

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

فرزانه صدیقی^۱، کامبیز طاهری آبکنار^{۲*} و ابوذری 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 پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۱

چکیده

این پژوهش برای بررسی ویژگی‌های رویشگاهی درختان ارس با توجه به عوامل توپوگرافی و مکان-نمای رویشگاه جنگلی اسپيرو واقع در شهرستان دامغان انجام شد. آماربرداری به روش منظم تصادفی با ابعاد شبکه ۴۰۰×۳۰۰ متر انجام شد. تعداد و قطر برابرینه درختان در قطعات نمونه ۱۰×۱۰ آری 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 رگرسیون 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.

مقدمه

استقرار دارند (Khoshnevis et al., 2017) (شکل ۱). جنگل‌های ارس از ۱۲/۴ 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 با ارزش 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 به صورت کم-پشت و پراکنده درآورده است (Korori et al., 2010). Sefidi و همکاران (2018) به بررسی ساختار مکانی توده‌های جنگلی ارس در منطقه کندرک خلخال پرداختند. در تحلیل نتایج پژوهش فوق به اثر عوامل فیزیوگرافیک بر استقرار و کیفیت توده‌های ارس اشاره شده است؛ مانند عامل شیب به عنوان 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 این گونه به شکل فراوانی تحت تأثیر جهت جغرافیایی قرار دارد؛ به طوری که 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

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 تحذب 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 ۶۰ 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, 2015). گونه‌های مختلف ارس در اغلب مناطق رویشی ایران، به ویژه نقاط کوهستانی

تیپ غالب جنگل‌های استان سمنان، مثل رویشگاه اسپرو دامغان را تشکیل می‌دهند (Taheri Abkenar, 2010). از طرفی 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.

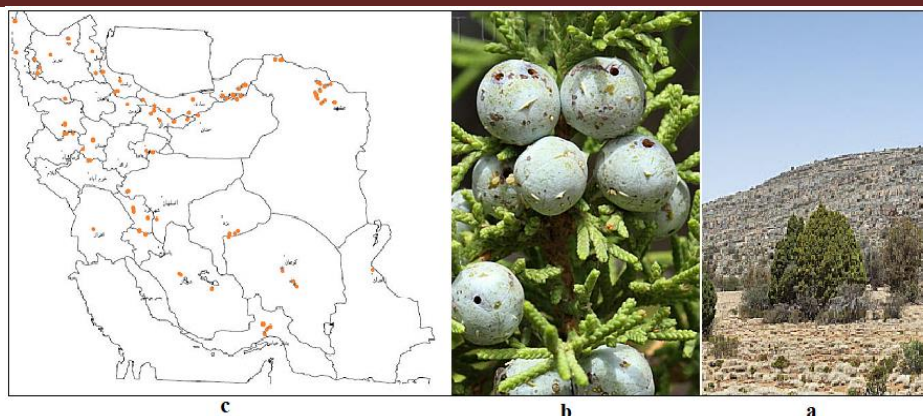
برخلاف بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در مورد تأثیر عوامل توپوگرافیک بر ویژگی‌های جنگل در ایران که با ایجاد روابط همبستگی در مورد برخی عوامل رایج فیزیوگرافیک مانند ارتفاع، شیب و جهت به تفسیر تأثیر این عوامل پرداخته شده است، در این پژوهش علاوه بر ایجاد روابط همبستگی بین عوامل فیزیوگرافی و برخی شاخص‌های توده، 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.

متداول‌تر است؛ تردد انسان و دام سبب تخریب و از بین رفتن توده‌های ارس در این جهت شده است. از عوامل دیگر نیز سرماپسند بودن 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، ادفیک 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 به شدت 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



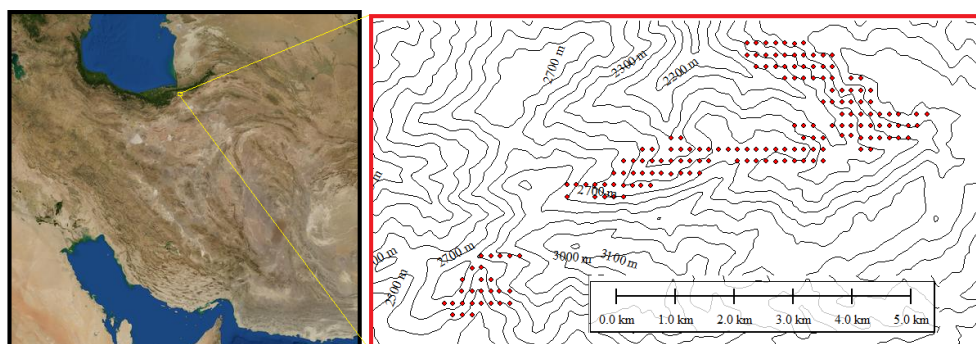
شکل ۱- درختچه (a)، میوه و سوزن‌ها (b) و نقشه پراکنش گونه ارس (*Juniperus excelsa*) (c) در ایران (Asadi, 1998)
 Figure1. Shrub (a), fruit, needles (b) and distribution map of *Juniperus excelsa* species in Iran

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

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 ۹/۶ درجه سانتی‌گراد است که بیشینه آن در تیرماه (بین ۱۸/۶ تا ۲۱/۶ 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، اور، گلابی وحشی، ولیک، ازگیل، تنگرس، چمن گندمی، گون، کلاه میرحسن و چوبک گونه‌های درختی، بوته‌ای و علفی هستند که همراه با ارس در رویشگاه اسپيرو دیده می‌شوند (Taheri Abkenar, 2010).

پس از انجام بررسی‌های مقدماتی، از میان رویشگاه‌های متعدد ارس، رویشگاه جنگلی ارس اسپيرو 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 " ۵۵° ۰۴' ۰۱" تا " ۵۵° ۰۹' ۲۳" و عرض جغرافیایی " ۳۶° ۴۴' ۲۵" تا " ۳۶° ۴۶' ۵۲" 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.



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 ۴۰۰×۳۰۰ انجام شد. شکل قطعات نمونه دایره و مساحت آنها ۱۰ آر در نظر گرفته شد (Zobeiri, 2000). در مجموع ۱۶۸ قطعه-نمونه برداشت و قطر برابر سینه کلیه درختان قرار گرفته در قطعه‌نمونه با حد شمارش هفت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (Zobeiri, 2000). با استفاده از داده‌های فراوانی و قطر برابر سینه، تراکم و سطح مقطع درختان در هر قطعه‌نمونه محاسبه شد. برای محاسبه سطح مقطع برابر سینه درختان از رابطه ۱ استفاده شد. در این رابطه g سطح مقطع برابر سینه درختان بر حسب سانتی‌متر مکعب و d قطر هر درخت بر حسب سانتی-متر است.

$$d^2 g = \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

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 هر کدام از موارد ذکر شده به-صورت کمی وارد معادلات همبستگی شدند. توصیف تئوری ویژگی‌های فیزیوگرافی بررسی شده 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).

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

در این رابطه Site Exposure = مکان‌نمای رویشگاه، slope = شیب، $\pi = ۳/۱۴$ 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 تفرع است.

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

$$\text{رابطه (۳)} \quad TWI = \ln(A_s / \tan\beta)$$

که در آن A_s سطح ویژه حوضه بر حسب 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 بر حسب سطح A_s و زاویه β تعیین می‌کند (Endreny and wood, 2003).

شاخص ناهمواری ملتون (MRN) از طریق تفاضل ارتفاع ماکزیمم و مینیمم ($Z_{max}-Z_{min}$) در پهنه آبخیز بر حسب متر، تقسیم بر جذر مساحت حوضه آبخیز ($Sqrt$) بر حسب مترمربع و مطابق رابطه ۴ محاسبه می‌شود (Olaya, 2004).

$$\text{رابطه (۴)} \quad MRN = (Z_{max}-Z_{min}) / Sqrt(A)$$

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

تشکیل و رابطه متغیرهای مستقل با متغیرهای وابسته (تعداد در هکتار و سطح مقطع) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

محاسبات آماری و نرم افزارهای 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 نرم افزار 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 به-ترتیب ۱۰ و ۴۸۰ اصله در هکتار به دست آمد، که به-طور متوسط ۱۰۴/۲۲ اصله درخت در این رویشگاه وجود دارد. همچنین، متوسط سطح مقطع درختان در هکتار ۱۰/۳۶ مترمربع است که کمینه و بیشینه آن به-ترتیب ۰/۹۶ و ۱۹/۰۴ 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 ($r=0.34$, $P<0.01$) به-دست آمد. همچنین سه شاخص جهت، تحذب و رطوبت توپوگرافی (TWI) نیز دارای همبستگی معنی-داری با تعداد در هکتار درختان بودند.

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

$$TA = \cos(45 - \text{Aspect}) + 1 \quad (5)$$

ارتفاع از سطح دریا از لایه رقمی (DEM) به-صورت مستقیم وارد محاسبات شد. شیب بر مبنای آهنگ تغییر ارتفاع در جهت پرشیب‌ترین سرازیری محاسبه می‌شود (Wilson and Gallant, 2000). مقدار تحذب زمین که معمولاً مقداری بین صفر و یک را شامل می‌شود و هر چه به یک نزدیک‌تر می‌شویم بر تحذب یا کوژی زمین افزوده می‌شود نیز به صورت 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 به صورت رابطه ۶ است (Balice et al., 2001).

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + K + b_m \quad (6)$$

که در اینجا Y مقدار متغیر وابسته (در این پژوهش تعداد و سطح مقطع در هکتار)، a عدد ثابت، X_1 تا X_m متغیرهای مستقل (شامل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، مکان‌نمای رویشگاه و غیره که در محل قطعه‌نمونه‌ها ثبت شدند) و b_1 تا b_m وزن یا ضریب رگرسیون در نظر گرفته شده 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 معنی-داری آنها تحلیل و جدول واریانس مربوط به مدل

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

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

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

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

مکان‌نمای	ناهمواری	ارتفاع	تحدب	کسینوس	لگاریتم طبیعی تعداد	متغیر	
شیب	رویشگاه	Site exposure	Convex	زاویه	در هکتار	Variable	
Slope	Site exposure	Ruggedness	Elevation	Cos angle	LNN		
						کسینوس زاویه	
					-0.166*	جهت	
						Cosine angle	
				-0.020	0.284*	تحدب	
						Convexity	
			0.271	-0.037	-0.069	ارتفاع	
						Elevation	
		0.118	0.154	0.054	0.085	ناهمواری	
						Ruggedness	
						مکان‌نمای	
		0.339*	0.109	0.330*	0.025	0.348*	رویشگاه
							Site exposure
	0.341*	0.997**	0.123	0.150	0.055	0.099	شیب
							Slope
-0.036	-0.044	-0.029	0.190	-0.383*	-0.012	0.202*	رطوبت توپوگرافی
							TWI*

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.

$$\text{رابطه (۷)} = \text{تراکم (اصله در هکتار)} \\ -4.221 - 0.179*(CA) + 0.0426*(TWI) + 0.010*(SE)$$

در این معادله میزان ضریب تعیین R² و ضریب همبستگی r به ترتیب، ۰/۴۴۵ و ۰/۱۹۶ به دست آمد، که هر دوی آنها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند. نتایج مربوط به معنی‌داری ضرایب مدل و آنالیز

برای ارزیابی مدل رگرسیونی مناسب و بررسی رابطه بین متغیرهای رویشی توده ارس و متغیرهای توپوگرافی از اطلاعات ۱۶۸ قطعه نمونه منتخب استفاده شد. برای پیدا کردن معادله رگرسیونی مناسب از روش گام‌به‌گام استفاده شد. ابتدا متغیرها به ترتیب وارد معادله رگرسیونی شدند و عوامل مهم و معنی‌دار که سبب افزایش ضریب تعیین R² معادله شدند، در مدل باقی‌مانده و بقیه متغیرها از مدل حذف شدند. با توجه به نتایج به دست آمده، از بین متغیرهای توپوگرافیک

واریانس مربوط به آن در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. جدول تجزیه واریانس مدل استفاده شده برای برآورد تعداد در هکتار در جدول ۴ خلاصه شده است.

جدول ۳- ضرایب مدل رگرسیونی و سطح معنی داری آنها

Table 3. Regression model coefficients and their significance level

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

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس مربوط به مدل

Table 4. Analysis of variance table of the model

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

سطح مقطع در هکتار (Ruggedness) عامل مهم و معنی داری (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 هر دو آنها در سطح ۱ درصد معنی دار بودند (جدول ۶).

$$\text{رابطه (۸)} = \text{سطح مقطع در هکتار (مترمربع)} - 5.104 + 0.015 * (SE) - 0.0011 * (\text{elevation}) - 0.03 * (\text{Ruggedness})$$

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

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 به دست آمده، از بین متغیرهای توپوگرافیک همانند تراکم، تنها مکان‌نمای رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا و شاخص ناهمواری

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

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

جدول ۶- ضرایب مدل رگرسیونی و سطح معنی‌داری آنها

Table 6. Regression model coefficients and their significance level

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

جدول ۷- جدول تجزیه واریانس مربوط به مدل

Table 4. Analysis of variance table of the model

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

بحث

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. occidentalis*) 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 سطح 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

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در مدل‌سازی تعداد در هکتار، شاخص‌های جهت، مکان‌نمای رویشگاه (SE) و رطوبت توپوگرافی (TWI) دارای همبستگی معنی‌داری 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.

Pourmajidian and Goodarzi *et al.*, 2012)
Daghestani *et al.*, Moradi, 2015, Moradi, 2009
(2017).

در آخر 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 مؤثر بودن 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 قابل توجهی 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, Taxaceae, 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

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

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 Zanzan. *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 excelsa* 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.) distribution 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. Matinzadeh, 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. Khoshnevis. & M. Matinzadeh, 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>.
 - Pourmajidian, 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. Sedighi¹, K. Taheri Abkenar^{*2} and A. Heidari Safari Kouchi³**

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