DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2011.107599

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ۱، صفحهٔ ٤١-٢٧، (١٣٩٠)

کاربرد خصوصیات توپوگرافی و رگرسیون لجستیک در پیش‌بینی مکانی تیپ جنگل (مطالعه موردی: سری یک جنگل شصت‌کلاته گرگان)

فریبا قنبری[1*]، شعبان شتایی جویباری[2]، مجید عظیم محسنی[3] و هاشم حبشی[4]

۱*- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

پست الکترونیک: Fariba_Ghanbari@yahoo.com

۲-دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- استادیار، گروه آمار، دانشگاه گلستان.

٤- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۸۸/٤/۹ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱/۲۲

چکیده

این تحقیق با هدف پیش‌بینی احتمال حضور تیپ‌های جنگلی با استفاده از رابطه آنها با متغیرهای توپوگرافی در سری یک جنگل آموزشی شصت‌کلاته گرگان، به مساحت ۱۷۱٤ هکتار انجام شد. نمونه‌برداری براساس ترکیبی از روشهای منظم- تصادفی (سیستماتیک) و خوشه‌ای- تصادفی انجام شد و ۲٤۹ قطعه نمونه با مساحت ۰/۱ هکتار در سطح منطقه (به‌غیر از مناطق جنگل‌کاری شده) برداشت گردید. نوع گونه و قطر برابرسینه درختان با اندازه بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر برداشت و موقعیت جغرافیایی در هر قطعه نمونه با دستگاه GPS ثبت شد. در هر قطعه نمونه با توجه به سهم بیشتر درختان قطور در تاج‌پوشش، ۱۰ درخت قطور انتخاب و درصد فراوانی هر گونه برای تعیین تیپ محاسبه گردید. چهار تیپ انجیلی- افرا همراه با ممرز، راش- ممرز، ممرز- انجیلی و بلوط- ممرز در قطعات نمونه تفکیک شدند. خصوصیات توپوگرافی اولیه و ثانویه از مدل رقومی زمین تهیه و مقادیر آنها در محل قطعات نمونه استخراج گردید. به‌منظور ارائه مدل پیش‌بینی تیپ‌های جنگلی با استفاده از متغیرهای زمین، از رگرسیون لجستیک استفاده شد. مدل‌سازی با استفاده از ۷۰ درصد نمونه‌ها انجام و نقشه هر یک از تیپ‌ها با تعمیم مدل‌ها در محیط GIS تهیه گردید. ارزیابی نتایج مدل‌های بدست آمده با استفاده از ۳۰ درصد باقیمانده نمونه‌ها انجام و صحت کلی برای هر یک از مدل‌ها بدست آمد. نتایج ارزیابی صحت نشان داد که مدل‌های پیش‌بینی مکانی تیپ‌های جنگلی برای دو تیپ راش- ممرز و بلوط- ممرز که دامنه بوم‌شناختی محدودتری نسبت به دو تیپ ممرز- انجیلی و انجیلی- ممرز همراه با افرا دارند، بهتر با واقعیت تطابق دارد. نتایج همچنین نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، پتانسیل تابش خورشید و جهت شیب با توجه به حضور آنها در مدل، مهمترین عوامل کنترل کننده تیپ‌های جنگلی در منطقه مورد مطالعه هستند.

واژه‌های کلیدی: نقشه پیش‌بینی مکانی، تیپ‌های جنگلی، خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی، رگرسیون لجستیک.

مقدمه

اهمیت جنگلهای خزری از نظر تجاری و زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در دوره‌های کوتاه‌مدت تعیین گردد (رفیعیان و همکاران، ۱۳۸۵). به‌علاوه اطلاعات مکانی در مورد ساختار و ترکیب گیاهان جنگل در مقیاس‌های وسیع برای اداره صحیح جنگلها و تحقیقات اکولوژیکی لازم است (Ohmann & Gregory, 2002). به‌دلیل دسترسی مشکل به عرصه به‌سبب شرایط دشوار فیزیوگرافی و اقلیمی در مناطق مرتفع کوهستانی و همچنین عدم استفاده از اطلاعات به‌روز، امکان نظارت مستمر بر تغییرات پوشش گیاهی و بررسی روند آن در دوره‌های

زمانی کوتاه‌مدت برای برنامه‌ریزان امور جنگل وجود ندارد. در گذشته تهیه نقشه گیاهی با استفاده از جهت‌های خارجی چشم‌انداز (Landscape)، مانند تغییرات ارتفاعی یا نوع سنگ مادر و تعیین مرز بین واحدهای غیرمشابه به‌صورت دستی انجام می‌شد و این روش به‌صورت میدانی کنترل می‌گردید. با توسعه و پیشرفت عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، تعیین مرزها از طریق تفسیر بصری تصاویر انجام می‌گیرد (Peffer *et al*., 2003). امروزه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای تیپ‌بندی جنگل بسیار رایج شده است. اما نقشه‌های حاصل از این تصاویر نمی‌تواند به‌طور صددرصد بیان کننده تغییرات تیپ‌های جنگلی باشد. از آن جا که در مناطق کوهستانی، تغییرات گونه‌ای ارتباط زیادی با اقلیم محلی و موقعیت جغرافیایی دارد، استفاده از خصوصیات توپوگرافی می‌تواند بخش عمده‌ای از تغییرات تیپ‌های جنگلی را توجیه نماید. مطالعات دقیق مشخصه‌های محیطی می‌تواند منجر به مدل‌های پراکنش معتبر در مورد پراکنش گونه‌ها گردد (Hidalgo *et al.*, 2008). مدل‌سازی پراکنش گیاهان در سطوح وسیع یک ابزار ضروری برای حفاظت و مدیریت اکوسیستم است. در سالهای اخیر استفاده از مدل‌های چندگانه آماری برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها افزایش یافته است (Walker, 1990; Brito *et al.*, 1999; Ohmann & Gregory, 2002). از بین روشهای مختلف مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌های گیاهی، روش رگرسیون لجستیک با توجه به طبیعت داده‌های بوم‌شناختی یکی از مناسبترین روشهاست (Hettricj & Rosenweig, 2003). زمانی که آمار مکانی با تعمیم‌پذیری GIS همراه گردد، ابزاری قوی برای پیش‌بینی حضور یا عدم حضور گونه‌ها فراهم می‌گردد (Buckland & Elston, 1993). در این روش، متغیر کیفی حضور یا عدم حضور گونهٔ گیاهی به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب می‌شود و رابطه آن با متغیرهای محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آن جا که شکل این تابع منحنی سیگموئیدی بوده و براساس تحقیقات بیشتر محققان رابطه بین پراکنش گونه‌ها با عوامل محیطی به‌صورت غیرخطی و به شکل منحنی‌های سیگموئیدی یا گوسی است (Franklin *et al*., 2000)، بنابراین استفاده از این مدل متناسب با این نوع تحقیقات می‌باشد (زارع چاهوکی، ۱۳۸٦). با کاربرد رگرسیون لجستیک، مدل بهتری نسبت به سایر روشها مانند CCA (Canonical Correspondence Analysis) ایجاد می‌شود، به‌طوری که با استفاده از مدل بدست آمده و اعمال آن بر روی لایه‌های اطلاعاتی موردنظر در سیستم GIS (Geographic Information System) امکان تهیه نقشه پیش‌بینی برای آن گونه وجود دارد (Guisan *et al*., 1999). این مدل برای پیش‌بینی رویشگاه‌هایی که شرایط بکر و طبیعی دارند، بهتر تطابق می‌کند (Wiser *et al*., 1998). در زمینه مطالعات مدل‌سازی پراکنش مکانی تیپ‌ها و گونه‌های جنگلی با استفاده از ارتباط آنها با خصوصیات توپوگرافی، مطالعات متعددی انجام شده که از آن جمله می‌توان به تحقیقات Vogiatzakis & Griffiths (2006) اشاره نمود که با هدف برقراری و مقایسه یک مدل پیش‌بینی برای پراکنش جوامع گیاهی در زون‌های ارتفاعی مدیترانه‌ای در لیفکااوری در غرب جزیره کرت انجام شد. در این تحقیق، پاسخ چهار تیپ گیاهی در مقابل سه متغیر تعیین کننده و مهم در پراکنش جوامع گیاهی شامل ارتفاع، زاویه شیب و تغییرات سطح زمین با تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی درختی به‌منظور تهیه مدل وقوع تیپ جامعه، مورد بررسی قرار گرفتند. صحت کلی مدل در عملیات صحرایی با استفاده از ماتریس خطا برابر ۷۱ درصد بود. Claessens *et al*. (2006) خصوصیات توپوگرافی محاسبه شده از DEM و شاخص زمین‌لغزه که با ترکیب خصوصیات توپوگرافی، مشخصات فیزیکی خاک و هیدرولوژی محاسبه شده بود را در آنالیز پراکنش مکانی و چرخه اکولوژیکی گونه کاری (*Agathis australis*) در منطقه ویتاکر در شمال نیوزیلند مورد بررسی قرار دادند. سهم این متغیرها در بیان حضور یا عدم حضور گونه کاری بالغ به دو صورت با استفاده از رگرسیون لجستیک ارزیابی شد. نتایج ثابت کرد که استفاده از شاخص خطر زمین‌لغزه، نقش بهتری در مقایسه با استفاده صرف از خصوصیات

توپوگرافی، در بیان حضور گونه کاری بالغ دارد. Hidalgo *et al*. (2008) نیز برای مدل‌سازی پراکنش مکانی بلوط چوب‌پنبه در منطقه هیولوا در جنوب غربی اسپانیا از داده‌های توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت) حاصل از مدل رقومی زمین، بارندگی، دما، مدل‌های پتانسیل تبخیر و تعرق و نقشه‌های سنگ‌شناسی با استفاده از رگرسیون لجستیک استفاده نمودند. نتایج نشان داد که شیب‌های رو به شمال، میزان بارش سالیانه و سنگ‌شناسی مهمترین متغیرهای بیان کننده تغییرات هستند. Peffer *et al*. (2003) روشی را برای تهیه نقشه گیاهی با استفاده از خصوصیات توپوگرافی و داده‌های برداشت زمینی در مناطق کوهستانی اوتزال در مناطق آلپی استرالیا ارائه دادند. در این تحقیق، گیاهان آلپی بیشترین همبستگی را با متغیرهای ارتفاع و تابش خورشید داشتند که توسط محور اول و سوم محورهای DCA (Detrended Correspondence Analysis) منعکس گردید. Canton *et al*. (2004) در بررسی رابطه بین تیپ‌ها با خصوصیات توپوگرافی در منطقه تابرانز در جنوب شرقی اسپانیا دریافتند که تأثیر زاویه شیب و ارتفاع نسبت به سایر خصوصیات توپوگرافی مرتبط با انتقال رسوبات و آب، مانند نسبت سطوح تأثیرگذار، شاخص رطوبت یا عامل طول شیب، کاملاً مشخص‌تر است. تحقیقات یادشده نشان می‌دهند که با استفاده از اطلاعات زمینی و داده‌های پیوسته مکانی مرتبط با تیپ‌های جنگلی مانند توپوگرافی می‌توان نقشه پیوسته مکانی از تیپ‌های جنگلی تهیه و تعیین نمود که حضور تیپ‌ها در چه مکانی و با چه گستره‌ای می‌باشد.

خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی (به‌طور معمول خصوصیات اولیه توپوگرافی) مشتمل بر ویژگیهایی هستند که به‌طور مستقیم از DTM (Digital Terrain Model) محاسبه می‌شوند. از سوی دیگر، خصوصیات ثانویه و یا خصوصیات ترکیبی، 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 (محمدی، ۱۳۸۵). خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی به‌همراه تعاریف آنها در جدولهای ۱ و ۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۱- خصوصیات اولیه توپوگرافی (Moore *et al*., 1991; Gorsevski & Gessler, 2006).

خصوصیت	تعریف	اهمیت
ارتفاع از سطح دریا[۱]	ارتفاع	اقلیم (آب و هوا)، گیاهان، پتانسیل انرژی
جهت شیب[۲]	آزیموت شیب	در مقابل اشعه خورشید قرار دادن، تبخیر و تعرق، پراکنش و فراوانی فون و فلور منطقه
شیب[۳]	گرادیان، میزان شیب	سرعت جریان سطحی و زیر سطحی و نرخ رواناب، میزان رطوبت، گیاهان، ژئومورفولوژی، ظرفیت آب خاک، کلاسه‌بندی قابلیت زمین
سطح ویژه حوضه آبخیز[۴]	شیب بالادست مناطق در هر واحد عرض خطوط منحنی میزان	حجم رواناب، نرخ پایداری رواناب، خصوصیات خاک، ظرفیت آب خاک، ژئومورفولوژی
انحنای نیمرخی[۵]	تغییر شیب به‌سمت پایین خط جریان	شتاب جریان، نرخ فرسایش/ رسوب، ژئومورفولوژی
انحنای مسطح[۶]	تغییر منظر در امتداد یک منحنی میزان	همگرایی و واگرایی جریان، ظرفیت آب خاک، خصوصیات خاک
انحنای تانژانتی (مماسی)[۷]	حاصل‌ضرب انحنای مسطح در سینوس زاویه شیب	جایگزینی برای اندازه‌گیری همگرایی و واگرایی جریان محلی

۱- Altitude، ۲- Aspect، ۳- Slope، ٤- Specific Catchment Area، ٥- Profile curvature، ٦- Plan curvature و ۷- Tangential curvature

جدول ۲- خصوصیات ثانویه توپوگرافی

خصوصیت	تعریف	اهمیت
شاخص رطوبت توپوگرافی[۱]	$W_T = \ln\left(\frac{A_S}{T\tan\beta}\right)$	این رابطه در شرایط پایا فرض می‌گردد و بیان کننده پراکنش مکانی و محدوده زون‌های رطوبتی برای تولید رواناب و به‌عنوان تابعی از سطوح تأثیرگذار شیب‌های بالادست، قابلیت نقل و انتقال و درجه شیب می‌باشد.
شاخص قدرت جریان آب[۲]	$SPI = A_S\tan\beta_R$	اندازه‌گیری قدرت فرسایش دهندگی جریان‌های آب براساس فرضی که دبی (q) متناسب با سطح ویژه حوضه آبخیز (A_S) است. فرسایش خالص را در سطوح دارای برآمدگی پروفیلی یا فرورفتگی مماسی دارند (تسریع جریان و همگرایی زون‌ها) و رسوب‌گیری خالص در سطوح فرورفتگی پروفیلی دارند (زون‌های کاهش سرعت جریان)
	$LS=(m+1)\times\left(\frac{A_S}{22.13}\right)^m\times\left(\frac{\sin\beta}{0.0896}\right)^n$	شاخص ظرفیت حمل رسوبات مشتق شده از تئوری قدرت جریان واحد و در موقعیت‌های خاص برابر با عامل طول شیب در رابطه جهانی اتلاف خاک است. شکل دیگر این رابطه گاهی اوقات برای پیش‌بینی مکان‌های فرسایش خالص و سطوح رسوب‌گیری خالص مورد استفاده قرار می‌گیرد.
شاخص تابش خورشید[۳]	$R_n = (1-\alpha)\times R_t + \varepsilon_s L_{in} - L_{out}$	این رابطه خروجی خالص یا بازده انرژی سطحی را در سطح زمین برای برخی از دوره‌هایی که توسط کاربر معرفی می‌گردند محاسبه می‌کند. امکان این که اثرات ابر را در نظر بگیریم یا نگیریم، وابسته به روشها و منبع داده‌ها برای ارزیابی مؤلفه‌های اختصاصی تابش‌های با طول موج کوتاه است.

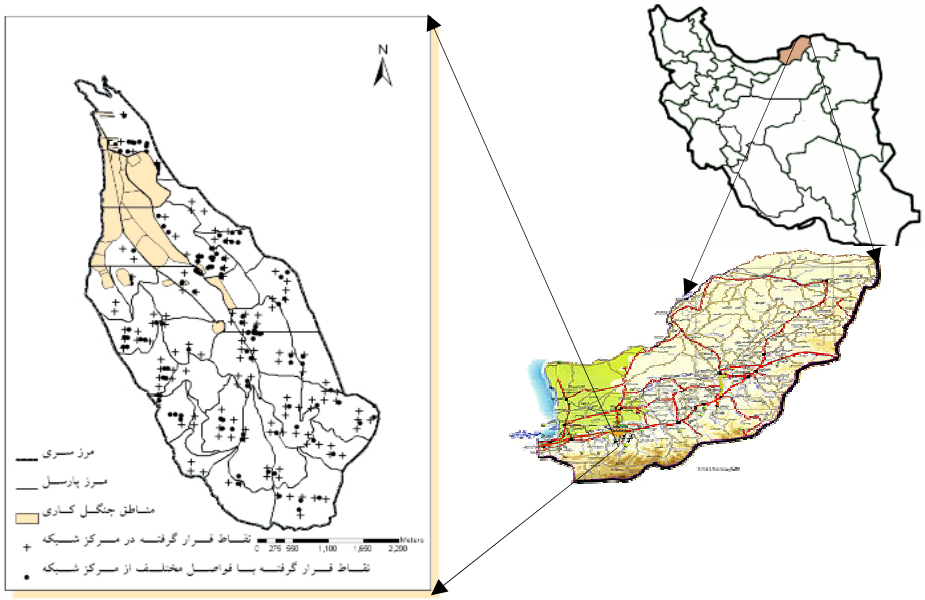
۱- Topographic wetness index، ۲- Relative stream power index و ۳- Solar radiation index

تحقیق حاضر نیز به‌عنوان یک مطالعه موردی در زمینه پیش‌بینی احتمال حضور تیپ‌های جنگلی در جنگلهای پهن‌برگ هیرکانی در سری یک جنگل آموزشی شصت‌کلاته گرگان با استفاده از خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی و نمونه‌برداری‌های زمینی و استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون لجستیک انجام شده است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

سری یک جنگل آموزشی شصت‌کلاته گرگان در عرض جغرافیایی ´۴۳ °۳۶ تا ´۴۵ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ´۲۴ °۵۴ تا ´۲۱ °۵۴ دقیقه شرقی قرار دارد. کل مساحت سری ۱۷۱۴ هکتار و دارای ۳۳ پارسل می‌باشد (شکل ۱). خاک منطقه عمدتاً از نوع قهوه‌ای و قهوه‌ای خاکستری و میزان بارندگی متوسط سالیانه آن ۶۴۹ میلی‌متر می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۸۶).



شکل ۱- موقعیت و پراکنش قطعات نمونه در منطقه مورد مطالعه

روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به‌صورت ترکیبی از روشهای منظم- تصادفی (سیستماتیک) و خوشه‌ای- تصادفی صورت گرفت. در این روش در هر پارسل به‌طور تصادفی ۲ تا ٤ نقطه (در بعضی پارسل‌ها ۲ و در بعضی پارسل‌ها ۳ یا ٤ قطعه نمونه) در مرکز شبکه اصلی (۲۰۰×۱۵۰ متر) انتخاب گردید. سپس نسبت به مرکز هر قطعه نمونه واقع بر روی شبکه و به فواصل و جهات مختلف (فواصل ۳۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری به‌طور پراکنده و تصادفی در بعضی از ۸ جهت جغرافیایی) نیز قطعات نمونه دیگری به‌طور تصادفی برداشت گردید. در برداشت این قطعات نمونه سعی شد که از هر فاصله، ۱۰ تا ۱۵ قطعه نمونه در ۸ جهت اصلی و فرعی در کل سطح موردنظر برداشت گردد. قطر برابرسینه درختان با اندازه بیشتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر و نوع گونه آنها ثبت شد. در مجموع ۲٤۹ قطعه نمونه ۰/۱ هکتاری برداشت و موقعیت جغرافیایی آنها نیز با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد. در تعیین نوع تیپ در قطعات نمونه در جنگلهای ناهمسال، استفاده از مشخصه فراوانی کل درختان به‌تنهایی نمی‌تواند تعیین کننده باشد، زیرا در این صورت سهم درختان قطور با تاج‌پوشش زیاد با درختان جوان و کم‌قطر که دارای تاج‌پوشش بسیار کوچکی هستند، برابر در نظرگرفته می‌شود. بنابراین با انتخاب درختان با بیشترین قطر، سهم این درختان در تعیین و تفکیک تیپ‌ها مشخص و اهمیت می‌یابد. بر همین اساس، در این تحقیق ابتدا ۱۰ اصله از قطورترین درختان در هر قطعه نمونه انتخاب و سپس براساس درصد فراوانی گونه و غلبه آنها تیپ‌بندی انجام شد. در این روش چنانچه فراوانی گونه غالب بیش از ۹۰ درصد باشد، به‌نام گروه درختی خالص نامیده می‌شود. چنانچه فراوانی گونه اول بیش از ۵۰ درصد و فراوانی گونه دوم کمتر از ۵۰ درصد باشد، به‌نام گروه درختی آمیخته (۲ درختی که نام آن گونه اول- گونه دوم است) نام‌گذاری خواهد شد. اگر فراوانی همه گونه‌ها کمتر از ۵۰ درصد باشد، نام آن تیپ آمیخته خواهد بود (گرجی بحری، ۱۳۷۹).

روش تحقیق

محاسبه خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی: مدل رقومی زمین با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، تهیه شده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ به‌عنوان ورودی نرم‌افزارهای DIGEM 2.0 و TAS برای بدست آوردن خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی بکار گرفته شد. ویژگی‌های اولیه و ثانویه توپوگرافی با انجام محاسبات بر روی مدل رقومی زمین با استفاده از روش D8 (O´Callaghan & Mark, 1984) تعیین گردید. در این روش اجازه داده می‌شود که جریان از یک سلول فقط به یک سلول از هشت سلول همسایه براساس جهت اولیه جریان عبور پیدا کند. در نهایت ۸ متغیر فیزیوگرافی اولیه شامل ارتفاع از سطح دریا (Alti)، جهت شیب (As)، سطح ویژه حوضه آبخیز (S.C.A)، انحنای مماسی (Tan.C)، انحنای مسطح (Plan.C)، انحنای افقی (Pro.C)، شیب (Slo) و ٤ متغیر ثانویه فیزیوگرافی شامل تابش خورشید (S.R)، قدرت جریان آب (R.S.P)، شاخص رطوبت (W.I) و شاخص ظرفیت حمل رسوبات (L.S) با استفاده از مدل رقومی زمین بدست آمد.

استخراج اطلاعات: پس از تهیه نقشه‌های یادشده، نقشه قطعات نمونه با توجه به سطح آنها (۰/۱ هکتار) 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 برای تجزیه و تحلیل آماری فراهم گردید.

انتخاب بهترین متغیرها برای بررسی روابط رگرسیونی: یکی از جنبه‌های مهم پردازش آماری داده‌های محیطی، بررسی روابط و همبستگی‌های بین دو متغیر است. به‌دلیل زیاد بودن تعداد متغیرهای مستقل و به‌منظور کاهش هم‌خطی بین متغیرهای مستقل (به‌دلیل تکرار اطلاعات مشابه در متغیرهای با همبستگی زیاد)، بررسی همبستگی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون انجام شد تا متغیرهایی که همبستگی خطی کمتری با هم دارند در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گیرند.

مدل آماری و اعتبارسنجی آن: به‌منظور تعیین عوامل مؤثر بر پراکنش تیپ‌های جنگلی با استفاده از رابطه آنها با متغیرهای توپوگرافی و به‌منظور ارائه مدل پیش‌بینی تیپ‌های جنگلی از رگرسیون لجستیک با پاسخ باینری استفاده شد (Clark & Hosking, 1986). رگرسیون لجستیک شکل خاصی از رگرسیون چندگانه است که متغیر وابسته آن به‌صورت گسسته می‌باشد که در آن تنها دو عدد محتمل است: صفر و یک. در این نوع رگرسیون نیز مانند رگرسیون خطی، یک یا چند متغیر مستقل وجود دارد که براساس آنها می‌توان احتمال هر یک از سطوح متغیر دو حالته متغیر وابسته را محاسبه نمود؛ با این حال روش محاسباتی این دو روش با هم تفاوت دارد. در این نوع مدل احتمال حضور متغیر پاسخ براساس رابطه ۱ (رابطه رگرسیون لجستیک) بدست می‌آید.

رابطه۱

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \ldots + \beta_n x_n$$

P، احتمال این که متغیر وابسته برابر یک باشد. $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \ldots, \beta_n$، ضریب برآورد شده متغیر موجود در مدل توسط رگرسیون لجستیک و $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$، متغیر مستقل موجود در مدل است. با استفاده از مشخصه‌های برآورد شده، احتمال حضور برای هر متغیر پاسخ بدست می‌آید (رابطه ۲). به‌طوری که مرز بین حضور و عدم حضور متغیر پاسخ برابر ۰/۵ است که متغیر پاسخ را به طبقه صفر یا یک طبقه‌بندی می‌کند (Hanewinkel *et al*., 2004; Casasnovas *et al*., 2004).

رابطه ۲

$$P(y = 1/X) = \frac{\exp(\sum B_i X_i)}{1 + \exp(\sum B_i X_i)}$$

در این رابطه X_i، نام متغیر مستقل شرکت کننده در مدل و B_i، ضریب ثابت متغیر شرکت کننده در مدل می‌باشد.

پس از تهیه نقشه عوامل موردنظر و استخراج اطلاعات آنها در محل قطعات نمونه، مدل پیش‌بینی احتمال حضور برای هر تیپ تهیه گردید. تجزیه و تحلیلهای آماری در نرم‌افزار SPSS 15 و ارزیابی مدل نیز با انتخاب ۳۰ درصد از داده‌ها همزمان با مدل‌سازی انجام شد. تجزیه رگرسیون براساس روش Forward Stepwise (Likelihood Ratio) انجام و براساس ضریب آماره‌ها نسبت به انتخاب بهترین مدل اقدام گردید. نتیجه این تجزیه رابطه‌ایست که اجازه می‌دهد تا ارتباط بین هر متغیر و پراکنش مکانی تیپ‌های جنگلی مشخص شود. در رگرسیون خطی، آماره r-square قسمتی از واریانس متغیر پاسخ را که به‌وسیله مدل توضیح داده می‌شود، اندازه‌گیری می‌کند که این آماره نمی‌تواند به‌طور صحیحی برای مدل‌های رگرسیون لجستیک محاسبه گردد. در عوض از آماره‌های -2 log-likelihood و pseudo r-square استفاده می‌شود. هر چه میزان pseudo r-square بیشتر باشد، نشان می‌دهد که مدل بدست آمده توانسته است تغییرات بیشتری را به‌وسیله مدل توضیح دهد. در مرحله بعد، آزمون معنی‌داری مدل (Goodness-of-Fit test) به‌وسیله آزمون هوسمر- لمشاو (Hosmer and Lemeshow) مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر معنی‌داری آن از ۰/۰۵ بزرگتر باشد، مدل بدست آمده مناسب است، در غیر این صورت معتبر نیست. در مرحله انتخاب بهترین متغیرها برای مدل‌سازی، اگر آماره Wald معنی‌دار باشد (یعنی معنی‌داری آن از ۰/۰۵ کوچکتر باشد)، آن متغیر در مدل انتخاب می‌شود. در نهایت با استفاده از رابطه رگرسیونی، تهیه نقشه‌های پیش‌بینی احتمال حضور برای کل منطقه در محیط نرم‌افزار Arc GIS انجام شد.

نتایج

به‌منظور بررسی همبستگی بین متغیرهای اولیه و ثانویه فیزیوگرافی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. با بررسی ضریب‌های همبستگی بین متغیرهای فیزیوگرافی مشاهده گردید که برخی از متغیرها همبستگی زیادی با هم دارند. بنابراین از بین ۱۲ متغیر موجود متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت شیب، تابش خورشید، قدرت جریان آب، انحنای مسطح و افقی و شاخص رطوبت که ضریب همبستگی کمی با هم داشتند برای استفاده در فرایند مدل‌سازی انتخاب شدند (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین خصوصیات فیزیوگرافی اولیه و ثانویه و خصوصیات کمی جنگل

	Alti	As	S.C.A	Tan.C	L.S	Plan.C	Pro.C	Slo	S.R	R.S.P	W.I
Alti	۱										
As	-۰/۰۱۲	۱									
S.C.A	۰/۰۵۶	/۰۳۳	۱								
Tan.C	-۰/۰۲۳	-۰/۰۳۱	-۰/۱۶*	۱							
L.S	۰/۲۰۷**	/۰۰۶	۰/۸۳**	-۰/۲۶**	۱						
Plan.C	-۰/۰۵۳	-۰/۰۷۱	-۰/۳٤**	۰/۷۲٦**	-۰/٤٥**	۱					
Pro.C	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰٤	۰/۹۳۱**	-۰/۱۰٦	۰/٤۲٤**	۱				
Slo	۰/٤۲۳**	-۰/۱٤*	-۰/۰۱٤	-۰/۲٤٥**	۰/۲٦۷**	-۰/۱۹۱**	-۰/۲۲**	۱			
S.R	-۰/۵۲**	۰/۰۱۳	-۰/۱۵*	۰/۲۰۳**	-۰/۳۰**	۰/۱۵۷*	۰/۱۸**	-۰/٤۹**	۱		
R.S.P	۰/۱۰٤	۰/۰۱۹	۰/۹٦**	-۰/۱٦۳**	۰/۹۲۱**	-۰/۳۵**	-۰/۰۲۹	۰/۰۵	-۰/۱۹**	۱	
W.I	۰/۳٤**	۰/۱۱۲	۰/۳٤**	-۰/۲۱۹**	۰/۲٦**	-۰/۳۵**	-۰/۱۰۲	-۰/۵۳**	۰/۱۸**	۰/۲۸**	

**: همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد و *: همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد

براساس جدول ۳، متغیر RSP (قدرت جریان آب) دارای همبستگی بیش از ۹٦ درصد با متغیر SCA (سطح ویژه حوضه آبخیز) است، از طرفی با متغیر LS (شاخص حمل رسوبات) نیز دارای همبستگی ۹۲ درصد است که از بین این سه متغیر نیز LS همبستگی زیادتری با سایر متغیرها دارد، بنابراین متغیر LS در این مرحله حذف گردید. این کار نیز برای حذف متغیر Tan (انحنای تانژانتی) به‌دلیل همبستگی زیاد با متغیر Pro (انحنای نیمرخی) صورت گرفت.

با استفاده از روش تیپ‌بندی ویژه و با استفاده از نمونه‌های برداشت شده، چهار تیپ کلی انجیلی- افرا همراه با ممرز، راش- ممرز، ممرز- انجیلی و بلوط- ممرز در منطقه شناسایی شدند. سپس ارتباط بین خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی (متغیرهای مستقل) و متغیر کیفی حضور یا عدم حضور تیپ جنگلی (متغیر وابسته) با استفاده از رگرسیون لجستیک، مدل‌سازی شد. نتایج مدل‌سازی و ارزیابی برای هر تیپ در جدولهای ٤ تا ۷ ارائه شده است.

جدول ٤ نتایج معنی‌داری آزمون هوسمر- لمشاو و میزان pseudo r-square را برای هر تیپ نشان می‌دهد. نتایج پیش‌بینی برای تیپ‌های انجیلی- افرا همراه با ممرز و ممرز- انجیلی ضعیف‌تر از تیپ‌های راش- ممرز و بلوط- ممرز ارزیابی شد؛ آزمون هوسمر- لمشاو نیز معتبر بودن مدل‌ها را تأیید نمود.

جدول ٤- نتایج میزان pseudo r-square و آزمون هوسمر- لمشاو

نام تیپ	pseudo r-square	آزمون هوسمر- لمشاو
انجیلی- افرا همراه با ممرز	۰/۲۲۵	۰/۵۹۷
ممرز- انجیلی	۰/٤۲۷	۰/۵۰۵
راش- ممرز	۰/۸۵۳	۰/۷۰٤
بلوط- ممرز	۰/٦۵۳	۰/۸۳۲

برای ارزیابی مدل از جدول طبقه‌بندی استفاده شد که نشان دهنده میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با داده‌های ارزیابی می‌باشد. در این جدول درصد صحت مقادیر پیش‌بینی شده برای هر طبقه (یک و صفر)، هم برای داده‌های ساخت مدل و هم برای داده‌های ارزیابی مدل، محاسبه شد (جدول ۵). براساس نتایج، درصد صحت کلی برای دو تیپ بلوط- ممرز و راش- ممرز، عالی و برای دو تیپ دیگر خوب ارزیابی می‌گردد.

جدول ۵- درصد صحت طبقه‌بندی برای دو طبقه صفر (عدم حضور) و یک (حضور)

نام تیپ		درصد صحت پیش‌بینی شده		تطابق بین مقادیر
		داده‌های مربوط به مدل	داده‌های ارزیابی	پیش‌بینی و ارزیابی
انجیلی- افرا همراه با ممرز	۰	۶۱/۷	۵۵	
	۱	۷۷/۸	۵۷/۱	
	صحت کلی	۶۹/۶	۵۶/۱	خوب
راش- ممرز	۰	۹۴/۴	۱۰۰	
	۱	۹۳/۳	۱۰۰	
	صحت کلی	۹۳/۹	۱۰۰	عالی
ممرز- انجیلی	۰	۷۱/۱	۷۲/۷	
	۱	۸۰	۷۲/۷	
	صحت کلی	۷۵	۷۲/۷	خوب
بلوط- ممرز	۰	۹۰	۹۳/۸	
	۱	۷۲/۷	۶۰	
	صحت کلی	۸۶/۴	۸۵	عالی

در مرحله بعد متغیرهایی که در ساخت مدل سهم بیشتری داشتند، انتخاب شدند. در این مورد آن دسته از متغیرهایی که آماره Wald برای آنها معنی‌دار بود (معنی‌داری کوچکتر از ۰/۰۵) در مدل انتخاب شدند (جدول ۶).

جدول ۶- معنی‌داری متغیرهای شرکت کننده در مدل لجستیک

نام تیپ	نام متغیر شرکت کننده در مدل	ضریب متغیر	آماره Wald	معنی‌داری
انجیلی- افرا همراه با ممرز	پتانسیل سالانه تابش خورشید	۵۰۷×۱۰^{-۵}	۱۲/۳۸۳	۰
	ضریب ثابت مدل	-۶/۸۶۹۰۵	۱۲/۰۴۵	۰/۰۰۱
راش- ممرز	ارتفاع	۰/۰۲۰۴۶۵	۸/۷۹۲	۰/۰۰۳
	ضریب ثابت مدل	-۱۲/۵۲۵۴	۸/۴۹۹	۰/۰۰۴
ممرز- انجیلی	پتانسیل سالانه تابش خورشید	۰/۰۱۸۸۱	۷/۳۷۱	۰/۰۰۷
	جهت شیب	۰/۰۶۹۷۸	۵/۵۵۳	۰/۰۱۸
	ضریب ثابت مدل	-۴۴/۴۲۲	۶/۶۳۱	۰/۰۱۰
بلوط- ممرز	ارتفاع	-۰/۰۲۸۶۸۳۸	۸/۱۰۸	۰/۰۰۴
	ضریب ثابت مدل	۹/۰۹۴۴۳۴	۷/۹۱۰	۰/۰۰۵

براساس نتایج، تمامی متغیرهای شرکت کننده در مدل لجستیک هر چهار تیپ جنگل معنی‌دار هستند. مدل پیش‌بینی احتمال حضور هر تیپ با توجه به ضرایب متغیرها در هر مدل بدست آمد (روابط ۳ تا ٦).

رابطه ۳- مدل پیش‌بینی احتمال حضور تیپ انجیلی- افرا همراه با ممرز

$$P = \frac{\exp(-6/86905 + (507 \times 10^{-5} \times \text{Solar}))}{1 + \exp(-6/86905 + (507 \times 10^{-5} \times \text{Solar}))}$$

رابطه ٤- مدل پیش‌بینی احتمال حضور تیپ راش- ممرز

$$P = \frac{\exp(-12/5254 + (0.020465 \times \text{Altitude}))}{1 + \exp(-12/5254 + (0.020465 \times \text{Altitude}))}$$

رابطه ٥- مدل پیش‌بینی احتمال حضور تیپ ممرز- انجیلی

$$P = \frac{\exp(-44/422 + (0/01881 \times \text{Solar}) + (0.06978 \times \text{Aspect}))}{1 + \exp(-44/422 + (0/01881 \times \text{Solar}) + (0.06978 \times \text{Aspect}))}$$

رابطه ٦- مدل پیش‌بینی احتمال حضور تیپ بلوط- ممرز

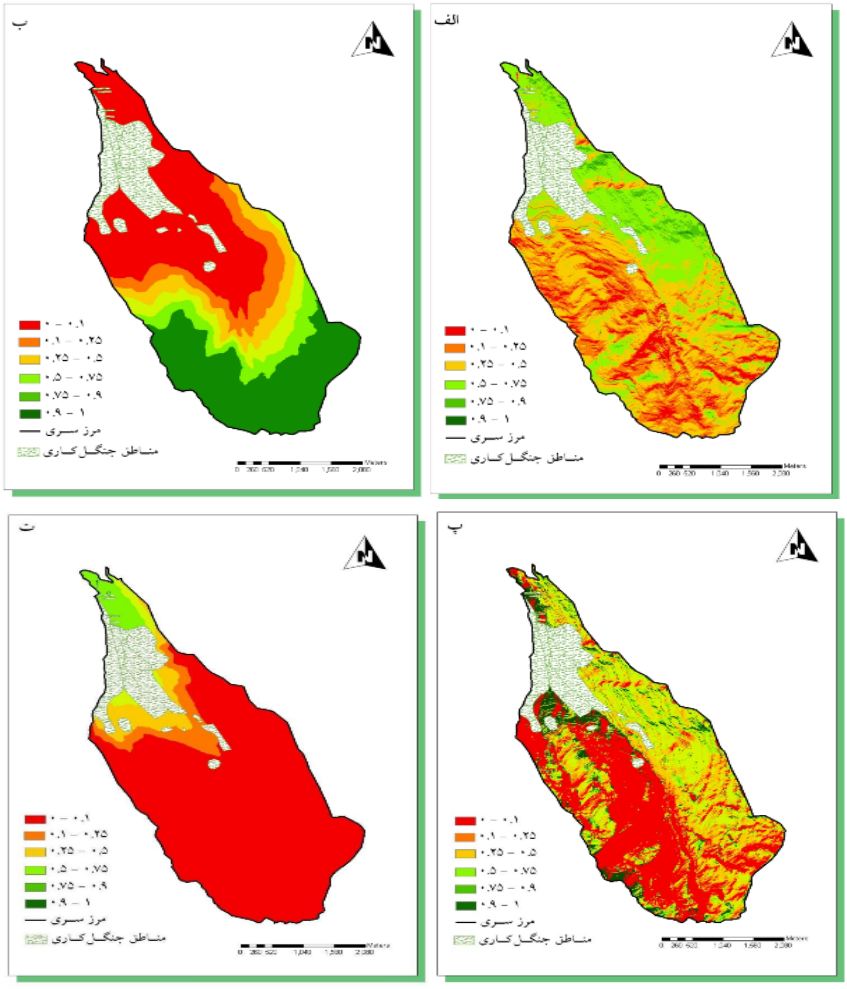
$$P = \frac{\exp(9/0494434 + (-0/0286838 \times \text{Altitude}))}{1 + \exp(9/0494434 + (-0/0286838 \times \text{Altitude}))}$$

نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که تابش خورشید تأثیر زیادی در پراکنش تیپ انجیلی- افرا همراه با ممرز داشته است. البته این نتیجه به این معنی نیست که متغیرهای دیگر مانند متغیرهای اقلیمی، سنگ مادری و خاک که در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفتند بر پراکنش این تیپ تأثیری ندارند، بلکه این نتایج با متغیرهای اولیه و ثانویه توپوگرافی بوده است. البته مشخص است که با ورود این متغیرها، مدل دقیق‌تری بدست خواهد آمد. همچنین نتایج نشان داد که ارتفاع در تیپ‌های راش- ممرز و بلوط- ممرز و تابش خورشید و جهت شیب در تیپ ممرز- انجیلی، مؤثرترین عوامل در مدل پراکنش مکانی تیپ‌های موردنظر بوده‌اند. در بسیاری از مواقع متغیری که در مدل شرکت می‌کند دارای تغییراتی بیشتر از -2 log-likelihood است؛ در این مورد متغیری که سطح معنی‌داری آن زیاد باشد (یعنی بزرگتر از ۰/۱ باشد) باید از مدل حذف شود. در مدلهای بدست آمده، تمامی متغیرها دارای تغییراتی کمتر از ۰/۱ هستند، بنابراین در این مدل‌ها هیچ متغیری حذف نگردید (جدول ۷).

جدول ۷- معنی‌داری مدل در رابطه با تغییرات -2 log-likelihood در مدل لجستیک

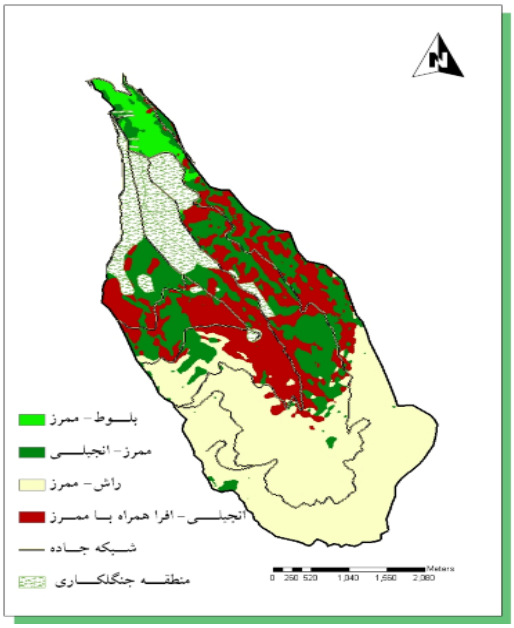
نام تیپ	نام متغیر	Model Log Likelihood	Change in -2 Log Likelihood	Sig. of the Change
انجیلی- افرا همراه با ممرز	پتانسیل سالانه تابش خورشید	-٦۳/۷٤۸	۱۷/۰۳۲	۰
راش- ممرز	ارتفاع	-۲۲/۷۳۷	۳۳/۵۱۵	۰
ممرز- انجیلی	پتانسیل سالانه تابش خورشید	-٤٤/۳۷	۲۱/۵	۰
	جهت شیب	-٤۱/۱	۱٤/۹۵	۰
بلوط- ممرز	ارتفاع	-۲۷/۳۹	۲۸/۹۷	۰

در نهایت با اعمال رابطه‌های ۳ تا ٦ بر روی لایه‌های اطلاعاتی موردنظر در محیط GIS، نقشه پیش‌بینی برای هر تیپ تهیه شد که نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است. با استفاده از نقشه‌های احتمال برای چهار تیپ یادشده، نقشه نهایی تیپ تهیه گردید. شکل ۳ نقشه تیپ کلی منطقه را پس از اعمال فیلتر مد ۷×۷ نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقشه مقادیر احتمال حضور تیپ‌ها در مناطق مختلف

(الف: انجیلی- افرا همراه با ممرز، ب: راش- ممرز، پ: ممرز- انجیلی و ت: بلوط- ممرز)



شکل ۳- نقشه نهایی تیپ‌های جنگل

بحث

عوارض زمین در بسیاری از فرایندهای محیطی نقش اساسی ایفا می‌کنند. این ارتباط به‌حدی قوی است که درک ماهیت و ویژگی‌های عوارض زمینی و پردازش آن به‌طور مستقیم در شناخت و تفسیر فرایندهای محیطی نقش و تأثیر کنترل کننده‌ای دارد. بنابراین طبیعی است که نمایش رقومی عوارض زمین به‌عنوان یکی از مهمترین لایه‌های اطلاعاتی در فرایند مدل‌سازی محیطی در نظر گرفته شود (محمدی، ۱۳۸۵).

در این تحقیق، تجزیه آماری پیش‌بینی مکانی تیپ‌های جنگلی با استفاده از خصوصیات توپوگرافی به‌وسیله رگرسیون لجستیک انجام گردید. نتایج پیش‌بینی با رگرسیون لجستیک در مورد دو تیپ راش- ممرز و بلوط- ممرز که در رویشگاه‌های محدودتری حضور داشتند نسبت به دو تیپ ممرز- انجیلی و انجیلی- ممرز همرا با افرا که پراکنش وسیعتری دارند، نشان داد که مدل‌های پیش‌بینی مکانی تیپ‌های جنگلی برای تیپ‌هایی که دامنه بوم‌شناختی محدودی دارند نسبت به تیپ‌هایی که پراکنش وسیعتری در سطح منطقه دارند بهتر با واقعیت تطابق دارد و درجه بالایی از صحت را نشان می‌دهد. دامنه بوم‌شناختی تیپ‌های انجیلی- افرا همراه با ممرز و ممرز- انجیلی همپوشانی دارند و در دامنه وسیعی از تغییرات توپوگرافی مشاهده می‌شوند؛ علاوه بر آن غیر ممکن است که پراکنش گیاهان را به‌طور کامل محدود به نقش خصوصیات توپوگرافی دانست، زیرا برخی از گونه‌ها نسبت به شرایط مختلف مقاوم هستند؛ بنابراین مدل رگرسیون لجستیک قادر نیست تا پیش‌بینی رابطه تیپ- محیط را در مورد این دو تیپ با دقت زیادی انجام دهد. تأثیر عواملی که به‌صورت طبیعی یا مصنوعی سبب آشفتگی در جنگل شده‌اند نیز مورد توجه می‌باشد (Peffer *et al*., 2003). نتایج کلی نشان دهنده این است که ارتفاع، تابش خورشید و جهت شیب، مؤثرترین عوامل در پراکنش تیپ‌های جنگلی در منطقه مورد مطالعه هستند. ولی تأثیر هر کدام از این متغیرهای توپوگرافی بر همهٔ تیپ‌ها یکسان نبوده و هر تیپ به‌وسیله عامل توپوگرافی خاصی و به میزان مشخصی، محدود شده است.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در ارتفاعات خیلی پایین، ابتدا تیپ بلوط- ممرز ظاهر شده است؛ سپس با افزایش ارتفاع تیپ ممرز- انجیلی در ارتفاعات

میان‌بند ظاهر می‌شود؛ هرچه به‌سمت بالاتر برویم میزان انجیلی افزایش می‌یابد و تیپ انجیلی- افرا همراه با ممرز ظاهر می‌گردد. همچنان که ارتفاع تا حد خاصی افزایش می‌یابد، راش بر انجیلی غلبه پیدا کرده و تعداد انجیلی کاهش می‌یابد که شاهد تیپ راش- ممرز هستیم.

بلوط یک گونه نورپسند و حرارت‌پسند است و به‌دلیل این که در ارتفاعات پایین هم حرارت بیشتر و هم نور بیشتری دریافت می‌گردد، در این ارتفاعات ظاهر می‌شود و با ممرز تشکیل تیپ می‌دهد. این تیپ بر روی شیب‌های جنوبی و آفتاب‌گیر قرار دارد و دامنه‌های کم‌شیب را به‌خود اختصاص می‌دهد. در ارتفاعات بالا، خورشید بر یک سطح مایل می‌تابد و نور کمتری دریافت می‌شود. حرارت نیز با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. بنابراین راش که یک درخت نیمه سایه‌پسند است و قادر است حرارت کم را تحمل کند، ظاهر می‌گردد. انجیلی و ممرز دو درخت نیمه نورپسند و نیمه حرارت‌پسند هستند و در ارتفاعات میانی حضور می‌یابند. مدل‌های روابط ۳ تا ٦ نیز تأیید کننده اهمیت ارتفاع و تابش خورشید در استقرار تیپ‌های جنگلی هستند.

Canton *et al*. (2004) با بررسی همبستگی بین خصوصیات توپوگرافی و فراوانی نسبی تیپ‌های پوشش زمین، ثابت کردند که پوشش زمین در طول گرادیان ارتفاعی سازگار شده و رابطه این تیپ‌ها با خصوصیات محلی زمین مانند زاویه شیب یا ارتفاع نسبت به سایر خصوصیات توپوگرافی مرتبط با انتقال رسوبات و آب، مانند نسبت سطوح تأثیرگذار، شاخص رطوبت یا عامل طول شیب، کاملاً مشخص‌تر است. Peffer *et al*. (2003) نیز پتانسیل تابش خورشید و ارتفاع را مؤثرترین متغیرها در تفکیک جوامع گیاهان آلپی معرفی نمودند. در تحقیق Franklin *et al*. (2000)، ارتفاع و پتانسیل تابش خورشید مهمترین متغیرها برای توضیح الگوهای ترکیب گیاهی در گیاهان چاپارال معرفی شدند و انعکاس‌های چند طیفی، شیب، انحنا، شاخص رطوبت توپوگرافی و موقعیت توپوگرافی بقیه واریانس را پوشش می‌داد. آنها پیشنهاد کردند که تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش مکانی گیاهان براساس متغیرهای محیطی می‌تواند یک تکنیک نقشه‌سازی قوی باشد. Claessens *et al*. (2006) استفاده از خصوصیات زمین در بیان فرایندهای ژئومورفولوژیکی و مکانیسم‌های آشفتگی (اختلال) را اغلب در توضیح چرخه اکولوژیکی گونه‌ها ضروری دانستند. Vogiatzakis & Griffiths (2006) استفاده از سه متغیر ارتفاع، زاویه شیب و تغییرات شکل زمین را در افزایش دقت نقشه حاصل برای تیپ‌های مختلف، مؤثر دانستند. با توجه به نتایج حاصل و مقایسه آن با نتایج سایر محققان می‌توان نتیجه گرفت که مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان به‌دلیل مکانی بودن تغییرات پوشش گیاهی و خصوصیات اقلیمی و توپوگرافیکی چندان صحیح نمی‌باشد؛ ولی می‌توان نتیجه گرفت که عامل اساسی در تغییرات تیپ‌های پوششی در مناطق کوهستانی، ارتفاع است ولی تغییرات سایر متغیرها مانند تابش خورشید، شیب و جهت شیب نیز در تغییر تیپ‌های پوشش گیاهی مؤثرند.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر و سایر محققان می‌توان بیان کرد که خصوصیات توپوگرافی به‌تنهایی نمی‌توانند تمامی فرایندهای مهم اکولوژیکی مؤثر بر پراکنش مکانی الگوهای گیاهان یا درختان را تبیین کنند (Claessens *et al*. 2006)، اما بیانگر سهم مهم شرایط و فرایندهای محیطی در ساخت قلمرو گیاهان هستند. واریانس اندازه‌گیری نشده در مورد تیپ‌های مذکور، نشان دهنده نقش عواملی مانند دخالت انسانی، عوامل خاک‌شناسی، سنگ‌شناسی، زمین‌شناسی، عرض جغرافیایی، عوامل اقلیمی و سایر عوامل می‌باشند. بنابراین مدل‌های پراکنش تیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق نتوانسته‌اند به‌طور صددرصد پراکنش این تیپ را پیش‌بینی نمایند. نقشه حاصل نیز یک تصویر کلی از جنگل مورد بررسی را ارائه می‌دهد.

به‌منظور دستیابی به نتایج بهتر و پیش‌بینی دقیق‌تر تیپ جنگل، پیشنهاد می‌گردد که استفاده از اطلاعات کمکی مانند تصاویر سنجش از دور، اطلاعات اقلیمی، اطلاعات خاک‌شناسی و زمین‌شناسی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- بی‌نام، ۱۳۸٦. طرح جنگل‌داری تجدیدنظر دوم سری یک دکتر بهرام‌نیا. گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ٤٧٨ صفحه.
- رفیعیان، ا.، درویش‌صفت، ع.ا. و نمیرانیان، م.، ۱۳۸۵. تعیین تغییرات گستره جنگلهای شمال کشور بین سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده +ETM (مطالعه موردی در جنگلهای بابل). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰ (۳): ۲۸۵-۲۷۷.
- زارع چاهوکی، م.ع.، جعفری، م.، آذرینوند، ح. و شفیع‌زاده، م.، ۱۳۸٦. مقایسه روشهای مدل‌سازی برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌های گیاهی در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: پشتکوه استان یزد). مجله علمی-پژوهشی مرتع، ۱ (٤): ۳٥٦-۳٤۲.
- گرجی بحری، ی.، ۱۳۷۹. بررسی طبقه‌بندی تیپولوژی جنگل و برنامه‌ریزی جنگل‌شناسی جنگل تحقیقاتی واز. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۳۹ صفحه.
- محمدی، ج.، ۱۳۸۵. پدومتری (سیستم‌های اطلاعات مکانی). انتشارات پلک، ٦۳۷ صفحه.
- Brito, C., Crespo, L.G. and Paulo, O.S., 1999. Modeling wildlife distributions: logistic multiple regression vs overlap analysis. Ecography, 22: 251-260.
- Buckland, S.T. and Elston, D.A., 1993. Empirical models for the spatial distribution of wildlife. Journal of Applied Ecology, 30: 478-495.
- 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.
- Casasnovas, J.A.M., Ramosa, M.C. and Poesen, J., 2004. Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis. Geomorphology, 58: 305-321.
- 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.
- Clark, W.A. and Hosking, P.L., 1986. Statistical Methods for Geographers. Wiley, New York, 528 p.
- Franklin, J., McCullough, P. and Gray, C., 2000. Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in southern California. In: Wilson, J.P. and Gallant, J.C., (eds.), Terrain Analysis, Principles and Applications. John Wiley and Sons Inc: 331-353.
- 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.
- Guisan, A., Weiss, S.B. and Weiss, A.D., 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution (abstract- GEOBASE). Plant Ecology, 143 (1): 107-122.
- Hanewinkel, M., Zhou, W. and Schill, Ch., 2004. A neural network approach to identify forest stands susceptible to wind damage. Forest Ecology and Management, 196: 227-243.
- Hettricj, H. and Rosenweig, S., 2003. Multivariate statistics as a tool for model-based prediction of floodplain vegetation and fauna. Ecological Modeling, 169: 73-87.
- Hidalgo, P.J., Marin, 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.
- Moore, I.D., Grayson, R.B. and Landson, A.R., 1991. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphologic, and biological applications. Hydrological Processes, 5: 3-30.
- 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.
- Ohmann, J.L. and Gregory, M.J., 2002. Predictive mapping of forest composition and structure with direct gradient analysis and nearest neighbor imputation in coastal Oregon. U.S.A. Can. J. For. Res., 32: 725-741.
- Peffer, K., Pebesma, E.J. and Burrough, P.A., 2003. Mapping alpine vegetation using vegetation observations and topographic attributes. Landscape Ecology, 18: 759-776.
- Vogiatzakis, I.N. and Griffiths, G.H., 2006. A GIS-based empirical model for vegetation prediction in Lefka Ori, Crete. Plant Ecology, 184: 311-323.
- Walker, P.A., 1990. Modeling wildlife distributions using a geographic information system: kangaroos in relation to climate. Journal of Biogeography, 17: 279-289.
- Wiser, S.K., Robert, K.P. and Peter, S.W., 1998. Prediction of rare-plant occurrence: A southern Appalachian example. Ecological Applications, 8 (4): 909-920.

Application of topography and logistic regression in forest type spatial prediction

F. Ghanbari [1*], Sh. Shataee Joybari [2], M. Azim Mohseni [3] and H. Habashi [4]

1*- Corresponding author, M.Sc. of Forestry, University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Iran.
E-mail: Fariba_Ghanbari@yahoo.com
2- Associate Prof., University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Iran.
3- Assistant Prof., Department of Statistics, Golestan University.
4- Assistant Prof., University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Iran.
Received: 30.06.2009 Accepted: 11.04.2010

Abstract

This research was carried out for predicting probability of forest type's presence using topographic attributes in the Educational and Research Forest of Doctor Bahramnia, district 1, with 1714 ha area. Field sampling was performed, based on cluster random sampling and systematic random sampling and 249 plots were sampled with 0.1 hectare area (without plantation area). Diameter of trees larger than 12.5 cm, species information and geographic position were registered in each plot with GPS. Since, thick trees are dominated in the canopy cover, 10 thick trees in each plot were selected to determine the forest type. Using computing of frequency percent of species, forest type in each plot was determined and four types of *Fagus-Carpinus*, *Quercus-Carpinus*, *Carpinus-Parrotia* and *Parrotia-Acer* (mixed with *Carpinus betulus*) were determined in the study area. The topographic attribute maps were derived from a digital terrain model and these attributes were extracted in location of plots. Logistic regression was implemented to analysis of forest type's correlation with attributes and to construct a predictive model. The analysis was performed using 70% of the plots and each forest type map was resulted by extrapolation of model in GIS. Validation of results was performed by 30% of the remained plots and total accuracy computed for each model. Validation result of accuracy showed that spatial prediction models of forest types for *Fagus-Carpinus* and *Quercus-Carpinus* have narrow amplitude than *Carpinus-Parrotia* and *Parrotia-Acer* (mixed with *Carpinus betulus*) types that spread in large extent region. This result showed that spatial predictive models of forest types, which have narrow amplitude, are more acceptable. The results also showed that consideration of altitude, solar radiation potential and aspect in the model were the main factors which are controlling forest types in the study area.

Key words: Spatial predictive map, forest types, primary and secondary topographic attributes, logistic regression.