

تحلیل مکانی و آماری مشخصه‌های کمی توده‌های ارس منطقه چهارباغ گرگان با توجه به خصوصیات توپوگرافی و فیزیکی خاک

محمد مقصودلونژاد^{۱*}، شعبان شتایی جویباری^۲، هاشم حبشی^۳ و منوچهر بابانژاد^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲دانشیار و استادیار گروه جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۴استادیار گروه آمار، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان

(تاریخ دریافت: ۸۹ / ۱۱ / ۲۵، تاریخ پذیرش: ۹۱ / ۱۰ / ۱۱)

چکیده

به منظور تحلیل مکانی و آماری مشخصه‌های کمی توده‌های ارس با توجه به خصوصیات توپوگرافی و خاک، مساحتی در حدود ۴۷۰۰ هکتار از منطقه چهارباغ گرگان انتخاب شد. نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا و زمین‌شناسی منطقه مورد نظر در محیط GIS تهیه شد و پس از روی هم اندازی این نقشه‌ها، واحدهای همگن شکل زمین تهیه شد. در هر واحد همگن تعدادی قطعه نمونه به طور تصادفی انتخاب و در مجموع ۱۴۹ قطعه نمونه به مساحت ۱۰ آر در منطقه پیاده شد و در هر یک از آنها، قطر برابر سینه، تعداد درختان در قطعات نمونه، سطح تاج پوشش و ارتفاع درختان برداشت شد. برای تجزیه و تحلیل بین واحدهای همگن از آنالیز واریانس و آزمون مقایسه‌ای دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد مقادیر مشخصه‌های تعداد در هکتار، درصد تاج پوشش، قطر سطح مقطع متوسط و سطح مقطع برابر سینه اختلاف معنی‌داری در بین واحدهای همگن دارند. نتایج به دست آمده از مدل رگرسیونی غیرخطی نشان داد که مدل غیرخطی متغیرهای جهت و شاخص رطوبتی به عنوان بهترین مدل برای توصیف مشخصه تعداد در هکتار ($RMSE=4/85$ و $R^2_{adj}=0/57$) و مدل غیرخطی متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه و شاخص رطوبتی به عنوان بهترین مدل برای توصیف سطح تاج پوشش ($RMSE=2/67$ و $R^2_{adj}=0/49$) است. بهترین مدل برای توصیف سطح مقطع برابر سینه، مدل غیرخطی متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه، قدرت جریان آب و شاخص رطوبتی ($RMSE=2/1$ و $R^2_{adj}=0/56$) بود. همچنین مدل غیرخطی جهت، سنگ و سنگریزه، قدرت جریان آب و شاخص رطوبتی به عنوان بهترین مدل برای توصیف قطر سطح مقطع متوسط ($RMSE=3/4$ و $R^2_{adj}=0/50$) ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: ارس، مشخصه‌های کمی، واحدهای شکل زمین، چهارباغ، آنالیز زمین، GIS.

مقدمه و هدف

اکولوژی هر منطقه، فصل مشترک عوامل محیط زیستی آن منطقه است. چهار عامل اقلیم، توپوگرافی، خاک و موجودات زنده عوامل مهم تعیین اوتاکولوژی هر گونه محسوب می‌شوند (علی‌احمد کروری و خوشنویس، ۱۳۷۹). داشتن اطلاعات مکانی در مورد توده‌های جنگلی و ساختار گیاهان جنگل در مقیاس‌های مکانی بزرگ برای سیاست‌گذاری‌های منابع طبیعی و تحقیقات اکولوژی لازم است (Janet & Gregory, 2002). شناخت رابطه بین عوامل محیطی و پراکنش گونه‌های گیاهی، نقش مهمی در طرح‌های محیط زیستی و مدیریتی دارد (Ferrier *et al.*, 2002). ظهور هر گونه گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیشترین تأثیر را در استقرار یک گونه گیاهی دارند. اگر به‌طریقی بتوان این عوامل را تعیین و رفتار آنها را با متغیرهای محیطی و گونه‌های همراه بررسی کرد، دستیابی به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌های امکان‌پذیر خواهد بود (Guisan & Theurillat, 2000). از آنجا که رشد، فراوانی یا تنوع درختان به‌طور مستقیم به مشخصه‌های زیادی مانند مقدار تشعشع خورشیدی، خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی و عناصر خاک وابسته است، امکان بررسی مکانی ویژگی‌های درختان جنگلی براساس متغیرهای ناحیه‌ای فراهم می‌شود (Kint *et al.*, 2003). با توسعه GIS مدلسازی محیطی بر اساس ساختار داده و روش‌های تجزیه و تحلیل متفاوت برای بررسی اطلاعات مکانی امکان‌پذیر شده است. از داده‌های توپوگرافی را می‌توان برای محاسبه خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی مختلف استفاده کرد (Wilson & Gallant, 2000). مشخصه‌های مشتق از مدل رقومی زمین^۱ (DTM) در بسیاری از مطالعات در زمینه طبقه‌بندی و پیش‌بینی خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و پراکنش گونه‌ها استفاده شده‌اند (Canton *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 2007). شیب، جهت و ارتفاع مهم‌ترین متغیرهای توپوگرافی هستند که به‌طور متداول در اندازه‌گیری‌ها و مدلسازی وقوع مکانی پوشش گیاهی به‌کار گرفته می‌شوند (Barrough *et al.*, 2001; Liprieur *et al.*, 1988).

(2000) نشان دادند که پراکنش گونه‌های گیاهی در تیپ‌های نیمه‌مدیترانه‌ای جنوب کالیفرنیا وابسته به توازن رطوبت خاک است که به‌وسیله شاخص‌های مشتق از DTM مانند شیب، جهت، انحنای زمین، ارتفاع و دیگر خصوصیات توپوگرافی مثل تابش خورشید کنترل می‌شود. Horsch (2003) برای بیان پراکنش مکانی جنگل‌های کوهستانی و نیمه‌آلپی در آلپ مرکزی، ۲۴ مشخصه اولیه و ثانویه مشتق از DTM را استفاده کرد و نشان داد که ارتفاع، جهت شیب و تا حدی رطوبت، مهم‌ترین مشخصه‌ها برای بیان خصوصیات جنگل هستند. Mitsuda *et al.* (2007) با استفاده از ۱۴ شاخص طبقه‌بندی‌شده تابش خورشید و متغیرهای ثانویه توپوگرافی، شاخص رویشگاه را برای توده‌های خالص کاج ژاپنی با روش رگرسیون چندمتغیره خطی و با $R^2=0/692$ مدلسازی کردند. تحقیقات نشان می‌دهد که خصوصیات توپوگرافی و بافت خاک بر مشخصه‌های کمی توده‌های ارس تأثیرگذار است. بررسی تأثیر مشخصه‌های اکولوژی نشان می‌دهد که شیب بر سه عامل تعداد در هکتار، ضریب قدکشیدگی و سلامت و شادابی درختان ارس تأثیر دارد. عامل ارتفاع از سطح دریا بر مشخصه‌های تعداد در هکتار و رویه زمینی در هکتار، و عامل جهت جغرافیایی بر مشخصه‌های تعداد در هکتار، رویه زمینی و تنوع زیستی مؤثر است (مؤمنی مقدم، ۱۳۸۱). مرادی (۱۳۸۵) بیان کرد که گونه ارس *J. excelsa* در بین واحدهای همگن شکل زمین و در جهت‌های جغرافیایی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری از نظر مشخصه‌های کمی است. راستین (۱۳۸۷) شیب و جهت را در استقرار و رویش گونه ارس مؤثر دانست و مناسب‌ترین شرایط برای استقرار و رویش گونه ارس را در طبقه ارتفاعی ۲۶۰۰-۲۲۰۰ متر، شیب ۲۰-۴۰ درصد، جهت‌های شمالی و خاک‌هایی با بافت سبک و اسیدیته قلیایی گزارش کرد. رامین (۱۳۸۸) با بررسی اثر نسبی عوامل فیزیوگرافی بر مشخصه‌های کمی پوشش توده‌های ارس امین‌آباد بیان کرد که اثر طبقه ارتفاعی ۲۵۰۰-۲۲۰۰ متر، شیب ۳۰-۰ درصد و جهت شمالی، بیش از دیگر طبقات است. او با مدل رگرسیونی نشان داد که ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب بر مشخصه سطح تاج‌پوشش اثر معکوس دارد. Johnson & Miller

1- Digital Terrain Model (DTM)

تهیه نقشه‌های پایه

برای تولید مدل رقومی زمین و تهیه نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع، از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در محیط GIS استفاده شد. همچنین عوامل ثانویه توپوگرافی (انحنای نیمرخ، انحنای عمودی، انحنای تانژانتی، انحنای مسطحاتی، شاخص رطوبتی و قدرت جریان آب) (Gorsevski et al., 2006) با استفاده از مدل رقومی زمین در نرم‌افزار آنالیز زمین (TAS^۱) تهیه شد. نقشه طبقات شیب در سه طبقه ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و بیش از ۶۰ درصد، نقشه طبقات ارتفاعی در دو طبقه ۲۵۰۰-۲۰۰۰ و ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر و نقشه جهت‌های اصلی جغرافیایی تهیه شد. لایه زمین‌شناسی منطقه از نقشه زمین‌شناسی منطقه گرگان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از طریق رقومی‌سازی واحدهای زمین‌شناسی استخراج شد. با تلفیق نقشه‌های طبقات شیب، ارتفاع، جهت‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی در محیط GIS و ادغام واحدهای همگن کوچک با مساحت کمتر از یک هکتار، ۲۹ واحد همگن شکل زمین ایجاد شد.

جمع‌آوری اطلاعات زمینی

در هر یک از واحدهای همگن چند نقطه نمونه به‌صورت تصادفی در محیط GIS انتخاب شد، به‌طوری که در هر واحد، دست کم سه قطعه نمونه واقع شود. در واحدهای همگنی که مساحت بیشتری داشتند، قطعات نمونه بیشتری انتخاب شد. در کل ۱۴۹ قطعه نمونه تعیین و به دستگاه GPS منتقل شد. با یافتن مرکز قطعات نمونه در طبیعت توسط GPS، قطعات نمونه دایره‌ای به مساحت ۱۰ آر پیاده شد. به دلیل اهمیت درختان ارس، قطر و ارتفاع همه درختان با قطر برابر سینه بزرگ‌تر از ۲٫۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. با اندازه‌گیری دو قطر عمود برهم تاج در دو جهت شمالی-جنوبی و شرقی-غربی، میانگین آن به‌عنوان قطر تاج در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن قطر تاج، سطح تاج‌پوشش برای هر درخت محاسبه و با توجه به سطح قطعه نمونه، درصد تاج‌پوشش در هکتار قطعات نمونه به‌دست آمد. همچنین مشخصه‌های تعداد در هکتار، قطر سطح مقطع متوسط و سطح مقطع برابر سینه نیز محاسبه شد.

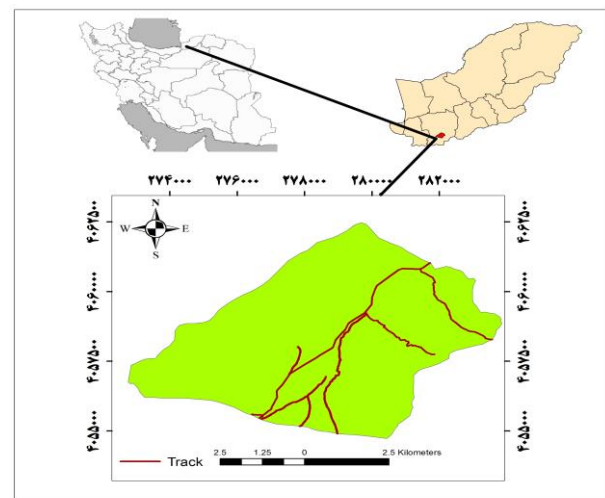
(2006) بیان کردند که در توده‌های گونه *J. Occidentalis* در ارتفاع یکسان و شیب ثابت، با حرکت از جهت شمال به جنوب، تعداد درختان، ۴/۹ اصله در هکتار کاهش می‌یابد. همچنین در یک جهت، با افزایش ارتفاع در حدود ۴۰۰ متر، تعداد درختان، ۱/۸ اصله در هکتار افزایش می‌یابد. رشد این گونه و تراکم درختان با افزایش ارتفاع و جهت شمالی افزایش می‌یابد.

بی‌شک اجرای هر برنامه برای توسعه و گسترش جنگل‌های ارس و حفاظت از وضعیت موجود، نیازمند داشتن اطلاعات جامع از ویژگی‌های اکولوژی حاکم بر رویشگاه‌های آن است. منطقه چهارباغ گرگان از جمله مناطق و رویشگاه‌های ارس است که گونه ارس با وضعیت به نسبت خوبی در آن مستقر شده است. این تحقیق با هدف بررسی مشخصه‌های کمی توده‌های ارس در این منطقه و ارتباطات مکانی آنها با برخی عوامل رویشگاهی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه تحقیق بین عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ} 36' 27.81''$ تا $36^{\circ} 41' 0.81''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $54^{\circ} 28' 19.90''$ تا $54^{\circ} 35' 13.78''$ شرقی قرار دارد (شکل ۱). مساحت منطقه ۴۶۹۶ هکتار، متوسط بارندگی سالانه ۳۰۵ میلی‌متر، حداقل ارتفاع ۲۱۵۰ متر و حداکثر ارتفاع ۳۰۰۰ متر از سطح دریاست (بهمنش، ۱۳۸۵).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در ایران و استان گلستان

رگرسیون براساس معیارهای ضریب تبیین اصلاح شده^۲ و ریشه میانگین مربع خطای باقی مانده‌ها^۳ (RMSE) انتخاب شد. به منظور پیوسته‌سازی جهت دامنه برای استفاده در مدل‌سازی از فرمول Beers (2010) (McNab, 2010) استفاده شد. مقادیر پیوسته بین ۰ تا ۲ متغیر است.

نتایج

در جدول ۱، مشخصه‌های کمی منطقه مورد بررسی به‌طور خلاصه آورده شده است.

جدول ۱- خلاصه وضعیت مشخصه‌های کمی ارس در

منطقه مورد بررسی

میانگین	حداکثر	حداقل	واحد همگن
۶۵/۹۹	۱۱۵	۳/۳۳	تعداد در هکتار
۱۰/۵۱	۲۸/۹	۰/۰۵	درصد تاج پوشش
۱۰/۵۵	۲۸/۰۹	۰/۲	سطح مقطع برابرسینه (متر مربع)
۲۹/۱	۵۵/۴۸	۱/۵۶	قطر سطح مقطع متوسط (سانتی‌متر)

با تلفیق چهار نقشه شیب، جهت، ارتفاع و زمین‌شناسی (شکل ۲)، نقشه واحدهای همگن شکل زمین (شکل ۳) به دست آمد.

بررسی وضعیت مشخصه‌های کمی درختان ارس در هر یک از واحدهای همگن مشخصه‌های تعداد در هکتار با وجود سادگی و سهولت، بیان‌کننده مقدار تراکم و انبوهی توده‌ها و دخالت‌های صورت گرفته خواهد بود (شکل ۴). نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲) برای مشخصه میانگین تعداد در هکتار نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد بین واحدهای همگن مختلف وجود دارد.

تهیه نقشه بافت، سنگ و سنگریزه خاک - برای تهیه نقشه بافت خاک، ابتدا ۶۵ نمونه خاک سطحی به صورت تصادفی و با توجه به واحدهای زمین‌شناسی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت و موقعیت مکانی آنها توسط دستگاه GPS ثبت شد. در آزمایشگاه با استفاده از روش وزنی و با تقسیم وزن سنگ و سنگریزه هر نمونه خاک بر وزن کل نمونه ضرب در ۱۰۰، درصد سنگ و سنگریزه برای هر قطعه نمونه محاسبه شد. مقادیر بافت خاک بر پایه قانون استوکس و به روش هیدرومتر تعیین و کلاس بافت خاک نیز به روش مثلث بافت USDA مشخص شد (Gee & Bauder, 1986). با استفاده از نرم‌افزار زمین‌آماري Variowin مقادیر اثر قطعه‌ای، دامنه تأثیر، سقف و مدل مناسب برای تهیه نقشه بافت خاک و سنگ و سنگریزه استخراج شد. با استفاده از روش زمین‌آمار و درون‌یابی کریجینگ، نقشه بافت خاک منطقه به همراه نقشه سنگ و سنگریزه تهیه شد.

استخراج اطلاعات توپوگرافی و خاک در محل قطعات نمونه

با روی هم‌اندازی لایه برداری قطعات نمونه بر روی نقشه‌های تهیه‌شده، اطلاعات مورد نظر در محیط GIS استخراج شد.

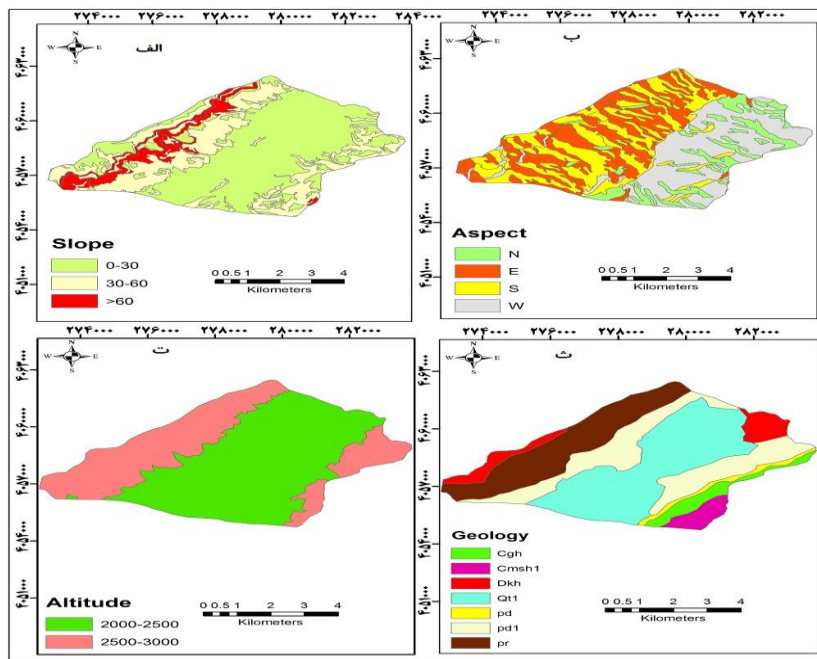
تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در سطح ۵ درصد بررسی شد و برای نرمال‌سازی داده‌های مشخصه‌های تعداد در هکتار و سطح تاج پوشش از تبدیل Box-Cox ($\lambda=1/2$) و تبدیل رادیکال (ریشه درجه دوم) استفاده شد. برای نرمال‌سازی داده‌های مشخصه‌های سطح مقطع برابرسینه و قطر سطح مقطع متوسط از تبدیل لگاریتمی ($\lambda=0$) استفاده شد. سپس مشخصه‌های کمی تعداد در هکتار، سطح تاج پوشش، سطح مقطع برابرسینه و قطر سطح مقطع متوسط در بین واحدهای همگن با آنالیز واریانس و آزمون دانکن مقایسه شد. مدل‌سازی و تحلیل رگرسیون غیرخطی چندمتغیره (روش گام‌به‌گام رو به جلو) با استفاده از ۸۵ درصد قطعات نمونه انجام گرفت. ارزیابی اعتبار نتایج با ۱۵ درصد از نمونه‌های باقی مانده انجام گرفت. مناسب‌ترین مدل از بین همه مدل‌های

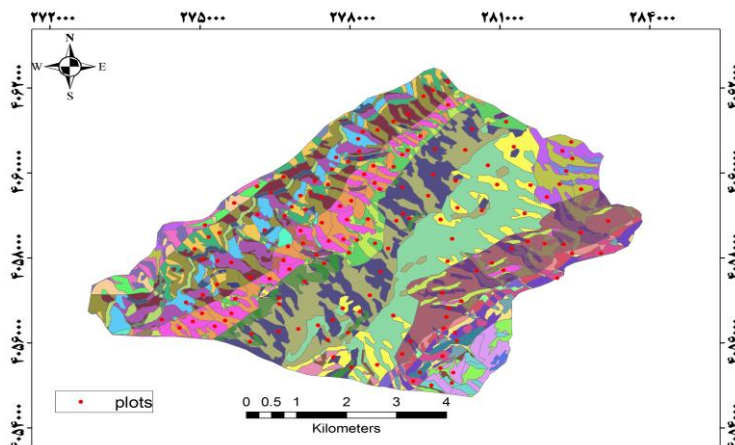
2- Adjusted R²

3- Root Mean Square Error

1- Forward Stepwise Regression



شکل ۲- نقشه‌های شیب (الف)، جهت (ب)، ارتفاع (ت) و زمین‌شناسی (ث) منطقه مورد بررسی



شکل ۳- نقشه واحدهای همگن منطقه مورد مطالعه و موقعیت قرار گرفتن نقاط نمونه در واحدهای همگن



شکل ۴- میانگین تعداد در هکتار درختان در واحدهای همگن

جدول ۲- آنالیز واریانس میانگین تعداد در هکتار درختان در واحدهای همگن (*سطح معنی‌داری ۰/۰۵)

منبع	درجه	مجموع مربعات	میانگین	مقدار
مدل	۲۸	۱۶۱۳۴۹,۲۰۵	۵۷۶۲,۴۷۲	۳,۴۲۴*
خطا	۱۲۰	۲۰۱۹۷,۹۷۰	۱۶۸۳,۱۴۱	
کل	۱۴۸	۳۶۳۳۲۶,۱۷۴		

وجود دارد (در شکل ۵، به دلیل کم بودن سطح تاج پوشش در واحد همگن ۱ و ۲۲ و کوچک بودن نمودار، چیزی دیده نمی‌شود).

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۳) برای مشخصه میانگین درصد سطح تاج پوشش نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد بین واحدهای همگن مختلف



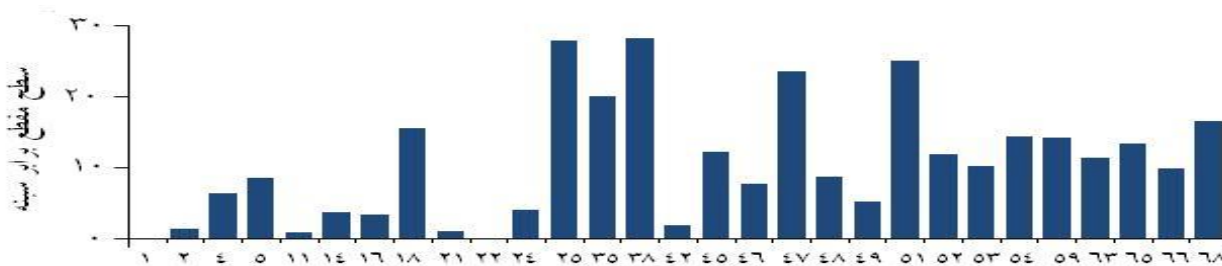
شکل ۵- میانگین درصد سطح تاج پوشش در واحدهای همگن

جدول ۳- آنالیز واریانس سطح تاج پوشش در واحدهای همگن (*: سطح معنی‌داری ۰,۰۵)

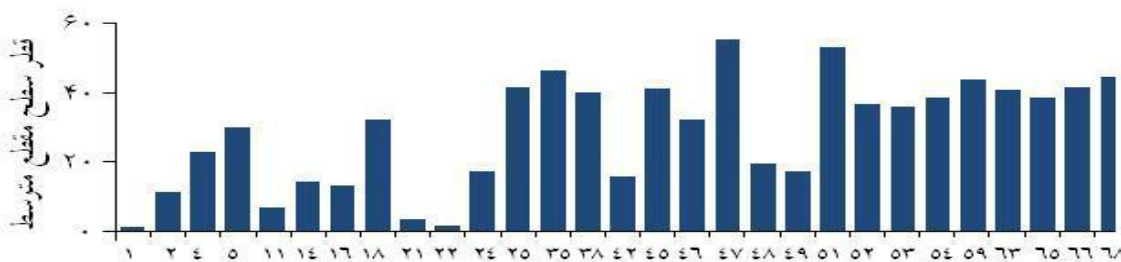
منبع	درجه	مجموع مربعات	میانگین	مقدار
مدل	۲۸	۷۳۸۷,۹۸۱	۲۶۳,۸۵۶	۲,۷۳*
خطا	۱۲۰	۱۱۵۸۴,۱۸۱	۹۶,۵۳۵	
کل	۱۴۸	۱۸۹۷۲,۱۶۱		

واحدهای همگن مختلف وجود دارد. نتایج آنالیز واریانس (جدول ۵) برای مشخصه قطر سطح مقطع متوسط نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد بین واحدهای همگن مختلف وجود دارد.

میانگین سطح مقطع برابر سینه و میانگین قطر سطح مقطع متوسط در واحدهای همگن به ترتیب در شکل‌های ۶ و ۷ دیده می‌شود. نتایج آنالیز واریانس (جدول ۴) برای مشخصه میانگین سطح مقطع برابر سینه نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد بین



شکل ۶- میانگین سطح مقطع برابر سینه در واحدهای همگن



شکل ۷- میانگین قطر سطح مقطع متوسط در واحدهای همگن

جدول ۴- آنالیز واریانس میانگین سطح مقطع برابرسینه در هکتار در واحدهای همگن (*: سطح معنی‌داری ۰/۰۵)

منبع	درجه	مجموع	میانگین	مقدار F
مدل	۲۸	۸۳۹۵/۰۲۳	۲۹۹/۸۳۲	۲/۸۱*
خطا	۱۲۰	۱۲۸۰۳/۶۹۲	۱۰۶/۶۹۷	
کل	۱۴۸	۲۱۱۹۸/۷۱۵		

جدول ۵- آنالیز واریانس میانگین قطر سطح مقطع متوسط در واحدهای همگن (*: سطح معنی‌داری ۰/۰۵)

منبع	درجه	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
مدل	۲۸	۳۹۲۶۹/۸۹	۱۴۰/۲/۴	۵/۵۲*
خطا	۱۲۰	۳۰۴۵۸/۵۶	۲۵۳/۸۲۱	
کل	۱۴۸	۶۹۷۲۸		

شاخص رطوبتی (رابطه ۱) در مقایسه با دیگر متغیرها و ترکیبات به کار رفته، مشخصه تعداد در هکتار درختان را توصیف کرد (جدول ۶).

رابطه ۱

۲(شاخص رطوبتی ۰/۴۸ - جهت ۳/۰۸ - ۱۳/۷۸) = تعداد در هکتار

- توصیف و مدل‌سازی متغیرها

- توصیف تعداد در هکتار با استفاده از خصوصیات متغیرهای مستقل

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام رو به جلو نشان داد که مدل غیرخطی (درجه دوم) متغیرهای جهت و

جدول ۶- نتایج رگرسیون گام‌به‌گام و آماره ارزیابی برای توصیف مشخصه تعداد در هکتار

N _h	ضریب ثابت	جهت	شاخص رطوبتی	R ² _{adj}	RMSE	%RMSE
ضریب برآورد	۱۳/۷۸	-۳/۰۸	-۰/۴۸	۰/۵۷	۴/۸۵	۶/۴۴
P-Value	۰/۰۰۰۰۲***	۰/۰۰۰۰۲***	۰/۰۰۶۷۵**			

** و ***: سطح معنی‌داری ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱

درختان را توصیف کرد (جدول ۷). مقادیر تغییرات سطح تاج پوشش بر اساس سه متغیر مانند مدل تعداد در هکتار است.

رابطه ۲

= تعداد در هکتار

۲(شاخص رطوبتی ۰/۳۵ - سنگ ۰/۰۶ + جهت ۱/۴۵ - ۳/۳۴)

- توصیف سطح تاج پوشش با استفاده از خصوصیات متغیرهای مستقل

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون نشان داد که مدل غیرخطی (درجه دوم) از متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه و شاخص رطوبتی (رابطه ۲) در مقایسه با دیگر متغیرها و ترکیبات به کار گرفته شده، سطح تاج پوشش

جدول ۷- نتایج رگرسیون گام‌به‌گام و آماره ارزیابی برای توصیف مشخصه سطح تاج پوشش

Cover	ضریب ثابت	جهت	سنگ	شاخص	R ² _{adj}	RMSE	%RMSE
ضریب برآورد	۳/۳۴	-۱/۴۵	۰/۰۶	-۰/۳۵	۰/۴۹	۲/۶۷	۳۱/۱۴
P-Value	۰/۰۹۲۳۹	۰/۰۰۰۰۵***	۰/۰۸۲۴۶	۰/۰۰۱۵۲**			

** و ***: سطح معنی‌داری ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱

مقایسه با دیگر متغیرها و ترکیبات به کار گرفته شده، قطر سطح مقطع متوسط درختان را توصیف کرد (جدول ۸).

رابطه ۳

سنگ و سنگریزه + جهت ۰/۸۱ - ۲/۷۸ = قطر سطح مقطع متوسط (شاخص رطوبتی ۰/۳۴ - جریان آب ۰/۰۶ + ۰/۰۶)

- توصیف قطر سطح مقطع متوسط با استفاده از خصوصیات متغیرهای مستقل

نتایج تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام رو به جلو نشان داد که مدل غیرخطی (نمایی) از متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه، قدرت جریان آب و شاخص رطوبتی (رابطه ۳) در

جدول ۸- نتایج رگرسیون گام‌به‌گام و آماره ارزیابی برای توصیف مشخصه قطر سطح مقطع متوسط

قطر سطح مقطع متوسط	ضریب ثابت	جهت	سنگ	جریان آب	شاخص رطوبتی	R^2_{adj}	RMSE	%RMSE
ضریب برآورد	۲,۷۸	-۰,۸۱	۰,۰۶	۰,۰۰۶	-۰,۳۴	۰,۵۰	۳,۴	۱۶,۵۲
P-Value	۰,۰۴۳۲۲*	۰,۰۰۰۰۱***	۰,۰۲۲۱*	۰,۰۰۳۰۱**	۰,۰۰۰۰۰۴***			

*، ** و ***: سطح معنی داری ۰,۰۵، ۰,۰۱ و ۰,۰۰۱

متغیرها و ترکیبات به کار گرفته شده، سطح مقطع برابر سینه درختان را توصیف کرد (جدول ۹).

رابطه ۴

سنگ و سنگریزه + جهت $2,36 - 2,02 = e$ سطح مقطع برابر سینه (شاخص رطوبتی $-0,78$ - قدرت جریان آب $0,13 + 0,12$)

- توصیف سطح مقطع برابر سینه با استفاده از خصوصیات متغیرهای مستقل

نتایج تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام رو به جلو نشان داد که مدل غیرخطی از متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه، قدرت جریان آب و شاخص رطوبتی (رابطه ۴) در مقایسه با دیگر

جدول ۹- نتایج رگرسیون گام‌به‌گام و آماره ارزیابی برای توصیف مشخصه سطح مقطع برابر سینه

سطح مقطع برابر سینه	ضریب ثابت	جهت	سنگ	جریان آب	شاخص رطوبتی	R^2_{adj}	RMSE	%RMSE
ضریب برآورد	۲,۰۲	-۲,۳۶	۰,۱۲	۰,۰۱۳	-۰,۸۷	۰,۵۶	۲,۱	۳۳,۸۷
P-Value	۰,۵۳۴۶	۰,۰۰۰۰۱***	۰,۰۲۷۲۴*	۰,۰۰۲۴۶**	۰,۰۰۰۰۱۳***			

*، ** و ***: سطح معنی داری ۰,۰۵، ۰,۰۱ و ۰,۰۰۱

بحث

پایه‌های ارس، سطح تاج پوشش نیز بیشتر است. در مناطق پایین دست که شیب کمتری دارند، به دلیل عبور مسیر قدیمی تردد گرگان- چهارباغ و شاهرود، استفاده از مناطق به عنوان مرتع و فشار دام، فشار زیادی از زمان قدیم تا کنون به این مناطق وارد شده است و تعداد زیادی از درختان در منطقه مورد بررسی قطع شده بودند. متأسفانه به علت نوع قطعی که در منطقه صورت گرفته، شرایط برای جست‌دهی دوباره این درختان فراهم نشده است. در تحقیق رامین (۱۳۸۸) که به بررسی وضعیت مشخصه‌های کمی درختان ارس در واحدهای همگن در منطقه فیروزکوه پرداخت، بیشترین تعداد اصله درخت در واحدهایی با شیب ۳۰-۰ درصد قرار دارند که با نتایج این تحقیق به علت حفاظتی بودن منطقه فیروزکوه و عدم استقرار انسان در منطقه که عامل اصلی حفظ توده‌های ارس بوده است مطابقت ندارد. ولی در توده‌های ارس کپه‌داغ (مؤمنی مقدم، ۱۳۸۱) بیشترین تعداد در هکتار در طبقه شیب ۶۰-۲۵ درصد قرار دارند که با نتایج این تحقیق همسو است. نتایج بررسی وضعیت مشخصه‌های کمی در هر یک از واحدهای همگن نشان داد که بیشترین میانگین درصد سطح تاج پوشش

تحقیق حاضر به منظور بررسی وضعیت مشخصه‌های کمی توده‌های ارس و ارتباط آنها با عوامل مختلف رویشگاهی در منطقه چهارباغ صورت گرفت. با بررسی وضعیت مشخصه‌های کمی (تعداد در هکتار، درصد سطح تاج پوشش، سطح مقطع برابر سینه و قطر سطح مقطع متوسط) درختان ارس در هر یک از واحدهای همگن، مشخص شد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان وجود دارد. بیشترین میانگین تعداد در هکتار، مربوط به واحد همگنی با شیب ۶۰-۳۰ درصد، جهت جنوبی، طبقه ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر و واحد زمین‌شناسی روته و کمترین آن مربوط به واحد همگنی با شیب ۳۰-۰ درصد، جهت غربی، ارتفاع ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر و واحد زمین‌شناسی درود است. نتایج نشان می‌دهد که واحدهای همگنی که در طبقه ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر و در طبقه شیب ۶۰-۳۰ درصد به بالا قرار دارند، نسبت به واحدهای همگنی که در طبقه شیب ۳۰-۰ درصد و طبقه ارتفاعی ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر قرار دارند، از نظر مشخصه تعداد در هکتار، میانگین بیشتری دارند. همچنین در همین طبقات به علت وجود تعداد بیشتر

کمی در واحدهای همگن ۵۱، ۲۵، ۳۸ و ۴۷ که هر کدام از این واحدها در یک مشخصه از بیشترین میانگین در مقایسه با واحدهای همگن دیگر برخوردار است، نشان داد که این چهار واحد همگن در تمامی مشخصه‌های مورد بررسی در یک گروه دانکن قرار گرفتند. به عبارت دیگر این چهار واحد همگن از نظر همه مشخصه‌های مورد بررسی، خیلی به هم نزدیکند. بیشتر بودن مشخصه‌های کمی در این واحدهای همگن، به علت قرار گرفتن در طبقه ارتفاعی زیاد و شیب‌های تند است، به طوری که دسترسی به این توده‌ها مشکل‌تر از نقاط پایین دست و مناطق کم‌شیب است. در واحدهای همگن ۲۲ و ۱ کمترین میانگین مشخصه‌های کمی وجود دارد، زیرا این واحدهای همگن در طبقه ارتفاعی ۲۵۰۰-۳۰۰۰ و طبقه شیب ۳۰-۰ درصد قرار دارند و دسترسی مردم به این واحدها آسان‌تر است. به طور کلی با توجه به نتایج مشاهده می‌شود واحدهایی که در طبقات ارتفاعی ۲۵۰۰-۳۰۰۰ متر و در طبقه شیب ۳۰-۰ درصد قرار دارند، از میانگین مشخصه‌های کمی کمتری در مقایسه با دیگر واحدهای همگن برخوردارند. موضوع آشکار در بررسی مشخصه‌های کمی این چهار واحد این است که هر کدام از این چهار واحد در یک جهت شیب قرار گرفته است، یعنی در این منطقه مقدار وقوع مشخصه‌ها در جهات مختلف نزدیک به هم است و هیچ کدام از جهات در این منطقه در مقدار وقوع مشخصه‌های کمی بر دیگری برتری ندارد. در این تحقیق همچنین به منظور مدلسازی متغیرهای کمی توده‌های ارس و تعیین مؤثرترین و مرتبط‌ترین عوامل مستقل بر مشخصه‌های توده ارس از رگرسیون غیرخطی چندمتغیره استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل غیرخطی از متغیرهای جهت و شاخص رطوبتی، بهترین مدل برای برآورد تعداد در هکتار ($RMSE = 4/85$ و $R^2_{adj} = 0/57$) بود. مدل غیرخطی از متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه و شاخص رطوبتی به عنوان بهترین مدل برای برآورد سطح تاج پوشش با $RMSE = 2/67$ و $R^2_{adj} = 0/49$ مشخص شد. مدل غیرخطی از متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه، قدرت جریان آب و شاخص رطوبتی به عنوان بهترین مدل پیش‌بینی قطر سطح مقطع متوسط با مقدار خطای $RMSE = 3/4$ و $R^2_{adj} = 0/50$ انتخاب شد و مدل غیرخطی از

مربوط به واحد همگنی با ویژگی شیب ۶۰-۳۰ درصد، جهت غربی، طبقه ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۵۰۰ و واحد زمین‌شناسی درود، و کمترین آن مربوط به واحد همگنی با ویژگی شیب ۳۰-۰ درصد، جهت غربی، ارتفاع ۲۵۰۰-۲۰۰۰ و واحد زمین‌شناسی درود است. در منطقه فیروزکوه (رامین، ۱۳۸۸)، بیشترین میانگین سطح تاج پوشش ارس در واحدهای همگن با ویژگی شیب ۶۰-۳۰ درصد است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در کپه‌داغ شیروان (مؤمنی مقدم، ۱۳۸۱)، بیشترین درصد سطح تاج پوشش ارس در واحد همگنی با طبقه شیب ۶۰-۲۵ درصد است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. بیشترین میانگین سطح مقطع برابر سینه مربوط به واحد همگن با ویژگی شیب ۶۰-۳۰ درصد، جهت شمالی، طبقه ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر و واحد زمین‌شناسی قزل‌قلعه، و کمترین آن مربوط به واحد همگن با شیب ۳۰-۰ درصد، جهت غربی، ارتفاع ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر و واحد زمین‌شناسی درود است. بر پایه نتایج واحدهای همگنی که دسترسی به آنها آسان‌تر است، از میانگین سطح مقطع برابر سینه کمتری برخوردارند. در کپه‌داغ شیروان بیشترین سطح مقطع برابر سینه در واحد همگنی با طبقه شیب ۶۰-۲۵ درصد قرار دارد که با نتایج این تحقیق همسو است. بیشترین میانگین قطر سطح مقطع متوسط مربوط به واحد همگن با شیب ۶۰-۳۰ درصد، جهت شرقی، طبقه ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر و واحد زمین‌شناسی درود، و کمترین آن مربوط به واحدهایی با شیب ۳۰-۰ درصد، جهت شمالی، ارتفاع ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر و واحد زمین‌شناسی مخروط افکنه است. مؤمنی مقدم (۱۳۸۱) در کپه‌داغ شیروان بیشترین قطر سطح مقطع متوسط را در واحد همگنی با طبقه شیب ۶۰-۲۵ درصد بیان کرد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج نشان می‌دهد که در بین واحدهای همگن اختلاف معنی‌داری از نظر تمام مشخصه‌های مورد بررسی وجود دارد. مرادی (۱۳۸۵) نیز در رویشگاه طبیعی گونه ارس *J. excelsa* در آیلان رودبار الموت این موضوع را برای مشخصه‌های تعداد در هکتار، قطر در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع درخت، قطر یقه، قطر تاج و درصد تاج پوشش تایید کرد. همچنین نتایج آنالیز واریانس برای تمام مشخصه‌های

فلاح‌چای، محمود و محمدرضا مروی مهاجر، ۱۳۸۴. نقش اکولوژیک ارتفاع از سطح دریا در تنوع گونه‌های درختی جنگل‌های سیاهکل در شمال ایران، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸(۱): ۱۰۱-۸۹.

مؤمنی مقدم، تکتم، ۱۳۸۱. بررسی برخی ویژگی‌های اکولوژیک و جنگل‌شناسی رویشگاه طبیعی ارس در دامنه‌های کپه‌داغ شیروان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، ۱۰۳ ص.

مرادی، محمد، ۱۳۸۵. بررسی برخی ویژگی‌های جنگل‌شناسی و اکولوژیکی رویشگاه طبیعی گونه ارس *J. excelsa* در آیلان رودبار الموت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ۸۷ ص.

Barrough, P.A., J.P. Wilson, P.F.M. Van Gaans & A.J. Hansen, 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.

Canton, Y., G.D. Barrio, A.S. Benet & R. Lazaro, 2004. Topographic controls on the spatial distribution of ground cover in the Tabernas badlands of SE Spain. *Catena*, 55: 341-365.

Ferrier, S., G. Watson, J. Pearce & M. Drielsma, 2002. Extended statistical approaches to modeling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales, 1. Species-level modeling, *Biodiversity Conservation*, 11: 2275-2307.

Gee, G.W. & J.W. Bauder, 1986. Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, ASA/SSSA Monograph 9, 2nd Edition, 411 pp.

Gorsevski, P.V., P.E. Gessler, R.B. Foltz & W.J. Elliot, 2006. Spatial prediction of landslide hazard using logistic regression and ROC analysis, *Transactions in GIS*, 10(3):395-415.

Guisan, A. & J. Theurillat, 2000. Equilibrium modeling of alpine plant distribution: how far can we go?, *Phytocoenologia*, 30: 353-384.

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.

Janet, L. & J.O. Gregory, 2002. Predictive mapping of forest composition and structure with direct gradient analysis and nearest neighbor imputation in costal Oregon, U.S.A. *Journal of Forest Research*, 32: 725-741.

متغیرهای جهت، سنگ و سنگریزه، قدرت جریان آب و شاخص رطوبتی، بهترین مدل برای برآورد سطح مقطع برابر سینه با $RMSE=2/1$ و $R^2_{adj}=0/56$ بود. روش آنالیز داده‌ها در این تحقیق رگرسیون غیرخطی بود که روابط بین خصوصیات توپوگرافی و بافت خاک را با مشخصه‌های کمی جنگل به صورت غیرخطی در نظر می‌گیرد. مشخصه‌های کمی جنگل مانند قطر برابر سینه و تعداد درختان در واحد سطح با تغییر ارتفاع از سطح دریا به طور منظم تغییر نمی‌یابند و از طرفی تأثیر خصوصیات توپوگرافی بر گیاهان از رابطه خطی پیروی نمی‌کند (فلاح‌چای و مروی مهاجر، ۱۳۸۴).

به منظور حفظ توده‌های ارس منطقه مورد بررسی پیشنهاد می‌شود که بررسی درصد جوانه‌زنی و سالم بودن بذور درختان ارس با توجه به عوامل فیزیوگرافی صورت گیرد. همچنین با توجه به استعداد منطقه از لحاظ زادآوری و همچنین حفاظت بهتر، پیشنهاد می‌شود این منطقه به عنوان ذخیره‌گاه در نظر گرفته شود تا این توده‌ها با کمترین تنش به حیات ادامه دهند.

منابع

بهمنش، بهاره، ۱۳۸۵. بررسی اثر برخی عوامل محیطی بر پراکنش گیاهان دارویی در منطقه چهارباغ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۳ ص.

راستین، محمد، ۱۳۸۷. بررسی و مقایسه عوامل بوم‌شناختی گونه ارس در رویشگاه‌های طبیعی البرز مرکزی منطقه چاشم استان سمنان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد علوم و تحقیقات، ۹۴ ص.

رامین، مریم، ۱۳۸۸. بررسی پراکنش مکانی توده‌های ارس و ارتباط آن با پارامترهای محیطی در توده‌های ارس امین‌آباد فیروزکوه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۲ ص.

علی‌احمد کروری، سودابه و مصطفی خوشنویس، ۱۳۷۹. مطالعه اکولوژیکی و زیست‌محیطی رویشگاه‌های ارس ایران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۲۹۹ ص.

Johnson, D.D. & R.F. Miller, 2006. Structure and development of expanding Western Juniper woodlands as influenced by two topographic variables, *Forest Ecology and Management*, 229: 7-15.

Kint, V., M. Van Meirvenne, L. Nachtergale, G. Geudens & N. Lust, 2003. Spatial methods for quantifying forest stand structure development: A comparison between nearest-neighbor indices and variogram analysis, *Forest Science*, 49(1): 36-49.

Liprieur, V.E., J.M. Durand & J.L. Peyron, 1988. Influence of topography on forest reflectance using Landsat Thematic Mapper and digital terrain data, *Photogrammetry. Eng. Remote Sensing*, 4: 461-496.

McNab, W., 2010. Effects of landform on site index for two mesophytic tree species in the Appalachian Mountains of North Carolina, USA, *International Journal of Forestry Research*, doi:10.1155/2010/298674, 1-7.

Mitsuda, Y., S. Ito & S. Sakamoto, 2007. Predicting the site index of Sugi plantation from GIS-derived environmental factors in Miyazaki Prefecture, *Journal of Forest Research*, 12: 177-186.

Wilson, J.P. & J.C. Gallant, 2000. *Terrain Analysis, Principles and Applications*. John Wiley and Sons, New York, 479 pp.

Wilson, M.F.G., B. Connell, C. Brown, J.C. Guinan & A.G. Grehan, 2007. Multi scale terrain analysis of multi beam bathymetry data for habitat mapping on the continental slope, *Marine Geodesy*, 30: 3-35.

Spatial and statistical analysis of quantitative characteristics of *Juniperus* stands in Chahar-bagh of Gorgan regarding to topographic and soil features

M. Maghsoudlou Nezhad^{*1}, SH. Shataee², H. Habashi³ and M. Babanezhad⁴

¹MSc. graduate, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, I. R. Iran

^{2,3}Associate and Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, I. R. Iran

⁴Assistant Prof., Faculty of Statistics, Department of Statistics Golestan University, I. R. Iran

(Received: 13 February 2011, Accepted: 31 December 2012)

Abstract

In order to analyze the quantity of *Juniperus* stands spatially and statistically and their relationships to topographic and edaphic features, an area of 4700 ha was selected in the Chahar-Bagh region at the Gorgan. The maps of slope, aspect, elevation and geology in GIS environment were overlaid to generate homogenous landform units. In each unit, some 0.1 ha sample plots were randomly selected in GIS environment. 149 sample plots were established in the field. Within each sample plot, diameter at breast height, number of trees, canopy cover and height of trees were recorded. Analysis of variance (ANOVA) and Duncan comparative analysis were used to compare the properties among landform unites. The results showed that landform units were different significantly in terms of number of trees per hectare, canopy cover percentage, mean diameter of basal area and basal area at breast height. Results of nonlinear regression model showed that aspect and wetness index were the best predictors for the number of trees per hectare ($R^2_{adj}= 0.57$). Also a nonlinear component of aspect, stone and wetness index were the best predictors for modeling the canopy cover ($R^2_{adj}=0.49$). In addition, a nonlinear component of variables containing aspect, stone, wetness index and stream power was the best model for basal area at breast height prediction ($R^2_{adj}= 0.56$). A nonlinear component of variables including the aspect, stone, stream power and wetness index were also the best predictors to model the diameter of basal area at breast height ($R^2_{adj}= 0.50$).

Key words: *Juniperus* stand, Quantitative characteristics, Landform units, Chahar-Bagh, Terrain features, GIS.