤ دقیقه و ۱٦ ثانیه شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). کل مساحت سری ۱۷۱٤ هکتار است. ورودی این جنگل در ٥ کیلومتری جنوب‌غربی شهر گرگان قرار دارد. میزان بارندگی متوسط سالیانه منطقه ٦٤۹ میلی‌متر می‌باشد، سنگ‌های مادری این ناحیه بیش‌تر از نوع ماسه‌سنگی است که به

1- Solar Radiation
2- Topographic Exposure Index
3- Site Index

Archive of SID

www.SID.ir

دوران مزوزوئیک تعلق دارد لایه فوقانی آن به‌طورکلی از سنگ‌های ماسه‌ای و لایه زیرین آن از لایه‌های متناوب شیست و ماسه‌سنگ تشکیل یافته است. این منطقه دارای خاک قهوه‌ای و قهوه‌ای خاکستری بوده که دارای خاصیت اسیدی است، براساس کلیموگرام آمبرژه اقلیم منطقه نیمه‌مرطوب سرد می‌باشد (طرح تجدیدنظر دوم جنگل‌داری سری ۱ دکتر بهرام‌نیا، ۲۰۰۷).



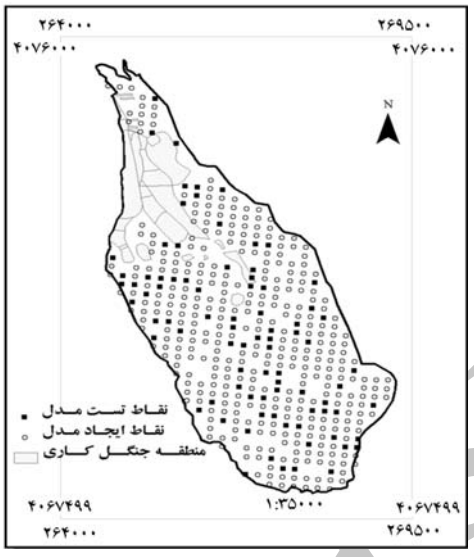
شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه در استان گلستان.

روش پژوهش

روش نمونه‌برداری: در این پژوهش از داده‌های آماربرداری سال ۱۳۸۳ طرح تجدیدنظر دوم جنگل‌داری سری ۱ جنگل دکتر بهرام‌نیا استفاده گردید و تعداد ٤٢٩ قطعه نمونه دایره‌ای (شعاع ۱۷/۸٤ متر) به مساحت ۰/۱ هکتار با یک شبکه سیستماتیک تصادفی به ابعاد ۲۰۰ (شرقی- غربی) در ۱۵۰ متر (شمالی- جنوبی) که در سطح ۱۵۲۰ هکتار (بدون در نظر گرفتن مناطق جنگل‌کاری) از منطقه برداشت شده بود، انتخاب شد. آمار قطعات نمونه، مانند اندازه قطر درختان با قطر برابر سینه بیش‌تر از ۱۲/۵ سانتی‌متر برای این پژوهش استخراج گردید. برداشت موقعیت جغرافیایی قطعات نمونه نیز با استفاده از دستگاه GPS صورت گرفت (شکل ۲). با توجه به تعداد و قطر برابر سینه درختان در قطعه نمونه، تعداد در هکتار و متوسط قطر برابر سینه برای هر قطعه نمونه محاسبه گردید.

Archive

www.SID.ir



شکل ۲- نقشه پراکنش نقاط آماربرداری جنگل.

محاسبه مدل رقومی زمین و متغیرهای اولیه و ثانویه توپوگرافی: مدل رقومی ارتفاع منطقه با درون‌یابی[1] خطوط میزان با فاصله‌های ۱۰ متر نقشه توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه در پیکسل‌هایی به ابعاد ۱۰×۱۰ متر تهیه گردید. سپس نقشه مدل رقومی زمین به‌دست آمده از نظر وجود فرورفتگی[2] مورد بررسی قرار گرفت و فرورفتگی‌های موجود در آن شناسایی و حذف گردید (نوریان و ضیایی، ۲۰۰٤؛ استروبل و فورت، ۲۰۰۷). مدل رقومی زمین به‌عنوان ورودی نرم‌افزار DIGEM 2.0، برای محاسبه نقشه خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی به‌کار گرفته شد. به‌طور معمول، خصوصیات اولیه توپوگرافی، مشتمل بر ویژگی‌هایی هستند که به‌طور مستقیم از مدل رقومی زمین محاسبه می‌گردند. خصوصیات ثانویه و یا خصوصیات ترکیبی، نیز شامل مشخصه‌هایی هستند که مرکب از ویژگی‌های اولیه به‌همراه شاخص‌های فیزیکی یا تجربی می‌باشند که تغییرپذیری مکانی فرایندهای خاص در سیمای اراضی را تبیین می‌سازند (گروسوسکی و گسلر، ۲۰۰٦؛ محمدی، ۲۰۰٦). در این پژوهش خصوصیات اولیه شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، انحنای پروفیلی[3]، انحنای مسطح[4]، انحنای مماسی[5] و

1- Interpolation
2- Sink
3- Profile Curvature
4- Plan Curvature
5- Tangential Curvature

Archive of SID

www.SID.ir

رلیف سایه[1] و ثانویه توپوگرافی شامل شاخص رطوبت، پتانسیل سالانه تابش خورشید با استفاده از روش D_8 (اوکالاگان و مارک، ۱۹۸٤) محاسبه گردیدند. در این روش اجازه داده می‌شود که جریان از ۱ سلول فقط به ۱ سلول از ۸ سلول همسایه براساس جهت اولیه، جریان پیدا کند.

استخراج اطلاعات، مدل آماری و اعتبارسنجی آن: بعد از تهیه نقشه‌های مزبور، نقشه قطعات نمونه با توجه به سطح آن‌ها (۰/۱ هکتار) در پیکسل‌هایی با ابعاد ۱۰×۱۰ متر رستری گردید. برای استخراج اطلاعات توپوگرافیکی، نقشه قطعات نمونه بر روی هر کدام از نقشه‌های تولید شده، قرار گرفته و متوسط ارزش ۹ پیکسل واقع در محل قطعه نمونه محاسبه و استخراج گردید. از تعداد کل قطعات نمونه حدود ۲۰ درصد (۸۵ قطعه نمونه) به‌طور تصادفی انتخاب و به‌عنوان مجموعه داده‌های ارزیابی (نقاط تست مدل) از همه تجزیه و تحلیل‌ها کنار گذاشته شده و مدل‌سازی با ۸۰ درصد باقی‌مانده (۳٤٤ قطعه نمونه) انجام گردید (شکل ۲). تست نرمالیته به‌منظور بررسی نرمال بودن با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرونوف به‌عمل آمد. سپس بین این متغیرها و مشخصه‌های کمی جنگل ماتریس همبستگی پیرسون در سطح اطمینان ۹۵ درصد برقرار گردید تا وجود ارتباط بین آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. آنالیز رگرسیون خطی چندمتغیره بین مشخصه‌های کمی جنگل و متغیرهای توپوگرافی به روش رگرسیون گام به گام[2] صورت گرفت و مدل‌هایی که بالاترین ضریب تبیین اصلاح شده (R^2_{adj}[3]) و کم‌ترین ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE[4]) را داشتند به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شدند (میتسودا و همکاران، ۲۰۰۷؛ ایوبی و حسینعلی‌زاده، ۲۰۰٦). ۲۰ درصد از قطعه نمونه‌ها که برای ارزیابی کنار گذاشته شده بودند، در ارزیابی خروجی مدل به‌دست آمده، به‌کار گرفته شدند. معیار خطای محاسبه‌ها با استفاده از رابطه ۱ و نسبت آن توسط رابطه ۲ محاسبه گردید. در نهایت با اعمال مدل به‌دست آمده از ضرایب رگرسیون، بر روی منطقه مورد مطالعه، نقشه پیوسته مکانی مشخصه‌های کمی مورد بررسی تهیه گردید.

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^{n} (\hat{y}_i - y_i)^2 / n \right)^{1/2} \qquad (1)$$

1- Shaded Relief
2- Stepwise Regression
3- Adjusted R^2
4- Root Mean Square Error

Archive of SID

www.SID.ir

$$RMSE_r = RMSE / \bar{y}_i \qquad (۲)$$

که در آن، y_i: داده ارزیابی، $\hat{y}_i$: داده پیش‌بینی شده توسط مدل، $\overline{\hat{y}_i}$: میانگین داده‌های پیش‌بینی شده و n: تعداد داده ارزیابی.

نتایج

خصوصیات توپوگرافی اولیه و ثانویه در هر پیکسل به‌وسیله حرکت یک پنجره متحرک با ابعاد ۳×۳ بر روی مدل رقومی زمین در پیکسل‌هایی با ابعاد ۱۰×۱۰ متر محاسبه و نقشه هر یک از آن‌ها به‌دست آمد (شکل ۳).

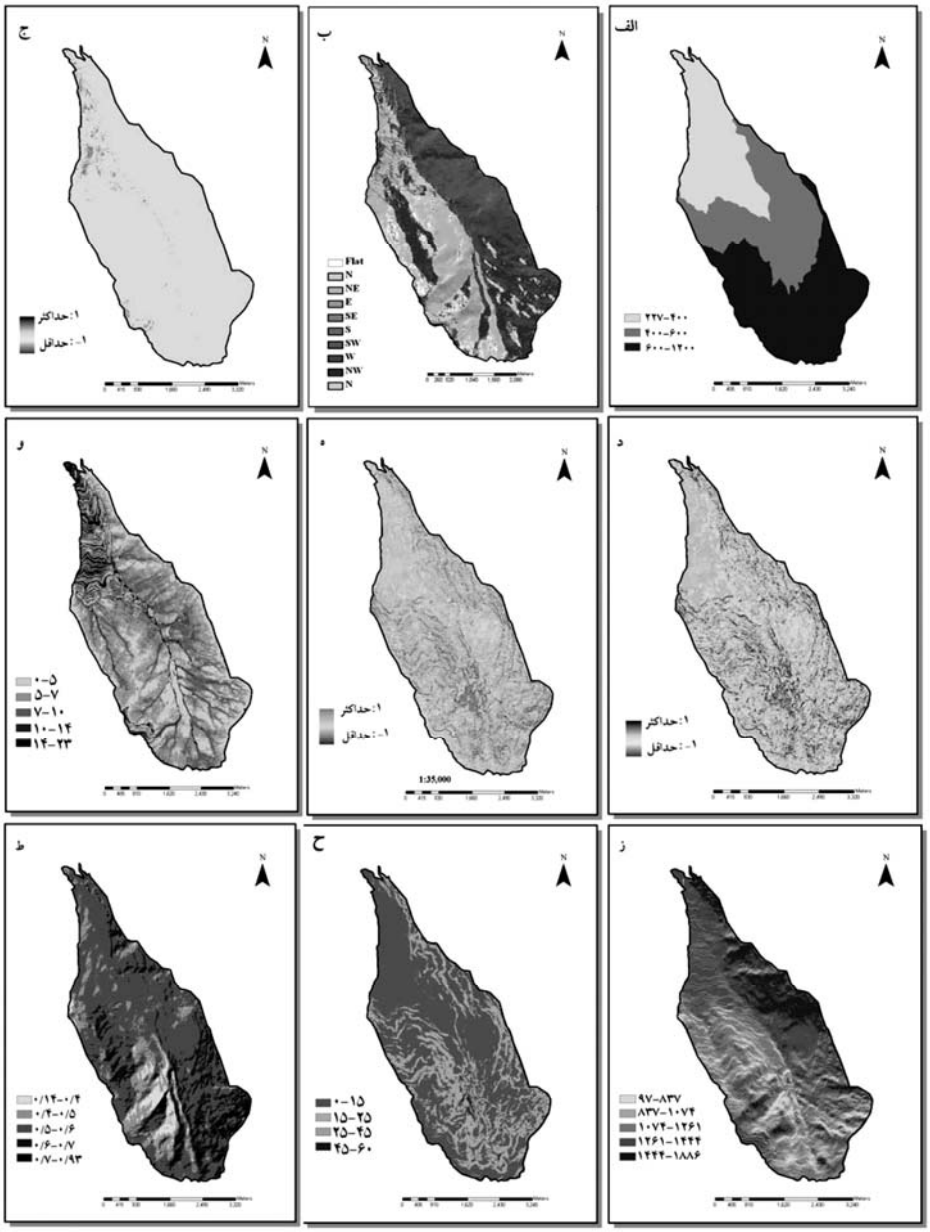
تست نرمالیته نشان داد که متغیر قطر دارای توزیع نرمال است، اما متغیر تعداد در هکتار از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند که با استفاده از روش تبدیل لگاریتمی نرمال گردید و مدل‌سازی آن براساس لگاریتم تعداد در هکتار انجام شد. از این میان مشخصه تعداد در هکتار دارای دامنه تغییرات بیش‌تری است. جدول ۱ آمار توصیفی این متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آمار توصیفی مشخصه‌های کمی جنگل.

آماره	لگاریتم تعداد در هکتار		متوسط قطر در هکتار (سانتی‌متر)	
	ارزیابی	مدل	مدل	ارزیابی
حداقل	۱۰۰	۲	۱۹	۱۹
حداکثر	۵۰۰	۲/۸	٦٦	۵۸
میانگین	۲۲٤/٦	۲/۳	۳۷/۱	۳۷
ضریب تغییرات	۹۸/۸۲	۱/۸٤	۹/٦۸	۹/٦۲
چولگی	۰/۸۹	۰/۵	-۰/۳۲۹	۰/۵
کشیدگی	۰/۱٦	-۰/٤	-۰/۲٦۲	-۰/۳۳
دامنه تغییرات	٤۰۰	۰/۸	٤۷	۳۹

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- نقشه خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی: (الف) ارتفاع از سطح دریا (متر)، (ب) جهت شیب (درجه)، (ج) انحنای مسطح (رادیان بر متر)، (د) انحنای پروفیلی (رادیان بر متر)، (ه) انحنای مماسی (رادیان بر متر)، (و) رطوبت (لگاریتم طبیعی مترمربع)، (ز) پتانسیل سالانه تابش خورشید (کیلووات بر مترمربع)، (ح) شیب (درجه) و (ط) سایه (درجه).

www.SID.ir

با بررسی ضرایب همبستگی بین متغیرهای توپوگرافی مشاهده گردید که برخی از متغیرها همبستگی بالایی با هم دارند، که نشان‌دهنده تکرار اطلاعات می‌باشد. بنابراین از بین ۹ متغیر مستقل مورد بررسی، متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، پتانسیل سالانه تابش خورشید، انحنای مسطح و شاخص رطوبت که ضریب همبستگی داخلی پایین، و ضریب همبستگی بالایی با مشخصه‌های کمی جنگل داشتند، برای استفاده در فرایند مدل‌سازی انتخاب گردیدند.

آمار توصیفی خصوصیات توپوگرافی مورد استفاده در مدل‌سازی در جدول ۲ نشان داده شده است از بین متغیرهای مستقل، پتانسیل سالانه تابش خورشید، ارتفاع از سطح دریا و جهت شیب به‌ترتیب دارای بیش‌ترین دامنه تغییرپذیری هستند.

جدول ۲- آمار توصیفی متغیرهای توپوگرافی انتخاب شده برای مدل‌سازی.

آماره	ارتفاع از سطح دریا	جهت شیب	انحنای مسطح	شیب	پتانسیل سالانه تابش خورشید	شاخص رطوبت
حداقل	۲۵۱/۱۰	۲٦/۱٦	-۰/۰۰۸٦	۲/٦۹	٥٤۰/٤٥	۳/٦٤
حداکثر	۹٥٦/٤٤	۳٦۰	۰/۰۰۷۱	۸۷/۲۲	۱٦۹۲/۲۷	۱۰/٦٤
میانگین	٥٥۳/۲۹	۲۳۹/۹٤	-۰/۰۰۰۲	۲٤/٤٤	۱۲٦۲/۹۷	٥/۸۲
انحراف معیار	۱۷۹/۹۲	۸۷/۹٦	۰/۰۰۲۱	۱۳/۸٦	۲۱۳/۳۳	۱/۱٥
چولگی	۰/۳۱	-۱/۱۸	-۰/۸۲	۱/٤۰	-۰/٦۱	۱/۱۱
کشیدگی	-۰/۸۸	۰/۳۸	۲/۸۱	۲/۸۸	۰/۳۳	۱/۹٥
دامنه تغییرات	۷۰٥/۳٥	۳۳۳/۸٤	۰/۰۲	۸٤/٥۳	۱۱٥۱/۸۱	۷

ضرایب همبستگی پیرسون بین مشخصه‌های کمی جنگل و توپوگرافی اولیه و ثانویه در جدول ۳ ارایه گردیده است. با توجه به این جدول ارتفاع از سطح دریا، پتانسیل سالانه تابش خورشید و شیب به‌ترتیب مؤثرترین عوامل محدودکننده تغییرات تراکم و متوسط قطر به‌شمار رفته و سهم زیادی در ساخت هر دو مدل تعداد در هکتار و متوسط قطر داشته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون بین خصوصیات توپوگرافی و مشخصه‌های کمی جنگل.

مشخصه	شیب	پتانسیل سالانه تابش خورشید	رطوبت	انحنای مسطح	جهت شیب	ارتفاع از سطح دریا
لگاریتم تعداد در هکتار	-۰/۰۷۲	۰/۳۷۳**	-۰/۰۰۹	۰/۰۷۷	۰/۰۴۵	-۰/۴۶۱**
متوسط قطر	۰/۱۵	-۰/۲۸۵**	۰/۰۱	-۰/۰۴۳	-۰/۰۱۹	۰/۴۸۳**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

سپس رگرسیون خطی چندمتغیره بین مشخصه‌های کمی جنگل و توپوگرافی برقرار گردید. در مدل‌های ایجاد شده در سطح احتمال ۱ درصد تعداد متغیر کم‌تری وارد مدل شد ولی در سطح احتمال ۵ درصد متغیرهای بیش‌تری وارد مدل گردید. با توجه به شاخص‌های اعتبارسنجی مشخص شد که در حالت دوم به‌دلیل شرکت متغیرهای بیش‌تر در مدل، برازش معتبرتری از مشخصه‌های کمی جنگل به‌دست می‌آید. بهترین ترکیب مدل در جدول ٤ ارایه شده است (مقدار RMSE در لگاریتم تعداد در هکتار پس از تبدیل معکوس لگاریتم محاسبه شده است).

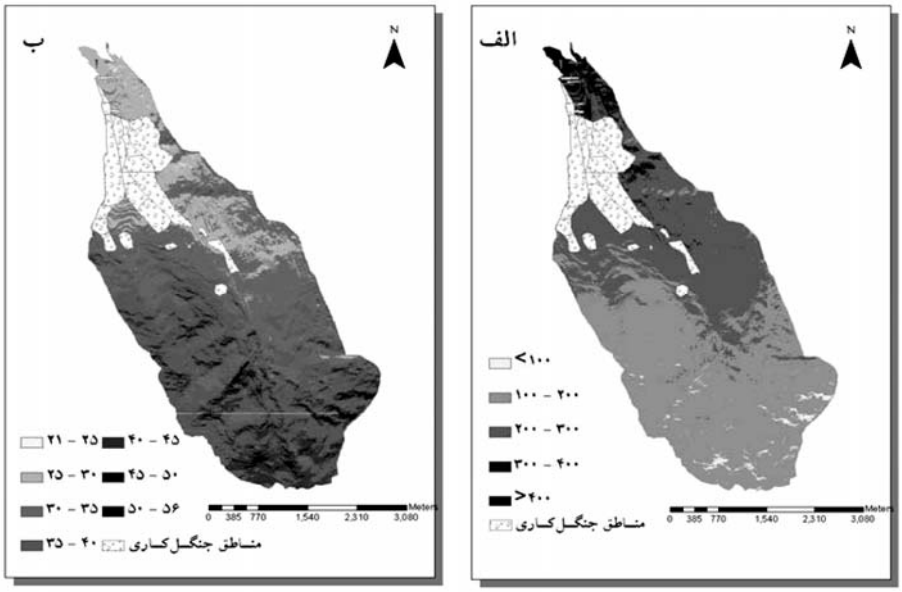
جدول ٤- نتایج رگرسیون خطی چندمتغیره برای برآورد خصوصیات کمی جنگل.

متغیر وابسته	متغیرهای مستقل	ضریب متغیر	ضریب ثابت	RMSE	$RMSE_r$	R^2_{adj}	R
متوسط قطر	ارتفاع از سطح دریا	۲۶×۱۰^{-۳}	٤۲/۷۱	۸	۰/۲۳	۰/٤۰	۰/٦٤
	پتانسیل سالانه تابش خورشید	-۱۳×۱۰^{-۳}					
	شیب	-۰/۱۹۳					
	جهت شیب	-۱۲×۱۰^{-۳}					
لگاریتم تعداد در هکتار	ارتفاع از سطح دریا	-٤۸×۱۰^{-۵}	۲/۱٦	۷۸	۰/۳۵	۰/٤٦	۰/٦۸
	پتانسیل سالانه تابش خورشید	۳۲×۱۰^{-۵}					
	شیب	۳۰×۱۰^{-٤}					

مدل‌های رگرسیونی انتخاب شده، در محیط GIS به سایر نقاط تعمیم داده شد و نقشه رقومی مشخصه‌های کمی تعداد در هکتار و متوسط قطر تهیه گردید (شکل ٤).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- نقشه‌های به‌دست آمده از مدل‌های افته: (الف) نقشه تعداد در هکتار و (ب) نقشه متوسط قطر.

بحث

عوارض توپوگرافیکی زمین، در بسیاری از فرایندهای محیطی نقش اساسی ایفا می‌کنند. بنابراین طبیعی است که نمایش رقومی عوارض زمین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین لایه‌های اطلاعاتی در فرایند مدل‌سازی پدیده‌های محیطی مانند رویش درختان جنگل در نظر گرفته شود (محمدی، ۲۰۰٦).

نتایج این پژوهش نشان داد که با در نظر گرفتن کم‌ترین میزان RMSE و بیش‌ترین مقدار R^2_{adj}، ترکیب خطی ارتفاع از سطح دریا، پتانسیل سالانه تابش خورشید و شیب بهترین مدل برآوردکننده برای تعداد در هکتار (RMSE=۷۸ و R^2_{adj} =۰/٤٦) و ترکیب خطی ارتفاع از سطح دریا، پتانسیل سالانه تابش خورشید، شیب و جهت شیب بهترین مدل برآوردکننده برای متوسط قطر (RMSE=۸ و R^2_{adj} = ۰/٤) می‌باشند. با توجه به این‌که R^2_{adj} در مورد این دو مدل بین ٤٦-٤۰ درصد می‌باشد می‌توان گفت بین متغیرهای مستقل و وابسته مورد استفاده در این پژوهش، همبستگی متوسطی وجود دارد که در نظر گرفتن این مقدار در مدل‌سازی‌های خصوصیات جنگل تقریباً قابل‌توجه و با ارزش می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه نقشه‌های پراکنش مکانی دو مشخصه مورد بررسی نیز نشان می‌دهد که دو مشخصه تراکم و متوسط قطر دارای الگوی مشابه ولی معکوس هستند (شکل ٤).

میتسودا و ساکوموتو (۲۰۰۷) نشان دادند پتانسیل سالانه تابش خورشید با تأثیر بر روی میزان آب موجود در خاک، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار (دارای رابطه منفی) بر شاخص رویشگاه کاج ژاپنی در جنگل‌های پهن‌برگ همیشه سبز استان میازاکی ژاپن است. اما به‌دلیل قرار گرفتن این جنگل‌ها در اراضی پست و تغییرات ارتفاعی کم (۳۰۰-۱۱۰ متر از سطح دریا) نقش ارتفاع از سطح دریا بر تغییر شاخص رویشگاه قابل‌توجه نبود. ولی در این پژوهش به‌دلیل کوهستانی بودن منطقه و دامنه ارتفاعی وسیع (۱۰۱۰-۲۱۰ متر از سطح دریا)، ارتفاع از سطح دریا نقش مؤثری در تغییرات پراکنش مکانی مشخصه‌های مورد بررسی داشته است. بارز بودن تأثیر و نقش خصوصیات توپوگرافی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب و پتانسیل تابش خورشید در این پژوهش و پژوهش‌های لیپریور و همکاران (۱۹۹۸)، هورش (۲۰۰۳)، هیدالگو و همکاران (۲۰۰۸)، باروق و همکاران (۲۰۰۱)، مویسن و فرسینو (۲۰۰۲)، کلیسن و همکاران (۲۰۰٦) و کانتون و همکاران (۲۰۰٤) بیانگر اهمیت این خصوصیات در مدل‌سازی پراکنش مکانی پوشش گیاهی و مشخصه‌های کمی جنگل می‌باشد. که در این میان برخی از خصوصیات با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، تأثیر بیش‌تر و برخی تأثیر کم‌تری دارند. ولی به‌طورکلی از مهم‌ترین خصوصیات توپوگرافی متداول در اندازه‌گیری‌ها و مدل‌سازی وقوع مکانی پوشش گیاهی، می‌توان به ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب و تابش خورشید اشاره کرد که نشان‌دهنده نقش کنترل‌کننده عوامل بالا بر مشخصه‌های کمی جنگل می‌باشند (لیپریور و همکاران، ۱۹۸۸). از مقایسه ضرایب رگرسیون‌ها می‌توان نتیجه گرفت که از بین متغیرهای مستقل مورد استفاده در این پژوهش و با در نظر گرفتن روش به‌کار گرفته شده، عامل مهم در تغییرات مکانی مشخصه‌های کمی تعداد در هکتار و متوسط قطر، در مناطق کوهستانی، ارتفاع از سطح دریا می‌باشد (کانتون و همکاران، ۲۰۰٤).

مقایسه نتایج به‌دست آمده در این پژوهش در مورد میزان و نوع ارتباط مشخصه‌های کمی تعداد در هکتار و متوسط قطر جنگل با خصوصیات توپوگرافی با سایر مطالعات نشان می‌دهد که الگوی پراکنش مکانی مشخصه‌های کمی هر جنگل منحصربه‌فرد بوده و تابعی از عوامل مؤثر بر رشد گونه‌های جنگلی مانند توپوگرافی، میکروکلیمای منطقه، مدیریت و بهره‌برداری از جنگل، موقعیت جغرافیایی، عوامل محیطی و خاک، نوع گونه‌ها و سایر عوامل است (کینت و همکاران، ۲۰۰۳؛ میتسودا و همکاران، ۲۰۰۷) بنابراین امکان مقایسه نتایج به‌دلیل متغیر بودن نوع گونه و پیچیدگی شرایط توپوگرافی چندان صحیح نیست.

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج این پژوهش و سایر محققان می‌توان بیان کرد که خصوصیات توپوگرافی به تنهایی نمی‌توانند تمامی فرایندهای مهم اکولوژیکی مؤثر بر پراکنش مکانی صفات گیاهان یا درختان را تبیین کنند (کلیسن و همکاران، ۲۰۰٦)، اما بیانگر سهم مهم شرایط و فرایندهای محیطی در گسترش قلمرو گیاهان هستند. تقریباً ٦۰ درصد از واریانس باقی‌مانده در اندازه‌گیری دو خصوصیت ذکر شده در مدل‌های برازشی نشان داده نشده‌اند که می‌توانند بیان‌کننده نقش فاکتورهایی مانند سن درختان، آشفتگی در جنگل، رقابت، روش‌های جنگل‌شناسی متفاوت و خطا در جمع‌آوری داده‌ها و آنالیزهای زمین باشد. سایر فاکتورهای کنترل‌کننده رشد درختان عبارت از تغییرات آب و هوایی، اقلیم، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و زمین‌شناسی منطقه می‌باشند. دخالت و بهره‌برداری و تغییر بر روی حالت طبیعی جنگل منطقه نیز می‌تواند بر روی نتایج این پژوهش تأثیر داشته باشد.

روش آنالیز داده‌ها در این پژوهش رگرسیون خطی است که روابط بین خصوصیات توپوگرافی و مشخصه‌های جنگل را به‌صورت رابطه خطی در نظر می‌گیرد. ولی باید این نکته را در نظر داشت که پارامترهای کمی جنگل مانند قطر برابر سینه و تعداد درختان در واحد سطح با تغییر ارتفاع از سطح دریا به‌طور منظم تحت‌تأثیر قرار نمی‌گیرند و از طرفی تأثیر خصوصیات توپوگرافی بر گیاهان از رابطه خطی پیروی نمی‌کند، مثلاً تأثیر جهت‌های مختلف بر مشخصه‌های جنگل یکسان نیست و تأثیر مستقیم افزایشی یا کاهشی ندارد، یعنی تا یک محدوده خاص دارای تأثیر مثبت و تا یک محدوده دارای تأثیر منفی است. بنابراین استفاده از رگرسیون خطی که روابط را خطی در نظر می‌گیرد، نمی‌تواند نشان‌دهنده تمامی تغییرات موجود باشد و استفاده از مدل‌هایی که این روابط را به‌صورت غیرخطی در نظر می‌گیرند مانند مدل‌های عمومی جمع‌پذیر و شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند دقت بالایی داشته باشد. علاوه‌بر آن پیشنهاد می‌گردد از خصوصیات سطح زمین در ترکیب با سایر اطلاعات منطقه مانند بارش، دما و خاک و همچنین از تصاویر ماهواره‌ای برای دقت کار و جامعیت پژوهش استفاده گردد.

زمانی‌که نیاز به اطلاعات کلی از جنگل باشد همچنین در شرایطی که به دلایل بالا بودن شیب زیاد منطقه یا دلایل سیاسی- امنیتی امکان دسترسی به منطقه مشکل باشد و برای تعمیم به جنگل‌های دارای شرایط مشابه (نوع مدیریت و مورفولوژی)، این مدل‌ها می‌توانند به مدیران جنگل در تصمیم‌گیری کمک کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Ayobi, S. and Hosinalizade, M. 2006. Survey of Soil surface attribute using terrain analysis. Technology and Science of Agricultural Sciences and Natural Resources, 10: 2. 85-96. (In Persian)
2.Burrough, P.A., Wilson, J.P., Van Gaans, P.F.M. and Hansen, A.J. 2001. Fuzzy k-means classification of topo-climatic data as an aid to forest mapping in the Greater Yellowstone Area, USA. Landscape Ecology, 16: 6. 523-546.
3.Canton, Y., Barrio, G.D., Benet, A.S. and Lazaro, R. 2004. Topographic controls on the spatial distribution of ground cover in the Tabernas badlands of SE Spain. Catena, 55: 341-365.
4.Claessens, L., Verburg, P.H., Schoorl, J.M. and Veldkamp, A. 2006. Contribution of topographically based landslide hazard modeling to the analysis of the spatial distribution and ecology of kauri (*Agathis australis*). Landscape Ecology, 21: 63-76.
5.Franklin, J., Mc Cullough, P. and Gray, C. 2000. Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in Southern California. In: J.P. Wilson and J.C. Gallant (eds.), Terrain Analysis, Principles and Applications. John Wiley & Sons. Inc. Pp: 331-353.
6.Gorsevski, P.V. and Gessler, P.E. 2006. Spatial Prediction of landslide hazard using logistic regression and ROC analysis. Blackwell Publishing Ltd Transactions in GIS, 10: 3. 395-415.
7.Hidalgo, P.J., Marın, J.M., Quijada, J. and Moreira, J.M. 2008. A Spatial distribution model of cork oak (Quercus suber) in southwestern Spain: A suitable tool for reforestation. Forest Ecology and Management, 255: 25-34.
8.Horsch, B. 2003. Modeling the spatial distribution of mountain and sub alpine forests in the central Alps using digital elevation models. Ecological Modeling, 168: 267-282.
9.Kint, V., Van Meirvene, M., Nachtergale, L., Gendens, G. and Lust, N. 2003. spatial methods for quantifying forest stand structures development. A comparison between nearest neighbor indices and variogram analysis. Forest Science, 49: 36-49.
10.Liprieur, V.E., Durand, J.M. and Peyron, J.L. 1988. Influence of topography on forest reflectance using Landsat Thematic Mapper and digital terrain data. photogrammetry. Engineering Remote Sensing, 4: 461-496.
11.Mitsuda, Y., Ito, S. and Sakamoto, S. 2007. Predicting the site index of Sugi plantations from GIS-derived environmental factors in Miyazaki Prefecture. J. Forest Res. 12: 177-186.
12.Mohamadi, J. 2006. Pedometry (Spatial Information Systems). Pelk Publisher. First edition, 637p.
13.Moisen, G.G. and Frescino, T.S. 2002. Comparing five modeling techniques for predicting forest characteristics. Ecological Modeling, 57: 209-225.

Archive of SID

www.SID.ir

14.Noriyan, F. and Zeyaee, M. 2004. Users spatial analysis (translation).Pardazesh and barnamerize shahri publisher. First edition, 151p.
15.O´Callaghan, J.F. and Mark, D.M. 1984. The extraction of drainage network from digital elevation data. Computer vision, Graphics and Image Processing, 28: 44-323.
16.Second revised of Doctor Bahramnia Forestry plan. 2007. Forestry Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, 478p.
17.Shataee, Sh. and Ayobi, S. 2007. Spatial prediction of some biological forest variables by terrain analysis-the Kheiroud kenar forest, North of Iran, ISPRS-iv Conference, Agra, India, 12p.
18.Strobl1, R.O. and Forte, F. 2007. Artificial neural network exploration of the influential factors in drainage network derivation. Hydrological processes, 21: 2965-2978.
19.Zaniewski, A.E., Lehmann, A. and Overton, M.J. 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. Ecological Modeling, 157: 261-280.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 19 (4), 2013
http://jwfst.gau.ac.ir

Possibility Investigation on Spatial Estimation of Density and Mean Diameter of Forest Trees Using Terrain Analysis (Case Study: Dr. Bahramnia Forestry Plan, District I, Gorgan, Iran)

F. Ghanbari[1], *Sh. Shataee[2], H. Habashi[3] and Sh. Ayoubi[4]
[1]M.Sc. Student, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Associate Prof., Faculty of Water and Soil Engineering, Isfahan University of Technology
Received: 10/05/2008; Accepted: 03/12/2011

Abstract

Possibility of estimation of quantitative forest characteristics without field survey is a new idea for forest biometry. This investigation was conducted to evaluate possibility of spatial estimation of two main quantitative forest characteristics (trees number in hectare and mean diameter) using terrain analysis and linear regression models in the district 1 of Dr. Bahramnia (Shastkolate) forestry plan, Golestan Province. A digital elevation model (DEM) with 10×10 meter resolution was produced by contours interpolation of 1:25000 scale maps. The primary topographic attributes maps (slope, aspect, elevation from sea level, shaded relief, profile curvature, plan curvature and tangential curvature) and secondary attributes maps (wetness index and solar radiation) were derived from DEM using terrain analysis software. Field inventory data from second revision of Shastkolate forestry plan, district I (429 plots) were used as original data for forest quantitative characteristics. Information of topographic maps in plot location was derived. Then relationship between the forest characteristics and terrain attributes was analyzed and modeled using multiple linear regression models by stepwise approach. The developed models were validated using test data (85 plots). Adjusted R^2 and root mean square error (RMSE) were determined to validate accuracy of prediction. Result of study showed that elevation from sea level, annual potential of solar radiation, slope and aspect were the most significant terrain attributes determined the spatial distribution of forest quantities characteristics. Results also showed that forest characteristics could be predicted about 40% to 47% of variation by these linear models. These models can be used for estimation of quantitative characteristics for adjacent forests with similar conditions (same management and morphology) using DEM without measurement or sampling. Finally, use of terrain analysis was emphasized for preliminary recognition of forest quantity characteristics.

Keywords: Topographic attribute, Terrain analysis, Digital terrain model, Regression, Spatial estimation model, Doctor Bahramnia forest

* Corresponding Author; Email: shataee@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir