فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۶، شماره ۱، صفحه ۴۲-۲۹، (۱۳۹۹)

تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر ویژگی‌های کمی درختان ارس (*Juniperus excelsa* M. Bieb)
(بررسی موردی: رویشگاه ارس اسپیرو- دامغان)

فرزانه صدیقی[۱]، کامبیز طاهری آبکنار*[۲] و ابوذر حیدری صفری کوچی[۳]

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
(seddighi2000@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
(taherikambiz@yahoo.com)
۳- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
(heidariabouzar@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱٤

چکیده

این پژوهش برای بررسی ویژگی‌های رویشگاهی درختان ارس با توجه به عوامل توپوگرافی و مکان-نمای رویشگاه جنگلی اسپیرو واقع در شهرستان دامغان انجام شد. آماربرداری به روش منظم تصادفی با ابعاد شبکه ۳۰۰×٤۰۰ متر انجام شد. تعداد و قطر برابرسینه درختان در قطعات نمونه ۱۰آری برداشت شد. سپس اثر عوامل توپوگرافیک بر روی برخی از متغیرهای رویشی توده ارس از قبیل سطح مقطع و تعداد در هکتار با استفاده از مدل رگرسیونی چندگانه با روش گام‌به‌گام مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص‌های جهت، مکان‌نمای رویشگاه و رطوبت توپوگرافی دارای همبستگی معنی‌داری با تعداد در هکتار درختان در منطقه مورد بررسی هستند. همچنین، شاخص‌های ارتفاع از سطح دریا، مکان‌نمای رویشگاه و ناهمواری نیز همبستگی معنی‌داری با متغیر سطح مقطع در هکتار درختان داشتند. با توجه به نتایج، بیشترین همبستگی بین ویژگی‌های کمی ارس، مانند تعداد در هکتار و سطح مقطع آن با عامل توپوگرافیک مکان‌نمای رویشگاه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، جهت، رگرسیون، مکان‌نمای رویشگاه، همبستگی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۳۱۷۳٤۸

مقدمه

بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های جنگلی و شناخت عوامل مؤثر بر آن، برنامه‌ریزی برای مدیریت این توده‌ها را تسهیل می‌کند (Heidari Safari Kouchi *et al.*, 2015). عوامل فیزیوگرافی مانند جهت، ارتفاع، شیب، ناهمواری و نوع تحدب و تقعر زمین، از مؤثرترین عوامل اثرگذار بر روی رشد و استقرار گیاهان هستند (Redmond and Kelsey, 2019). هرکدام از عوامل فوق با توجه به نقش ویژه‌ای که در تعیین برخی از شاخص‌های اقلیمی در سطوح خرد و کلان ایفا می‌کنند، اثر ویژه‌ای بر روی شاخص‌های کمی و کیفی توده‌های جنگلی ایفا می‌کنند. از این عوامل جهت دامنه است که با تأثیر خود در تعیین مقدار رطوبت و تبخیر، زاویه و مقدار دریافت نور، رشد گیاهان و گاهی حضور و عدم حضور گونه‌های گیاهی در جهات مختلف زمین را تعیین می‌کند (Wu *et al.*, 2019). عامل ارتفاع از سطح دریا نیز با اثرگذاری بر دمای محیط، شرایط را برای استقرار برخی گونه‌های مقاوم به سرما در ارتفاعات و حذف دیگر گونه‌ها در ارتفاعات بالا را فراهم می‌کند (Klippel *et al.*, 2017). علاوه بر ارتفاع، عامل شیب نیز یکی از عوامل مؤثر بر روی خاک است که تأثیر بسزایی بر حضور یا عدم حضور گونه‌ها و مقدار پوشش آنها دارد و شاخص مهمی در تعیین مقدار فرسایش و رطوبت توپوگرافی به شمار می‌رود (Nüchel *et al.*, 2019).

جنس ارس شامل ٦٠ گونه و تعداد بی‌شماری زیرگونه بوده و از این نظر در رده سوزنی‌برگان بعد از جنس‌های Podocarpus و Pinus سومین مقام را به خود اختصاص داده است (Ravanbakhsh *et al.*, 2012، Welch *et al.*, 2015). گونه‌های مختلف ارس در اغلب مناطق رویشی ایران، به‌ویژه نقاط کوهستانی استقرار دارند (Khoshnevis *et al.*, 2017) (شکل ۱). جنگل‌های ارس از ١٢/٤ میلیون هکتار مناطق جنگلی ایران، حدود دو میلیون هکتار را به خود اختصاص داده‌اند (Asadi, 1998). این درختان بعد از بنه، بیشترین پراکنش را در بین درختان بومی ایران دارند (Khoshnevis *et al.*, 2017). گونه‌های این جنس از نظر صنعتی، حفاظتی و حمایتی باارزش بوده و از نظر کاربردهای اکولوژیک و ایجاد تنوع ژنتیکی دارای اهمیت هستند (Gardner *et al.*, 2010). پایه‌های آن منفرد، گاهی دسته‌جمعی و بوده و همراه با گونه‌های دیگر جنگل‌های ارس را تشکیل می‌دهند. ارتفاعات نیمه‌خشک ایران در گذشته پوشیده از رستنی‌های جنگلی نیمه‌انبوه ارس بوده است، اما عدم مراقبت و بهره‌برداری بی‌رویه، این رویشگاه‌ها را به‌صورت کم-پشت و پراکنده درآورده است (Korori *et al.*, 2010).

Sefidi و همکاران (2018) به بررسی ساختار مکانی توده‌های جنگلی ارس در منطقهٔ کندرق خلخال پرداختند. در تحلیل نتایج پژوهش فوق به اثر عوامل فیزیوگرافیک بر استقرار و کیفیت توده‌های ارس اشاره شده است؛ مانند عامل شیب به‌عنوان عامل فقر خاک و کاهش سطح تاج پوشش این گونه معرفی شده است. همچنین Maghsoud Nezhad و همکاران (2013) با بررسی رویشگاه‌های ارس عنوان کردند که این‌گونه به شکل فراوانی تحت تأثیر جهت جغرافیایی قرار دارد؛ به‌طوری‌که ارس بیشتر در دامنه‌های شرقی، شمال و غربی ظاهر می‌شود و در دامنه‌های جنوبی حضور آن متداول نیست؛ اما دلیل آن فراتر از عوامل بوم‌شناختی، بیشتر به عوامل انسانی مربوط است. چراکه دامنه‌های شمالی، شرقی و غربی در رویشگاه‌های مرتفع ارس معمولاً دارای دمای پایین بوده و استقرار روستاییان و دامداران و اهالی بومی در این دامنه‌ها معمول نیست؛ اما در جهت جنوبی که حضور این عوامل بیشتر و

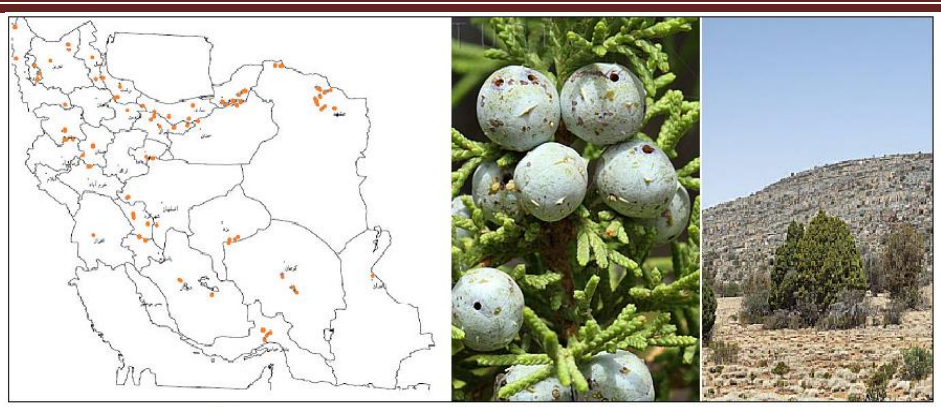
متداول‌تر است؛ تردد انسان و دام سبب تخریب و ازبین رفتن توده‌های ارس در این جهت شده است. از عوامل دیگر نیز سرماپسندبودن ارس و تمایل این گونه به جبهه‌های سردتر است.

از جدیدترین پژوهش‌های انجام‌شده در مورد این گونه در کشور می‌توان به پژوهش‌های: Moradi dirmandrik و همکاران (2015)، Goodarzi و همکاران (2012) و Daghestani و همکاران (2017) اشاره کرد. بررسی پژوهش‌های مذکور نشان می‌دهد که عوامل مختلفی چون دخالت‌های انسانی، عوامل توپوگرافیک، ادافیک و اقلیمی تأثیر فراوانی بر رشد و گسترش گونه‌های متفاوت ارس داشته است.

Sanjay و همکاران (2008) با بررسی الگوهای پوشش جنگلی با توجه به تغییرات ارتفاع از سطح دریا در منطقه نیمه‌آلپی غرب هیمالیا به این نتیجه دست یافتند که اندازه و تراکم درختان با افزایش ارتفاع از سطح دریا به‌شدت کاهش می‌یابد. Miols و همکاران (2009) با بررسی تعداد در هکتار در رویشگاه‌های ارس، بیشترین رقم تعداد در هکتار را در رویشگاه‌هایی با زادآوری مناسب مشاهده کردند. در پژوهشی دیگر، Kahveci (2018) با بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی و عوامل اقلیمی بر روی پراکنش گونه‌های مختلف ارس در آناتولی ترکیه به این نتیجه دست یافتند که عامل رطوبت توپوگرافی از عوامل مهم محدودکننده پراکنش این گونه در کشور ترکیه است.

توده‌های ارس از ذخایر ارزشمند ژنتیکی کشور به‌شمار می‌روند و با سطحی معادل ۱۴۸ هزار هکتار تیپ غالب جنگل‌های استان سمنان، مثل رویشگاه اسپیرو دامغان را تشکیل می‌دهند (Taheri Abkenar, 2010). ازطرفی این جنگل‌ها نقش ویژه‌ای در حفاظت این مناطق که اغلب کوهستانی، ناهموار و مستعد تخریب و فرسایش هستند ایفا می‌کنند؛ بنابراین بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی مانند شیب، جهت جغرافیایی و عامل‌های اقلیمی مرتبط مانند رطوبت که در وهله نخست بر استقرار و نوع پراکنش توده‌های درختی و در ادامه بر خصوصیات کمی و کیفی این توده‌ها مانند تراکم و سطح مقطع آنها تأثیرگذار هستند، اطلاعات بنیادین و جامعی را برای مدیریت بهتر این توده‌ها در اختیار بخش اجرائی و مدیران جنگل قرار خواهد داد.

برخلاف بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در مورد تأثیر عوامل توپوگرافیک بر ویژگی‌های جنگل در ایران که با ایجاد روابط همبستگی در مورد برخی عوامل رایج فیزیوگرافیک مانند ارتفاع، شیب و جهت به تفسیر تأثیر این عوامل پرداخته شده است، در این پژوهش علاوه بر ایجاد روابط همبستگی بین عوامل فیزیوگرافی و برخی شاخص‌های توده، به انتخاب مهم‌ترین عوامل با استفاده از رگرسیون چندگانه، پرداخته خواهد شد. همچنین در این پژوهش از شاخص‌های پرکاربرد در پژوهش‌های آبخیزداری و زمین‌شناسی، همچون شاخص رطوبت توپوگرافی، تحدب و ناهمواری و عوامل ترکیبی مانند شاخص مکان‌نمای رویشگاه برای شناسایی تأثیرگذارترین عوامل فیزیوگرافیک بر برخی شاخص‌های کمی این توده‌ها استفاده خواهد شد.



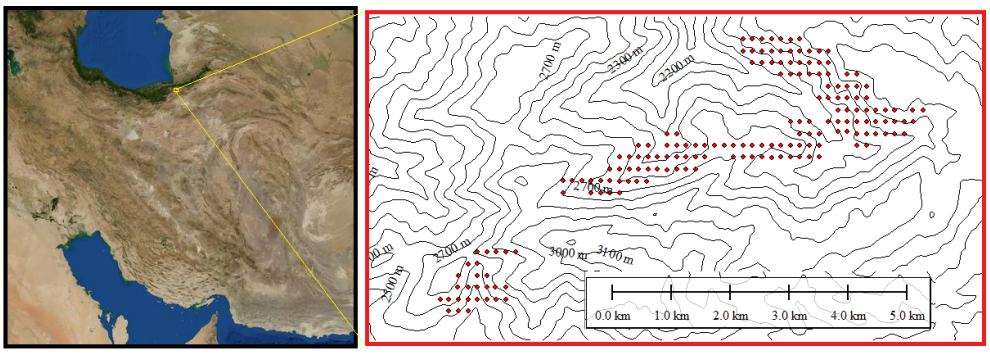
شکل ۱- درختچه (a)، میوه و سوزن‌ها (b) و نقشه پراکنش گونه ارس (*Juniperus excelsa*) (c) در ایران (Asadi, 1998)

Figure1. Shrub (a), fruit, needles (b) and distribution map of *Juniperus excelsa* species in Iran

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

پس از انجام بررسی‌های مقدماتی، از میان رویشگاه-های متعدد ارس، رویشگاه جنگلی ارس اسپیرو دامغان واقع در استان سمنان به مساحت ۲۰۰۰ هکتار که دارای شرایط محیطی متنوعی است؛ به‌عنوان توده مورد بررسی انتخاب شد (شکل ۲). با استناد به کتابچه طرح، این رویشگاه در دامنه ارتفاعی ۱۵۵۰ متر تا ۲۷۰۰ متر از سطح دریا و در محدوده طول جغرافیایی ″ ۰۱ ′ ۰٤ °۵۵ تا ″ ۲۳ ′ ۰۹ °۵۵ و عرض جغرافیایی ″ ۲۵ ′ ٤٤ °۳٦ تا ″ ۵۲ ′ ٤٦ °۳٦ واقع شده است. منطقه مورد بررسی به دوران زمین‌شناسی پالئوزوئیک و مزوزوئیک تعلق دارد. بافت خاک منطقه مورد بررسی لومی، لومی‌رسی شنی و لومی‌شنی است. ساختمان خاک متشکل از سنگ‌های آهکی، دولومیتی و ماسه‌سنگ است. بر اساس گزارش آماری ۲۰ ساله نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مقدار متوسط بارندگی سالیانه رویشگاه ۳۵۰ میلی‌متر برآورد شده است. میانگین دمای سالیانه این منطقه ۹/٦ درجه سانتی‌گراد است که بیشینه آن در تیرماه (بین ۱۸/٦ تا ۲۱/٦ درجه) و کمینه آن در بهمن‌ماه (۳/۷- تا ۰/۳ درجه) است. مجموع روزهای یخبندان حوضه ۱۳۱ روز در سال و بیشترین آن در ماه‌های آذر، دی و بهمن است. کیکم، لور، اوری، گلابی وحشی، ولیک، ازگیل، تنگرس، چمن گندمی، گون، کلاه میرحسن و چوبک گونه‌های درختی، بوته‌ای و علفی هستند که همراه با ارس در رویشگاه اسپیرو دیده می‌شوند (Taheri Abkenar, 2010).



شکل ۲- منطقه مورد بررسی و موقعیت قطعات نمونه بر روی نقشه

Figure1. Study area and samples plots location on the map

روش بررسی

داده‌های میدانی

با توجه به اینکه باید به‌طور متوسط ۱۵-۱۰ اصله درخت در داخل هر قطعه‌نمونه قرار گیرد، پس از جنگل گردشی اولیه، آماربرداری در قالب منظم تصادفی، با ابعاد شبکه ۳۰۰×٤۰۰ انجام شد. شکل قطعات نمونه دایره و مساحت آنها ۱۰ آر درنظر گرفته شد (Zobeiri, 2000). درمجموع ۱٦۸ قطعه-نمونه برداشت و قطر برابرسینه کلیه درختان قرار گرفته در قطعه‌نمونه با حد شمارش هفت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (Zobeiri, 2000). با استفاده از داده-های فراوانی و قطر برابرسینه، تراکم و سطح مقطع درختان در هر قطعه‌نمونه محاسبه شد. برای محاسبه سطح مقطع برابرسینه درختان از رابطه ۱ استفاده شد. در این رابطه g سطح مقطع برابرسینه درختان برحسب سانتی‌متر مکعب و d قطر هر درخت برحسب سانتی-متر است.

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \quad \text{رابطهٔ (۱)}$$

استخراج متغیرهای مستقل از تصاویر رقومی (DEM) منطقه

برای استخراج متغیرهای فیزیوگرافی منطقه از تصاویر رقومی حوضه مورد بررسی، مربوط به ماهواره لندست هشت، با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد. با پردازش تصاویر مربوط به حوضه در فضای نرم‌افزار Arcgis داده‌های رقومی عوامل ژئومورفولوژیک منطقه مورد بررسی تهیه و هرکدام از موارد ذکرشده به-صورت کمی وارد معادلات همبستگی شدند. توصیف تئوری ویژگی‌های فیزیوگرافی بررسی‌شده در این پژوهش به شرح زیر است:

در این مکان‌نمای رویشگاه که توصیفی ترکیبی از شیب و جهت زمین است، از رابطه ۲ به دست آمد (Balice *et al*., 2001).

$$\text{مکان‌نمای رویشگاه} = \text{درصد شیب} \times \cos\left(\frac{\pi(aspect-180)}{180}\right) \quad \text{رابطهٔ (۲)}$$

در این رابطه Site Exposure = مکان‌نمای رویشگاه، slope= شیب، π = ۳/۱٤ و aspect نیز آزیموت جهت است.

تحدب شکل زمین (Terrain Surface Convexity) برای اولین بار برای طبقه‌بندی شکل زمین توسط Iwahashi and Pike (2007) پیشنهاد شد. تحدب شکل زمین به‌صورت نرخ تغییر شیب و مشتق دوم ارتفاع تعریف می‌شود. انحنای مثبت نشان‌دهنده تحدب سطحی است درحالی‌که انحنای منفی نشان‌دهنده تقعر است.

همچنین در این پژوهش شاخص رطوبت توپوگرافی (Topographic Wetness Index) با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Moore and Grayson, 1991).

$$TWI = Ln\,(A_S/\tan\beta) \quad \text{رابطهٔ (۳)}$$

که در آن A_S سطح ویژه حوضه برحسب مساحت تجمعی بالادست، مساحت بالادست در واحد طول خط تراز و β نیز درجه شیب است. این شاخص گرایش آب را به جمع شدن در هر نقطه از حوضه را برحسب سطح A_S و زاویه β تعیین می‌کند (Endreny and wood, 2003).

شاخص ناهمواری ملتون (*MRN*) از طریق تفاضل ارتفاع ماکزیمم و مینیمم (*Zmax-Zmin*) در پهنه آبخیز برحسب متر، تقسیم بر جذر مساحت حوضه آبخیز (*Sqrt*) برحسب مترمربع و مطابق رابطه ٤ محاسبه می‌شود (Olaya, 2004).

$$MRN = (Zmax-Zmin)/Sqrt\,(A) \quad \text{رابطهٔ (٤)}$$

تبدیل خطی جهت شیب با دامنه صفر (جنوب غرب) تا ۲ (شمال شرق) بر اساس رابطه ۵ انجام شد؛

که در آن *TA* جهت شیب برگردانده شده و Aspect جهت است (Vilwock *et al.*, 2010).

$$TA = Cos\,(45 - Aspect\,) + 1$$ رابطهٔ (۵)

ارتفاع از سطح دریا از لایه رقومی (DEM) به‌صورت مستقیم وارد محاسبات شد. شیب بر مبنای آهنگ تغییر ارتفاع در جهت پرشیب‌ترین سرازیری محاسبه می‌شود (Wilson and Gallant, 2000). مقدار تحدب زمین که معمولاً مقداری بین صفر و یک را شامل می‌شود و هر چه به یک نزدیک‌تر می‌شویم بر تحدب یا کوژی زمین افزوده می‌شود نیز به‌صورت مستقیم وارد محاسبات شد.

بررسی همبستگی متغیرهای مستقل و وابسته

در ادامه برای ایجاد همبستگی بین متغیرهای فیزیوگرافیک و خصوصیات کمی توده از همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین از رگرسیون خطی چندگانه (Multiple Linear Regression) برای شناخت مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافیک تأثیرگذار بر خصوصیات کمی توده مورد بررسی استفاده شد. معادله کلی رگرسیون خطی چندگانه (MLR) استفاده شده در این پژوهش به‌صورت رابطه ٦ است (Balice *et al.*, 2001).

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + K + b_m$$ رابطهٔ (٦)

که در اینجا Y مقدار متغیر وابسته (در این پژوهش تعداد و سطح مقطع در هکتار)، a عدد ثابت، X۱ تا Xm متغیرهای مستقل (شامل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، مکان‌نمای رویشگاه و غیره که در محل قطعه‌نمونه‌ها ثبت شدند) و b1 تا bm، وزن یا ضریب رگرسیون در نظر گرفته‌شده برای هر متغیر است که با توجه به آن مقدار Y برآورد می‌شود. این معادله حالت مبسوط معادله خطی و ساده $Y = aX+b$ است. سپس ضرایب مدل رگرسیونی و سطح معنی‌داری آنها تحلیل و جدول واریانس مربوط به مدل تشکیل و رابطه متغیرهای مستقل با متغیرهای وابسته (تعداد در هکتار و سطح مقطع) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

محاسبات آماری و نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این پژوهش از آزمون کلموگروف- اسمیرنف (K-S) برای بررسی نرمال بودن داده‌های تراکم و سطح مقطع برابرسینه استفاده شد. برای نرمال کردن داده‌ها و افزایش همبستگی از داده‌های میدانی لگاریتم گرفته شد. برای محاسبات شاخص‌های فیزیوگرافی از نرم افزار Arcgis (10.5) استفاده شد. تمامی مراحل آنالیز-های آماری مانند ایجاد همبستگی پیرسون، روابط رگرسیونی و تجزیه واریانس مدل‌ها در فضای نرم‌افزار SPSS (22) صورت پذیرفت.

نتایج

تأثیر عوامل فیزیوگرافیک با شاخص‌های کمی

مشخصه‌های آماری برای دو مشخصه تعداد در هکتار و سطح مقطع در جدول ۱ آمده است. که بر اساس آن حداقل و حداکثر تعداد درختان ارس در منطقه به‌ترتیب ۱۰ و ٤٨٠ اصله در هکتار به‌دست آمد، که به‌طور متوسط ۱۰٤/۲۲ اصله درخت در این رویشگاه وجود دارد. همچنین، متوسط سطح مقطع درختان در هکتار ۱۰/۳٦ مترمربع است که کمینه و بیشینه آن به‌ترتیب ۰/۹٦ و ۱۹/۰٤ مترمربع در هکتار است.

تعداد در هکتار

ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیر تعداد در هکتار و عوامل توپوگرافی در جدول ۲ آمده است. بر این اساس، بیشترین میزان همبستگی بین متغیر تعداد در هکتار و مکان‌نمای رویشگاه ($r=0.34, P<0.01$) به‌دست آمد. همچنین سه شاخص جهت، تحدب و رطوبت توپوگرافی (TWI) نیز دارای همبستگی معنی-داری با تعداد در هکتار درختان بودند.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی تعداد در هکتار و سطح مقطع در هکتار درختان در منطقه مورد بررسی

Table 1. Descriptive statistics of number per hectare and basal area of trees in the study area

مشخصه آماری Statistic Feature	تعداد نمونه Number of Samples	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Mean	اشتباه معیار Standard Error
تعداد در هکتار (اصله) Number per hectare	168	10	480	104.22	6.81
سطح مقطع در هکتار (مترمربع) Basal area (m^2)	168	0/96	19/04	10.36	0.39

جدول ۲- ماتریس همبستگی بین متغیر تعداد در هکتار و متغیرهای توپوگرافی

Table 2. Correlation matrix between number per hectare variable and topographic variables

متغیر Variable	لگاریتم طبیعی تعداد در هکتار LNN	کسینوس زاویه Cos angle	تحدب Convex	ارتفاع Elevation	ناهمواری Ruggedness	مکان‌نمای رویشگاه Site exposure	شیب Slope
کسینوس زاویه جهت Cosine angle	-.166*						
تحدب Convexity	0.284*	-0.020					
ارتفاع Elevation	-0.069	-0.037	0.271				
ناهمواری Ruggedness	0.085	0.054	0.154	0.118			
مکان‌نمای رویشگاه Site exposure	0.348*	0.025	0.330*	0.109	0.339*		
شیب Slope	0.099	0.055	0.150	0.123	0.997**	0.341*	
رطوبت توپوگرافی TWI*	0.202*	-0.012	-0.383*	0.190	-0.029	-0.044	-0.036

برای ارزیابی مدل رگرسیونی مناسب و بررسی رابطه بین متغیرهای رویشی توده ارس و متغیرهای توپوگرافی از اطلاعات ۱۶۸ قطعه‌نمونه منتخب استفاده شد. برای پیدا کردن معادله رگرسیونی مناسب از روش گام‌به‌گام استفاده شد. ابتدا متغیرها به‌ترتیب وارد معادله رگرسیونی شدند و عوامل مهم و معنی‌دار که سبب افزایش ضریب تعیین R^2 معادله شدند، در مدل باقی‌مانده و بقیه متغیرها از مدل حذف شدند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، از بین متغیرهای توپوگرافیک تنها مکان‌نمای رویشگاه و جهت و شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) در مدل باقی ماندند که معادله رگرسیونی مربوط به آن در رابطه ۷ آمده است.

رابطهٔ (۷)

= تراکم (اصله در هکتار)

-4.221 -0.179(CA)+0.0426*(TWI) +0.010*(SE)*

در این معادله میزان ضریب تعیین R^2 و ضریب همبستگی r به ترتیب، ۰/٤٤٥ و ۰/۱۹٦ به‌دست آمد، که هردوی آنها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند. نتایج مربوط به معنی‌داری ضرایب مدل و آنالیز

واریانس مربوط به آن در جداول ۳ و ٤ آورده شده است. جدول تجزیه واریانس مدل استفاده شده برای برآورد تعداد در هکتار در جدول ٤ خلاصه شده است.

جدول ۳- ضرایب مدل رگرسیونی و سطح معنی‌داری آنها

Table 3. Regression model coefficients and their significance level

متغیر مستقل Independent variable	ضریب Coefficient	اشتباه معیار Standard error	$R_{partial}$	t	P	عامل تورم واریانس Variance inflation factor
ثابت Constant	4.221					
کسینوس زاویه Cosine angle	-0.179	0.072	-0.189	-2.467	0.014	1.001*
مکان‌نمای رویشگاه Site exposure	0.010	0.001	-0.374	5.174	0	1.003*
رطوبت توپوگرافی TWI	0.042	0.013	0.235	3.096	0.002	1.002*

جدول ٤- جدول تجزیه واریانس مربوط به مدل

Table 4. Analysis of variance table of the model

منبع تغییر Variance source	درجه آزادی df	مجموع تغییرات Sum of Squares	میانگین تغییرات Means of Squares	F	Sig.
رگرسیون Regression	3	17.272	5.757		
باقی‌مانده Residual	164	69.685	0.0424	13.549	0<0.0001

سطح مقطع در هکتار

ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیر تعداد در هکتار و عوامل توپوگرافی در جدول ۵ آمده است. بر این اساس، بیشترین میزان همبستگی بین متغیر سطح مقطع در هکتار و مکان‌نمای رویشگاه ($r=0.65, P<0.01$) به دست آمد. همچنین دو شاخص ارتفاع از سطح دریا و ناهمواری (Ruggedness) نیز دارای همبستگی معنی-داری با متغیر سطح مقطع در هکتار درختان بودند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، از بین متغیرهای توپوگرافیک همانند تراکم، تنها مکان‌نمای رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا و شاخص ناهمواری (Ruggedness) عامل مهم و معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) با سطح مقطع در هکتار داشتند که معادله رگرسیونی مربوط به آن در رابطه ۸ آمده است. در این معادله میزان ضریب تعیین R^2 و ضریب همبستگی r به ترتیب، ۰/۷۳ و ۰/۵۳ به دست آمد. که هردوی آنها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ٦).

رابطهٔ (۸) = سطح مقطع در هکتار (مترمربع)

$$5.104 + 0.015 * (SE) - 0.0011 * (elevation) - 0.03 * (Ruggedness)$$

جدول تجزیه واریانس مدل استفاده شده برای برآورد سطح مقطع در هکتار در جدول ۷ خلاصه شده است.

جدول ۵- ماتریس همبستگی بین متغیر سطح مقطع در هکتار و متغیرهای توپوگرافی

Table 5- Correlation matrix between basal area variable per hectare and topographic variables

کسینوس زاویه Cosine angle	لگاریتم طبیعی سطح مقطع در هکتار LNG	کسینوس زاویه Cos angle	تحدب Convex	ارتفاع Elevation	ناهمواری Ruggedness	مکان‌نمای رویشگاه Site exposure	شیب Slope
کسینوس زاویه Cosine angle	0.008						
تحدب Convexity	0.184	-0.020					
ارتفاع Elevation	-0.218*	-0.037	0.271				
ناهمواری Ruggedness	0.57*	0.054	0.154	0.118			
مکان‌نمای رویشگاه Site exposure	0.651*	0.025	0.330*	0.109	0.339*		
شیب Slope	0.060	0.055	0.150	0.123	0.997**	0.341*	
رطوبت توپوگرافی TWI*	-0.088	-0.012	-0.383*	0.190	-0.029	-0.044	-0.036

جدول ٦- ضرایب مدل رگرسیونی و سطح معنی‌داری آنها

Table 6. Regression model coefficients and their significance level

متغیر مستقل Independent variable	ضریب Coefficient	اشتباه معیار Standard error	$R_{partial}$	t	P	عامل تورم واریانس Variance Inflation Fac*tor*
ثابت Constant	5.104					
ارتفاع Elevation	-0.001	0.000	-0.374	-5.179	0.000	1.020*
ناهمواری Ruggedness	-0.030	0.010	-0.212	-2.779	0.006	1.139*
مکان‌نمای رویشگاه Site Exposure	0.014	0.001	0.709	12.903	0.000	1.136*

جدول ۷- جدول تجزیه واریانس مربوط به مدل

Table 4. Analysis of variance table of the model

منبع تغییر Variance Source	درجه آزادی df	مجموع تغییرات Sum of Squares	میانگین تغییرات Means of Squares	F	Sig.
رگرسیون Regression	3	23.285	7.761		
باقی‌مانده Residual	164	20.573	0.0125	61.872	0<0.0001*

بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در مدل‌سازی تعداد در هکتار، شاخص‌های جهت، مکان‌نمای رویشگاه (SE) و رطوبت توپوگرافی (TWI) دارای همبستگی معنی-داری با تعداد در هکتار این گونه در منطقه مورد بررسی است. همچنین، شاخص‌های ارتفاع از سطح دریا، مکان‌نمای رویشگاه و ناهمواری (Ruggedness) نیز دارای همبستگی معنی‌داری با متغیر سطح مقطع در هکتار درختان هستند. بررسی نتایج پژوهش Johnson and Miller (2006) می‌دهد که دو عامل توپوگرافیک ارتفاع از سطح دریا و مکان‌نمای رویشگاه، ارتباط معنی‌داری با تراکم درختان ارس دارند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در پژوهش دیگر، Golzadeh (2011)، دو عامل ارتفاع از سطح دریا و مکان‌نمای رویشگاه را به‌عنوان عواملی تعیین‌کننده در مدل‌سازی تراکم و سطح مقطع درختان ارس معرفی کرده و عنوان کرد که عوامل فوق دارای رابطه معنی‌داری با شاخص‌های تعداد در هکتار و رویه زمینی درختان ارس هستند.

در این پژوهش شاخص مکان‌نمای رویشگاه نسبت به سایر متغیرها در مدل‌سازی با هر دو متغیر ساختاری تراکم و سطح مقطع درختان ارس، از ضریب تأثیر بیشتری برخوردار بود و بیشترین میزان همبستگی را با دو متغیر تراکم و سطح مقطع نشان داد. اصولاً شاخص مکان‌نمای رویشگاه اثرهای ترکیبی شیب و جهت جغرافیایی را در پژوهش‌های توپوگرافی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان چنین بیان داشت که سه عامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی از مهم‌ترین عوامل گسترش درختان ارس می‌باشند. به‌طوری‌که عوامل ذکرشده تعیین‌کننده درجه تراکم درختان و رویه زمینی آنها هستند.

در این پژوهش نتایج بررسی نوع همبستگی متغیرهای توده با شاخص‌های توپوگرافی نشان داد که ارتفاع از سطح دریا دارای همبستگی منفی با سطح مقطع و تعداد در هکتار درختان ارس است یعنی با افزایش ارتفاع، مقدار دو متغیر مذکور کاهش می‌یابد. Johnson and Miller (2006) به بررسی پراکنش درختان ارس آمریکایی (*J. occidental*) در جنگل‌های غرب آمریکا پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که تغییرات ارتفاع از سطح دریا، گسترش جنگل‌های ارس آمریکایی را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه در همگنی مکانی و زمانی، ساختار و نمو توده مؤثر بوده است و از نقطه شروع حضور این گونه در مناطق مورد بررسی، به ترتیب با افزایش ارتفاع از سطع دریا از درجه تراکم و مقدار سطح مقطع این گونه در هکتار کاسته می‌شود که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. در پژوهشی دیگر Klippel و همکاران (2017) عامل ارتفاع را در تعیین تراکم درختان مؤثر دانسته و عنوان کردند در ارتفاعات بالا شرایط برای استقرار بیشتر گونه‌های گیاهی محدود می‌شود. در پژوهشی که به‌تازگی در مورد بررسی ویژگی‌های کمی توده‌های ارس در ایران انجام شده است؛ Daghestani و همکاران (2017) با بررسی بر روی وضعیت رویشگاه‌های ارس در طارم زنجان به این نتیجه رسیدند که بین تعداد درخت در هکتار در طبقه‌های جهت دامنه و بین تعداد درخت در هکتار و درصد تاج-پوشش در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. عدم مطابقت پژوهش ایشان با این پژوهش را می‌توان به بررسی توده‌های ارس در بازه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ متری در پژوهش فوق که محدوده پراکنش مطلوب این گونه در رویشگاه‌های کشور است، مربوط دانست. در این پژوهش بررسی تعداد در هکتار این گونه در بازه وسیع‌تری (۱۲۰۰ تا

۲۵۰۰) متر مورد بررسی قرار گرفت که در ارتفاعات بالاتر ترکیب پوشش گیاهی تغییر کرده و کاهش تراکم گونه تراکم و رویه زمینی گونه تحت تأثیر عوامل محدودکننده رشد مانند دمای پایین، بادهای شدید و دیگر عوامل مشهود است.

همچنین، در این پژوهش شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) و اثر آن روی متغیرهای ساختاری توده‌های ارس بررسی شد که نشان داد، این شاخص بر نوع تراکم درختان ارس اثرگذار است و با افزایش رطوبت توپوگرافی شاخص‌های رویشگاه بهبود می‌یابد. این شاخص نشان‌دهنده میزان رطوبت خاک است و رطوبت خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک از عوامل تعیین‌کننده نوع و مقدار پوشش گیاهی است. Kahveci (2018) با بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی و عوامل اقلیمی بر روی پراکنش گونه‌های مختلف ارس در آناتولی ترکیه به این نتیجه دست یافتند که کاهش رطوبت از عوامل مهم محدود کنند پراکنش این گونه در کشور ترکیه است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. یکی از عوامل از دست رفتن رطوبت خاک افزایش شیب است که در این پژوهش نیز رابطه معنی‌داری با تعداد در هکتار و سطح مقطع درختان داشته است. به‌صورتی‌که با افزایش شیب علاوه بر کاهش ضخامت خاک در اثر فرسایش و آبشویی، افزایش زهکشی و از دست رفتن رطوبت خاک را به دنبال دارد که پژوهش‌های مختلف به تأثیر منفی این عامل بر تراکم و سطح مقطع گونه‌های جنگلی اشاره کرده‌اند (Goodarzi *et al*., 2012، Pourmajidian and Moradi, 2009، Moradi, 2015، Daghestani *et al*., 2017).

درآخر ناهمواری (Ruggedness) نیز در مدل‌های مربوطه دارای اثر معنی‌دار بر روی سطح مقطع درختان در این پژوهش بود که در مدل‌های رگرسیونی با روش گام‌به‌گام از باقی‌مانده‌ها محسوب شد. هرچند این عامل به‌طور مستقیم همبستگی بالایی با سطح مقطع درختان ایجاد نکرد، اما دلیل مؤثربودن این عامل در مقدار رویه زمینی گونه مورد بررسی را می‌توان به همبستگی قوی این عامل با شیب در نظر گرفت که خود در تعیین متغیرهای کمی توده هم به‌صورت مستقیم و هم به‌عنوان جزئی از عوامل تعیین متغیر مکان‌نمای رویشگاه تأثیر قابل‌توجهی داشته است.

در مجموع این پژوهش نشان داد که جنگل‌های ارس کاملاً تحت تأثیر توپوگرافی و متغیرهای اقلیمی وابسته به آن هستند که در تعیین شاخص‌های کمی این توده‌ها نقش بسزایی دارد؛ بنابراین ارتباط تنگاتنگی بین خصوصیات کمی ارس، مانند تعداد در هکتار و سطح مقطع آن و عوامل توپوگرافیک وجود دارد که می‌تواند در درجه اول در تراکم و انبوهی و در درجه دوم بر کیفیت توده‌های ارس در رویشگاه‌های این گونه مؤثر باشد. با توجه به نتایج این پژوهش شاخص مکان‌نمای رویشگاه می‌تواند به‌عنوان شاخصی کارآمد در رابطه با بررسی وضعیت کمی و کیفی رویشگاه‌های ارس به‌کار رود.

References

- Assadi, M (eds.), 1998b. Pinaceae, Taxacae, Cupressaceae and Ephedraceae. Flora of Iran – RIFR, Tehran, Nos. 19-22.
- Balice, R.G., J.D. Miller, B.P. Oswald, C. Edminister. & S.R. Yool, 2000. Forest surveys and wildfire assessment in the Los Alamos region, 1998–1999. Los Alamos Nat. Lab., LA-13714-New Mexico, USA, 86p.
- Daghestani, M., M. Zanganeh. & M. Taheri, 2017. Investigation on quantitative characteristic and soil properties of *Juniperus excelsa* M.Bieb stands in Tarom Zanjan. *Journal of Forest Research and Development*, 3(2): 175-190. (In Persian)
- Endreny, T.A. & E.F. Wood, 2003. Maximizing spatial congruence of observed

and DEM-delineated overland flow networks. *Geographic information science*, 17: 699-713.
- Gardner, D.R., K.E. Panter. & B.L. Stegelmeier, 2010. Implication of agathic acid from Utah juniper bark as an abortifacient compound in cattle. *Journal of Applied Toxicology*, 30:115-119.
- Golzade, L., 2011. Evaluation of some habitat features of species Juniperus excels in the cloud forests of Shahroud. MSc Thesis. Forestry group Guilan University Press, Guilan, Iran, 78p. (In Persian)
- Goodarzi, Gh., Kh. Sagheb-Talebi. & F. Ahmadloo, 2012. The study of effective factors on Almond (Amygdalus scoparia Spach.) distribation in Markazi province. *Iranian Journal of Forest*, 4(3):209-220. (In Persian)
- Heidari Safari Kouchi, A., F. Moradian Fard, A. Eskandari & T. Rostami Shahraji, 2015. Investigation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Bazoft Forests of Chahar Mahal and Bakhtiari Province, *Journal of Zagros Forests Researches*, 2(1): 75-91. (In Persian)
- Iwahashi, J. & Pike. RJ, 2007. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nestedmeans algorithm and a three-part geometric signature. *Geomorphology*, 86: 409–440.
- 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.
- Kahveci, G., M. Alan. & N. Köse, 2018. Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of Central Anatolia. *Dendrobiology*, 80: 61-69.
- Khoshnevis, M., M. Matinizaded, A. Shirvani. & M. Teimouri, 2017. Iranian long-lived Junipers. *Iran Nature*, 2(5): 20-35 (In Persian).
- Klippel, L., P.J. Krusic, R. Brandes, C. Hartl-Meier, V. Trouet, M. Meko. & J. Esper, 2017. High-elevation inter-site differences in Mount Smolikas tree-ring width data. *Dendrochronologia*, 44: 164-173.
- Korori, A., M. Khoshneviss. & M. Metinizadeh, 2010. Studies of Juniperus comprehensive genus in Iran, First edition. Pune Publications, Tehran, 23 p. (In Persian)
- Maghsoudlou Nezhad, M., SH. Shataee, H. Habashi. & M. Babanezhad, 2013. Spatial and statistical analysis of quantitative characteristics of Juniperus stands in Chahar-bagh of Gorgan regarding to topographic and soil features. *Iranian Journal of Forest*, 5(2):195-206. (InPersian)
- Milios, E., P. Smiris, E. Pipinis. & P. Petrou, 2009. The growth ecology of *Juniperus excelsa* Bieb. Trees in the central part of the Nestos valley (NE Greece) in the context of anthropogenic disturbances. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 11:83-94.
- Moore, I.D. & R.B, Grayson, 1991. Landson. Digital terrain modeling: A review of hydrological, Geomorphological and Biological application. *Hydrology Process*, 5: 3-30.
- Moradi Dirmandrik, Sh., E. Ramezani Kakroudi, A. Alijanpour. & A. Banj Shafiei, 2015. Quantitative and qualitative characteristics of Arasbaran forest protected area in slope gradient classes. *Journal of Forest Research and Development*, 1(1):1-15. (In Persian)
- Nüchel, J., Bøcher, P.K. Svenning, J.CH, 2019. Topographic slope steepness and anthropogenic pressure interact to shape the distribution of tree cover in China. *Applied Geography*, 103: 40-55.
- Olaya, V., 2004. A gentle introduction to SAGA GIS. Free downloadable from: http://geosun1.unigeog.gwdg.de/saga/html/index.php.
- Pourmajidyan, M.R. & M. Moradi, 2009. Investigation on the site and silvicultural properties of *Juniperus excelsa* in natural forests of Ilan in Qazvin province. *Iranian Journal of Forest* and *poplar Research*, 17(3):487-475. (In Persian)
- Ravanbakhsh, H., M.R. Marvi Mohdjer, M. Asadi, M. Zabiri. & V. Etemad, 2012. A Classification of *Juniperus excelsa* M.Bieb. Communities and Analysis of Vegetation in Relation to Environmental Variables (Case Study: Some Parts of Alborz Mountains, Iran). *Journal of the forest and wood products*, 66(3):277-292. (In Persian)
- Redmond, M.D. & K.C, Kelsey, 2019. Topography and over story mortality interact to control tree regeneration in spruce-fir forests of the southern Rocky Mountains. *Forest Ecology and Management*, 427: 106-113.

- Sanjay, G., R.S. Rawal. & N.P. Todaria, 2008. Forest vegetation patterns along an altitudinal gradient in sub- alpine zone of west Himalaya, India. *African journal of plant Science*, 2:42-48.
- Sefidi, K., Y. Firouzi, F. Keivan Behju, M. Sharari. & Y. Rostamikia, 2018. Quantification of spatial structure of juniper stands in Kandaragh region. *Iranian Journal of Forest*, 10(1): 207-220. (In Persian)
- Taheri Abkenar, K., 2010. Silvics in Forests of Outside in Northern of IRAN. Haghshenass publication. Guilan, Iran, 152p. (In Persian)
- Vilwock, J.L., J.M. Kabrick, W.H. Mcnab. & D.C. Dey, 2010. Landform and terrain shape indices are related to oak site index in the Missouri Ozarks, Proceedings of the 17th central hardwood forest conference; 2010 April 5-7, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station: 197-207.
- Welch, K.D., C. Parsons, D.R. Gardner, T. Deboodt, P. Schreder, D. Cook, J.A. Pfister. & K.E. Panter, 2015. Evaluation of the Seasonal and Annual Abortifacient Risk of Western Juniper Trees on Oregon Rangelands. *Rangelands*, 37 (4): 139-143.
- Wilson, J.P. & J.C. Gallant, 2000. Terrain Analysis: Principles and Applications. New York, John Wiley and Sons. 479p.
- Wu, H., S.B. Franklin, J. Liu. & Z. Lu, 2019. Relative importance of density dependence and topography on tree mortality in a subtropical mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 384: 169-179.
- Zobeiri, M., 2000. Forest Inventory. Tehran University Press. Tehran, 401p. (In Persian)

Effect of physiographic factors on quantitative characteristics of cypress (*Juniperus excelsa* M. Bieb) trees (case study: Spiro cypress habitat–Damghan)

F. Sedighi[1], K. Taheri Abkenar[*2] and A. Heidari Safari Kouchi[3]

1- Ph.D. Student of Forest Ecology and Silviculture, University Campus2, University of Guilan, Rasht, I. R. Iran. (seddighi2000@gmail.com)
2- Professor, forestry group, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I. R. Iran. (taherikambiz@yahoo.com)
3- Ph.D. Student of Forest Ecology and Silviculture, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I. R. Iran. (heidariabouzar@gmail.com)

Received: 22.11.2018 Accepted: 02.02.2019

Abstract

This study was carried out to study the habitat characteristics of Persian juniper trees due to the topographical factors and site exposure in Spiro forest habitat, located at Damghan County. Inventory done by systematic method (Net dimensions: 300×400m). Trees number and diameter at breast height in 10 R area sample plots were taken. Then, the topographic factors effects on some of the growth variables of Persian juniper stands such as basal area and number per hectare were evaluated using stepwise regression model. The results showed that three indices of aspect, site exposure and topographic wetness had a positive and significant correlation with the number of hectares of trees. Also, elevation from the sea level, site exposure and roughness had a positive and significant correlation with trees basal area variable per hectare. According to the results, the most correlation between cypress quantitative characteristics, including number per hectare and its basal area, was obtained by topographic factor of site exposure.

Keywords: Aspect, Correlation. Elevation, Regression, Site exposure.

[*] Corresponding author Tel: +989113317348