Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

Comparison of crown competition and spatial pattern of *Crataegus Azarolus* L. in two situations of forest type and accompanying species: Khoshkeroud and Perk forests of Khorramabad

Ramin Hosseinzadeh[*1], Farnaz Lorestani[2], Masoumeh Fatholahi[3]

1. Corresponding Author, Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: ramin.hosseinzadeh@yahoo.com
2. Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: farnazlorestani2@gmail.com
3. Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: massomefatholahi@ymail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 02.29.2024
Revised: 08.18.2024
Accepted: 08.13.2024

Keywords:
Ecology,
Forest habitat,
Hawthorn,
Zagros

ABSTRACT

Background and Objectives: Competition among trees plays a pivotal role in shaping the development, structure, and dynamics of forests, prompting ecologists to delve into quantifying these interactions. The vast forests spanning Lorestan province, covering an area of 1,112,475 ha, represent significant ecosystems within the Middle Zagros region, predominantly characterized by Iranian oak. Within these forests, Hawthorn stands out as a crucial wood species, frequently found as a companion species and occasionally forming pure forests in specific areas. This study was conducted to investigate and compare crown competition and spatial distribution patterns of Hawthorn across two distinct forest formations and companion species.

Materials and Methods: In this study, two distinct forest habitats, Khoshkeroud (predominantly hawthorn) and Perk (dominated by oak), located in Khorramabad, were analyzed. Following a thorough survey of the forests to pinpoint areas rich in Hawthorn species and conducive for crown competition assessments, approximately 45 ha of suitable study areas were delineated. Within these relatively uniformly distributed forest zones, 45 central Hawthorn trees were identified, each exhibiting crown overlap with at least one neighboring tree. To identify competing trees, the crown overlap method was employed. The level of competition was quantified by assessing the ratio of the central tree's crown size to that of its neighbors. Spatial patterns were analyzed using the uniform angle index. Various data, including the distance and azimuth of neighboring trees, the height of central trees, and the crown diameters of both reference trees and competitors, were meticulously recorded. Given the non-normal distribution of the data, as indicated by the Kolmogorov-Smirnov test, the non-parametric Mann-Whitney test was applied to compare means across the studied variables. This comprehensive methodology aimed to shed light on the intricate dynamics of crown competition and spatial distribution patterns within these distinct forest ecosystems, offering valuable insights into the interplay among tree species in these habitats.

Results: The distinct characteristics of the Khoshkeroud and Perk habitats manifest in notable differences in species types and diversity within these environments. Notably, the average distance to influential neighbors in terms of competition reveals a substantial contrast, even when other characteristics exhibit minimal divergence. Specifically, the BDC index

highlights a significant dissimilarity between the two habitats: in Khoshkeroud, central trees contend with up to four neighboring trees, whereas in Perk, central trees typically interact with a maximum of three neighbors whose crowns overlap. Moreover, the composition of influential neighbors varies markedly between the two habitats. In Perk, over 80% of neighboring trees belong to species other than Hawthorn, while in Khoshkeroud, these non-Hawthorn species constitute only a small fraction of the neighboring tree population. Further accentuating the habitat disparities, the results derived from the uniform angle index underscore distinct spatial distribution patterns of Hawthorn species in the Khoshkeroud and Perk habitats. Despite the pronounced differences in species composition and spatial arrangement, the competition index results concerning reference trees do not exhibit significant disparities between the two habitats. This finding of this study suggests that while the ecological dynamics and species interactions vary considerably between Khoshkeroud and Perk, the impact on competition levels among reference trees remains relatively consistent across these diverse forest environments.

Conclusion: Given the Hawthorn genus's potential for afforestation of degraded regions in the Zagros area, attributed to its valuable traits like edible fruits and its role as a pioneer and nurse species, the findings of this study offer practical insights for afforestation and forestry practices. The implications of this research extend to the realm of reforestation strategies, emphasizing the significance of leveraging Hawthorn's characteristics for sustainable land restoration and forest management efforts.

Cite this article: Hosseinzadeh, Ramin, Lorestani, Farnaz, Fatholahi, Masoumeh. 2024. Comparison of crown competition and spatial pattern of *Crataegus Azarolus* L. in two situations of forest type and accompanying species: Khoshkeroud and Perk forests of Khorramabad. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 31 (2), 17-30.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2024.22224.2056
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

مقایسه رقابت تاجی و الگوی پراکنش زالزالک (*Crataegus Azarolus* L.) در دو وضعیت تشکیل تیپ و گونه همراه: جنگل‌های خشکه‌رود و پرک شهرستان خرم‌آباد

رامین حسین‌زاده*[۱]، فرناز لرستانی[۲]، معصومه فتح‌الهی[۳]

۱. نویسنده مسئول، دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: ramin.hosseinzadeh@yahoo.com
۲. دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: farnazlorestani2@gmail.com
۳. دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: massomefatholahi@ymail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳

واژه‌های کلیدی:
بوم‌شناسی،
رویشگاه جنگلی،
زاگرس،
زالزالک

چکیده

سابقه و هدف: رقابت بین درختان یک عامل کلیدی مؤثر بر توسعه، ساختار و پویایی جنگل‌ها است. ازاین‌رو بوم‌شناسان بسیاری در پی کمی‌سازی رقابت و عوامل مرتبط با آن در جنگل هستند. جنگل‌های استان لرستان با مساحت ۱۱۱۲۴۷۵ هکتار بخشی از زیست‌بوم‌های مهم زاگرس میانی هستند که تیپ اصلی آن‌ها را بلوط ایرانی تشکیل می‌دهد. یکی از گونه‌های چوبی مهم این جنگل‌ها زالزالک است که اغلب به‌عنوان گونه همراه و در برخی مناطق به‌صورت جنگل خالص حضور دارد. این پژوهش با هدف مقایسه رقابت تاجی و الگوی پراکنش مکانی زالزالک در دو حالت تشکیل تیپ و گونه همراه انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش دو رویشگاه جنگلی خشکه‌رود (با تیپ غالب زالزالک) و پرک (با تیپ غالب بلوط) در شهرستان خرم‌آباد مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از جنگل‌گردشی و تعیین مناطقی که تراکم گونه زالزالک و شرایط لازم برای محاسبه رقابت تاجی وجود داشت، محدوده‌هایی با مساحت حدود ۴۵ هکتار مشخص و در هرکدام از این جنگل‌ها با پراکنش نسبتاً یکنواخت، تعداد ۴۵ پایه زالزالک که دست‌کم با یک همسایه همپوشانی تاجی داشتند به‌عنوان درختان مرجع مشخص شدند. برای شناسایی درختان رقیب از روش همپوشانی تاج و برای کمی‌سازی سطح رقابت از نسبت اندازه تاج درخت مرکزی به همسایگان و برای محاسبه الگوی پراکنش از شاخص زاویه یکنواخت استفاده شد. سپس اطلاعاتی شامل فاصله و آزیموت همسایه‌ها، ارتفاع درختان مرجع و اندازه قطرهای تاج درختان مرجع و رقبا اندازه‌گیری شد. به‌علت توزیع غیرنرمال داده‌ها بر اساس آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون ناپارامتری من- ویتنی استفاده شد.

یافته‌ها: با توجه به شرایط متفاوت دو رویشگاه خشکه‌رود و پرک، تیپ و تنوع گونه‌ای در این رویشگاه‌ها تفاوت آشکاری دارد. هم‌چنین میانگین فاصله تا همسایه‌های مؤثر در رقابت تفاوت

زیادی را نشان می‌دهد درصورتی‌که سایر مشخصه‌ها اختلاف زیادی ندارند. تعداد همسایه‌های تأثیرگذار در شاخص BDC برای رویشگاه خشکه‌رود به چهار همسایه می‌رسد درحالی‌که در رویشگاه پرک حداکثر سه همسایه با همپوشانی تاج برای درختان مرکزی وجود دارد. دراین‌بین بیش از ۸۰ درصد همسایه‌ها در رویشگاه پرک را گونه‌هایی غیر از زالزالک تشکیل می‌دهند درصورتی‌که در رویشگاه خشکه‌رود، سایر گونه‌ها درصد اندکی را به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر آمیختگی متفاوت، نتایج شاخص زاویه یکنواخت نیز بیانگر الگوی پراکنش مکانی متفاوت گونه‌های زالزالک در دو رویشگاه مورد بررسی است. با وجود تفاوت درآمیختگی و پراکنش مکانی، اختلاف معنی‌داری بین نتایج شاخص رقابت بر روی درختان مرجع وجود ندارد.

نتیجه‌گیری کلی: با توجه به این‌که جنس زالزالک به‌واسطه ویژگی‌هایی از جمله میوه خوراکی و قابلیت استفاده به‌عنوان گونه پیش‌آهنگ و پرستار برای جنگل‌کاری مناطق تخریب‌یافته در زاگرس پیشنهاد شده است، نتایج این پژوهش می‌تواند در زمینه الگوی جنگل‌کاری و پرورش جنگل سودمند باشد.

استناد: حسین‌زاده، رامین، لرستانی، فرناز، فتح‌الهی، معصومه (۱۴۰۳). مقایسه رقابت تاجی و الگوی پراکنش زالزالک (*Crataegus Azarolus* L.) در دو وضعیت تشکیل تیپ و گونه همراه: جنگل‌های خشکه‌رود و پرک شهرستان خرم‌آباد. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۳۱ (۲)، ۳۰-۱۷.

DOI: 10.22069/JWFST.2024.22224.2056

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

بر اساس آخرین آمار و اطلاعات سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، جنگل‌های زاگرس با مساحت تقریبی ٦ میلیون هکتار، ٤٢ درصد از جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده و نقش به‌سزایی در بهبود کیفیت اقلیمی، تأمین آب و تعادل اقتصادی و اجتماعی کشور دارند. استان لرستان در زاگرس میانی با مساحت ٢٨٣٢٠٠٠ هکتار دارای ١١١٢٤٧٥ هکتار اراضی جنگلی با تیپ غالب بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) است. علاوه بر جنس بلوط گونه‌های درختی و درختچه‌ای بسیاری در این جنگل‌ها شناسایی شده که نمایانگر ارزش ژنتیکی این زیست‌بوم‌ها است.

عوامل مختلفی از جمله موقعیت جغرافیایی، منابع، اقلیم و توپوگرافی در استقرار، پراکنش و سازگاری گونه‌های مختلف تأثیرگذار هستند. زمانی که منابع موجود در یک توده جنگلی کم‌تر از مقدار مورد نیاز برای رشد بهینه درختان باشد، درختان در رقابت مستقیم با یکدیگر هستند (١). رقابت برای منابع محدود مدت‌هاست که به‌عنوان یک فرآیند اولیه حاکم بر نرخ رشد گیاهان، اندازه جمعیت و ساختار جامعه شناخته می‌شود (٢). به‌طورکلی گیاهان برای سه نوع منبع اساسی شامل: نور، آب و مواد مغذی ضروری رقابت می‌کنند (٣). رقابت بین درختان یک فرایند بوم‌شناسی مؤثر بر توسعه (٤)، ساختار و پویایی جنگل‌ها است (٥). پژوهش‌گران و بوم‌شناسان بسیاری تاکنون با استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلف در پی کمی‌سازی رقابت و تأثیر آن بر سازگاری و بقای گونه‌های درختی در زیست‌بوم‌های جنگلی بوده‌اند.

شاخص‌های رقابت را می‌توان به‌عنوان معیارهای اندازه‌گیری دسترسی درختان به منابع موجود در یک توده در نظر گرفت. این شاخص‌ها؛ از گونه‌های درختی، قطر، ارتفاع، اندازه تاج و فاصله تا درختان همسایه برای کمی‌سازی وضعیت رقابت و تأثیر آن بر رشد درختان استفاده می‌کنند. زمانی که فاصله تا درختان همسایه در محاسبه دخیل باشد، شاخص‌های رقابت وابسته به موقعیت نامیده می‌شوند و در غیر این صورت مستقل از موقعیت هستند (١). بسیاری از پژوهش‌ها نشان دادند که اثرات همسایگی بر رشد درختان در درجه اول به‌دلیل رقابت برای منابع محدود، منفی است (٦). ازآن‌جایی‌که رقابت فرآیندی است که اغلب بین درختان همسایه رخ می‌دهد، موقعیت مکانی درختان اطلاعات کلیدی را برای استنتاج رقابت فراهم می‌کند. ازاین‌رو تجزیه‌وتحلیل الگوهای مکانی درختان نقش قابل‌توجهی در بررسی چگونگی رقابت بین درختان در یک توده جنگلی دارد (٧).

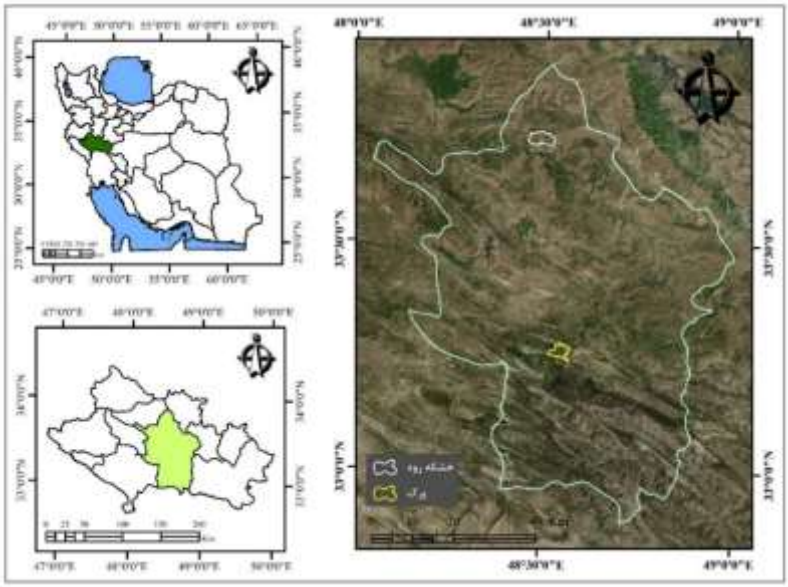
تاکنون پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با چگونگی رقابت و عوامل مرتبط با آن انجام شده است. امیدوار حسینی و همکاران (٢٠١٥) به بررسی الگوی مکانی و رقابت درون‌گونه‌ای بلندمازو در جنگل‌های نکا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که درختان بلندمازو اثرات مثبت و منفی متفاوتی در کلاسه‌های مختلف قطری نسبت به هم دارند که در فواصل متفاوتی با توجه به ابعاد درختان اتفاق می‌افتد، که متأثر از نورپسندی، محدودیت پراکنش بذر و رقابت درون‌گونه‌ای این گونه است (٨). عرفانی‌فرد (٢٠١٦)، در پژوهشی در جنگل‌های کهگیلویه و بویراحمد بیان کرد که بین بلوط‌های ایرانی برهم‌کنش‌های رقابتی وجود داشته که این رقابت بر ویژگی‌های زیست‌سنجی آن‌ها تأثیر منفی داشته است (٩). حسابی و همکاران (٢٠٢٢) با هدف تعیین الگوی مکانی و رقابت بین‌گونه‌ای توده آمیخته سرخدار، نشان دادند که بین درختان سرخدار با درختان ممرز و لور رقابتی وجود نداشته یا بسیار کم است (١٠). دس و همکاران (٢٠١١)، به بررسی اهمیت رقابت در تعیین مرگ‌ومیر درختان در جنگل‌های کهنسال کالیفرنیا پرداخته و بیان کردند رقابت نقش مهمی در مرگ‌ومیر درختان داشته است. بدین‌صورت که درختانی که مرده‌اند نسبت به

درختانی که زنده مانده‌اند در محیط‌های رقابتی‌تری قرار داشته و اغلب سرکوب شده‌اند (۱۱). فورستر و همکاران (۲۰۱۷) بر نقش اساسی رقابت بر روابط آلومتریک درختان و کارکرد زیست‌بوم تأکید کردند (۱۲). پیکارد (۲۰۱۹) در پژوهشی در یک جنگل بارانی در گویان فرانسه، بیان کرد که رقابت، جنگل را به حالت خودسازماندهی سوق داده که بر الگوی پراکنش و توزیع قطری درختان تأثیرگذار است (۱۳). پرتزش (۲۰۲۲) و کاندس و همکاران (۲۰۲۳) ضمن بررسی وضعیت رقابت درختان در توده‌های مختلف جنگلی نشان دادند که آمیختگی گونه‌ها می‌تواند رقابت را کاهش و رشد درختان را افزایش دهد (۱۴، ۱۵).

مدیریت جنگل با در نظر گرفتن وضعیت طبیعی جنگل و داشتن دانش کافی در رابطه با ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌های جنگلی می‌تواند به اهداف مدیریتی خود دست یابد (۱۶). زالزالک که در لرستان با نام گیرچ شناخته می‌شود، از گونه‌های مهم جنگل‌های زاگرس است و علاوه بر نقش بوم‌شناختی به‌خاطر میوه خوش‌طعم و مفیدش از گذشته مورد توجه مردم بوده است. جنس زالزالک به قبیله Crataegeae و زیرتیره Maloideae از تیره Rosaceae تعلق دارد. گونه‌های زالزالک در جنگل‌های خرم‌آباد اغلب به‌عنوان گونه همراه و در برخی مناطق به‌صورت جنگل خالص حضور دارد. این پژوهش با هدف مقایسه رقابت تاجی و الگوی پراکنش مکانی زالزالک زرد در دو حالت تشکیل تیپ و گونه همراه در جنگل‌های خشکه‌رود و پرک شهرستان خرم‌آباد انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: در این پژوهش دو رویشگاه جنگلی خشکه‌رود (با تیپ غالب زالزالک) و پرک (با تیپ غالب بلوط) در شهرستان خرم‌آباد مورد مطالعه قرار گرفتند؛ که از چند دهه گذشته تاکنون دارای طرح مدیریتی هستند و دسترسی انسان‌ها و حضور دام در این مناطق تحت نظارت اداره منابع طبیعی و آبخیزداری است. در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی این جنگل‌ها نشان داده شده است.



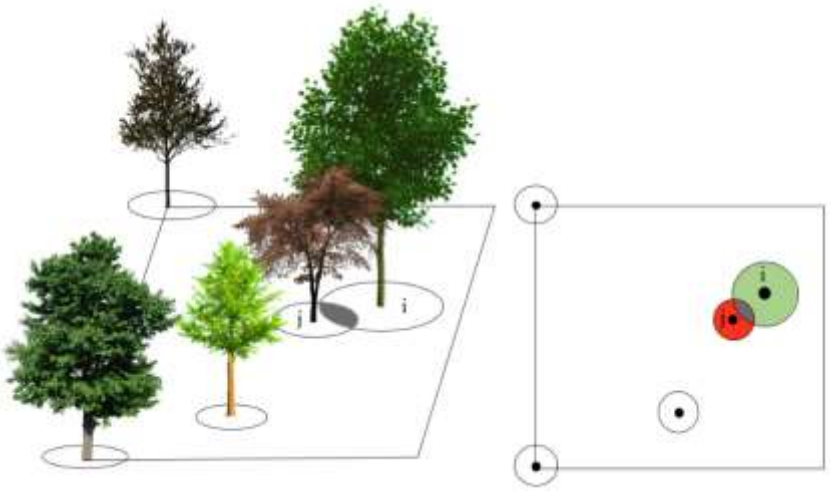
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد بررسی.

Figure 1. Geographical location of the study areas.

سامان عرفی پرک با مساحتی نزدیک به ۱۲۰۰ هکتار، در جنوب‌غربی شهرستان خرم‌آباد واقع شده است. میانگین بارندگی سالانه حدود ۷۰۰ میلی‌متر است و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. دامنه ارتفاعی ۱۷۰٦ تا ۲٥٤۱ متر از سطح دریا است. شیب عمومی منطقه ۲۰ تا ٤٥ درصد است و جهات شمالی و جنوبی نسبت به جهت‌های شرقی و غربی اندکی چیرگی دارند. سامان عرفی خشکه‌رود با مساحت ۱٥۸۷ هکتار در شمال خرم‌آباد قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه حدود ٥۰۰ میلی‌متر و از نظر اقلیمی نیمه‌خشک سرد است. دامنه ارتفاعی از ۱٦۷٦ تا ۲۸٥٥ متر از سطح دریا. جهت عمده رویشگاه زالزالک شمالی و غربی است؛ و شیب غالب رویشگاه ۳۰ تا ٦۰ درصد.

شناسایی درختان رقیب با استفاده از روش همپوشانی تاج: روش‌های متعددی برای شناسایی رقبا و کمی‌سازی قدرت رقابتی آن‌ها وجود دارد. نتیجه همواره یک شاخص رقابت بدون بعد است که در دسترس بودن منابع و درنتیجه شرایط رشد هر درخت را مشخص می‌کند. با توجه به ماهیت جنگل‌های مورد مطالعه و غالبیت فرم رویشی شاخه‌زاد از روش همپوشانی تاج استفاده شد. در این روش درختانی به‌عنوان رقیب در نظر گرفته می‌شوند که تاج واقعی، تاج بالقوه یا ناحیه رشد آن‌ها با درخت مرکزی همپوشانی دارد (شکل ۲). اگر از شعاع تاج واقعی درخت مرکزی و رقبای آن (به ترتیب cr_j و cr_i) در شناسایی رقیبان استفاده شود، درختان رقیب بر اساس رابطه ۱ مشخص می‌شوند (۱).

$$Dist_{ij} < (cr_i + cr_j) \qquad (۱)$$



شکل ۲- روش شناسایی رقبای درخت مرکزی از طریق همپوشانی تاج. درخت مرکزی j (دایره قرمز)، رقیب i (دایره سبز) و درختان در نظر گرفته نشده (دوایر بدون رنگ) (اقتباس از (۱)).

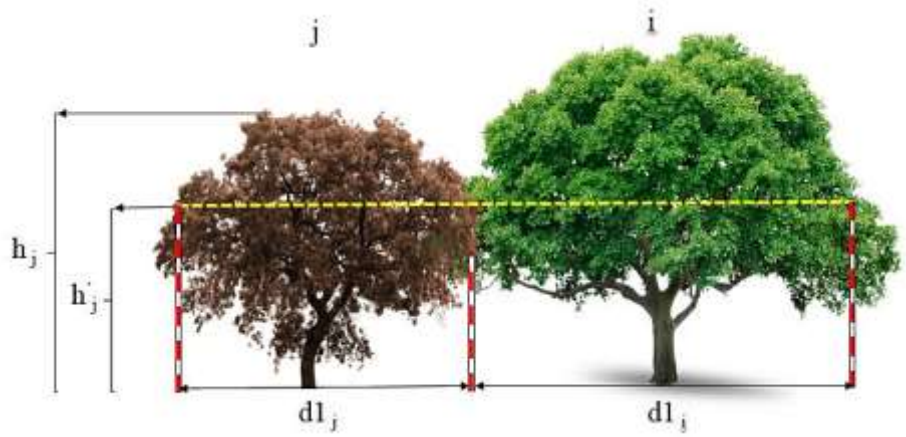
Figure 2. The method of identifying competitors of the central tree through crown overlap. Central tree j (Red circle), competitor i (Green circle) and not considered trees (uncolored circles). (Adapted from (1)).

کمی‌سازی سطح رقابت: هنگامی‌که رقیب‌ها شناسایی شدند، قدرت رقابتی که آنها بر روی درخت مرکزی j اعمال می‌کنند، محاسبه می‌شود. برای این منظور از نسبت اندازه تاج درخت مرکزی به همسایگان استفاده شد. برای محاسبه رقابت روی درخت مرکزی j، بیگینگ و دوبرتین (۱۹۹۲) برش فرضی تاج درختان

رقیب و درخت مرکزی را در ارتفاع مرجع تعیین‌شده p روی درخت مرکزی پیشنهاد دادند (۱۷) (شکل ۳). اندازه تاج رقیبان و درخت مرکزی، با استفاده از رابطه ۲ (سطح مقطع تاج)، مقایسه می‌شوند. سپس نسبت‌ها برای به‌دست آوردن شاخص‌های رقابت BDC جمع می‌شوند.

$$BDC = \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{n} \frac{CC_i}{CC_j \times (dist_{ij} + 1)} \qquad (۲)$$

اعمال فاصله ($dist_{ij}$)، سهم درختان همسایه نزدیک‌تر را در رقابت تقویت و سهم درختان دورتر را تضعیف می‌کند.



شکل ۳- روش اندازه‌گیری نسبت اندازه تاج درخت مرکزی و درخت رقیب در ارتفاع مرجع.

j: درخت مرکزی، i: درخت رقیب، h_j: ارتفاع کل درخت مرجع، h'_j: ارتفاع هدف برای اندازه‌گیری مقطع تاج (دوسوم ارتفاع کل درخت مرجع). $d1_{jj}$: قطر اول تاج درخت مرجع در ارتفاع هدف. $d1_i$: قطر اول تاج درخت رقیب در ارتفاع هدف.

Figure 3. The method of measuring the ratio of the crown size of the central tree and the competing tree at the reference height. j: central tree, i: competing tree, h_j: total height of the reference tree, h'_j: target height for measuring the crown section (two thirds of the total height of the reference tree). $d1_{jj}$: the first diameter of the crown of the meadow tree at the target height. $d1_i$: the first diameter of the rival tree crown at the target height.

بررسی الگوی پراکنش مکانی با استفاده از شاخص زاویه یکنواخت (W_i): اساس کار این شاخص بر مبنای مقایسه زاویه بین درختان همسایه (α_i) نسبت به زاویه استاندارد (α_0) می‌باشد. مقدار زاویه استاندارد و مقدار شاخص زاویه یکنواخت به ترتیب از روابط ۳ و ٤ به‌دست می‌آیند:

$$\alpha_0 = \frac{360}{n+1} \qquad (۳)$$

$$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 \rightarrow \alpha_j \geq \alpha_0 \end{bmatrix} \quad W_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_{ij} \qquad (٤)$$

در روابط فوق، n تعداد همسایه‌ها می‌باشد. با توجه به این روابط، هرچه شاخص به‌سمت صفر میل کند الگوی توزیع، منظم و اگر به‌سمت ۱ میل کند، کپه‌ای و درصورتی‌که در حد وسط این بازه باشد الگو پراکنش تصادفی است (۱۸).

برداشت و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات: پس از جنگل گردشی و تعیین مناطقی که تراکم گونه زالزالک و شرایط لازم برای محاسبه رقابت تاجی وجود داشت، محدوده‌هایی با مساحت حدود ٤٥ هکتار مشخص و در هرکدام از این جنگل‌ها با پراکنش نسبتاً یکنواخت، تعداد ٤٥ پایه زالزالک که دست‌کم با یک همسایه

همپوشانی تاجی داشتند به‌عنوان درختان مرجع مشخص شدند. برای تعیین ارتفاع اندازه‌گیری مقطع تاج، با توجه به ارتفاع درختان مرجع و همسایگانشان و محل برخورد یا همپوشانی تاج‌ها، ارتفاع ۰/٦۷ درختان مرجع (دوسوم ارتفاع کل) به‌عنوان خط افقی اندازه‌گیری مقطع تاج‌ها در نظر گرفته شد. سپس اطلاعاتی شامل فاصله تا همسایه‌ها، ارتفاع درختان مرجع و اندازه قطرهای تاج درختان مرجع و رقبا (در ارتفاع هدف با استفاده از ژالون و متر نواری و به‌صورت عمود برهم) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین برای محاسبه شاخص زاویه یکنواخت علاوه بر اندازه‌گیری فاصله، آزیموت درختان همسایه نسبت به مرجع ثبت شد. برای محاسبات و تهیه نمودارها در این پژوهش از نرم‌افزارهای Excel 2016 استفاده شد. برای آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 27 استفاده شد. به‌علت توزیع غیرنرمال داده‌ها براساس آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون ناپارامتری من- ویتنی استفاده شد.

نتایج و بحث

رویش و دوام درختان در یک زیست‌بوم همواره با تهدیدهای مختلف و رقابت برای دستیابی به منابع ضروری همراه است. درختان برای بقا نیازمند این هستند که ویژگی‌های زیستی خود را به بهترین وجه با مکان استقرارشان سازگار کنند. با توجه به شرایط متفاوت دو رویشگاه خشکه‌رود و پرک، تیپ و تنوع گونه‌ای در این رویشگاه‌ها تفاوت آشکاری دارد. در منطقه پرک تیپ غالب بلوط ایرانی (*Q. brantii*) است که گونه‌های کیکم (*Acer monspessulanum* L. subsp)، گلابی وحشی (*Pyrus* Sp.)، زالزالک (*Crataegus* Sp.)، شن (*Lonicera nummularifolia* Jaub. & Spach)، شیرخشت (*Cotoneaster luristanica* Klotz)، بادام (*Amygdalus* Sp.)، چنار (*Platanus orientalis* L.) و بید (*salix acmophylla* Boiss) به‌عنوان گونه‌های همراه حضور دارند. تیپ غالب خشکه‌رود زالزالک است گونه‌های کیکم، گلابی، انواع بادام و سیاه تلو (*Paliurus spina-christi* Mill.) نیز به‌عنوان گونه‌های همراه به‌صورت پراکنده حضور دارند. در جدول ۱ برخی از مشخصات توصیفی گونه زالزالک در دو رویشگاه خشکه‌رود و پرک نوشته شده است.

جدول ۱- مشخصات توصیفی گونه زالزالک در توده رویشگاه مورد بررسی.

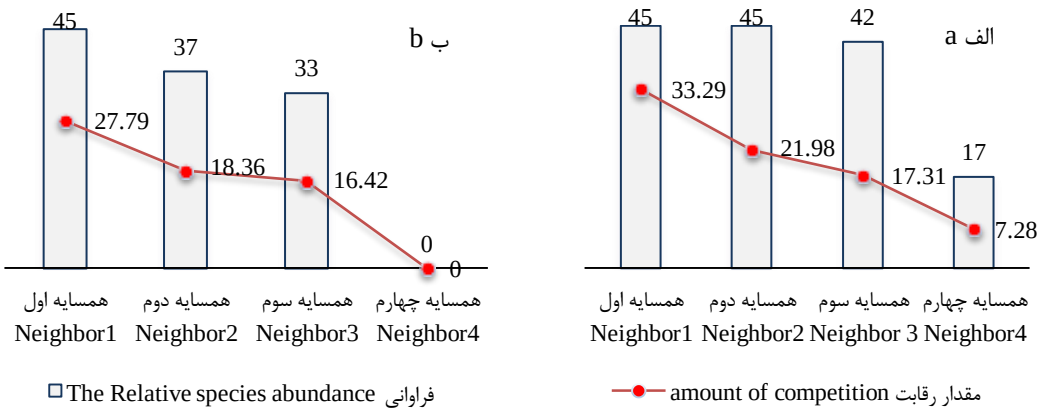
Table 1. Descriptive characteristics of Hawthorn species in the investigated stand.

رویشگاه Habitat	کمینه قطر متوسط تاج (m) Minimum average crown diameter (m)	بیشینه قطر متوسط تاج (m) Maximum average crown diameter (m)	میانگین سطح مقطع تاج (m^2) Average cross-sectional area of the crown (m^2)	میانگین ارتفاع کل (m) Average total height (m)	میانگین فاصله تا همسایه‌های رقیب (m) Average distance to competing neighbors (m)
خشکه‌رود Khoshkeroud	0.75	4.1	6	4.2	1.9
پرک Perk	0.9	5.9	6.7	5.1	3.8

بر اساس جدول ۱ میانگین فاصله تا همسایه‌های مؤثر در رقابت تفاوت زیادی را نشان می‌دهد (که این موضوع ارتباط مستقیمی با تفاوت الگوی پراکنش مکانی دارد) درصورتی‌که سایر مشخصه‌ها اختلاف زیادی ندارند ولی به‌طورکلی ابعاد درختان در رویشگاه پرک بزرگ‌تر است. پوتوین و دوتیل

(۲۰۰۹) ضمن بررسی اثرات همسایگی و رقابت بر رشد درختان بیان کردند که اندازه همسایه‌ها بر رقابت و رشد درختان مؤثر است (۱۹). گونه‌های زالزالک در هر دو رویشگاه خشکه‌رود و پرک اغلب به‌صورت درختچه‌ای هستند ولی در جنگل‌های پرک با توجه به شرایط مساعدتر رویشگاه از جمله بارش بیش‌تر و خاک عمیق‌تر پایه‌هایی با ابعاد بزرگ و درختی نیز حضور دارند.

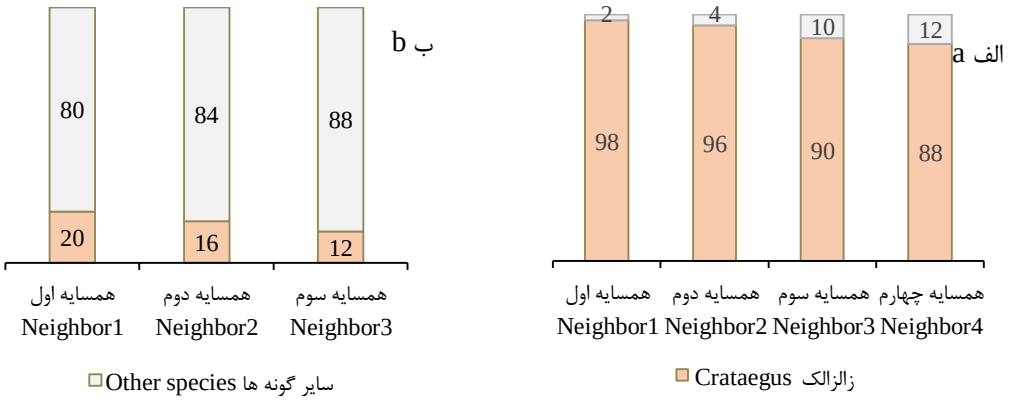
در شکل ٤ مقادیر شاخص رقابت BDC به تفکیک همسایه‌های رقیب در دو رویشگاه نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد همسایه‌های تأثیرگذار در شاخص BDC برای رویشگاه خشکه‌رود به چهار همسایه می‌رسد درحالی‌که در رویشگاه پرک حداکثر سه همسایه با همپوشانی تاج برای درختان مرکزی وجود دارد.



شکل ٤- مجموع مقادیر رقابت همسایگان بر درختان مرجع زالزالک در رویشگاه‌های خشکه‌رود (الف) و پرک (ب).

Figure 4. The sum of competition values of neighbors on Hawthorn Center trees in Khoshkeroud (a) and Perk (b) habitats.

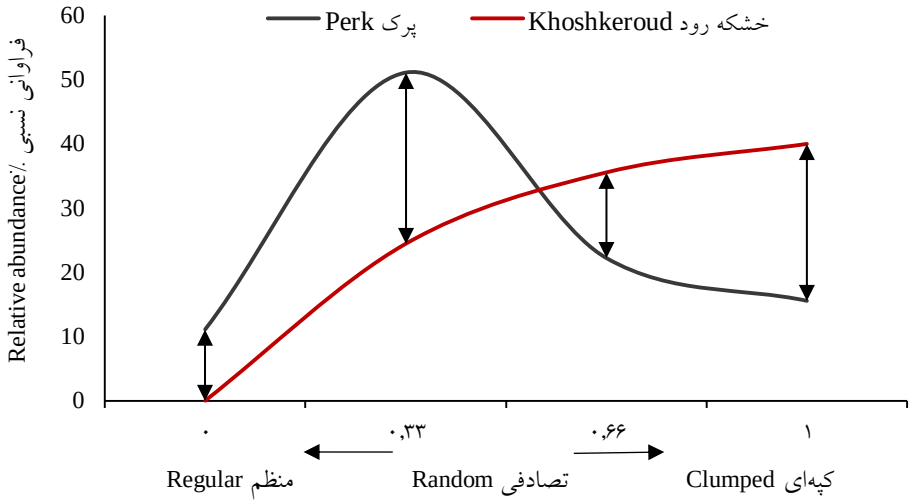
بر اساس شکل‌های ٤ و ٥، با افزایش فاصله از درختان مرجع از مقدار رقابت و تعداد گونه‌های هم‌جنس کاسته شده است. دراین‌بین بیش از ۸۰ درصد همسایه‌ها در رویشگاه پرک را گونه‌هایی غیر از زالزالک تشکیل می‌دهند درصورتی‌که در رویشگاه خشکه‌رود، سایر گونه‌ها درصد اندکی را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ٥- فراوانی نسبی (درصد) گونه‌های همسایه در رویشگاه‌های خشکه‌رود (الف) و پرک (ب).

Figure 5. The Relative species abundance (percentage) of neighboring species in Khoshkeroud (a) and Perk (b) habitats.

علاوه‌بر آمیختگی متفاوت، نتایج شاخص یکنواخت نیز بیانگر الگوی پراکنش مکانی متفاوت گونه‌های زالزالک در دو رویشگاه مورد بررسی است. در شکل ٦ چگونگی الگوی پراکنش نشان داده شده است.



شکل ٦- مقادیر شاخص زاویه یکنواخت در دو رویشگاه خشکه‌رود و پرک.

Figure 6. Values of the uniform angle index in the two habitats of Khoshkeroud and Perk.

بر اساس پژوهش پیکارد (۲۰۱۹)، رقابت بر پراکنش درختان تأثیرگذار است (۱۳). نتایج شاخص زاویه یکنواخت نشان داد که به‌طورکلی الگوی پراکنش زالزالک در جنگل‌های پرک به‌صورت تصادفی است که با نتایج پژوهش‌های پیشین در این منطقه از جمله حسین‌زاده و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد (۲۰)؛ درحالی‌که در رویشگاه خشکه‌رود الگوی پراکنش کپه‌ای است که با نتایج عسکری و همکاران (۲۰۱٤) و قنبری و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد (۲۱، ۲۲). توزیع افراد یک جمعیت گیاهی در سرتاسر یک رویشگاه به‌ندرت تصادفی است (۲۳، ۲٤). با تشریح طبقات شاخص زاویه یکنواخت مشخص شد که در رویشگاه پرک نیز ۱۰ تا ۲۰ درصد درختان الگوی پراکنش کپه‌ای دارند. این نتایج مربوط به مواردی است که امکان استقرار زادآوری در کنار پایه‌های مادری وجود داشته است. براساس پژوهش حسینی و همکاران (۲۰۱۷) زادآوری زالزالک صرفاً در زیر تاج و پناه درختچه‌ها یافت شد و مشخص شد که زالزالک گونه‌ای بذر سنگین است (۲۵)؛ بنابراین می‌توان استنباط کرد که الگوی اصلی پراکنش گونه زالزالک کپه‌ای است و اگر شرایط محیطی، دخالت‌های منفی انسان و قدرت جست‌دهی بلوط ایرانی مانع استقرار زادآوری زالزالک نشوند، این گونه میل به زندگی تجمعی در کنار همنوعان خود دارد که این موضوع به نظر یک سازوکار برای بقا و تقویت پایداری است. با وجود تفاوت درآمیختگی و پراکنش مکانی، اختلاف معنی‌داری بین نتایج شاخص رقابت بر روی درختان مرجع وجود ندارد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین کل (بدون واحد) شاخص‌های رقابت و الگوی پراکنش و نتایج آزمون من-ویتنی در دو رویشگاه.

Table 2. The total average of competition indices and spatial pattern and Mann-Whitney test results in two habitats.

زاویه یکنواخت W_i The uniform angle of Wi	رقابت BDC BDC Competition	رویشگاه Habitat
0.72	1.77	خشکه‌رود Khoshkeroud
0.47	1.39	پرک Perk
0.002**	0.245 ns	سطح معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها The significance level of the difference of means

ns معنی‌دار نبودن در سطح ۵ درصد، ** معنی‌دار بودن در سطح ۱ درصد

ns not significant at the 5% level, ** Significance at the 1% level

از جمله دلایل عدم اختلاف معنی‌دار رقابت تاجی این است که در رویشگاه پرک علی‌رغم فواصل طولانی‌تر، بیش‌تر رقبا از گونه بلوط ایرانی هستند که دارای تاج بزرگ و گسترده است. بااین‌وجود به‌طورکلی مقادیر رقابت در رویشگاه خشکه‌رود بیش‌تر از رویشگاه پرک است؛ که این وضعیت مربوط به آمیختگی ناچیز (و به‌تبع آن رقابت درون‌گونه‌ای شدید)، فواصل کوتاه‌تر و الگوی پراکنش کپه‌ای است. پرتزش (۲۰۲۲) و کاندس و همکاران (۲۰۲۳) ضمن بررسی رقابت درختان در توده‌های مختلف جنگلی نشان دادند که آمیختگی گونه‌ها می‌تواند رقابت را کاهش و رشد درختان را افزایش دهد (۱٤، ۱۵). هم‌چنین کانستلر و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که رقابت درون‌گونه‌ای شدیدتر از رقابت بین گونه‌های مختلف است؛ زیرا درختان هم‌گونه صفات کم و بیش یکسانی دارند؛ بنابراین، آن‌ها جایگاه اکولوژیکی یکسانی را اشغال می‌کنند و برای منابع مشابه در یک مکان رقابت می‌کنند (۵).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به این‌که جنس زالزالک به‌واسطه ویژگی‌هایی از جمله میوه خوراکی و قابلیت استفاده به‌عنوان گونه پیش‌آهنگ و پرستار برای جنگل‌کاری مناطق تخریب‌یافته در زاگرس پیشنهاد شده است (۲٦)، نتایج این پژوهش می‌تواند در زمینه الگوی جنگل‌کاری و اقدامات پرورش جنگل سودمند باشد. در این پژوهش با توجه به اهمیت و نقش تاج و هم‌چنین محدودیت‌های موجود، از بین متغیرهای زیستی صرفاً رقابت مقطع تاج مورد بررسی قرار گرفت؛ ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود در مطالعات دیگر با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های نوین سایر متغیرها مانند حجم و رویه تاج نیز مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

1. Pretzsch, H. (2009). Forest dynamics, growth and yield: From measurement to model. Springer Berlin Heidelberg, 664p.
2. Simard, S. W., & Sachs, D. L. (2004). Assessment of interspecific competition using relative height and distance indices in an age sequence of seral interior cedar hemlock forests in British Columbia. *Canadian J. of Forest Research*. 34 (6), 1228-1240.
3. Lewis, S. L., & Tanner, E. V. (2000). Effects of above-and belowground

competition on growth and survival of rain forest tree seedlings. *Ecology*. 81 (9), 2525-2538.
4. Mongus, D., Vilhar, U., Skudnik, M., Žalik, B., & Jesenko, D. (2018). Predictive analytics of tree growth based on complex networks of tree competition. *Forest Ecology and Management*. 425, 164-176.
5. Kunstler, G., Falster, D., Coomes, D. A., Hui, F., Kooyman, R. M., Laughlin, D. C., & Westoby, M. (2016). Plant functional traits have globally consistent effects on competition. *Nature*. 529 (7585), 204-207.
6. Burton, P. J. (1993). Some limitations inherent to static indices of plant competition. *Canadian J. of Forest Research*. 23 (10), 2141-2152.
7. Gray, L., & He, F. (2009). Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. *Forest Ecology and Management*. 259 (1), 98-106.
8. Omidvar Hosseini, F., Akhavan, R., Kia-Daliri, H., & Mataji, A. (2015). Spatial patterns and intraspecific competition of Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* CA Mey.) using O-ring statistic (Case study: Neka Forest, Iran). *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 23 (2), 294-306. [In Persian]
9. Erfanifard, Y. (2016). Analysing the effect of intraspecific competition on biometric attributes of Persian oak coppice trees using pair-and mark-correlation functions in Zagros forests. *J. of Wood and Forest Science and Technology*. 23 (2), 89-109. [In Persian]
10. Hesabi, A., Alavi, S. J., & Esmailzadeh, O. (2022). Determination of spatial pattern and Interspecific competition in mixed yew stand in Afratakhteh Forest of Aliabad. *Forest Research and Development*. 7 (4), 545-559. [In Persian]
11. Das, A., Battles, J., Stephenson, N. L., & van Mantgem, P. J. (2011). The contribution of competition to tree mortality in old-growth coniferous forests. *Forest Ecology and Management*. 261 (7), 1203-1213.
12. Forrester, D. I., Benneter, A., Bouriaud, O., & Bauhus, J. (2017). Diversity and competition influence tree allometric relationships–Developing functions for mixed-species forests. *J. of Ecology*. 105 (3), 761-774.
13. Picard, N. (2019). Asymmetric competition can shape the size distribution of trees in a natural tropical forest. *Forest Science*. 65 (5), 562-569.
14. Pretzsch, H. (2022). Facilitation and competition reduction in tree species mixtures in Central Europe: Consequences for growth modeling and forest management. *Ecological Modelling*. 464, 109812.
15. Condés, S., Pretzsch, H., & del Río, M. (2023). Species admixture can increase potential tree growth and reduce competition. *Forest Ecology and Management*. 539, 120997.
16. Tahmasebi, M., Bordbar, S. K., Porhashemi, M., & Najafifar, A. (2024). The impact of aspect on forest structural characteristics in Zagros Forests (Case study: Tangdalab forests of Ilam province). *Ecology of Iranian Forests*. 11 (22), 32-43.
17. Biging, G. S., & Dobbertin, M. (1995). Evaluation of competition indices in individual tree growth models. *Forest Science*. 41 (2), 360-377.
18. Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75 (3), 305-324.
19. Potvin, C., & Dutilleul, P. (2009). Neighborhood effects and size-asymmetric competition in a tree plantation varying in diversity. *Ecology*. 90 (2), 321-327.
20. Hossein Zadeh, R., Soosani, J., Naghavi, H., Nourizadeh, M., & Darabi, M. (2023). The Effect of inventory method, and the size and shape of plots on quantifying structure of Quercus brantii Lindl coppice forests. *Forest and Wood Products*. 75 (4), 331-340. [In Persian]
21. Askari, Y., Soltani, A., & Sohrabi, H. (2014). Evaluation of spatial distribution pattern of tree and shrub species in a central Zagros (Case study: Chahartagh forest reserve). *Iranian J. of Forest*

and Poplar Research. 22 (2): 175-187. [In Persian]

22. Ghanbari, S., Abbasnezhad Alchin, A., Moradi, Gh. H., & Khaleghi, B. (2018). Spatial distribution pattern and economic value map of secondary products in Arasbaran protected area. *J. of Wood & Forest Science and Technology*. 25 (2): 19-33. [In Persian]
23. Greig-Smith, P. (1979). Pattern in vegetation. *J. of Ecology*. 67 (3), 755-779.
24. Levin, S. A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*. 73 (6), 1943-1967.
25. Hosseini, A., Jafari, M., Najafifar, A., & Rezaei, J. (2017). Evaluating and recognising the status of standard regeneration of *Crataegus pontica*, *Cerasus microcarpa* and *Amigdalus orientalis* in the Central Zagros forests (Case study: Dalab forests of Ilam province). *Ecology of Iranian Forest*. 5 (10), 42-52. [In Persian]
26. Jazirehi, M. H., & Ebrahimi Rostaghi, M. (2003). Silviculture in Zagros. *TehranUniv. Press*, Tehran, 560p. [In Persian]