

مدلسازی تأثیر عوامل توپوگرافی در پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای در سری یک جنگل شصت کلاته گرگان

محمد رستمیان^{۱*}، محمدرضا کاوسی^۲ و شعبان شتابی^۳

*- نویسنده مسؤل، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست‌الکترونیک: mohammad24rostamian@yahoo.com

۲- استادیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۹

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۱

چکیده

یکی از عوامل مهم پوسیدگی چوب درختان جنگلی، گروهی از قارچ‌های ماکروسکوپی به نام قارچ‌های طاقچه‌ای هستند که در جنگل زیست می‌کنند. هدف از این پژوهش، بررسی ارتباط حضور قارچ‌های طاقچه‌ای با عوامل توپوگرافی و تهیه مدل حضور این قارچ‌ها در سری یک جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته گرگان می‌باشد. آماربرداری از درختان آلوده به قارچ‌های طاقچه‌ای در دو نوار به عرض ۵۰ متر در طول و در دو طرف دامنه کلی سری انجام شد و موقعیت درختان مشاهده شده با GPS ثبت گردید. نقشه عوامل اولیه و ثانویه توپوگرافی مرتبط با حضور قارچ‌ها شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت دامنه، میزان دریافت انرژی تابش خورشید، میزان سایه، میزان رطوبت توپوگرافی و شکل زمین با استفاده از تحلیل توپوگرافی زمین بر روی مدل رفومی ارتفاعی منطقه تهیه گردید. به‌منظور بررسی فراوانی قارچ‌های طاقچه‌ای از آزمون مربع کای و مدلسازی توزیع مکانی حضور قارچ‌های طاقچه‌ای با استفاده از رگرسیون لجستیک انجام گردید. نقشه پیش‌بینی حضور قارچ‌های طاقچه‌ای تهیه و به پهنه‌های مختلف تقسیم‌بندی گردید. نتایج نشان داد که ارتفاعات بالاتر از ۷۰۰ متر با ۶۳/۵ درصد، شیب‌های ۳۰-۰ درصد با ۷۳/۵ درصد و دامنه غربی با ۳۶/۴ درصد بیشترین حضور قارچ‌ها را دارند. با توجه به ضرایب متغیرها در مدل رگرسیون لجستیک، مشخص شد که متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، جهت دامنه، انرژی تابشی خورشید، رطوبت توپوگرافی و شکل زمین اثر مثبت بر حضور قارچ‌های طاقچه‌ای دارند و متغیرهای شیب و سایه اثر منفی دارند. بطورکلی ارتفاع از سطح دریا و رطوبت مؤثرترین عوامل در تعیین حضور قارچ‌های طاقچه‌ای هستند.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های طاقچه‌ای، توزیع مکانی، عوامل توپوگرافی، رگرسیون لجستیک، شصت کلاته گرگان

مقدمه

هستند که در جنگل زیست می‌کنند. این قارچ‌ها به‌علت نداشتن سبزینه قادر به انجام فتوسنتز جهت تولید مواد آلی مورد نیاز خود نیستند و برای ادامه زندگی ناگزیر به استفاده

یکی از عوامل مهم پوسیدگی چوب درختان جنگلی، گروهی از قارچ‌های ماکروسکوپی به نام قارچ‌های طاقچه‌ای

پوسیدگی چوب درختان هستند بیشتر از جنگل‌های جوان می‌باشد، اما شرایط محیطی که قارچ‌های طاقچه‌ای در آن حضور دارند در جنگل‌های مسن و جوان یکسان است (Robledo & Renison, 2009). به طوری که دو درخت با ویژگی‌های مشابه در شرایط محیطی و مکانی مشابه دارای احتمال یکسانی برای حضور قارچ‌های طاقچه‌ای هستند *et* (Vuidot *al.*, 2011).

بررسی ویژگی‌های توزیع مکانی قارچ‌های طاقچه‌ای با توجه به عوامل توپوگرافی در جنگل‌های استوایی مالزی نشان داد که پراکنش قارچ‌ها از نظر ارتفاع از سطح دریا در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. به طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر میزان حضور و فراوانی قارچ‌های طاقچه‌ای افزوده می‌شود (Yamashita *et al.*, 2009). موسی‌زاده (۱۳۸۸)، در بررسی ارتباط قارچ‌های طاقچه‌ای با شیب، جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا نشان داد که جهت‌های شمالی با ۵۴ درصد و شیب‌های ۲۵-۰ درصد با ۵۶ درصد و دامنه ارتفاعی ۸۰۰-۴۰۰ متر با ۳۸ درصد دارای بیشترین حضور و پراکنش قارچ‌ها در مقایسه با سایر طبقات از این عوامل بودند. (Bonet *et al.*, 2004) در جنگل‌های *Pinus sylvestris* کشور اسپانیا به مطالعه ارتباط قارچ‌های طاقچه‌ای با جهت دامنه پرداختند، آنها از نمونه پلات‌های یک آری استفاده کردند که بصورت تصادفی در منطقه مورد مطالعه مشخص شدند، از مجموع پلات‌هایی که در منطقه مشخص شد، ۳۶ پلات دارای قارچ‌های طاقچه‌ای بودند که ۱۸ پلات در جهت شمالی، ۷ پلات در جهت شرقی، ۶ پلات در جهت غربی و ۵ پلات در جهت جنوبی بودند. Puddu و همکاران (2002) به منظور بررسی

از مواد آلی ساخته شده توسط درختان می‌باشند. این گروه از قارچ‌ها چوب‌زی بوده و به درختان جنگلی و مقطوعات چوبی خسارت وارد می‌کنند و به عنوان انگل یا ساپروفیت درختان محسوب می‌شوند (عادلی و یخکشی، ۱۳۵۴).

حضور و فراوانی گونه‌های مختلف قارچ‌ها در جنگل تحت تأثیر عوامل محیطی است و یک یا چند عامل محیطی بیشترین تأثیر را در استقرار قارچ‌ها دارد. اگر به طریقی بتوان این عوامل را شناسایی کرد و رابطه قارچ‌ها را با متغیرهای محیطی بررسی نمود، دستیابی به مدل‌های پیش‌بینی توزیع قارچ‌ها در جنگل امکان‌پذیر خواهد بود. مدل‌سازی یکی از روش‌های غیرمستقیم برای پیش‌بینی خصوصیات قارچ‌هاست و می‌تواند به عنوان پیش‌بینی کننده پراکنش مکانی قارچ‌ها و متغیرهای محیطی تعریف گردد (Guisan *et al.*, 2000). از آنجایی که رشد قارچ‌ها، فراوانی و تنوع آنها مستقیماً به عوامل زیادی از جمله میزان تشعشع خورشیدی، خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی و دیگر عوامل محیطی وابسته است، بنابراین امکان بررسی مکانی ویژگی‌های قارچ‌ها بوسیله متغیرهای محیطی فراهم می‌گردد (Kint *et al.*, 2003).

در بررسی‌هایی که در سطوح کوچک انجام می‌شود کیفیت چوب موجود مهم‌ترین عامل تعیین کننده پراکنش این قارچ‌ها می‌باشد، اما در سطوح وسیع مثل سطح توده، عوامل محیطی مؤثرترین عوامل در توزیع مکانی این قارچ‌ها می‌باشند. بنابراین عوامل محیطی همانند عوامل توپوگرافی می‌توانند از مؤثرترین عوامل در توزیع مکانی قارچ‌های طاقچه‌ای باشند (Trudell & Edmonds, 2004)؛ Allen *et al.*, 2000؛ Braga-Neto *et al.*, 2008؛ Heilmann-Clausen, 2001؛ Yamashita & Hijii, 2006). در جنگل‌های مسن فراوانی قارچ‌های طاقچه‌ای که عامل

Cyclamensma minus Lophoderminum pinastri و *Pinus Verticicladium trifidum* که بر روی کاج *sylvestris* بودند را با استفاده از رگرسیون لجستیک بررسی کردند. نتیجه این تحقیق مشخص نمود که ارتفاع از سطح دریا بر حضور این قارچ‌ها مؤثر است، به طوری که میزان فراوانی قارچ‌های *L. pinastri* و *C. minus* با ارتفاع از سطح دریا رابطه مستقیم دارند و حضورشان با افزایش ارتفاع از سطح دریا زیاد می‌شود، درحالی که قارچ *V. trifidum* با ارتفاع از سطح دریا رابطه معکوس داشت.

در یک مدیریت بی نقص و کامل باید به عناصر نا-محسوس جنگل نظیر قارچ‌ها توجه خاصی شود، زیرا هرگونه تغییر در عملکرد جامعه قارچی مستقیماً در سلامتی و تولید جامعه گیاهی تأثیرگذار است. قارچ‌های طاقچه‌ای از جمله موجوداتی هستند که به عنوان انگل بر روی درختان زنده رشد نموده و باعث خسارت به این درختان می‌شوند. اگر بتوان مدل پیش‌بینی حضور قارچ‌های طاقچه‌ای را با استفاده از شرایط محیطی تعیین کرد، این امکان وجود خواهد داشت تا با دانستن شرایط محیطی، احتمال حضور گونه‌های قارچی را در برنامه‌های حفاظتی جنگل پیش‌بینی کرد. با توجه به اهمیت استفاده از مدل پیش‌بینی حضور قارچ‌ها، این روش می‌تواند کمک مؤثری در مدیریت این عوامل پوسیدگی چوب ارائه نماید. در زمینه مدل‌سازی پیش‌بینی مکانی حضور قارچ‌های طاقچه‌ای با استفاده از خصوصیات توپوگرافی در ایران و خارج از کشور تحقیقی انجام نشده است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی ارتباط حضور قارچ‌های طاقچه‌ای با عوامل توپوگرافی و تهیه مدل حضور این قارچ‌ها در سری یک جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته گرگان می‌باشد.

تأثیر برخی عوامل محیطی مانند ارتفاع از سطح دریا و جهات جغرافیایی بر روی شیوع قارچ *Heterobasidion abietinum* در جنگل‌های *Abies alba* ایتالیا، دو ترانسکت در جنگل پیاده نموده و تمام درختان آلوده داخل ترانسکت‌ها را شناسایی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو عامل ارتفاع از سطح دریا و جهت در پراکنش و حضور قارچ مؤثر بودند، ولی ارتفاع از سطح دریا نسبت به جهات جغرافیایی تأثیر بیشتری داشت.

مدلسازی حضور و احتمال پراکنش پدیده‌ها و عوامل مختلف طبیعی و غیر طبیعی می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت این گونه پدیده‌ها کمک زیادی نماید. مدلسازی می‌تواند از روش‌های مختلف صورت بگیرد. یکی از متداول‌ترین و رایج‌ترین مدلسازی‌های آماری رگرسیون می‌باشد که به صورت روابط آماری بیان می‌شود. با افزایش قابلیت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، امکان مدل‌سازی مکانی نیز فراهم شده است. مدل‌سازی با رگرسیون لجستیک در محیط GIS یکی از روش‌های مدل‌سازی مکانی می‌باشد که تاکنون در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در زمینه بررسی و مدل‌سازی حضور قارچ‌ها نیز تحقیقاتی انجام شده است که می‌توان به تحقیقات *Yang et al., 2006* و *Maanen et al., 1999* اشاره نمود.

Yang و همکاران (2006) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک برای بررسی ارتباط حضور و عدم حضور قارچ *Matsutake* با شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی ارتباط بیشتری با حضور این قارچ دارند، درحالی که متغیر شیب ارتباط کمتری با حضور قارچ داشت. *Maanen* و همکاران (۱۹۹۹) ارتباط ارتفاع از سطح دریا بر حضور سه قارچ

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: سری یک جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته گرگان (طرح دکتر بهرام‌نیا) در شیب‌های شمالی رشته‌کوه‌های البرز واقع شده است و در ۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان گرگان قرار دارد. سری یک با ۱۷۱۳/۳ هکتار مساحت بین ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۵۴ درجه و

۲۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). میزان بارندگی متوسط سالیانه منطقه ۶۴۹ میلی-متر می‌باشد؛ سنگ مادری این ناحیه از نوع ماسه‌ایست و دارای خاک قهوه‌ای و قهوه‌ای خاکستری بوده که دارای خاصیت اسیدی می‌باشد. حداقل ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۲۱۰ و حداکثر آن ۱۰۱۰ متر است. وضعیت شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریای منطقه مورد مطالعه در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۱- درصد کلاسه‌های شیب در سری یک طرح شصت کلاته گرگان

شیب (درصد)	کمتر از ۳۰	۶۰-۳۱	۸۰-۶۱	۱۰۰-۸۱	جمع
درصد	۷۳/۷	۲۵/۴	۰/۹	-	۱۰۰

جدول ۲- درصد جهت‌های دامنه در سری یک طرح شصت کلاته گرگان

جهت	شمالی	جنوبی	شرقی	غربی	جمع
درصد	۳۸/۶۴	۲۲/۸۶	۱۲/۲۷	۲۶/۲۳	۱۰۰

جدول ۳- درصد کلاسه‌های ارتفاعی در سری یک طرح شصت کلاته گرگان

ارتفاع (متر)	کمتر از ۴۰۰	۷۰۰-۴۰۰	بیشتر از ۷۰۰	جمع
درصد	۲۷/۳۲	۴۳/۹	۲۸/۷۸	۱۰۰

وضعیت رستنی‌های طبیعی در منطقه مورد مطالعه

سری یک جنگل آموزشی منحصراً در ناحیه میان‌بند قرار دارد و از لحاظ جوامع نباتی، جنگل‌های این سری از جامعه انجیلی- ممرزستان (*parrotia- carpinetum*) و جامعه آزاد و بلوط (*zelkova- quercetum*) و جامعه راش (*fagetum*) تشکیل شده‌است. جامعه انجیلی- ممرزستان از شمال به اراضی مزروعی و از شرق و غرب به جوامع آزاد و بلوطستان (که دو جامعه کوچک در شمال و شمال غرب سری را می‌پوشاند) و در قسمت‌های مرتفع‌تر به جامعه راش مرتبط می‌شود. مرز دو جامعه انجیلی- ممرزستان و راشستان متناسب با شیب و جهت

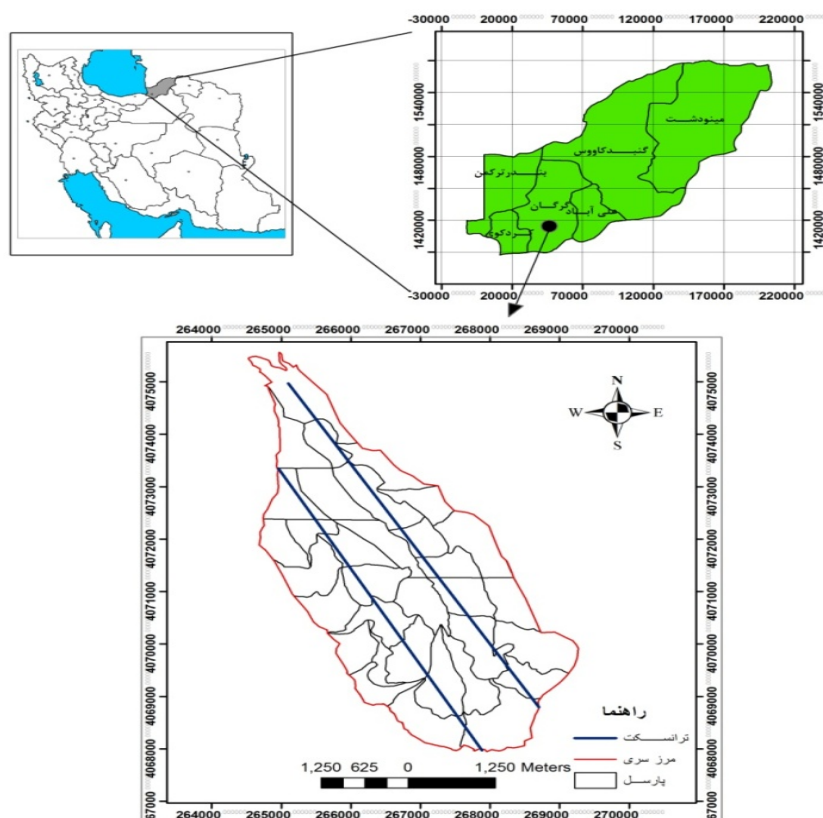
زمین بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر متغیر است. گونه‌های اصلی این جامعه را انجیلی و ممرز تشکیل می‌دهند و گونه‌های همراه انجیر، ولیک، ازگیل و تمشک می‌باشند. جامعه راشستان از ارتفاع بین ۷۰۰-۵۰۰ متری شروع شده و تا مرز نهایی سری یک ادامه پیدا می‌کند. منطقه مورد مطالعه دارای ۱۷ گونه درختی و ۶ گونه درختچه‌ای می‌باشد (طرح جنگلداری سری یک دکتر بهرام‌نیا، ۱۳۸۷).

قارچ‌های طاقچه‌ای موجود در منطقه مورد مطالعه:

قارچ‌های طاقچه‌ای موجود در منطقه مورد مطالعه از شاخه بازیدیومیکوتا و راسته *Aphylllophorales* هستند. راسته

فراوانی گونه‌های قارچ‌های طاقچه‌ای مربوط به گونه *Fomes fomentarius* با ۳۷ درصد و کمترین نسبت مربوط به *Ganoderma australe* با ۰/۴ درصد است (رستمیان، ۱۳۹۱؛ یونس آبادی، ۱۳۹۱). اطلاعات مربوط به این قارچ‌ها شامل خانواده، جنس و نام گونه در جدول ۴ آورده شده است.

آفیوفورال به شکلهای مختلف دیده می‌شوند و بیشتر ساپروفیت بوده، باعث فساد و تجزیه چوب می‌شوند و تعدادی هم انگل درختان هستند. این راسته در سری یک جنگل شصت کلاته شامل ۴ خانواده و ۵ جنس و ۹ گونه می‌باشد. فراوانترین گونه‌های قارچی روی درختان میزبان از دو خانواده Polyporaceae (۷ درصد) و *Ganodermataceae* (۱۷ درصد) هستند. بیشترین نسبت



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و موقعیت نوارها در جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته

جدول ۴- مشخصات قارچ‌های طاقچه‌ای شناسایی شده در سری یک جنگل شصت کلاته

گونه	جنس	خانواده
<i>F. fomentarius</i>	<i>Fomes</i>	Polyporaceae
<i>T. gibbosa</i>	<i>Trametes</i>	
<i>T. versicolor</i>		
<i>F. pinicola</i>	<i>Fomitopsis</i>	Fomitopsidaceae
<i>G. australe</i>		Ganodermataceae
<i>G. applanatum</i>		
<i>G. resinaceum</i>	<i>Ganoderma</i>	
<i>G. locidum</i>		
<i>R. ulmarius</i>	<i>Rigidoporus</i>	Meripilaceae

روش تحقیق

تهیه اطلاعات زمینی: برای انجام آماربرداری از درختان آلوده به قارچ‌های طاقچه‌ای در سری یک جنگل شصت‌کلاته گرگان از روش نمونه‌برداری نواری^۱ استفاده شد. بدین منظور دو نوار (نوار شماره ۱ و ۲) هریک به عرض ۵۰ متر بصورت تصادفی در طول و در دو طرف دامنه کلی سری طوری پیاده گردید که از ارتفاع پایین تا بالا و در دو طرف جهت دامنه کلی شرقی و غربی منطقه بررسی صورت بگیرد. فاصله دو نوار از همدیگر ۱۰۰۰ متر و مجموع طول دو نوار ۱۳ کیلومتر می‌باشد. در این روش با هدف بررسی درختان آلوده به قارچ در داخل نوارها از قطعات نمونه‌ی دایره‌ای به مساحت ۱۰ آر (۱۰۰۰ متر مربع) استفاده شد تا تأثیر عوامل توپوگرافی در سطح میکروکلیمای بررسی شود، کلیه‌ی درختانی که میزبان قارچ‌های طاقچه‌ای بودند به‌عنوان مرکز قطعات نمونه در نظر گرفته شدند. در داخل نوارها موقعیت کلیه درختان (زنده، خشک‌دار و افتاده) که قارچ‌های

طاقچه‌ای بر روی آنها استقرار داشتند با GPS ثبت گردید، همچنین فراوانی قارچ‌های طاقچه‌ای روی درختان میزبان محاسبه شد.

تهیه مدل رقومی زمین و متغیرهای توپوگرافی:

لازمه ایجاد مدل رقومی ارتفاع^۲ در اختیار داشتن داده‌های اولیه ارتفاعی می‌باشد. خطوط تراز ارتفاع نقشه‌های توپوگرافی می‌توانند به‌عنوان داده‌های اولیه ارتفاعی جهت ساخت DEM به کار روند. در این پژوهش مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک‌پذیری ۱۰ متر از طریق درونیابی خطوط میزان ۱۰ متر نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل زمین TAS^۳ و DIGEM^۴ لایه‌های برخی از عوامل اولیه و ثانویه توپوگرافی که توسط محمدی (۱۳۸۶) و Florinsky (2005) مورد استفاده قرار گرفته بود مرتبط با حضور قارچ‌ها محاسبه و تهیه گردیدند (جدول‌های ۵ و ۶). شکل‌های ۲ و ۳ خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی تولید شده را نشان می‌دهند.

جدول ۵- متغیرهای اولیه توپوگرافی مورد استفاده در این تحقیق

نام متغیر	تعریف
ارتفاع از سطح دریا ^۱	فاصله عمودی یک نقطه از سطح دریای آزاد
شیب ^۲	زاویه بین سطح تماس و سطح افقی در یک نقطه در سطح زمین
جهت شیب ^۳	زاویه ساعت‌گرد از جهت محور Y به سیستم تصویر یک خط فرضی قائم بر یک سطح افقی در یک نقطه معین در سطح زمین
سایه ^۴	سایه جهت

۱-Altitude, ۲- Slope, ۳- Aspect, ۴- Shaded relief

جدول ۶- متغیرهای ثانویه توپوگرافی مورد استفاده

در این تحقیق

نام متغیر	تعریف
شاخص رطوبت ^۱	ظرفیت رطوبتی خاک یک حوزه آبخیز
تابش خورشید ^۲	مقدار انرژی قابل دسترس بر روی سطح زمین
شکل زمین ^۳	در مفهوم توسعه خاک مطرح شده است

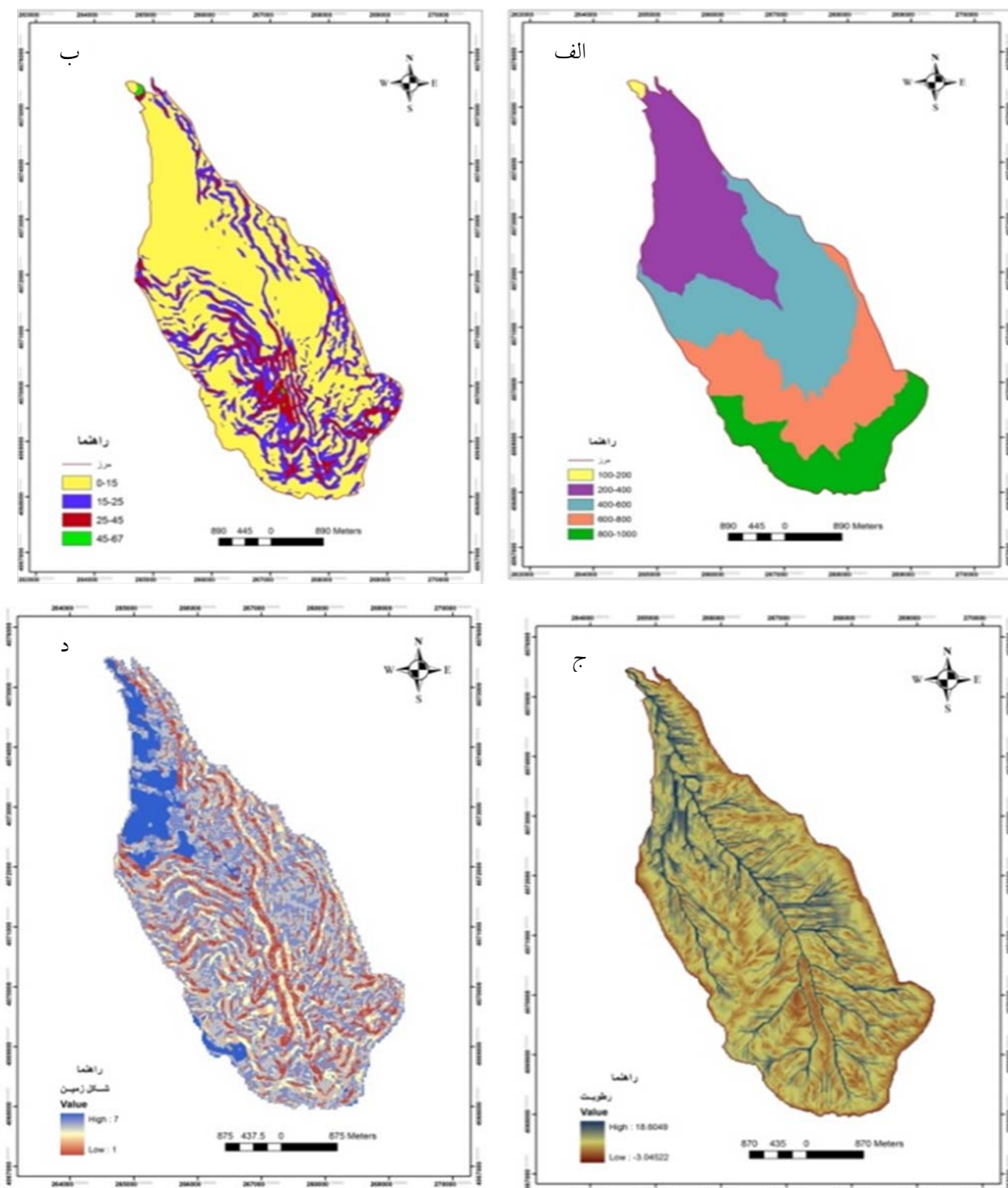
۱- Wetness Index, ۲- Solar Radiation, ۳- Landform

1- Strip sampling

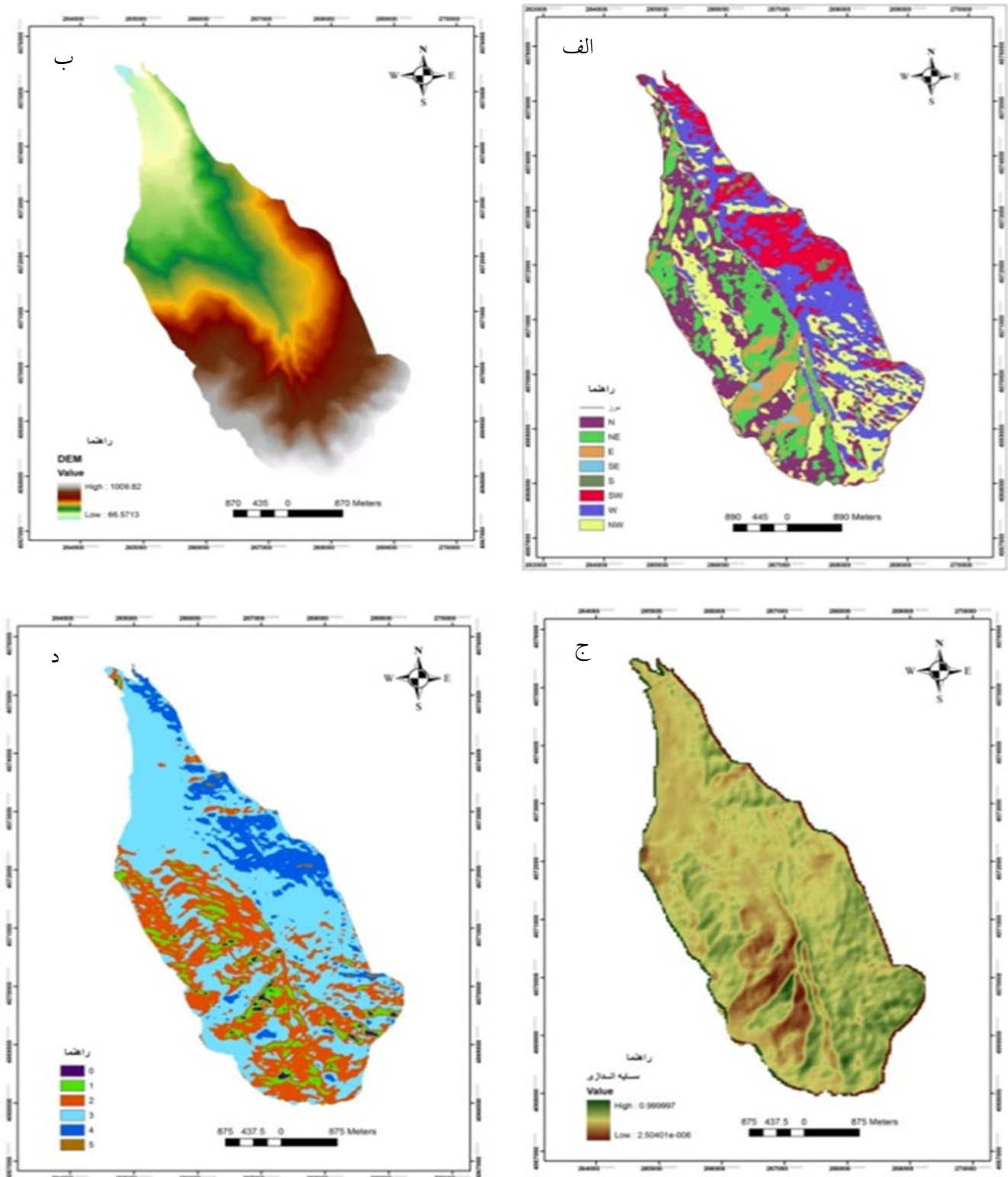
2- DEM

3- Terrain Analysis System

4- Digital Empowerment

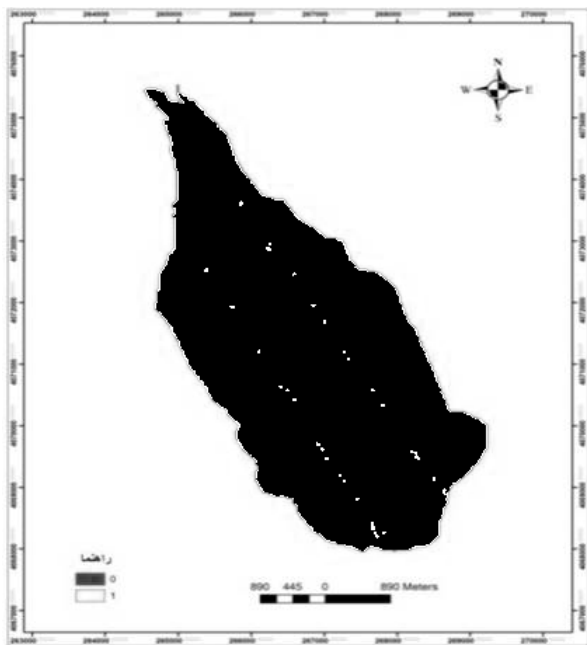


شکل ۲- تغییرات: الف) ارتفاع از سطح دریا، ب) شیب، ج) رطوبت، د) شکل زمین در سری یک جنگل شصت کلاته



شکل ۳- تغییرات: الف) جهت، ب) DEM، ج) سایه‌اندازی د) انرژی تابشی خورشید

طاقچه‌ای هستند ارزش ۱ داده شد و به بقیه سری به‌عنوان بخشی که بیانگر عدم حضور قارچ‌های طاقچه‌ای است ارزش صفر داده شد (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه باینری حضور قارچ در منطقه (رنگ سفید موقعیت قارچ‌های مشاهده شده در روی نوار را نشان می‌دهد)

خروجی‌های مدل رگرسیون لجستیک شامل نقشه پیش‌بینی احتمال میزان حضور متغیر وابسته (در اینجا حضور قارچ) و معیارهای ارزیابی مدل شامل ضریب اجرای نسبی ROC^۱ و آماره برازش مدل Pseudo R Square می‌باشد. در نقشه پیش‌بینی احتمال حضور هر سلول دارای یک ارزش بین ۰ و ۱ است که میزان آن نشان‌دهنده‌ی احتمال حضور قارچ‌های طاقچه‌ای در آن سلول می‌باشد.

ضریب ROC ابزار مناسبی برای نشان‌دادن و کمی‌کردن سامانه‌های پیش‌بینی و ارزیابی احتمالات است Peterson

نرم‌افزارهای مورد استفاده: از نرم‌افزار آنالیز زمین شامل (TAS) جهت محاسبه و استخراج لایه‌های مربوط به خصوصیات اولیه و ثانویه فیزیوگرافی استفاده گردید. برای تهیه لایه انرژی تابشی خورشید به‌عنوان یک عامل ثانویه فیزیوگرافی از نرم‌افزار DIGEM استفاده گردید، به این ترتیب انرژی تابشی خورشید بر سطح منطقه بصورت سالانه و برحسب کیلووات به مترمربع محاسبه گردید. از نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro برای انجام رگرسیون لجستیک و تهیه مدل استفاده شد. نرم‌افزار ArcGIS 9.3 جهت تهیه DEM استفاده شد، برای این منظور از خطوط منحنی میزان ارتفاعی استفاده کرده و با استفاده از توابع مربوط به تهیه DEM لایه آن را ایجاد نموده و بعد اقدام به تصحیح خطاهای مربوط به آن کرده تا لایه DEM تصحیح شده و عاری از خطا تهیه گردد، همچنین از این نرم‌افزار برای طبقه‌بندی نقشه حضور قارچ‌ها و خروجی نقشه‌ها استفاده گردید.

در مجموع ۴۰ قطعه نمونه پیاده شد که سهم هر کدام از نوارها ۲۰ قطعه نمونه بود. برای بررسی ارتباط بین میزان حضور و فراوانی قارچ‌های طاقچه‌ای با متغیرهای اولیه توپوگرافی شامل جهت‌های دامنه، ارتفاع از سطح دریا و شیب از آزمون مربع کای استفاده گردید و برای مدل‌سازی حضور و پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای از مدل رگرسیون لجستیک دوگانه استفاده شد. در این مدل‌سازی، لایه متغیر وابسته حضور (۱) و عدم حضور (۰) قارچ‌های طاقچه‌ای در محیط GIS تهیه گردید. برای تهیه لایه باینری (صفر و یک)، پلات‌های ۱۰ آری که در نوارها برداشت شده بودند به‌عنوان نقاط حضور قارچ‌های طاقچه‌ای با اندازه پیکسل‌های ۳۰×۳۰ در نقشه سری یک مشخص شد. به این نقاط که نشان‌دهنده حضور قارچ‌های

به تعداد متغیرهای مستقل دوباره اجرا می‌شد، با این تفاوت که این بار در هر مرحله اجرای مدل یکی از متغیرهای مستقل حذف گردید و مدل با متغیرهای مستقل باقیمانده اجرا و ضرایب ROC و Pseudo R Square استخراج و مورد بررسی قرار گرفت. مزیت این کار در حساسیت‌سنجی متغیرها و کشف میزان اثر متغیرها در خروجی مدل نهایی است. در مدل رگرسیون خطی ساده می‌توان این کار را با حذف متغیر مستقل و اثر آن بر میزان R^2 ارزیابی نمود (Pedhazur, 1982).

نتایج

نتایج این تحقیق در مورد پراکنش قارچ‌های مشاهده شده در طبقات مختلف عوامل توپوگرافی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین طبقات ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهات جغرافیایی با فراوانی قارچ‌های طاقچه‌ای وجود دارد (شکل ۵). با افزایش ارتفاع از سطح دریا حضور قارچ‌ها هم بیشتر می‌شود، به طوری که پراکنش آنها در طبقات ارتفاعی بالاتر بیشتر است. ۶۳/۵ درصد این قارچ‌ها در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۷۰۰ متر، ۲۲/۵ درصد در ارتفاعات میانی و ۱۴ درصد در طبقه ارتفاعی ۴۰۰-۲۰۰ متر حضور داشتند. همچنین پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای در شیب‌های مختلف نشان داد که در شیب‌های ۳۰-۰ درصد با ۷۳/۵ درصد فراوانی، بیشترین پراکنش و در شیب‌های بالاتر از ۶۰ درصد با ۱/۷۵ درصد فراوانی، کمترین پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای وجود دارد. در بررسی کلی پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای با جهت‌های دامنه در منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که پراکنش این قارچ‌ها در دامنه‌های غربی و شمالی نسبت به سایر دامنه‌ها بیشتر است. دامنه غربی با ۳۶/۴ درصد و دامنه

(Mason & Green & Swets, 1966; Birdsall, 1953) این معیار از طریق مقایسه تصاویر پیش-بینی احتمال با تصاویر واقعی تغییرات صورت می‌پذیرد و معیار مناسبی برای محاسبه میزان نیکویی پیش‌بینی است (Lin et al, 2008; Hu & Lo 2007). ضریب ROC بصورت عددی بین ۰/۵-۱ بیان می‌گردد که از منحنی ROC حاصل می‌شود. ارزش ۱ برای میزان ROC نشان‌دهنده‌ی توافق کامل مکانی بین نقشه پیش‌بینی شده متغیر وابسته و میزان واقعی آن است. ارزش ۰/۵ برای این معیار بیان‌کننده تصادفی بودن موقعیت‌ها می‌باشد و نشان می‌دهد ارزش سلول‌ها در نقشه احتمال پیش‌بینی به صورت موقعیت‌های تصادفی ایجاد شده است.

ضریب Pseudo R Square آماره برازش مدل می‌باشد. چنانچه مقدار آن برابر با یک باشد نشان‌دهنده برازش کامل مدل خواهد بود و در صورتی که این مقدار برابر با صفر باشد، نشان‌دهنده عدم رابطه عوامل مستقل با عامل وابسته است و Pseudo R Square برابر ۰/۲ به‌عنوان برازش خوب در نظر گرفته می‌شود (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸).

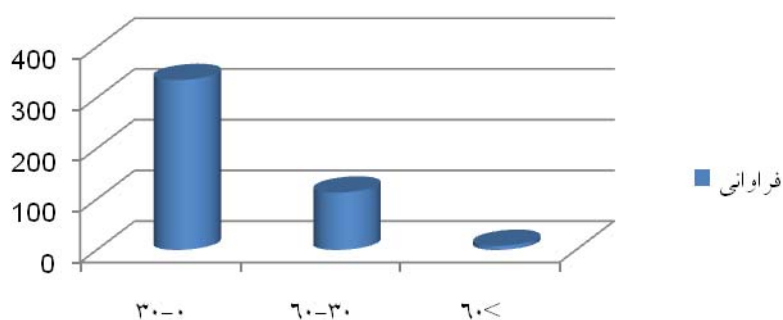
برای پهنه‌بندی سری یک بر حسب حضور قارچ‌های طاقچه‌ای، نقشه احتمال حضور بدست آمده به سه کلاسه احتمال حضور کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی شد.

ارزیابی تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان وقوع قارچ‌های طاقچه‌ای

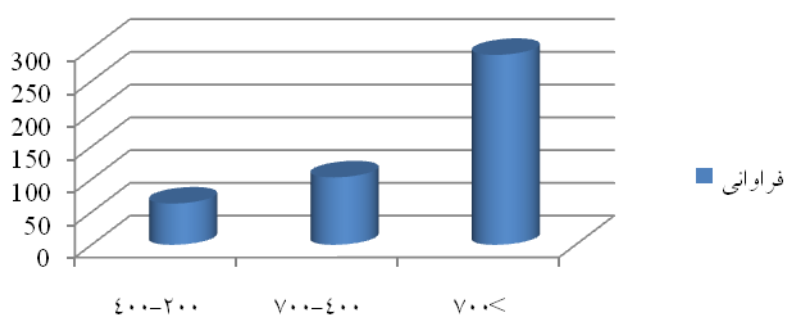
برای بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر مدل‌سازی، از روش حذف تک تک متغیرها و مدل‌سازی با بقیه متغیرها استفاده گردید (Mahiny & Turner, 2003). پس از اجرای مدل با سری داده‌های کامل، مدل

فراوانی قارچ بین طبقات ارتفاعی، طبقات شیب و جهت-های دامنه را نشان می‌دهد و بیان می‌دارد که میزان حضور قارچ در طبقات مختلف هر سه پارامتر توپوگرافی دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

شمالی با ۳۴/۲۱ درصد بیشترین حضور قارچ‌های طاقچه-ای را داشتند، دامنه‌های جنوبی کمترین حضور قارچ‌ها را داشتند، به طوری که هیچ قارچی در دامنه جنوبی وجود نداشت. جدول ۷ نتایج آزمون مربع کای، برای بررسی



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۵- پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای از نظر الف- ارتفاع از سطح دریا، ب- شیب و ج- جهت دامنه

ارتفاع از سطح دریا، جهت‌های جغرافیایی، انرژی تابشی خورشید، رطوبت و شکل زمین اثر مثبت بر حضور قارچ‌های طاقچه‌ای دارند؛ به این معنی که با افزایش مقادیر این متغیرها احتمال حضور قارچ‌های طاقچه‌ای بیشتر می‌شود و متغیرهای شیب و سایه اثر منفی بر حضور قارچ‌های طاقچه‌ای دارند که با افزایش مقادیر این متغیرها احتمال حضور قارچ‌های طاقچه‌ای کاهش می‌یابد.

حساسیت‌سنجی مدل رگرسیون لجستیک

شکل‌های ۶ و ۷ میزان تغییرات ضرایب ROC و Pseudo R Square بدست آمده برای مدل‌های رگرسیون لجستیک با حذف هر یک از متغیرهای مستقل در مقایسه با حالت استفاده کامل از همه متغیرها را نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های مربوط به میزان ROC در مرحله حساسیت‌سنجی مشاهده می‌گردد که تمامی متغیرهای بکارگرفته شده در مدل، در حضور قارچ‌های طاقچه‌ای مؤثرند. از بین متغیرهای توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا و رطوبت به ترتیب دارای بیشترین تأثیر بر حضور قارچ‌های طاقچه‌ای می‌باشند، بنابراین برای استخراج مناطق محتمل برای حضور قارچ‌های طاقچه‌ای می‌توان از مدلی استفاده کرد که ۷ متغیر مذکور در آن حضور داشته باشند و حذف هیچکدام از متغیرهای مستقل تأثیری در بهبودی مدل ندارد. در کنار مدل به‌دست آمده از رگرسیون لجستیک با داده‌های کامل، یک تصویر احتمال پیش‌بینی نیز توسط مدل ایجاد گردید که میزان احتمال حضور قارچ‌های طاقچه‌ای را در سری یک نشان می‌دهد (شکل ۸- الف). شکل ۸- ب نقشه پهنه‌بندی شده حضور قارچ‌های طاقچه‌ای در سری یک را در سه طبقه نشان می‌دهد.

جدول ۷- آزمون مربع کای برای مقایسه فراوانی قارچ‌های طاقچه‌ای از نظر ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه

متغیر	آماره آزمون	درجه آزادی	معنی‌داری
ارتفاع از سطح دریا	۱۹۳/۲	۲	** ۰/۰۰۰
شیب	۳۶۶/۸	۲	** ۰/۰۰۰
جهت	۴۰۶/۷	۶	** ۰/۰۰۰

** معنی دار در سطح ۱٪

مدل‌سازی با استفاده از رگرسیون لجستیک

در این مرحله از تمام متغیرهای مستقل برای اجرای مدل استفاده شد. ۷ متغیر مستقل مورد استفاده به همراه متغیر وابسته با مدل رگرسیون لجستیک اجرا گردیدند. نتایج اجرای مدل در معادله زیر آورده شده است. مدل لوجیت بدست آمده، که مدل حضور قارچ‌های طاقچه‌ای با داده‌های کامل می‌باشد (به صورت زیر است):

$$\text{Logit (Fungi presence)} = -9.9915 + 0.00195 \text{ aspect} + 0.007 \text{ altitude} + 0.003 \text{ landform} - 0.004 \text{ shaded relief} - 0.0017 \text{ slope} + 0.15 \text{ solar} + 0.025 \text{ wetness}$$

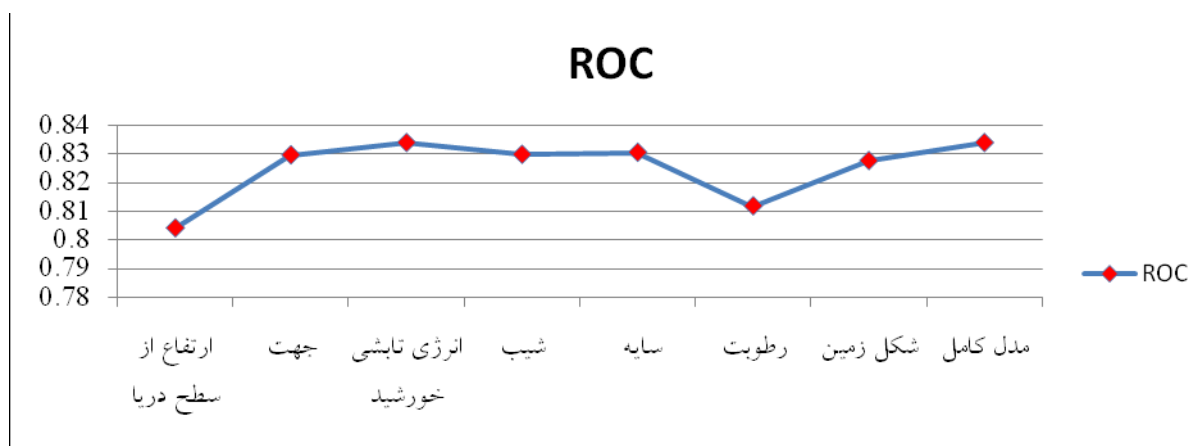
برآزش مدل رگرسیون لجستیک

جدول ۸- برآزش مدل رگرسیون لجستیک

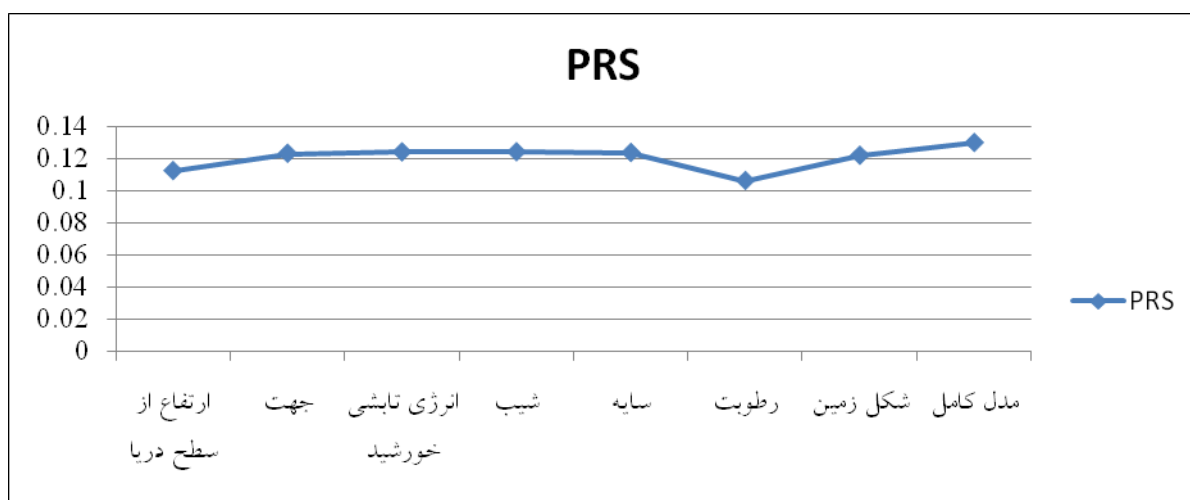
ROC	Pseudo R Square
۰/۸۳۳۸	۰/۱۳

میزان Pseudo R Square و ROC برای این مدل رگرسیونی به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۸۳۳۸ بدست آمد. میزان ROC مدل به دلیل قرار داشتن در محدوده نزدیک به ۱ مورد تأیید قرار می‌گیرد.

با توجه به ضرایب متغیرها در مدل رگرسیون حاصل از سری داده‌های کامل مشخص می‌گردد که متغیرهای



شکل ۶ - حساسیت‌سنجی مدل و تغییرات میزان ROC با حذف متغیرهای مستقل



شکل ۷ - حساسیت‌سنجی مدل و تغییرات میزان Pseudo R Square با حذف متغیرهای مستقل

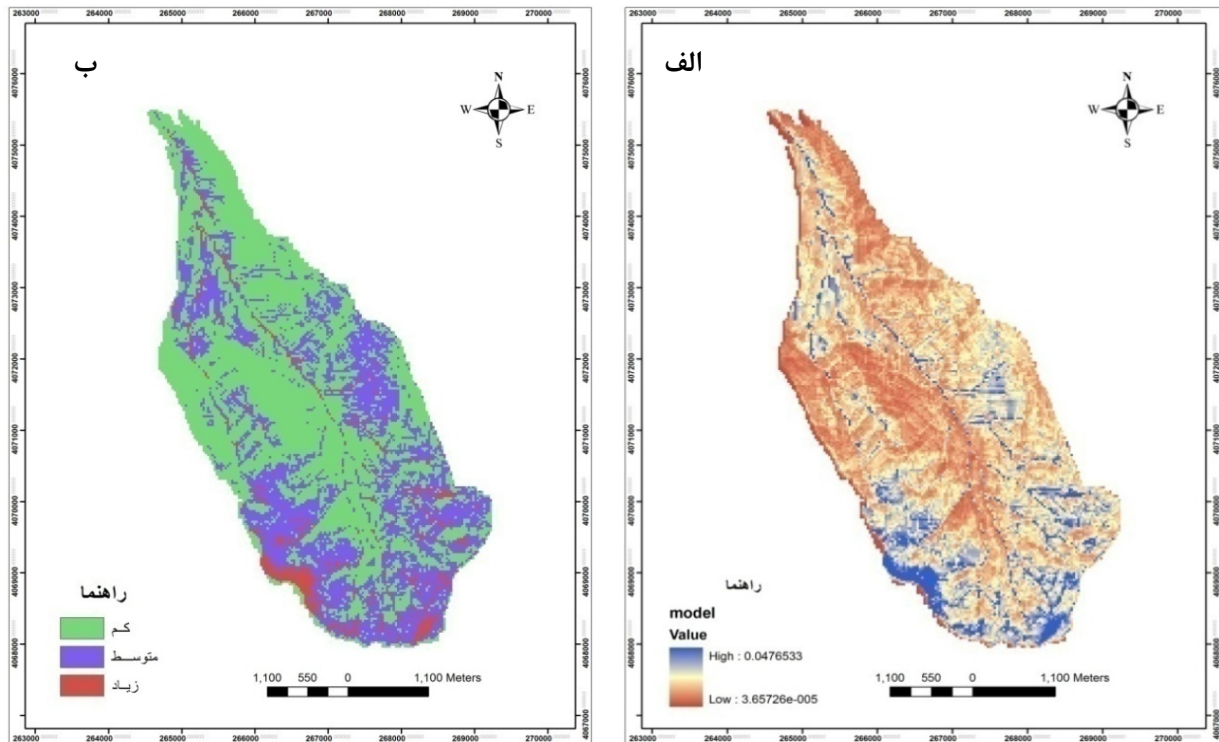
بحث

تحقیقات موسی‌زاده (۱۳۸۸) و یاماشیتا و همکاران (۲۰۰۹) که فراوانی و پراکنش قارچ‌ها را در ارتفاعات بالا بیشتر گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که قارچ‌های طاقچه‌ای در مناطقی با شیب‌های کمتر از ۳۰ درصد دارای بیشترین پراکنش و در شیب‌های بالاتر از ۶۰ درصد کمترین پراکنش را دارند که با نتایج موسی‌زاده (۱۳۸۸) هماهنگی دارد. این قارچ در دامنه‌های غربی و شمالی بیشترین پراکنش و در دامنه‌های جنوبی فاقد قارچ‌های

نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای با ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه در ارتباط است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای افزایش می‌یابد، ارتفاعات بالا (بالاتر از ۷۰۰ متر) ۶۳/۵ درصد، ارتفاعات میانی (۷۰۰-۴۰۰ متر) ۲۲/۵ درصد و ارتفاعات پائینی (کمتر از ۴۰۰ متر) ۱۴ درصد قارچ‌های طاقچه‌ای را داشتند. نتیجه این بررسی با نتایج

پائین باشد، زیرا رطوبت در محل زیست قارچ‌ها رشد آنها را تسهیل می‌کند و در نبود رطوبت میسلیوم و کلاهک مولد هاگ به سهولت خشک می‌شود.

طاقچه‌ای هستند که با نتایج بونت و همکاران (۲۰۰۴) و موسی‌زاده (۱۳۸۸) مطابقت دارد. علت آن می‌تواند وجود محیط مرطوب‌تر در دامنه‌های شمالی و غربی و شیب‌های



شکل ۸- الف) نقشه پیش‌بینی حضور قارچ‌های طاقچه‌ای (ب) پهنه‌بندی حضور قارچ‌های طاقچه‌ای در سری یک جنگل شصت کلاته

ارتفاع از سطح دریا، جهت‌های جغرافیایی، تابش خورشید، رطوبت توپوگرافی و شکل زمین ارتباط مثبت با حضور قارچ‌های طاقچه‌ای دارند که با افزایش این عوامل حضور قارچ‌های طاقچه‌ای هم بیشتر می‌شود. از طرفی شیب و سایه‌اندازی رابطه عکس با حضور قارچ‌ها دارند و با کاهش آنها حضور قارچ‌های طاقچه‌ای افزایش می‌یابد. براساس حساسیت‌سنجی مدل رگرسیون لجستیک مشاهده گردید که ارتفاع از سطح دریا اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار در تعیین حضور قارچ‌های طاقچه‌ایست. بعد از عامل ارتفاع از سطح دریا عامل رطوبت بیشترین تأثیر را در

مقدار نسبتاً پایین ضریب Pseudo R Square بدست آمده در این تحقیق بیانگر این موضوع می‌باشد که فقط عوامل فیزیوگرافی که در مدل استفاده شده‌اند حضور قارچ‌های طاقچه‌ای را در محیط تعیین نمی‌کنند بلکه عوامل محیطی دیگر، خصوصیات رویشگاه و نوع میزبان هم در کنار عوامل فیزیوگرافی می‌توانند در حضور قارچ‌ها در منطقه مؤثر باشند. مقدار ROC بدست آمده از مدل رگرسیون لجستیک نشان داد که عوامل اولیه و ثانویه فیزیوگرافی استفاده شده در مدل از عوامل مؤثر در حضور قارچ‌های طاقچه‌ای هستند و در این رابطه عواملی مثل

- پژوهشی شصت کلاته. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۱۵ص.
- طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا (شصت کلاته) تجدید نظر دوم سری یک (دهساله ۱۳۸۷-۱۳۹۶). دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده جنگلداری، جنگل آموزشی و پژوهشی.
- عادل، ا. و یخکشی، ع.، ۱۳۵۴. حمایت جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۷۹ص.
- محمدی، ج.، ۱۳۸۶. پدومتری (سامانه‌های اطلاعات مکانی). انتشارات پلک، ۴۵۳ص.
- موسی‌زاده، س.، ۱۳۸۸. بررسی اکوسیستمی قارچ‌های *Polyporales* جنگل‌های مازندران- نکا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد گرگان، ۲۱۷ص.
- یونس‌آبادی، ل.، ۱۳۹۱. شناسایی قارچ‌های سم‌اسبی موجود در سری یک جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۹۸ص.
- Allen, R.B., Buchanan, P.K., Clinton, P.W. and Cone, A.J., 2000. Composition and diversity of fungi on decaying logs in a New Zealand temperate beech (*Nothofagus*) forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 1025-1033.
- Bonet, J.A., Fischer, C.R. and Colinas, C., 2004. The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the central Pyrenees. *Journal of Forest Ecology and management*. 203(2004): 157-175.
- Braga-Neto, R., Luizao, R.C.C., Magnusson, W.E., Zuquim, G. and Castilho, C.V., 2008. Leaf litter fungi in a central Amazonian forest: the influence of rainfall and topography on the distribution of fruiting bodies. *Journal of Biodiversity and Conservation*. 17: 2701-2712.
- Florinsky, I.V., 2005. Influence of topography on some vegetation cover properties. Elsevier Science. 27: 123-141.
- Green, D. M. and Swets, J. A. 1966. Signal detection theory and psychophysics. Peninsula Publishing, Los Altos, California, USA.
- Guisan, A., Edwards, T.C. and Theurillat, J., 2000. Equilibrium modeling of alpine plant distribution: how far can we go?, *Phytocoenologia*. 30: 353-384.
- Heilmann-Clausen, J., 2001. A gradient analysis of communities of macro fungi and slime moulds on

حضور قارچ‌های طاقچه‌ای در محیط داشت؛ شکل زمین، جهت، شیب و سایه‌اندازی به ترتیب دیگر عوامل تأثیرگذار در حضور قارچ‌های طاقچه‌ای هستند، این نکته را می‌توان از میزان تغییر ROC در مرحله حساسیت‌سنجی مدل رگرسیون لجستیک مشاهده کرد. با توجه به اهمیت تأثیرگذاری عوامل فیزیوگرافی که در بالا اشاره شد، می‌توان گفت قارچ‌های طاقچه‌ای بیشتر در محیط‌هایی حضور می‌یابند که رطوبت و دمای مورد نیازشان تأمین شود و ارتفاعات بالا، رطوبت بالا، شیب‌های پائین، جهت‌های غربی و شمالی گواه این دلیل می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج (Yang et al., 2006) که ارتفاع از سطح دریا و جهت را در حضور قارچ مؤثر دانسته بودند مطابقت دارد. نتایج (Puddu et al., 2002) که ارتفاع از سطح دریا را مهمترین عامل در حضور قارچ‌های طاقچه‌ای دانسته بودند تأییدی بر نتایج این تحقیق است. با توجه به اینکه تحقیق حاضر در زمینه پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای در جنگل و مدل پیش‌بینی حضور آنها با استفاده از ویژگی‌های توپوگرافی انجام شده‌است، بنابراین توصیه می‌گردد در مورد پراکنش قارچ‌های طاقچه‌ای پارامترهای بیشتری مورد بررسی قرارگیرد تا مدل مناسب و کامل‌تری از پراکنش و حضور قارچ‌ها در جنگل بدست آید.

منابع مورد استفاده

- حسین‌زاده، م. م.، ثروتی، م. ر.، منصوری، ع.، میرباقری، ب. و خضری، س.، ۱۳۸۸. پهنه‌بندی ریسک وقوع حرکات توده‌ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: محدوده مسیر سندیج- دهگلان)، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۳ (۱۱): ۲۷-۳۷.
- رستمیان، م.، ۱۳۹۱. تعیین پراکنش مکانی، شدت خسارت و نوع گونه میزان قارچ‌های سم‌اسبی در سری یک جنگل آموزشی و

- Electronic Defense Group, Technical Report 13, June 1953. University of Michigan.
- Puddu, A., Luisi, N., Capretti, P. and Santini, A., 2002. Environmental factors related to damage by *Heterobasidion abietinum* in *Abies alba* forests in southern Italy. *Journal of Forest Ecology and Management*, 180: 37-44.
 - Robledo, G.L. and Renison, D., 2009. Wood-decaying polypores in the mountains of central Argentina in relation to polylepis forest structure and altitude. *Journal of Fungal Ecology*, 3: 178- 184.
 - Trudell, S.A. and Edmonds, R.L., 2004. Macro fungus communities correlate with moisture and nitrogen abundance in two old-growth conifer forests. Olympic national park, Washington, USA. *Canadian Journal of Botany*, 82: 781- 800.
 - Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F. and Gosselin, F., 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Journal of Biological Conservation*, 144: 441-450.
 - Yamashita, S. and Hijii, N., 2006. Spatial distribution of the fruiting bodies of agaricales in a Japanese red pine (*Pinus densiflora*) forest. *Journal of Forest Research*, 11:181-189.
 - Yamashita, S., Hattori, T., Ohkubo, T. and Nakashizuka, T., 2009. Spatial distribution of the basidiocarps of *aphyllophoraceous* fungi in a tropical rainforest on Borneo Island, Malaysia. *Journal of Mycological Research*, 113: 1200-1207.
 - Yang, X., Skidmore, A.K., Melick, D.R., Zhou, Z. and Xu, J., 2006. Mapping non-wood forest product (matsutake mushrooms) using logistic regression and a GIS expert system. *Journal of Ecological Models*, 198: 208-218.
 - decaying beech logs. *Journal of Mycologia Research*, 105: 575-596.
 - Hu, Z. and Lo, C. P., 2007. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment & Urban Systems*, 31: 667-688
 - 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. *Journal of Forest Science*, 49: 36-49.
 - Lin, Y. P., Wu, P. J., and Hong, M. M., 2008. The effects of changing the resolution of land-use modeling on simulations of land-use patterns and hydrology for a watershed land-use planning assessment in Wu-Tu, Taiwan. *Landscape. & Urb. Plan*, 87: 54-66.
 - Maanen, A., Debouzif, D. and Gourbiere, F., 1999. Distribution of three fungi colonizing fallen *Pinus sylvestris* needles along altitudinal transects. *Journal of Mycological Research*, 104(9): 1133- 1138.
 - Mahiny, A. S., and Turner, B. J. 2003. Modeling past vegetation change through remote sensing and GIS: a comparison of neural networks and logistic regression methods. *Proceeding of the 7th International Conference on Geocomputation*. University of the Southampton, United Kingdom.
 - Mason, S. J. and Graham, N. E., 1999. Conditional probabilities, relative operating characteristics, and relative operating levels. *Weather & Forecast*, 14: 713- 725.
 - Pedhazur, E. J., 1982. *Multiple Regressions in Behavioral Research: Explanation and prediction*. San Francisco: Holt, Rinehart and Winston.
 - Peterson, W. W. and Birdsall, T. G., 1953. "The theory of signal detect ability: Part I. The general theory".