

The effect of physiographic factors on the leaf area index in broadleaf forests of Golestan province

Seyedeh Zahra Seyed Mousavi^{*1}, Jahangir Mohammadi², Roshanak Darvishzadeh³, Shaban Shataee Jouibary⁴, Ramin Rahmani⁵, Khalil Ghorbani⁶

1. Corresponding Author, Ph.D. Student, Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: zahra.mousavi_s98@gau.ac.ir
2. Associate Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mohamadi.jahangir@gau.ac.ir
3. Professor, Dept. of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, the Netherlands. E-mail: r.darvish@utwente.nl
4. Professor, Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: shataee@gau.ac.ir
5. Associate Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rahmani@gau.ac.ir
6. Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: ghorbani.khalil@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 01.21.2024
Revised: 02.17.2024
Accepted: 02.27.2024

Keywords:
Aspect,
Elevation above sea level,
Leaf area index,
Sites,
Slope

ABSTRACT

Background and Objectives: The leaf area index (LAI) is a crucial structural characteristic in forest ecosystems, significantly impacting energy exchange, weather patterns, atmospheric processes, and gas models. This index informs managers and planners about factors like photosynthetic activity, evapotranspiration, and habitat fertility. Physiographic factors – elevation, aspect, and slope – also influence global LAI variation. This study investigates and evaluates LAI changes across different elevation, aspect, and slope classes.

Materials and Methods: A systematic sampling method with a 100 × 100 meter grid was employed to collect ground-based LAI data from 230 square plots (1000 m² each) across five sites (Kordkoy, Shast Kalateh, Zarrin Gol, Sokhdari, and Loveh). Leaf area was measured using a 60 × 60 cm harvesting trap in the center of each plot. Elevation, aspect, and slope data were obtained through digital elevation model (DEM) analysis. Subsequently, LAI comparisons and analyses were conducted across different elevation, aspect, and slope classes using Duncan's and independent t-tests.

Results: LAI values ranged from 8.91 (highest) in Kordkoy to 5.10 (lowest) in Zarrin Gol. Analysis of variance revealed a significant difference in LAI across elevation classes within the entire study area. LAI increased with elevation up to around 1300 meters, followed by a plateau. Duncan's and independent t-tests indicated no significant differences in LAI between sites within elevation, aspect, and slope classes, except for the Kordkoy site.

Conclusion: This study identifies elevation as a more prominent factor for LAI investigation compared to slope and aspect. Understanding the impact of physiographic factors on LAI and monitoring its changes

are critical for developing effective policies to mitigate climate change and global warming impacts, ultimately promoting sustainable forest management.

Cite this article: Seyed Mousavi, Seyedeh Zahra, Mohammadi, Jahangir, Darvishzadeh, Roshanak, Shataee Jouibary, Shaban, Rahmani, Ramin, Ghorbani, Khalil. 2024. The effect of physiographic factors on the leaf area index in broadleaf forests of Golestan province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 31 (1), 95-120.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2024.22089.2054

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر عوامل فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) بر میزان شاخص سطح برگ در جنگل‌های پهن برگ استان گلستان

سیده زهرا سید موسوی^{۱*}، جهانگیر محمدی^۲، روشنگر درویش‌زاده^۳، شعبان شتایی جویباری^۴، رامین رحمانی^۵، خلیل قربانی^۶

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: zahra.mousavi_s98@gau.ac.ir
۲. دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mohamadi.jahangir@gau.ac.ir
۳. استاد گروه علوم اطلاعات جغرافیایی و رصد زمین (ITC)، دانشگاه توئنته، هلند. رایانامه: r.darvish@utwente.nl
۴. استاد گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: shataee@gau.ac.ir
۵. دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: rahmani@gau.ac.ir
۶. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: ghorbani.khalil@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: شاخص سطح برگ (LAI) یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های ساختاری بوم‌سازگان‌های جنگلی است که تأثیر زیادی را در تغییرات انرژی، آب‌وهوا، مدل‌های عملکردی جوی و گاز دارد. این شاخص اطلاعات زیادی در ارتباط با میزان فتوسنتز، تبخیر و تعرق و حاصلخیزی رویشگاه‌های مختلف در اختیار مدیران و برنامه ریزان قرار می‌دهد. عوامل فیزیوگرافی نیز (ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و شیب) نقش مهمی در میزان تغییرات شاخص سطح برگ درختان ایفا می‌کنند. در این پژوهش تغییرات شاخص سطح برگ درختان و درختچه‌های جنگلی در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و شیب در جنگل‌های پهن برگ استان گلستان مورد مقایسه و ارزیابی می‌گردد.
واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، درختان جنگلی، رویشگاه، شاخص سطح برگ، شیب	مواد و روش‌ها: در این مطالعه جهت برداشت اطلاعات زمینی شاخص سطح برگ ۲۳۰ قطعه‌نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع با روش نمونه‌برداری منظم با شروع تصادفی و شبکه ۱۰۰×۱۰۰ متر در پنج رویشگاه از غرب به شرق (کردکوی، شصت‌کلاته، زرین‌گل، سرخداری و لوه) پیاده شد. در مرکز هر قطعه‌نمونه تله برداشت برگ با ابعاد ۶۰×۶۰ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ استفاده شد. ابتدا نقشه‌های ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و شیب نیز تهیه و مقادیر آن‌ها استخراج شد. سپس شاخص سطح برگ در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و شیب با استفاده از آنالیز تجزیه واریانس و آزمون‌های دانکن و تی مستقل مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ در رویشگاه کردکوی، شصت‌کلاته، زرین‌گل، سرحداری و لوه به‌ترتیب با ۸/۹۱، ۵/۷۶، ۵/۱۰، ۶/۰۷ و ۷/۱۸ محاسبه شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شاخص سطح برگ در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا در کل منطقه مورد مطالعه وجود دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حدود ۱۳۰۰ متر شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد و بعدازآن شاخص سطح برگ تغییرات افزایشی کمی دارد. نتایج آزمون دانکن و تی مستقل نشان داد تفاوت معنی‌داری بین شاخص سطح برگ رویشگاه‌ها در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و شیب به‌جز رویشگاه کردکوی وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی در این مطالعه ارتفاع از سطح دریا در مقایسه با شیب و جهت جغرافیایی به‌عنوان عامل بسیار مهم برای بررسی شاخص سطح برگ مطرح شد. بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی بر شاخص سطح برگ و پایش تغییرات آن جهت شناخت تدوین سیاست‌های مناسب برای کاهش اثرات تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی و در مدیریت پایدار از اهمیت بسیار بالایی می‌باشد.

استناد: سید موسوی، سیده زهرا، محمدی، جهانگیر، درویش‌زاده، روشنگر، شتایی جویباری، شعبان، رحمانی، رامین، قربانی، خلیل (۱۴۰۳). تأثیر عوامل فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) بر میزان شاخص سطح برگ در جنگل‌های پهن‌برگ استان گلستان. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۳۱ (۱)، ۹۵-۱۲۰.

DOI: 10.22069/JWFST.2024.22089.2054



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

جنگل‌های پهن‌برگ شمال ایران یکی از بهترین بوم‌سازگان‌های حیاتی دنیا است که در سال‌های اخیر به دلایل مختلف از جمله تغییر اقلیم و پیامدهای ناشی از آن، تحت تأثیر دست‌خوش تغییرات شدیدی گشته است که حفظ این اکوسیستم مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق را می‌طلبد (۱، ۲). جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم و گرمایش جهانی نیاز به اطلاعات از شاخص‌های مختلف ساختاری توده‌های جنگلی مانند زی‌توده، شاخص سطح برگ و غیره می‌باشد تا بتوان میزان تغییرات را ارزیابی و کمی نمود و بتوان مدیریت و سیاست مناسب ارائه و تعریف نمود که این مدیریت نیاز به برآوردهای قابل‌اطمینان از شاخص‌های مختلف مانند شاخص سطح برگ دارد. اندازه‌گیری یا برآورد دقیق سطح برگ، می‌تواند فرایندهای اکوسیستم موردنیاز برای ارزیابی تأثیرات آن بر تعادل اقلیم و اکوسیستم مانند تعرق و ذخیره کربن از طریق فتوسنتز را مشخص کرد. از این رو مطالعه شاخص‌های اکولوژیکی مانند شاخص سطح برگ (LAI)^۱ در این جنگل‌ها به‌عنوان یک ضرورت مهم برای حفظ بهتر و پایش این جنگل‌ها تلقی می‌گردد. شاخص سطح برگ یک کمیت بدون واحد است و به‌عنوان سطح کل یک‌طرف برگ گیاهان در واحد سطح زمین تعریف شده است (۳). این شاخص از مهم‌ترین مشخصه‌های ساختاری اکوسیستم‌های جنگلی است که اطلاعات زیادی در ارتباط با پویایی جنگل، میزان فتوسنتز، تبخیر و تعرق، حاصلخیزی رویشگاه‌های، تولید خالص اولیه، ضریب تبادل انرژی و کربن بین پوشش گیاهی و جو در اختیار مدیران، برنامه‌ریزان و پژوهش‌گران قرار می‌دهد (۳، ۴، ۵، ۶، ۷). بین حاصلخیزی خاک، شاخص سطح برگ، رویش درختان و میزان زی‌توده رابطه مستقیمی وجود

دارد. افزایش شاخص سطح برگ نشان‌دهنده افزایش حاصلخیزی خاک، رویش و میزان زی‌توده می‌شود (۸). شاخص سطح برگ بر ارزیابی تولیدات و کیفیت توده تأثیر فراوانی دارد. روش‌های برآورد و اندازه‌گیری شاخص سطح برگ به دو دسته کلی روش‌های مستقیم (مخرب) و غیرمستقیم (غیرمخرب) تقسیم می‌شوند. روش‌های مستقیم (جمع‌آوری برگ با استفاده از تله لاشبرگ) دقیق‌ترین و با اطمینان‌ترین راه برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ است (۹)؛ اما اندازه‌گیری مستقیم به‌ویژه در مقیاس وسیع و توپوگرافی با تغییرات شدید جنگل‌های هیرکانی فرآیندی بسیار دشوار، زمان‌بر و پرهزینه و به نیروی انسانی زیادی نیاز دارد. از این رو شاخص سطح برگ را می‌توان با استفاده از روش‌های غیرمخرب مانند ابزارهای اپتیکی، داده‌های سنجش از راه دوری و استفاده دورین عکس‌برداری با لنز چشم ماهی برآورد نمود (۱۰). روش‌های مبتنی بر سنجش‌ازدوری با توجه به تکرارپذیری، ارزان و غیرمخرب بودن و نیاز به نیروی انسانی کم‌تر به‌عنوان یک راهکار جایگزین مطرح می‌شوند (۱۱).

یکی از مهم‌ترین عوامل تشکیل‌دهنده ویژگی‌های رویشگاه‌های جنگلی عوامل فیزیوگرافی منطقه است که تأثیر مهمی بر حضور و یا عدم حضور گونه‌ها و جریان مواد و انرژی در اکوسیستم‌های جنگلی می‌گذارد. شیب، جهت و موقعیت دامنه، ارتفاع از سطح دریا و شکل زمین از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های وابسته به فیزیوگرافی در یک ناحیه هستند که انتشار گونه‌های گیاهی را در اکوسیستم‌های منظر متأثر می‌سازند (۱۲). عوامل فیزیوگرافی تأثیر زیادی بر حاصلخیزی رویشگاه، خرد اقلیم‌ها و پراکنش و توزیع گونه‌های مختلف درختان، نوع آمیختگی تیپ توده، غنای گونه‌ای، میزان رویش حجمی و زی‌توده و زادآوری دارد (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۵، ۱۷ و ۱۸). عوامل

1- Leaf area index

فیزیوگرافی از عوامل مهم در تغییر سطح برگ و تعاملات ناشی از تنظیم نور و رطوبت و مقدار نیتروژن در دسترس خاک برای گیاهان می‌باشد (۱۹، ۲۰، ۲۱). علاوه بر این عوامل فیزیوگرافی کارکرد اکوسیستم‌ها هم در سطح زمین و هم در سطح خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طور مثال افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حد زیادی میزان غنای گونه‌ای را افزایش می‌دهد که این عامل به‌نوبه خود باعث افزایش تنوع برگ‌ها با مساحت‌های مختلف و در نتیجه آن افزایش سطح برگ می‌شود (۲۲، ۱۷، ۲۳). جهات جغرافیایی نیز بر تعاملات درختان جنگلی تأثیر به‌سزایی دارد (۲۲، ۲۴). در دامنه‌های شمالی به‌دلیل رطوبت، نور مناسب‌تر و خاک غنی باعث افزایش شاخص سطح برگ نسبت به سایر جهات جغرافیایی دارد (۲۵). عوامل فیزیوگرافی هم‌چنین بازتاب تابش‌های خورشیدی، زهکشی و میزان آب خاک و عناصر تغذیه‌ای را تعیین و از این طریق رشد، پراکنش و تولید بیولوژیک در گیاهان را تنظیم می‌کند؛ بنابراین این عوامل نقش به‌سزایی در تغییرات شاخص سطح برگ دارند و درک این روابط و تأثیرات آن‌ها برای ثبات و پایداری این اکوسیستم‌ها لازم و ضروری می‌باشند.

مطالعات زیادی در زمینه تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر مشخصه‌های کمی توده‌های جنگلی از جمله قطر، ارتفاع، حجم سرپا، تراکم و غیره در ایران و خارج از کشور انجام شده است (۱۲، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳). نتایج تمامی مطالعات نشان داد که ارتباط معنی‌داری بر روی مشخصه‌های کمی قطر، ارتفاع، حجم غنا گونه‌ای و غیره دارند و با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حدود ۱۳۰۰ متر از سطح دریا ابعاد درختان و میزان حجم و زی‌توده افزایش می‌یابد. اگرچه در مورد تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر روی مشخصه‌های کمی و کیفی توده‌های جنگلی مطالعات

زیادی انجام شده است اما در مورد تأثیر این عوامل فیزیوگرافیک بر روی شاخص سطح برگ توده‌های جنگلی پهن‌برگ نامنظم هیرکانی هنوز مطالعه‌ای انجام نشده است اما می‌توان تنها به مطالعه امینی و همکاران (۲۰۲۳) که به بررسی ارتباط ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی با ویژگی‌های برگ درختان در جنگل‌های زاگرس شمالی پرداختند، اشاره کرد. نتایج نشان داد که اثر ارتفاع و اثر جهت دامنه روی شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (۳۴). در سایر کشورهای دنیا نیز مطالعاتی انجام شده است (۳۵، ۳۶، ۶، ۳۷، ۱۶، ۳۸، ۳۹، ۴۰). اسکالپی و همکاران (۲۰۰۷) اثر شیب در برآورد شاخص سطح برگ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بررسی نشدن اثر شیب در مناطق دارای شیب، منجر به کاهش برآورد شاخص سطح برگ، به‌ویژه در تاج پوشش‌های متراکم و انبوه می‌گردد (۳۵). گانسامو و پلیکا (۲۰۰۸) اثر شیب در بر روی شاخص سطح برگ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که هرچه شیب افزایش یابد میزان شاخص سطح برگ برآوردی نیز افزایش می‌یابد و بین شاخص سطح برگ و شیب منطقه رابطه معنی‌داری وجود دارد (۳۷). بین و همکاران (۲۰۲۰) ارتباط شاخص سطح برگ با عامل شیب مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که شیب زیاد باعث شد برآورد شاخص سطح برگ بیش‌تر از مقدار واقعی باشد (۳۸). جین و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی شاخص سطح برگ به بررسی اثرات توپوگرافی بر تخمین شاخص سطح برگ با استفاده از داده‌های سنجش از دور پرداختند. نتایج نشان داد شیب تأثیر زیادی بر مقادیر شاخص سطح برگ درختان دارد. میزان ضریب تبیین و میانگین مجذور خطا به ترتیب $R^2=0/57$ و $RMSE=0/54$ محاسبه شد (۳۹). والتر و تراکیبیا، (۲۰۰۰) به محاسبه شاخص سطح برگ درختان جنگلی در شیب با استفاده از دوربین چشم ماهی

و *Carpinus Betulus L.* دارای اقلیم مرطوب تا نیمه مرطوب می‌باشد. میزان بارندگی متوسط سالانه برابر با ۷۸۱ میلی‌متر است. این منطقه در محدوده ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد (۴۱). رویشگاه شصت‌کلاته واقع در بخشی از سری یک توده مدیریت‌شده و بخشی از سری ۲ مدیریت‌نشده طرح جنگلداری شصت‌کلاته گرگان در حوزه آبخیز ۸۵ اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان و در جنوب شرقی شهر گرگان می‌باشد. گونه‌های درختی منطقه مورد مطالعه شامل: *Acer Velutium Boss*, *Fagus Orientalis Lipsky* و *Parrotia Persica*, *Carpinus Betulus L.* و *Quercus Castaneifolia* است. جهت عمومی دامنه منطقه مورد مطالعه شمال غربی است. مورد مطالعه از نظر طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم مرطوب معتدل می‌باشد و میزان بارندگی متوسط سالیانه ۶۴۹ میلی‌متر است. این منطقه در محدوده ارتفاعی ۳۰۰ تا ۷۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد (۴۲). رویشگاه زرین‌گل در حوضه آبخیز ۸۸، منطبق بر مرزهای جغرافیایی دو شهرستان علی‌آباد استان گلستان می‌باشد. گونه‌های درختی منطقه مورد مطالعه شامل: *Carpinus Betulus L.* و *Quercus Castaneifolia* است. از نظر طبقه‌بندی اقلیمی دارای اقلیم مرطوب معتدل می‌باشد و میزان بارندگی متوسط سالیانه ۵۴۲ میلی‌متر در سال است. این منطقه در محدوده ارتفاعی ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد (۴۳). رویشگاه لوه در ۲۴ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان گالیکش در حوزه استحفاظی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان گالیکش استان گلستان واقع گردیده است. گونه‌های درختی منطقه مورد مطالعه شامل: *Quercus Castaneifolia*, *Acer Velutium Boss* و *Carpinus Betulus L.* است. میزان بارندگی متوسط سالانه برابر با ۶۱۱ میلی‌متر است. این منطقه در

پرداختند نتایج نشان داد که در شیب‌های ۱۵-۲۰ درصد بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ برآورد می‌شوند (۴۰). به‌طورکلی نتایج نشان داد که عوامل فیزیوگرافی عامل مهم و تأثیرگذار بر تغییرات شاخص سطح برگ هستند.

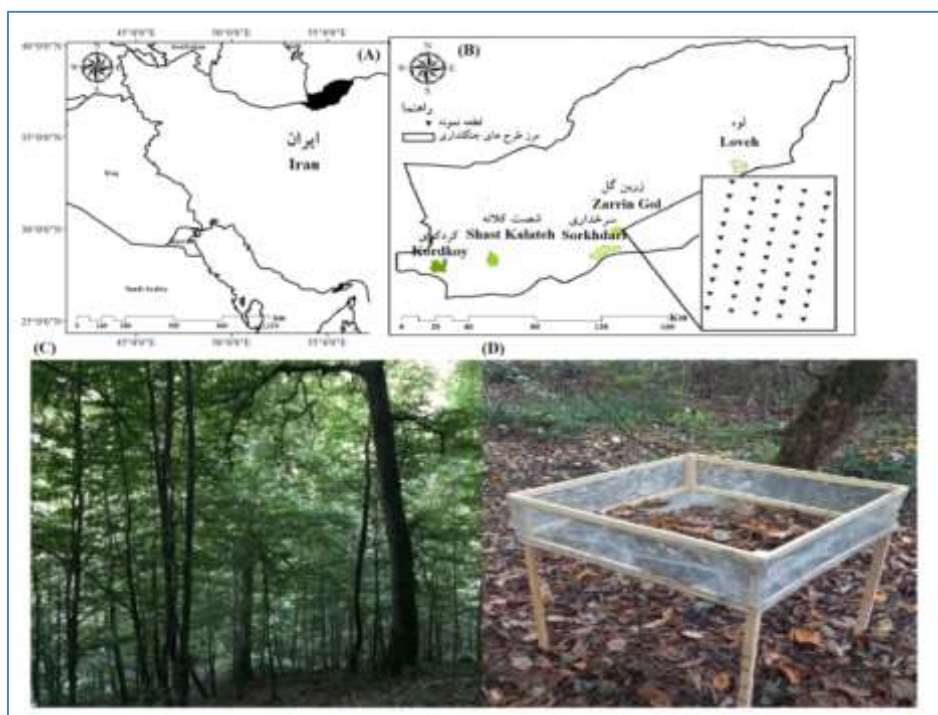
با توجه به‌مرور منابع تاکنون در زمینه تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر روی شاخص سطح برگ مطالعه‌ای در جنگل‌های پهن‌برگ هیرکانی انجام نشده است. هم‌چنین امروزه با توجه به اهمیت و حساسیت موضوع تغییر اقلیم و افزایش دمای زمین، تهیه اطلاعات از شاخص‌های مختلف ساختاری توده‌های جنگلی مانند شاخص سطح برگ جهت پایش و بررسی اثرات اقلیم و آنالیز روند تغییرات در جنگل‌های پهن‌برگ ناهمسال آمیخته و چنداشکوبه هیرکانی امری ضروری به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهات جغرافیایی بر شاخص سطح برگ و آنالیز تغییرات آن جهت شناخت تدوین سیاست‌های مناسب برای کاهش اثرات تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی و در مدیریت پایدار دارای اهمیت بسیار بالایی می‌باشد؛ بنابراین هدف این پژوهش مقایسه شاخص سطح برگ در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهات جغرافیایی و بررسی رابطه بین آن‌ها است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه: پژوهش حاضر در پنج رویشگاه در استان گلستان انجام شده است (شکل ۱). رویشگاه کردکوی قسمتی از حوزه آبخیز شماره ۸۴ را شامل می‌شود. تیپ جنگل مورد مطالعه پهن‌برگ خالص و آمیخته و فرم آن غالباً دانه‌زاد ناهمسال و تیپ غالب جنگل *Acer Cappadoicicum Gled* و *Fagus Orientalis Lipsky* *Acer Velutium Boss*

Carpinus Betulus L. و *Castaneifolia* است. بارندگی متوسط ۶۵۰ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. این منطقه در محدوده ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۱۳۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد (۴۵).

محدوده ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد (۴۴). رویشگاه سرخداری واقع در شهر رامیان واقع شده است. گونه‌های درختی منطقه مورد مطالعه شامل: *Acer Cappadoicicum* Gled، *Quercus Gaerten*، *Acer Velutium* Boss



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایران (A)، استان گلستان (B)، بخشی از جنگل‌های هیرکانی (C) و تله لاشبرگ (D).

Figure 1. Location of the study area in Iran (A), Golestan Province (B), part of Hyrcaniyan forest (C) and leaf traps (D).

قطعه‌نمونه در رویشگاه سرخداری و ۳۲ قطعه‌نمونه در رویشگاه لوه استان گلستان قرار داشتند. سپس مرکز جغرافیایی هر قطعه‌نمونه با استفاده از دستگاه سیستم موقعیت‌یاب جهانی تفاضلی (DGPS) ثبت شد. برای هر قطعه‌نمونه دایره‌ای، یک تله لاشبرگ (با ابعاد ۶۰×۶۰ سانتی‌متر) در مرکز قطعه‌نمونه قرار داده شد و برگ‌های داخل هر تله به صورت ماهانه در طول یک سال جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد.

نمونه‌برداری و جمع‌آوری داده‌ها: جمع‌آوری داده‌هایی زمینی در تابستان ۱۴۰۱ با نمونه‌برداری منظم با شروع تصادفی با شبکه نمونه‌برداری ۱۰۰×۱۰۰ متر و قطعات نمونه دایره‌ای شکل با مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در پنج طرح جنگلداری (کردکوی، شست‌کلاته، سرخداری، زرین‌گل و لوه) انجام شد. در مجموع در ۲۳۰ قطعه‌نمونه آماربرداری شد. از مجموع ۲۳۰ قطعه‌نمونه به ترتیب ۳۶ قطعه‌نمونه در رویشگاه کردکوی، ۸۸ قطعه‌نمونه در رویشگاه شست‌کلاته، ۴۱ قطعه‌نمونه در رویشگاه زرین‌گل، ۳۳

$$SLA_{ts} = \frac{\sum SLA_{ts}}{n} \quad (2)$$

سپس برای هر قطعه نمونه، میزان شاخص سطح برگ با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$LAI_{ts} = WD_{ts}^{sam} \times \frac{SLA_{ts}}{GA} \quad (3)$$

که، LAI_{ts} شاخص سطح برگ برای هرگونه درخت در قطعه نمونه است، WD_{ts}^{sam} وزن خشک لاشبرگ هرگونه درخت در هر تله برگ یا قطعه نمونه در هر رویشگاه است و SLA_{ts} سطح برگ ویژه برای هرگونه درخت در هر منطقه است. GA سطح زمین ($60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2$) است. شاخص سطح برگ کل برای هر قطعه نمونه نیز از رابطه زیر محاسبه شد (رابطه ۴):

$$LAI_t = \sum_{i=1}^n LAI_{ti} \quad (4)$$

که، LAI_t شاخص سطح برگ کل برای هر قطعه نمونه است و LAI_{ti} شاخص سطح برگ برای هرگونه در قطعه نمونه است.

در این پژوهش تعداد ۲۳۰ تله برگ در محل قرار داده شده بودند. در طول دوره اندازه گیری ۱ ساله، تله های لاشبرگ همراه تخلیه و به آزمایشگاه منتقل می شدند. در نهایت، پس از جداسازی نوع گونه برگ های داخل تله در هر قطعه نمونه، لاشبرگ ها به صورت جداگانه در دمای ۷۸ درجه سانتی گراد به مدت حداقل ۷۲ ساعت در آون خشک شد تا به وزن ثابت برسد (۴۸).

تهیه نقشه های ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهات جغرافیایی: ابتدا نقشه های ارتفاع سطح دریا، نقشه شیب و نقشه جهات جغرافیایی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با استفاده از مدل رقومی زمین با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر تهیه شد. سپس ارزش

اندازه گیری سطح ویژه برگ (SAL) و شاخص سطح برگ: برای محاسبه مقادیر سطح ویژه برگ از هرگونه درختی در هر رویشگاه ۲۰ درخت انتخاب شد. از هر درخت پنج نمونه برگ در چهار جهت جغرافیایی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. ۴۰۰ برگ از هرگونه برای تعیین سطح ویژه برگ در هر منطقه انتخاب شد. در پنج رویشگاه ۳۹ گونه درختی حضور داشت که در مجموع ۱۵۶۰۰ نمونه برگ آنالیز و اسکن شد. (۴۶). وزن تر و خشک و مساحت سطح به طور هم زمان با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت بالا (± 0.01 گرم)، اندازه گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اسکنر با وضوح dpi ۱۲۰۰ اسکن شد و مساحت هر برگ با استفاده از نرم افزار ImageJ اندازه گیری گردید. برگ ها پس از اسکن در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند و وزن خشک آنها توزین شد. سپس سطح ویژه برگ از رابطه ۱ و از تقسیم مساحت هر برگ به وزن خشک آن محاسبه شد (۴۷). پس از تعیین وزن خشک نمونه ها با استفاده از ترازوی الکترونیکی (± 0.01 گرم)، سطح ویژه برگ برای هر درخت (t) در هر رویشگاه (s) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد. محاسبه میانگین سطح ویژه برگ هرگونه از رابطه زیر استفاده شد (رابطه ۱) (۴۸، ۴۹).

$$SLA_{ts} = \frac{LA_{ts}^{sam}}{WD_{ts}^{sam}} \quad (1)$$

که، SLA_{ts} سطح برگ ویژه برای هرگونه درخت در هر رویشگاه (سانتی متر مربع بر گرم)، LA_{ts}^{sam} مساحت هر برگ نمونه از هرگونه در هر رویشگاه بر حسب سانتی متر مربع است و WD_{ts}^{sam} وزن خشک هر برگ نمونه بر حسب گرم است (رابطه ۲).

مقادیر مختلف ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهات جغرافیایی متناظر با هر قطعه نمونه با استفاده از لایه قطعات نمونه زمینی استخراج گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در گام نخست آماده‌سازی آن‌ها انجام شد. برای این منظور تبعیت پراکنش داده‌ها (باقی مانده‌ها) از توزیع نرمال با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. پنج رویشگاه مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که موقعیت آن‌ها در ارتفاع از سطح دریا مختلف (رویشگاه کردکوی ۱۷۰۰-۱۳۰۰، شصت کلاته ۷۵۰-۳۰۰، زرین گل ۷۰۰-۵۰۰، سرحداری ۱۳۵۰-۱۱۰۰ و لوه

۱۳۰۰-۱۱۰۰ متر) باشند. به همین منظور ابتدا میزان شاخص سطح برگ بین پنج رویشگاه بعد از نتایج آنالیز تجزیه واریانس یک طرفه با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. سپس در هر منطقه به‌طور جداگانه نیز میزان شاخص سطح برگ در طبقات مختلف شیب و جهت جغرافیایی نیز بعد از نتایج آنالیز تجزیه واریانس یک طرفه با استفاده از آزمون دانکن و تی مستقل مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. در جدول زیر طبقه‌بندی تعداد و درصد عامل‌های فیزیوگرافی را نشان می‌دهد (جدول ۱).

جدول ۱- طبقه‌بندی تعداد و درصد عامل‌های فیزیوگرافی در جنگل پهن‌برگ استان گلستان.

Table 1. Classification of the number and percentage of physiographic factors in the broadleaf forest of Golestan province.

درصد %	تعداد قطعه نمونه Number	طبقه Class	عامل فیزیوگرافی Physiographic factor	منطقه مورد بررسی Site
55.55	20	شمال شرق Northeast	جهت جغرافیایی Aspect	کردکوی Kordkoy
43.24	16	شرق East		
0	0	0-10%	شیب (درصد) Slope	
48.1	13	10%-20%		
54.054	20	20%-30%		
8.081	3	30<%		
36.78	32	شمال North	جهت جغرافیایی Aspect	شصت کلاته ShastKalateh
14.94	13	شمال شرق Northeast		
22.98	20	شمال غرب Northwest		
25.28	22	غرب West		
31.03	27	0-10%	شیب (درصد) Slope	
58.62	51	10%-20%		
8.04	7	20%-30%		
2.29	2	30<%		

تأثیر عوامل فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) ... / سیده زهرا سید موسوی و همکاران

ادامه جدول ۱ -

Continue Table 1.

درصد %	تعداد قطعه نمونه Number	طبقه Class	عامل فیزیوگرافی Physiographic factor	منطقه مورد بررسی Site
66.66	28	شمال North	جهت جغرافیایی Aspect	زرین گل Zarrin-Gol
21.42	9	شمال شرق Northeast		
5.74	5	شمال غرب Northwest		
0	0	0-10%	شیب (درصد) Slope	
26.19	11	10%-20%		
59.52	25	20%-30%		
14.28	6	30<%		
81.81	27	شمال North	جهت جغرافیایی Aspect	سرخداری Sorkhdari
18.18	6	شمال شرق Northeast		
6.06	2	0-10%	شیب (درصد) Slope	
72.72	24	10%-20%		
21.21	7	20%-30%		
0	0	30<%		
42.42	14	شمال North	جهت جغرافیایی Aspect	لوه Loveh
21.21	7	شمال شرق Northeast		
15.15	5	شمال غرب Northwest		
15.15	5	غرب West		
0	0	0-10%	شیب (درصد) Slope	
27.27	9	10%-20%		
51.51	17	20%-30%		
15.15	5	30<%		

نتایج

شاخص سطح برگ برای پنج رویشگاه کردکوی، شصت کلاته، زرین گل، سرخداری و لوه به ترتیب ۸/۹۱، ۵/۷۶، ۵/۱۰، ۶/۰۷ و ۷/۱۸ بود که در رویشگاه کردکوی (۸/۹۱) بیشترین میزان شاخص سطح برگ و رویشگاه زرین گل (۵/۱۰) کمترین میزان شاخص سطح برگ را دارا بود (جدول ۲).

همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها گفته شد از مجموع ۲۳۰ قطعه نمونه به ترتیب ۳۶ قطعه نمونه در رویشگاه کردکوی، ۸۸ قطعه نمونه در رویشگاه شصت کلاته، ۴۱ قطعه نمونه در رویشگاه زرین گل، ۳۳ قطعه نمونه در رویشگاه سرخداری و ۳۲ قطعه نمونه در رویشگاه لوه استان گلستان قرار داشتند. نتایج آنالیز واریانس آماره‌های توصیفی نشان داد که میانگین

جدول ۲- مقادیر LAI به دست آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی.

Table 2. LAI values obtained from field measurements.

منطقه Site	تعداد Number	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف از معیار St. dev
کردکوی Kordkoy	36	4.37	13.46	8.91	2.48
شصت کلاته Shast-Kalateh	88	1.88	12.15	5.76	2.00
زرین گل Zarrin-Gol	41	1.86	9.94	5.10	1.94
سرخداری Sorkhdari	33	3.32	11.20	6.07	1.64
لوه Loveh	32	4.41	11.52	7.18	1.89
کل Total	230	1.86	13.45	6.33	2.32

بخش مواد و روش‌ها بیان شد پنج رویشگاه مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که موقعیت آن‌ها در ارتفاع از سطح دریاهاى مختلف باشد (رویشگاه کردکوی ۱۷۰۰-۱۳۰۰، شصت کلاته ۷۵۰-۳۰۰، زرین گل ۷۰۰-۵۰۰، سرخداری ۱۴۰۰-۱۱۰۰ و لوه ۱۳۰۰-۱۱۰۰ متر).

نتایج حاصل از نرمال بودن شاخص سطح برگ در پنج رویشگاه نشان داد که مقادیر شاخص سطح برگ به احتمال ۹۵ درصد دارای توزیع نرمال می‌باشد ($P\text{-value} > 0.05$). نتایج آنالیز واریانس یک طرفه با

نتایج همچنین تعداد و درصد عامل‌های فیزیوگرافی نشان داد که بیشترین قطعات نمونه زمینی در پنج رویشگاه کردکوی، شصت کلاته، زرین گل، سرخداری و لوه در جهت شمالی و شمال شرقی قرار گرفتند و طبقه شیب ۱۰-۲۰ درصد و ۲۰-۳۰ درصد بیشترین درصد قطعات نمونه را داشتند (جدول ۱).

مقایسه شاخص سطح برگ در پنج رویشگاه کردکوی، شصت کلاته، زرین گل، سرخداری و لوه با ارتفاع از سطح دریاهاى متفاوت: همان‌طور که در

رویشگاه‌ها در ارتفاع از سطح دریاهای مختلف دارد. رویشگاه لوه نیز بعد از کردکوی دارای بیشترین شاخص سطح برگ و تفاوت معنی‌داری با سایر رویشگاه‌ها در ارتفاع‌های مختلف دارد اما بین سه رویشگاه، شصت کلاته ۷۵۰-۳۰۰، زرین گل ۷۰۰-۵۰۰، سرخداری ۱۴۰۰-۱۱۰۰ در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۲).

استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین پنج رویشگاه در ارتفاع از سطح دریاهای مختلف از نظر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (جدول ۳). هم‌چنین نتایج نشان داد که رویشگاه کردکوی دارای بیشترین ارتفاع از سطح دریا بود، دارای بیشترین شاخص سطح برگ که در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری با سایر

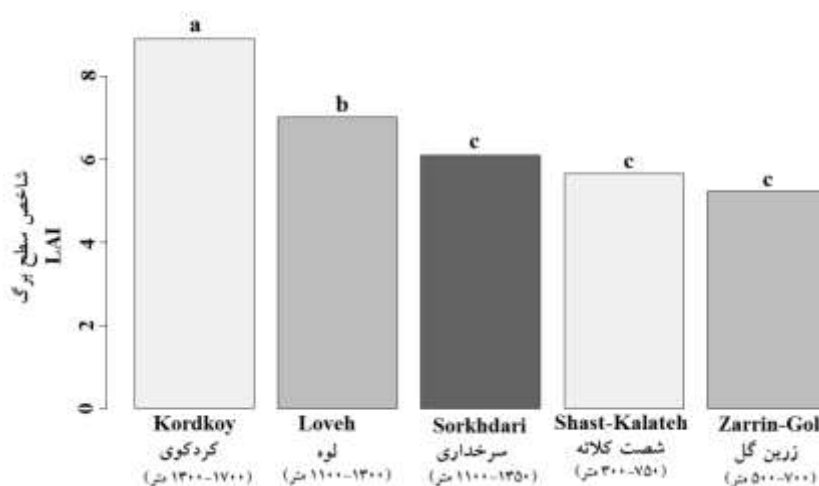
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه حاصل از مقایسه شاخص سطح برگ در ارتفاع از سطح دریاهای مختلف در پنج رویشگاه کردکوی، شصت کلاته، زرین گل، سرخداری و لوه.

Table 3. The results of one-way analysis of variance obtained from the comparison of leaf area index at different elevation in five sites of Kordkoy, Shast-Kalateh, Zarrin-Gol, Sokhdari and Loveh.

معنی‌داری sig	مقدار F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source	عامل Factor
0.000**	19.395	79.012	316.04	4	بین گروه‌ها Between groups	
		4.074	916.592	226	داخل گروه‌ها Within groups	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)
			1234.64	230	کل Total	

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد

** Significant at the 99% probability level

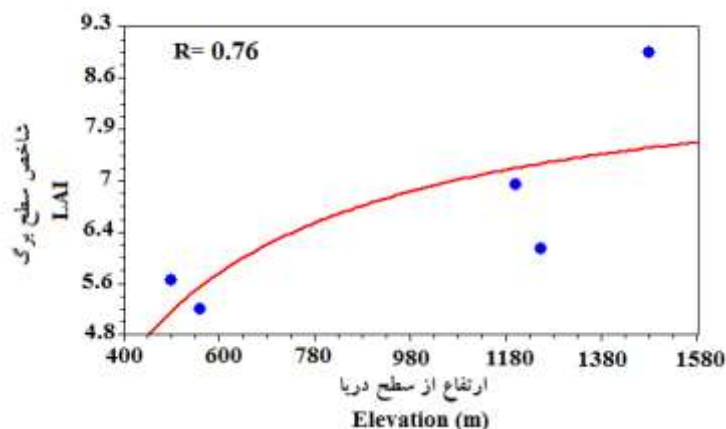


شکل ۲- مقایسه شاخص سطح برگ در ارتفاع از سطح دریاهای مختلف در پنج رویشگاه کردکوی، شصت کلاته، زرین گل، سرخداری و لوه.

Figure 2. Comparison of leaf area index at different elevations in five sites of Kordkoy, ShastKalateh, Zarrin-Gol, Sokhdari, and Loveh.

افزایش بیش‌تر از سطح دریا، تغییرات شاخص سطح برگ کم شده و به حداقل می‌رسد (شکل ۳).

نتایج حاصل بررسی شاخص سطح برگ و ارتفاع از سطح دریا برای کل منطقه مورد مطالعه نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حدود ۱۳۰۰ متر، شاخص سطح برگ نیز افزایش پیدا می‌کند و سپس با



شکل ۳- ارتباط شاخص سطح برگ و ارتفاع از سطح دریا برای کل رویشگاه‌ها.

Figure 3. Correlation of leaf area index and elevation for all sites.

از سطح دریا و شاخص سطح برگ را تبیین کند (جدول ۴).

هم‌چنین نتایج حاصل نشان داد که مدل نمایی با ضریب تبیین $R^2=0.75$ بهتر می‌تواند رابطه بین ارتفاع

جدول ۴- معادله رگرسیون غیرخطی.

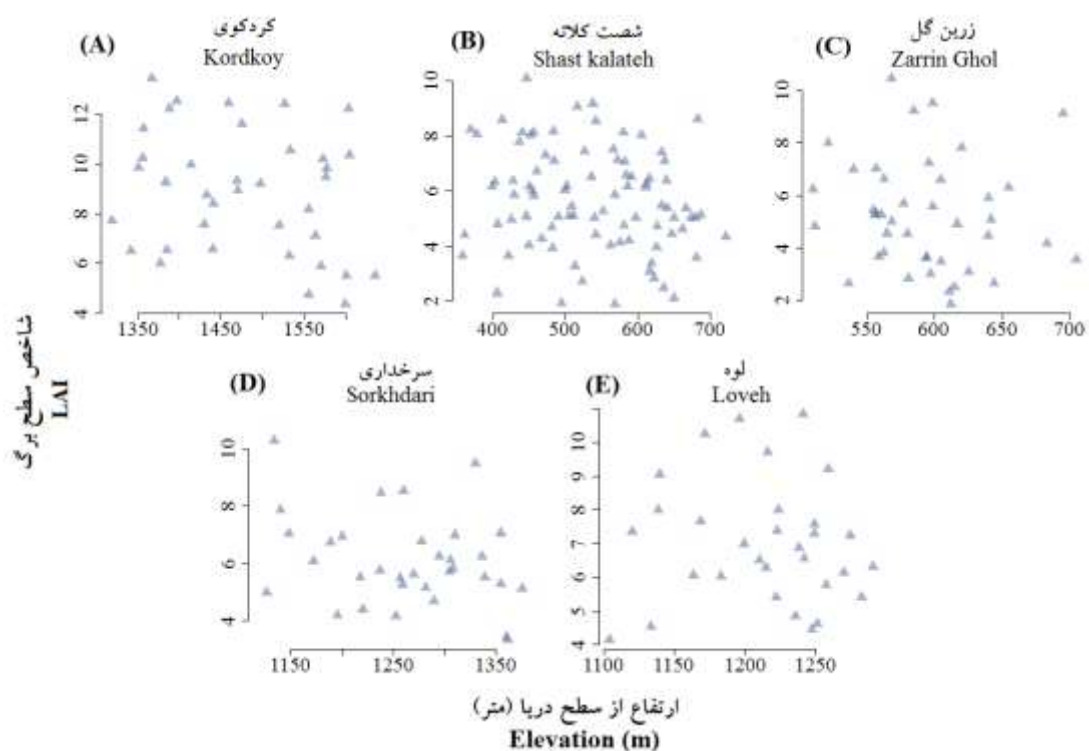
Table 4. Non-linear regression equation.

مدل Model	فرمول Formula	R^2
Exponential	$LAI = 9.42e^{\frac{-3.2}{H}}$	۰/۷۶

H ارتفاع از سطح دریا برحسب متر، LAI شاخص سطح برگ، a، b، ضرایب مدل و e عدد نپر ۲/۷۱

سطح دریا و شاخص سطح برگ وجود ندارد و رابطه آن‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۴).

نتایج حاصل بررسی رابطه بین شاخص سطح برگ و ارتفاع از سطح دریا برای هر رویشگاه به‌طور جداگانه نشان داد که روند مشخصی بین ارتفاع از



شکل ۴- ارتباط شاخص سطح برگ و ارتفاع از سطح دریاهای مختلف در هر رویشگاه به طور جداگانه.

Figure 4. Correlation of leaf area index and elevation in each site separately.

معنی داری بین شیب و شاخص سطح برگ وجود داشت اما بین سایر مناطق ارتباط معنی داری بین شاخص سطح برگ و شیب وجود ندارد ($P\text{-value} > 0.05$) (جدول ۵).

- مقایسه شاخص سطح برگ در طبقات مختلف شیب در هر رویشگاه به طور جداگانه: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن شاخص سطح برگ با عامل شیب در هر منطقه به طور جداگانه بررسی شد. نتایج نشان داد که در منطقه کردکوی ارتباط

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه حاصل از مقایسه شاخص سطح برگ در طبقات مختلف شیب.

Table 5. The results of one-way analysis of variance obtained from the comparison of the leaf area index in different classes of the slope.

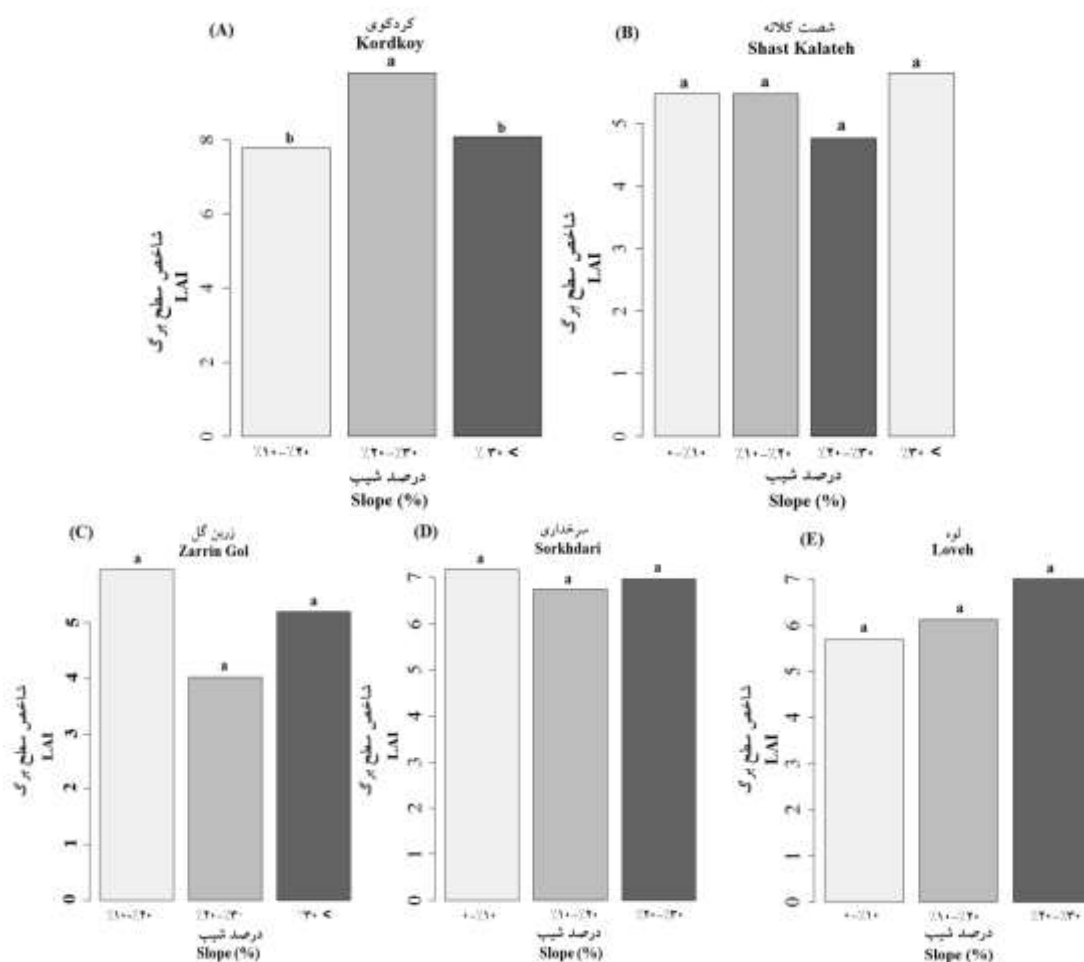
معنی‌داری sig	F مقدار	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source	منطقه مورد بررسی Site
0.048*	3.33	17.911	35.822	2	بین گروه‌ها Between groups	کردکوی Kordkoy
		5.375	182.735	34	داخل گروه‌ها Within groups	
			218.757	37	کل Total	
0.775 ^{ns}	0.37	1.28	3.85	3	بین گروه‌ها Between groups	شصت کلاته Shast-Kalateh
		3.47	288.79	84	داخل گروه‌ها Within groups	
			292.95	87	کل Total	
0.195 ^{ns}	1.7	7.33	14.66	2	بین گروه‌ها Between groups	زرین گل Zarrin-Gol
		4.29	167.63	39	داخل گروه‌ها Within groups	
			189.3	41	کل Total	
0.649 ^{ns}	0.37	1.29	2.58	2	بین گروه‌ها Between groups	لوه Loveh
		2.49	97.88	28	داخل گروه‌ها Within groups	
			100.46	30	کل Total	
0.615 ^{ns}	0.49	1.42	۲/۸۵۶	2	بین گروه‌ها Between groups	سرخداری Sorkhdari
		2.88	۸۶/۵۹۲	30	داخل گروه‌ها Within groups	
			۸۹/۴۴۸	32	کل Total	

* معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد، ^{ns} عدم معنی‌داری

* Significant at the 95% probability level, ^{ns} non-significant

طبقات مختلف شیب در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P\text{-value} > 0.05$) (شکل ۵).

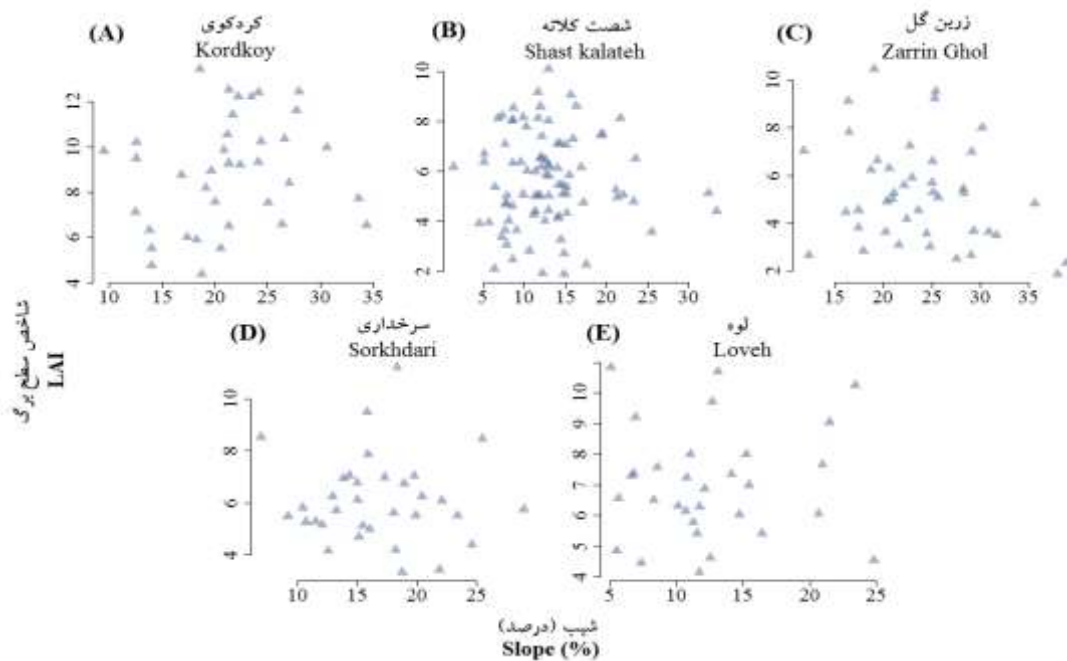
هم‌چنین نتایج نشان داد که رویشگاه کردکوی در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری در طبقه ۲۰-۳۰ درصد با سایر طبقات مختلف شیب دارد ($P\text{-value} < 0.05$)، اما بین سایر رویشگاه‌ها در بین



شکل ۵- مقایسه شاخص سطح برگ در طبقات مختلف شیب در پنج رویشگاه کردکوی، شصت کلاته، زرین گل، سرخداری و لوه.
 Figure 5. Comparison of leaf area index in different classes of slope in five sites of Kordkoy, Shast-Kalateh, Zarrin-Gol, Sokhdari, and Loveh.

وجود ندارد و رابطه آن‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۶).

نتایج حاصل بررسی رابطه بین شاخص سطح برگ و شیب برای هر رویشگاه به‌طور جداگانه نشان داد که روند مشخصی بین شیب و شاخص سطح برگ



شکل ۶- ارتباط شاخص سطح برگ و شیب در هر رویشگاه به‌طور جداگانه.

Figure 6. Correlation of leaf area index and slope in each site separately.

مستقل بررسی گردید. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه شاخص سطح برگ با عامل جهت جغرافیایی در سه رویشگاه شصت‌کلاته، زرین‌گل و لوه به‌طور جداگانه بررسی شد. نتایج نشان داد که در سه رویشگاه شصت‌کلاته، زرین‌گل و لوه ارتباط معنی‌داری بین شاخص سطح برگ و جهت جغرافیایی وجود ندارد (جدول ۶) ($P\text{-value} > 0.05$).

مقایسه شاخص سطح برگ در جهات مختلف جغرافیایی در هر رویشگاه به‌طور جداگانه: به‌دلیل قرار گرفتن قطعات نمونه دو رویشگاه از رویشگاه‌های مورد بررسی در دو جهت جغرافیایی بررسی آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن شاخص سطح برگ با عامل جهت برای سه رویشگاه شصت‌کلاته، زرین‌گل و لوه به‌طور جداگانه بررسی شد. دو رویشگاه کردکوی و سرخ‌داری نیز با آزمون تی

تأثیر عوامل فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) ... / سیده زهرا سید موسوی و همکاران

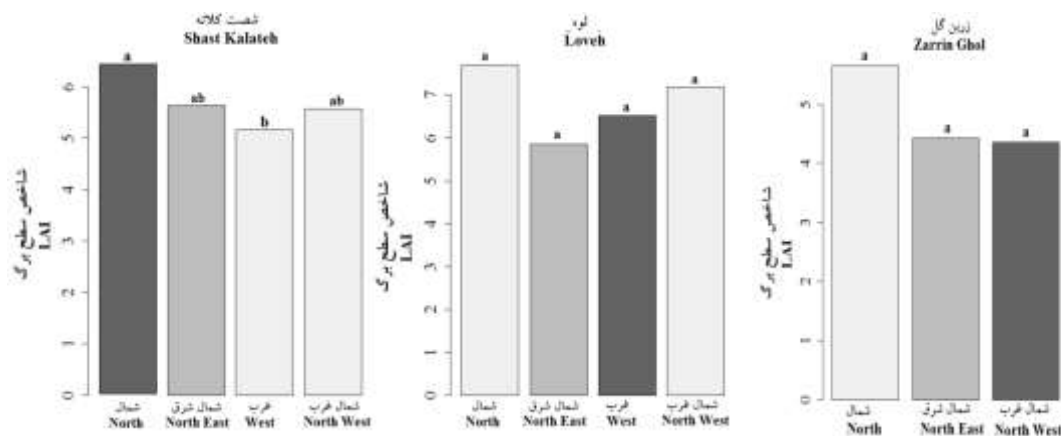
جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه حاصل از مقایسه LAI با شیب در سه منطقه شصت کلاته، زرین گل و لوه.

Table 6. The results of one-way analysis of variance resulting from the comparison of LAI with slope in the three regions of Shasat Kalateh, Zarrin-Gol and Loveh.

منطقه مورد بررسی	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	معنی داری sig
Site	Source	df	SS	MS		
شصت کلاته ShastKalateh	بین گروه‌ها Between groups	4	20.68	6.89	2.1	0.1
	داخل گروه‌ها Within groups	84	271.96	3.27		
	کل Total	87	292.65			
زرین گل Zarrin-Gol	بین گروه‌ها Between groups	3	14.41	7.02	1.67	0.201
	داخل گروه‌ها Within groups	38	167.49	4.3		
	کل Total	41	182.3			
لوه Loveh	بین گروه‌ها Between groups	3	17.12	5.7	1.84	0.162
	داخل گروه‌ها Within groups	27	83.24	3.08		
	کل Total	30	100.46			

غرب و شمال شرق تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد ($P\text{-value} > 0/05$). هم‌چنین نتایج نشان داد که در رویشگاه زرین گل و لوه از نظر شاخص سطح برگ تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد ($P\text{-value} > 0/05$) (شکل ۷).

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن نشان داد که در رویشگاه شصت کلاته بین جهت شمال با جهت غرب از نظر شاخص سطح برگ تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد ($P\text{-value} < 0/05$) اما بین جهت غرب با شمال



شکل ۷- مقایسه شاخص سطح برگ در طبقات مختلف شیب در سه رویشگاه شصت کلاته، زرین گل و لوه.

Figure 7. Comparison of leaf area index in different classes of slope in three sites of Shast-Kalateh, Zarrin-Gol, and Sokhdari.

نتایج حاصل از نتایج آزمون تی مستقل حاصل از مقایسه شاخص سطح برگ با شیب در دو منطقه کردکوی و سرخداری نشان داد که تفاوت معنی‌داری (جدول ۷).

نتایج حاصل از نتایج آزمون تی مستقل حاصل از مقایسه شاخص سطح برگ با شیب در دو منطقه کردکوی و سرخداری. (جدول ۷)

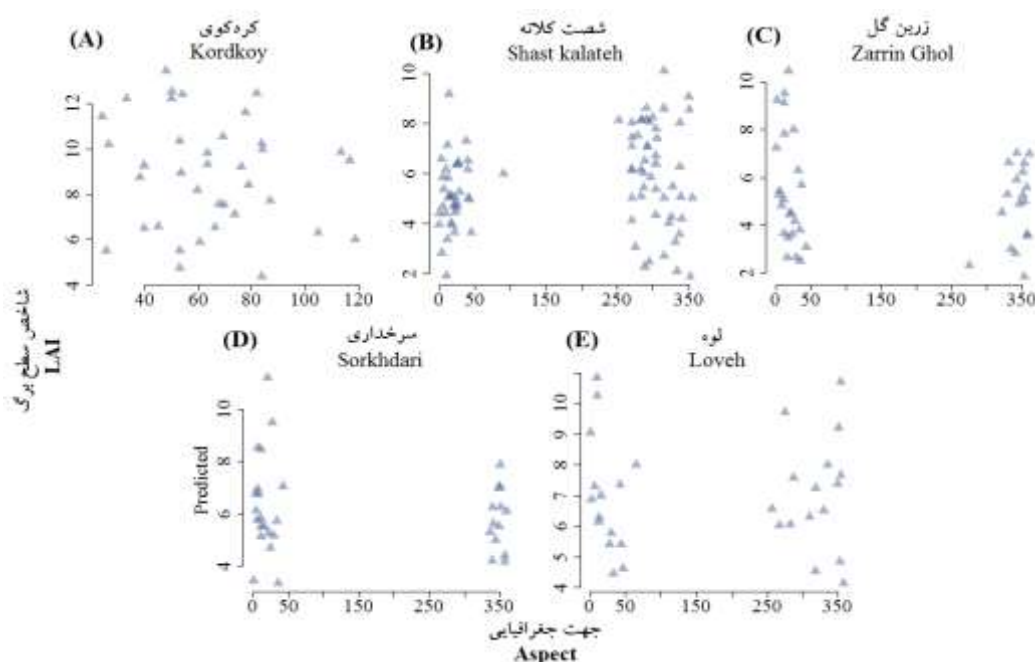
جدول ۷- نتایج آزمون تی مستقل حاصل از مقایسه شاخص سطح برگ با شیب در دو منطقه کردکوی و سرخداری.

Table 7. Results of independent t-test comparing leaf area index with slope in Kordkoy and Sokhdari sites.

منطقه مورد بررسی Site	منبع تغییرات Source	T	درجه آزادی df	انحراف معیار تفاوت‌ها Std. Error Difference	تفاوت میانگین‌ها Mean Difference	مقدار F	معنی‌داری sig
کردکوی Kordkoy	واریانس برابر Equal variance	0.5	35	0.82	0.41	1.14	0.292
	واریانس غیر برابر Unequal variance	0.51	34.82	0.8	0.41		
سرخداری Sorkhdari	واریانس برابر Equal variance	0.3	31	0.76	0.23	0.71	0.405
	واریانس غیر برابر Unequal variance	0.25	6.3	0.92	0.23		

نتایج حاصل بررسی رابطه بین شاخص سطح برگ و جهات جغرافیایی مختلف برای هر رویشگاه به‌طور جداگانه نشان داد که روند مشخصی بین جهات جغرافیایی و شاخص سطح برگ به‌جز رویشگاه کردکوی وجود ندارد و رابطه آن‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. با بررسی ابر نقاط می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در کل رویشگاه به‌جز کردکوی بیش‌تر قطعات نمونه در دو جهت شمال و شمال شرق قرار گرفته‌اند (شکل ۸).

نتایج حاصل بررسی رابطه بین شاخص سطح برگ و جهات جغرافیایی مختلف برای هر رویشگاه به‌طور جداگانه نشان داد که روند مشخصی بین جهات جغرافیایی و شاخص سطح برگ به‌جز رویشگاه کردکوی وجود ندارد و رابطه آن‌ها در سطح



شکل ۸- ارتباط شاخص سطح برگ و جهات جغرافیایی در هر رویشگاه به‌طور جداگانه.

Figure 8. Correlation of leaf area index and aspect in each site separately.

بحث

شاخص سطح برگ یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اکولوژیکی جهت بررسی تغییرات و اثر اقلیم بر اکوسیستم‌های جنگلی می‌باشد که با استفاده از این شاخص می‌توان روند تغییرات اقلیمی را مورد بررسی و آنالیز قرارداد. یکی از عوامل مهم تغییرات شاخص سطح برگ، عوامل فیزیوگرافیکی هستند که ارتباط مستقیمی با تغییرات شاخص سطح برگ دارند. با توجه به توپوگرافی جنگل‌های هیرکانی و اهمیت تغییرات حداقل این شاخص مطالعه اثر عوامل فیزیوگرافیکی بر روی شاخص سطح برگ دارای اهمیت فراوانی می‌باشد.

نتایج حاصل از آماره‌های توصیفی میزان میانگین شاخص سطح برگ بین ۵/۱۰ تا ۸/۹۱ نشان داد. رویشگاه کردکوی بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ را دارا بود که با مطالعات ترن (۲۰۱۴)، جانسامو (۲۰۱۴) و کمال و همکاران (۲۰۱۶) در خارج از کشور مطابقت دارد (۳۶، ۴۹، ۵۰). بیش‌تر بودن شاخص سطح برگ در رویشگاه کردکوی می‌تواند به عواملی مانند قرار گرفتن این رویشگاه در ارتفاع از سطح دریا ۱۷۰۰-۱۳۰۰ است که این ارتفاع از سطح دریا مناسب رویش درختان قطور *Fagus Orientalis* و *Acer Cappadoicicum* و *Acer Velutinum* می‌باشند. این درختان با توجه به شیب منطقه یک توده چنداشکوبه و تراکم با درختان قطور و مرتفع ایجاد کرده‌اند. رویشگاه زرین‌گل هم کم‌ترین میزان میانگین شاخص سطح برگ را دارا بود که با مطالعات عدل (۲۰۰۷) و روحی مقدم (۲۰۱۵) مطابقت دارد (۱۰، ۵۱). کم بودن میزان شاخص سطح برگ نیز در رویشگاه زرین‌گل به دلیل قرار گرفتن توده در ارتفاع پایین و در نتیجه آن تا نوع گونه‌ای کم‌تر نسبت به سایر رویشگاه‌ها و وجود درختان بلوط با تراکم پایین‌تر برمی‌گردد.

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بین پنج رویشگاه در ارتفاع از سطح دریاهای مختلف از نظر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود داشت. هم‌چنین نتایج نشان داد که رویشگاه کردکوی دارای بیش‌ترین ارتفاع از سطح دریا بود، دارای بیش‌ترین شاخص سطح برگ که در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری با سایر رویشگاه‌ها در ارتفاع از سطح دریاهای مختلف دارد. رویشگاه لوه نیز بعد از کردکوی دارای بیش‌ترین شاخص سطح برگ و تفاوت معنی‌داری با سایر رویشگاه‌ها در ارتفاع‌های مختلف دارد اما بین سه رویشگاه، شصت‌کلاته در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج حاصل از مدل نمایی با ضریب تبیین $R^2=0.76$ بهتر توانست رابطه بین ارتفاع از سطح دریا و شاخص سطح برگ را تبیین کند. یکی از عوامل مهم در گسترش یا عدم گسترش درختان در جنگل، ارتفاع از سطح دریا است. تأثیر عامل ارتفاع از سطح دریا بر نوع گونه‌ای در جنگل‌های هیرکانی عامل بسیار حیاتی است. هم‌چنین تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر شکل‌گیری تیپ‌های توده جنگلی تأثیر زیادی دارد و با افزایش و کاهش ارتفاع از سطح دریا شکل‌گیری تیپ توده تغییر می‌کند. افزایش و یا کاهش ارتفاع شرایط رویشگاهی به‌ویژه از نظر اقلیمی تغییر می‌کند و گیاهان با توجه به نیاز اکولوژیک خود در یک محدوده ارتفاعی از سطح دریا مستقر می‌شوند. درختان جنگلی مانند *Acer Cappadoicicum* و *Fagus Orientalis* و *Acer Velutinum* در ارتفاعات میانی و بالایی حضور دارند. این ارتفاعات به دلیل مساعد بودن شرایط و عدم فعالیت‌های انسانی شرایط مناسب را برای اجتماع گونه‌های درختی فراهم می‌نماید در نتیجه شاخص سطح برگ در این مناطق نسبت به ارتفاعات پایین‌تر که شرایط نامساعدتری دارند، به‌طور

قابل توجهی بیشتر است که با مطالعات پوربابایی و حق‌گوی (۲۰۱۲)، متاجی و همکاران (۲۰۱۴) و مانیون (۱۹۹۱) مطابقت دارند (۲۴، ۲۵، ۱۵).

شیب‌های کم و زیاد هرکدام تأثیر متفاوتی بر پراکنش درختان و نوع آن‌ها دارد. شیب به دلیل این‌که بر فرایندهای تشکیل خاک و ظرفیت نگهداری آب خاک اثر دارد می‌تواند تأثیر زیادی بر درختان و رویش آن‌ها بگذارد. در طبقه‌بندی عامل شیب بیش‌ترین تعداد قطعه‌نمونه در طبقه ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ درصد قرار داشت. شیب تأثیر مهمی در شکل‌گیری ساختار و ترکیب اکوسیستم‌های جنگلی را دارد و کم‌ترین تأثیر را از تخریب‌های کوتاه و بلندمدت می‌پذیرد. ویژگی‌های ابعاد و تراکم درختان هم تحت عامل فیزیوگرافی شیب است. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن بین شاخص سطح برگ و شیب نشان داد که در رویشگاه کردکوی ارتباط معنی‌داری بین شیب و شاخص سطح برگ وجود داشت اما بین سایر مناطق ارتباط معنی‌داری بین شاخص سطح برگ و شیب وجود ندارد، هم‌چنین نتایج نشان داد که رویشگاه کردکوی در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری در طبقه ۲۰-۳۰ درصد با سایر طبقات مختلف شیب دارد که با مطالعات امینی و همکاران (۲۰۲۲)، جین و همکاران (۲۰۱۹) و گانسامو و پلیکا (۲۰۱۴) مطابقت دارند (۳۳، ۵۲، ۳۶). در منطقه کردکوی به دلیل توپوگرافی خاص منطقه، اقلیم متفاوت و تراکم بیش‌تر درختان در شیب بالاتر (۲۰ تا ۳۰ درصد) نسبت به سایر نقاط ارتباط معنی‌داری بین شیب و شاخص سطح برگ وجود داشت که می‌تواند به دلیل تراکم بالا و ابعاد بالای درختان راش در این منطقه باشد؛ اما بین سایر رویشگاه‌ها در بین طبقات مختلف شیب در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. هرچه شیب کم‌تر باشد تراکم درختان بیش‌تر است

در نتیجه میزان شاخص سطح برگ و زی‌توده نیز بیش‌تر خواهد شد. یکی از عواملی که باعث شد ارتباط معنی‌داری بین شاخص سطح برگ و شیب مشاهده نشود به علت این‌که بیش‌تر قطعات نمونه انتخاب‌شده در شیب‌های پایین بودند. درختان در مناطق کم‌شیب رطوبت بیش‌تر، رویش و تراکم بیش‌تری دارند. با افزایش شیب، رطوبت، عمق خاک و ضخامت لاشبرگ کاهش می‌یابد در نتیجه میزان رویش و شاخص‌های اکولوژیکی کاهش می‌یابد. افزایش شیب دامنه رطوبت، عمق خاک و ضخامت لاشبرگ کاهش می‌یابد و همین عامل سبب ضعف فیزیولوژیک و کاهش میزان شاخص سطح برگ می‌گردد. درصد گونه‌های سایه‌پسند و گونه‌هایی که احتیاج به خاک‌های عمیق دارند بیش‌تر در شیب‌های زیاد حضور دارند (۴).

جهت جغرافیایی رشد، پراکنش و تولید بیولوژیک در گیاهان را تنظیم می‌کند. از جهت برای شناخت، تفکیک اکوسیستم‌های طبیعی در سطح ناحیه‌ای برای درک ساختار و کارکرد اکوسیستم به کار برده می‌شود. میزان حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان وابسته به نور با توجه به جهت جغرافیایی تغییر می‌نماید؛ و جهت دامنه و شکل دامنه مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده حضور یا عدم حضور گونه‌های درختان هستند. در این پژوهش نتایج بررسی تعداد قطعات نمونه در جهات مختلف نیز نشان داد که بیش‌ترین تعداد قطعه‌نمونه برای تمام رویشگاه‌ها در جهت شمال و شمال شرق قرار داشتند. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن شاخص سطح برگ نشان داد که در سه رویشگاه شصت‌کلاته، زرین‌گل و لوه ارتباط معنی‌داری بین شاخص سطح برگ و جهت جغرافیایی وجود ندارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که رویشگاه شصت‌کلاته در سطح احتمال ۹۵ درصد بین جهت شمال و غرب در رویشگاه شصت‌کلاته تفاوت معنی‌داری وجود دارد،

در یک جمع‌بندی می‌توان بیان نمود که بررسی عامل‌های فیزیوگرافی به دلیل وابستگی که به عامل‌های گوناگون از جمله خاک و بارندگی در تعیین ویژگی‌های درختان و جنگل دارد که می‌توان از این عامل‌ها جهت بهتر شدن نتایج استفاده کرد. هم‌چنین استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدوری در این زمینه با تصحیح شیب برای برآورد میزان شاخص سطح برگ استفاده کرد. در این مطالعه ارتفاع از سطح دریا و بعداز آن جهت و شیب در بعضی مناطق به‌عنوان عامل بسیار مهم بررسی شاخص سطح برگ مطرح می‌باشد. این پژوهش می‌تواند راهنمایی برای مدیران به‌منظور شناسایی نقاط ضعف و قوت جنگل و برنامه‌ریزی باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از کارشناسان اداره کل منابع طبیعی استان گلستان (شهرستان‌های کردکوی، گرگان، علی‌آباد، رامیان و گالیکش) به‌علت همکاری در جمع‌آوری داده‌های زمینی کمال تشکر را دارند.

اما بین سایر رویشگاه‌ها در بین جهت‌های جغرافیایی مختلف در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد که با مطالعات امینی و همکاران (۲۰۲۲)، محسن‌زاد و همکاران (۲۰۱۰) و مارک و همکاران، (۲۰۰۰) مطابقت دارد (۳۳، ۵۲، ۵۳، ۵۴). با توجه به‌قرار گرفتن تعداد کثیر از قطعه‌نمونه‌ها در جهت شمال و شمال شرق می‌توان بیان داشت که در جهت دامنه‌های شمالی به دلیل نور مناسب و خاک غنی رویشگاه‌های مناسب‌تری نسبت به سایر جهات دارند. با قرار گرفتن در این شرایط بهینه و رطوبت مناسب، رشد درختان، ابعاد و تراکم آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. در این مطالعه هم‌چنین نشان داده شد که جهت‌های جنوبی دارای کم‌ترین قطعه‌نمونه بود به‌دلیل ضعف رویشگاه (رطوبت کم‌تر، خاک ضعیف‌تر) با افزایش دما، تبخیر و تعرق دامنه جنوبی افزایش می‌یابد و رطوبت هم‌زودتر از دست می‌رود در این دامنه‌ها زی‌توده کم‌تری نسبت به دامنه‌های شمالی وجود دارد هم‌چنین به‌دلیل سنگلاخی بودن خاک رشد گیاهان تحت‌تأثیر شرایط قرار می‌گیرد که با مطالعات هنا و همکاران (۱۹۸۲) و سوارز و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد (۵۵، ۵۶، ۵۷).

منابع

- Mohammadi, J., Shataei, S., & Namiranian, M. (2014). Comparison of quantitative and qualitative characteristics of forest structure and composition in natural and managed forest stands (Case study: Shast Kalate forests of Gorgan). *J. of Wood & Forest Science and Technology*. 21 (1), 65-83.
- Marvi Mohajer, M. R. (2006). *Forestry and forest breeding*. Tehran Univ. Press. 387p.
- Chen, J. M., & Black, T. A. (1992). Foliage area and architecture of plant canopies from sunfleck size distributions. *Agricultural and Forest Meteorology*. 60 (3-4), 249-266.
- Talebi, M., Sagheb-Talebi, Kh., & Jahanbazi, H. (2006). Site demands and some quantitative and qualitative characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Chaharmahal & Bakhtiari Province. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 141, 67-79. [In Persian]
- Blackburn, T. M., Gaston, K. J., & Loder, N. (1999). Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule. *Diversity and Distributions*. 5 (4), 165-174.
- Tang, H., Brolly, M., Zhao, F., Strahler, A. H., Schaaf, C. L., Ganguly, S., Zhang, G., & Dubayah, R. (2014). Deriving and validating Leaf Area Index (LAI) at multiple spatial scales through lidar

- remote sensing: A case study in Sierra National Forest, CA. *Remote Sens. Environ.* 143, 131-141.
7. Jin, H., Li, A., Xu, W., Xiao, Z., Jiang, J., & Xue, H. (2019). Evaluation of topographic effects on multiscale leaf area index estimation using remotely sensed observations from multiple sensors. *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing.* 154, 176-188.
 8. Ryu, Y., Verfaillie, J., Macfarlane, C., Kobayashi, H., Sonnentag, O., Vargas, R., Ma, S., & Baldocchi, D. D. (2012). Continuous observation of tree leaf area index at ecosystem scale using upward-pointing digital cameras. *J. Remote Sensing of Environment.* 126, 116-125.
 9. Adl, H. R. (2007). Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests. *Iranian J. of Forest and Poplar Research.* 15 (4), 417-426. [In Persian]
 10. Brantley, S., Zinnert, J. C., & Young, D. R. (2011). Application of hyperspectral vegetation indices to detect variations in high leaf area index temperate shrub thicket canopies. *J. Remote Sensing of Environment.* 115, 514-523.
 11. Darvishzadeh, R., Skidmore, A., Schlerf, M., Atzberger, C., Corsi, F., & Cho, M. (2008). LAI and chlorophyll estimation for heterogeneous grassland using hyperspectral measurements. *ISPRS J. of photogrammetry and remote sensing.* 63 (4), 409-426.
 12. Sefidi, K., Esfandiary Darabad, F., & Azaryan, M. (2016). Effect of topography on tree species composition and volume of coarse woody debris in an Oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky*) old growth forests, northern Iran. *J. Forest-Biogeosciences and Forestry.* 9 (4), 65-86.
 13. Basiri, R. (2003). Ecological study of the vegetation zone of the oak and weevil with the analysis of environmental factors in Marivan, PhD thesis, Tarbiat Modares Univ., Noor Faculty of Natural Resources. Pp: 8-12. [In Persian]
 14. Sheikholaslami, A., Yazdian, F., & Kialashki, M. (2008). Study on cover of tree and shrub species, Kojur region. *J. of Pejouhesh and Sazanddeghi.* 74, 175-184.
 15. Manion, P. D. (1991). Tree disease concepts. 2nd ed. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall (USA). 402p.
 16. Cao, B., Du, Y., Li, J., Li, H., Li, L., Zhang, Y., & Liu, Q. (2015). Comparison of five slope correction methods for leaf area index estimation from hemispherical photography. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters.* 12 (9), 1958-1962.
 17. Eckhardt, L. G., & Menard, R. D. (2008). Topographic features associated with loblolly pine decline in central Alabama. *Forest Ecology and Management.* 255, 1735-1739.
 18. Lomolino, M. V. (2001). Elevation gradients of species-density historical and prospective view. *Global Ecology and Biogeography.* 10, 3-13.
 19. Griffiths, R. P., Madritch, M. D., & Swanson, A. K. (2009). The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Forest Ecology and Management.* 257, 1-7.
 20. Tateno, R., & Takeda, H. (2003). Forest structure and tree species distribution in relation to topography mediated heterogeneity of soil nitrogen and light at the forest floor. *Ecological Research.* 18, 559-571.
 21. Kaufmann, R. M., & Ryan, G. M. (1986). Physiographic, stand, and environmental effects on individual tree growth and growth efficiency in subalpine forests. *Tree Physiology.* 2, 47-59.
 22. Salick, J., Anderson, J., Woo, R., Sherman, N., Cili, A., & Dorje, S. (2004). Tibetan ethnobotany and gradient analyses. Menri (Medicine Mountains), Eastern Himalayas. Millennium Ecosystem Assessment. *Economic Botany.* 59: 4. 312-325.
 23. España, F., Baret, & Weiss, M. (2008). Slope correction for LAI estimation from gap fraction measurements. *Agricultural Forest Meteorol.* 148 (10), 1553-1562.

24. Metaji, M., Ishaghi Rad, J., & Salimpour, F. (2014). Investigating the possibility of using ferns as a biological indicator of growing conditions in the forests of northern Iran (case study: Khairudkanar Nowshahr). *Environmental Science and Technology Quarterly*. 16 (1), 423-436. [In Persian]
25. Pourbabai, H., & Haqgoy, T. (2012). Effect of physiographical factors on tree species diversity (case study: Kandelat Forest Park). *Iranian Forest and Poplar Research Quarterly*. 21 (2), 243-255. [In Persian]
26. Valipour, A., Nemiranyan, M., Ghazanfari, H., Heshmat Elwaezin, M., Lexar Manfred, J., & Tobias, P. (2012). Relationships between forest structure and tree dimensions with physiographical factors in Armardeh forests (Northern Zagros). *Quarterly J. of Iranian forest and poplar research*. 21 (1), 20-37. [In Persian]
27. Hosseinzadeh, J., & Porhashmi, M. (2014). Investigating the crown indices of Iranian oak trees to the phenomenon of drying in the forests of Ilam. *Iranian Forestry J. of Iranian Forestry Association*. 7 (1), 57-66.
28. Kalantari, H., Fallah, A., & Hojjati, M. (2016). The effect of geographical orientation ecology on the growth of *Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis* in the hand-planted mass of Abbas Abad Behshahr. *Environmental Science and Technology Quarterly*. 18 (1), 163-175. [In Persian]
29. Golmohammadi, F., Hassanzad Navrodi, A., Boonyad, A., & Mirzaei, J. (2017). Effects of some environmental factors on dieback severity of trees in Middle Zagros forests of Iran (Case study: strait Daalaab, Ilam Province). *J. Plant Research*. 30 (3), 644-655. [In Persian]
30. Shataei Joybari, S., & Perma, R. (2010). Effect of physiographic and human on canopy cover and woody species diversity in Zagros forest. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*, 18 (4), 539-555.
31. Oliver, D. C., & Larson, B. C. (1996). *Forest stand dynamics*. John Wiley & Sons, New York. 520p.
32. Guarin, A., & Taylor, A. H. (2005). Drought triggered tree mortality in mixed conifer forests in Yosemite National Park. California. USA. *Forest Ecology and Management*. 218, 229-244.
33. Burrascano, S., Keeton, W. S., Sabatini, F. M., & Blasi, C. (2013). Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: a global review. *Forest Ecology and Management*. 291, 458-479.
34. Amini, S., Seyed, N., Fatehi, P., & Pir Bavaghar, M. (2022). Assessment of elevation and geographical aspect variability on leaf characteristics of trees in the North Zagros forests. *Forest Research and Development*. 8 (4), 355-369.
35. Schleppe, P., Conedera, M., Sedivy, I., & Thimonier, A. (2007). Correcting non-linearity and slope effects in the estimation of the leaf area index of forests from hemispherical photographs. *Agricultural and Forest Meteorology*. 144, 236-242.
36. Chen, W., & Cao, C. (2012). Topographic correction-based retrieval of leaf area index in mountain areas. *J. Mountain Science*. 9, 166-174.
37. Gonsamo, A., & Pellikka, P. (2008). Methodology comparison for slope correction in canopy leaf area index estimation using hemispherical photography. *Forest Ecology and Management*. 256, 749-759.
38. Yin, G., Cao, B., Li, J., Fan, W., Zeng, Y., Xu, B., & Zhao, W. (2020). Path length correction for improving leaf area index measurements over sloping terrains: A deep analysis through computer simulation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 58 (7), 4573-4589.
39. Jin, H., Li, A., Xu, W., Xiao, Z., Jiang, J., & Xue, H. (2019). Evaluation of topographic effects on multiscale leaf area index estimation using remotely sensed observations from multiple sensors. *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing*. 154, 176-188.

40. Walter, J. M. N., & Torquebiau, E. F. (2000). The computation of forest leaf area index on a slope using fish-eye sensors. *J. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*. 323 (9), 801-813.
41. Kordkoy management of forestry project. (2008). Forests, Range and Watershed Organization. 249p.
42. Doctor Bahramnia Forestry Plan Management. (2009). Forest Science Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses, 478p.
43. Anonym. (1991). Zarrin Gol forestry plan booklet, Golestan Province General Department of Natural Resources, 240p.
44. Anonym. (2007). Sorkhdary forest plan booklet. Golestan Province General Department of Natural Resources, 253p.
45. Anonym. (1981). Loveh the forestry plan booklet. Golestan Province General Department of Natural Resources, 240p.
46. Bradshaw, J. D., Rice, M. E., & Hill, J. H. J. J. o. t. K. E. S. (2007). Digital analysis of leaf surface area: effects of shape, resolution, and size. 80 (4), 339-347.
47. Waring, R.H. (1983). Estimating forest growth and efficiency in relation to the canopy leaf area. *Advances in Ecological Research*. 13, 327-354.
48. Chason, J., Baldocchi, D., & Hutson, M. (1991). A comparison of direct and indirect methods for estimating forest leaf area. *Agricultural and Forest Meteorology*. 57, 107-28.
49. Eermak, J. (1998). Leaf distribution in large trees and stands of the floodplain forest in southern Moravia. *Tree Physiology*. 18, 727-737.
50. Tran, P. (2014). Allometry, Biomass and litter decomposition of the New Zealand mangrove *Avicennia marina* var. *australasica*. MSc thesis. School of Applied Sciences. New Zealand, 63p.
51. Kamal, M., Phinn, S., Johansen, K., & Adi, N. S. (2016). Estimation of mangrove leaf area index from ALOS AVNIR-2 data (A comparison of tropical and sub-tropical mangroves). In AIP Conference Proceedings. AIP Publishing.
52. Rouhi Moghaddam, E. (2015). Investigation of the relationship between LAI and soil carbon sequestration in pure and mixed planted stands of Oak (Case Study: the lowland forests of Chamestan). *Natural Ecosystems of Iran*. 5 (4), 11-22. [In Persian]
53. Jin, H., Li, A., Xu, W., Xiao, Z., Jiang, J., & Xue, H. (2019). Evaluation of topographic effects on multiscale leaf area index estimation using remotely sensed observations from multiple sensors. *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing*. 154, 176-188.
54. Mohsennezhad, M., Shokri, M., Zali, H. & Jafarian, Z. (2010). The effects of soil properties and physiographic factors on plant community's distribution (Case study: Behrestagh Rangeland, Haraz). *Rangeland*. 4 (2), 262-275. [In Persian]
55. Mark, A. F., Dickinson, K. J., & Hofstede, R. G. (2000). Alpine vegetation, Plant distribution, Life form, and environments a humid New Zealand region. *Article Antarctic and Alpine Research*. 32, 240-254.
56. Hanna, A. Y., Harlan, P. W., & Lewis, D. T. (1982). Soil available water as influenced by landscape. *Agronomy J*. 1982, 999-1004.
57. Suarez, M. L., Ghermandi, L., & Kitzberger, T. (2004). Factors predisposing episodic drought-induced tree mortality in *Nothofagus*-site, climatic sensitivity, and growth trends. *J. of Ecology*. 92, 954-966.