Research Article

Iranian Journal of Forest and Poplar Research Vol. 32 No. 1, 2024
Vol. 32, No. 1, Page 29-45 (2024)
DOI: 10.22092/ijfpr.2023.363743.2122

Study of habitat trees within mixed and mid-altitude stands in Hyrcanian forests (A case study: Kheyrud Forest in Nowshahr County, Iran)

Mohsen Javanmiri Pour [1] and Vahid Etemad [2*]

1- Ph.D., Forestry and Forest Economics Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof., Forestry and Forest Economics Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: vetemad@ut.ac.ir

Received: 10.10.2023 Accepted: 23.12.2023

Abstract

Background and objectives: Certain structural elements of forests, such as habitat trees, serve as crucial habitats and environmental modifiers for a multitude of organisms. This leads to an enhancement in the structural richness and resilience of ecosystems. The focus on habitat trees and biodiversity conservation in forests entails the management of specific elements inherent in the forest's natural evolutionary cycle. Consequently, this study aimed to examine the structural characteristics of habitat trees in mixed and transition forests within some managed stands in the Kheyrud forest, Nowshahr County.

Methodology: Stands 305, 306, 309, 310, and 311 in Gorazbon were chosen for the study. Gorazbon is a part of the mixed broadleaf forests of the Caspian region, situated within the Khairud educational and research Forest of Tehran University. It is located seven kilometers east of Nowshahr city in the Hyrcanian forest belt of Iran. For this research, all trees exhibiting specific characteristics were measured for their diameter with 100% accuracy across all the mentioned parcels. The conditions sought included broken trees, fungi, hollow from the stump, uprooted, broken stems, deformed, curved, tuberous, with nests, dead trees, old trees, and with witch's broom. A variety of criteria and methods were employed to identify and recognize each of the qualified trees as a habitat tree, enabling the most favorable evaluation of each. For instance, to identify trees with bird nests, special cameras were utilized alongside human observation. The number per hectare in diameter classes was calculated for all habitat trees in each parcel. Furthermore, the average number and diameter of microhabitat types per hectare were determined across the five study sites.

Results: The findings indicated that the highest frequency per unit area in hollow trees is from the stem and roots, equating to 10.95 trees per hectare, while the lowest is in trees with witches'-brooms, amounting to 0.55 trees per hectare.

Conclusion: The objective of modifying policies in the management of Hyrcanian forests is to emphasize sustainable management practices, enhance forest protection methods, and conserve the forests' natural values. These endeavors aim to ensure that forest ecosystems persist in providing a diverse array of services to society, such as recreation, water supply, food, wood, clean air, and carbon sequestration. Accordingly, in the study management units, there exist various types of habitat trees, which exhibit diverse quantities and abundances based on the type, developmental stages, and vegetative stage, and are distributed across different diameter classes.

Keywords: Deformated tree, hollow tree, Kheyrud forest, old tree, uprooted tree.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (https://ijfpr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

مطالعه درختان زیستگاهی در توده‌های آمیخته و میان‌بند در جنگل‌های هیرکانی (پژوهش موردی: جنگل خیرود نوشهر)

محسن جوانمیری‌پور [۱] و وحید اعتماد [۲*]

۱- دکتری جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: vetemad@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲

چکیده

سابقه و هدف: برخی از مؤلفه‌های ساختاری جنگل مانند درختان زیستگاهی با ایفای نقش حیاتی خود به‌عنوان زیستگاه و تعدیل‌کننده محیط فیزیکی برای بسیاری از موجودات، سبب افزایش در غنای ساختاری و تاب‌آوری بوم‌سازگان می‌شوند. توجه به درختان زیستگاهی و حفاظت از تنوع زیستی در جنگل‌ها شامل مدیریت عناصر خاصی است که در چرخهٔ تحول طبیعی جنگل یافت می‌شوند. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی ساختاری درختان زیستگاهی در جنگل‌های آمیخته و میان‌بند در تعدادی از پارسل‌های مدیریت‌شده در جنگل خیرود در شهرستان نوشهر بود.

مواد و روش‌ها: پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱ در بخش گرازبن برای این پژوهش انتخاب شدند. بخش گرازبن به‌عنوان سومین بخش از جنگل‌های آمیخته پهن‌برگ ناحیه خزری شمال کشور در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود دانشگاه تهران در هفت کیلومتری شرق شهر نوشهر از نوار جنگل‌های هیرکانی ایران واقع شده است. برای انجام این تحقیق، قطر همه درختان دارای مشخصات موردنظر و در حد زیادتر از شمارش با استفاده از آماربرداری صددرصد در همه پارسل‌های مذکور اندازه‌گیری شدند. شرایط مورد نظر شامل درختان سرشکسته، قارچ‌زده، توخالی از قسمت کنده، ریشه‌کن‌شده، تنه‌شکسته، چنگالی، دارای خمیدگی، دارای غده، دارای آشیانه، خشک‌دار سرپا، درختان کهن‌سال و دارای جاروی جادوگر بودند. برای شناسایی و تشخیص هر کدام از درختان واجد شرایط به عنوان درخت زیستگاهی از معیارها و روش‌های مختلفی استفاده شد تا مطلوبترین ارزیابی در مورد هر یک از آنها صورت گیرد. به عنوان نمونه، برای شناسایی درختان دارای آشیانه پرندگان علاوه بر تشاته‌های چشمی از دوربین‌های ویژه‌ای نیز استفاده گردید. تعداد در هکتار در طبقه‌های قطری برای همه درختان زیستگاهی در هر پارسل محاسبه شد. همچنین، میانگین تعداد و قطر انواع خردزیستگاه در هر هکتار در پنج پارسل مورد مطالعه به‌دست شد.

نتایج: یافته‌ها نشان داد که بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی در واحد سطح (۱۰/۹۵ اصله در هکتار) مربوط به پایه‌های توخالی از ناحیه کنده و امتداد ریشه‌ها بود، درحالی‌که کمترین آن (۰/۵۵ اصله در هکتار) به درختان دارای جاروی جادوگر تعلق داشت. بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹ و ۳۱۱ مربوط به درختان توخالی از ناحیه کنده و گورچه درخت به‌ترتیب با ۲۸۷، ۲۲۶، ۴۴۵ و ۱۹۷ اصله بودند. در پارسل ۳۱۰ بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی (۵۸۶ اصله) به درختان دارای خمیدگی اختصاص یافت. وضعیت قطری درختان زیستگاهی نشان داد که قطر درختان کهن‌سال، دارای جاروی جادوگر، قارچ‌زده و لانه‌دار به‌طور میانگین ۱۱۴، ۱۱۱، ۷۸/۴ و ۶۳/۹ سانتی‌متر بودند، درحالی‌که کمترین قطر با میانگین ۲۱/۵ سانتی‌متر به درختان سرشکسته تعلق داشت. مقایسه میانگین فراوانی انواع درختان زیستگاهی در پارسل‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین آن‌ها برای انواع خردزیستگاه‌های بررسی‌شده به‌احتمال ۹۵ درصد بود.

نتیجه‌گیری کلی: هدف از تغییر سیاست‌ها در مدیریت جنگل‌های هیرکانی، تأکید بر مدیریت پایدار، بهبود روش‌های حفاظت از جنگل‌ها و حفظ ارزش‌های طبیعی آن است. به‌نحوی‌که بوم‌سازگان جنگل همچنان بتواند طیف گسترده‌ای از خدمات مانند تفرج، تأمین آب، غذا،

چوب، هوای پاک و ترسیب کربن را به جامعه عرضه کند. نتایج این پژوهش نشان داد که در واحدهای مدیریتی مورد مطالعه، انواع مختلفی از درختان زیستگاهی حضور دارند. این درختان باتوجه‌به نوع پارسل و تیپ موجود در آن، مقدار و فراوانی متفاوتی دارند و در طبقه‌های مختلف قطری توزیع می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: توخالی، چنگالی، جنگل خیرود، درخت ریشه‌کن‌شده، درخت کهن‌سال.

مقدمه

ساختار جنگل بر تاج‌پوشش، لایه‌های پوشش گیاهی و شدت نوری که به کف جنگل می‌رسد، تأثیر می‌گذارد (Gallardo-Cruz *et al.,* 2009). تنوع زیستی جنگل اغلب به‌طور مستقیم به ساختار توده، حاشیه‌های داخلی و خارجی و ویژگی‌های دیگر جنگل مرتبط است (Zabihi *et al.,* 2021). هرچه ساختار پیچیده‌تر باشد، زیستگاه باارزش‌تری را برای تعداد بیشتری از گیاهان و جانوران نسبت به توده‌های جنگلی با ویژگی‌های ساختاری ساده‌تر ایجاد می‌کند (Luke & Chisholm, 2022). ساختارهای پیچیده، انعطاف‌پذیری بیشتری دارند و به‌طور بالقوه حتی قابلیت تولید بیشتری نیز از خود نشان می‌دهند (Storch *et al.,* 2018). به‌علاوه، آن‌ها عرضه طیف وسیعی از خدمات چندگانه بوم‌سازگان و نیز حفاظت از تنوع زیستی را برعهده دارند (Amanzadeh *et al.,* 2019; Esmaeili *et al.,* 2023). درختان زیستگاهی، بخشی از مؤلفه‌های ساختاری هستند که نقش مهمی در افزایش تنوع زیستی و پیچیدگی ساختاری ایفا می‌کنند (Varenius *et al.*, 2017). درختان زیستگاهی به پایه‌هایی گفته می‌شود که به‌دلایل مختلف و به‌خاطر داشتن شرایط یا پدیده‌های خاص، مانند وجود یک حفره روی تنه یا پای کنده و بین ریشه‌ها، شکستگی در تاج یا شاخه‌های درخت یا وجود غده و موارد دیگر، محیط مناسبی برای زندگی موجودات دیگر فراهم می‌کنند (Bütler *et al.,* 2021).

محیط‌های ناهمگن جنگلی برای ایجاد کلنی‌های متنوع (Akhani *et al.,* 2010)، فضا و تنوع بیشتری نسبت به بخش‌های دیگر جنگل، فراهم می‌کنند (Mori & Kitagawa, 2014). نقش‌های درختان زیستگاهی و افزایش غنای ساختاری به‌طور معمول توسط ساختارهای زیستی فراهم می‌شوند (Hunter, 2001) که به‌وسیله درختان زنده، خشک‌دارهای سرپا و افتاده استمرار می‌یابند (Palik *et al.,* 2020). ساختارهای میراث به‌عنوان زیستگاه و تعدیل‌کننده محیط فیزیکی بسیاری از اندامگان‌ها (یعنی درختان زیستگاهی، افزایش غنای ساختاری و افزایش تاب‌آوری مجموعه) هستند که نقش‌های حیاتی را ایفا می‌کنند (Javanmiri Pour *et al.,* 2023). اجزایی در جنگل وجود دارند که به‌عنوان درختان زیستگاهی (Sefidi & Sadeghi, 2020) برای جنگل جدید به‌منظور حفظ پیوستگی در بین نسل‌های جنگل عمل می‌کنند (Larrieu *et al.,* 2018).

در توده‌های جنگلی همسال خالص، تنوع زیستی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کم است و در مقایسه با جنگل‌های طبیعی با ساختار متنوع، زیستگاه اصلی را برای ادامه حیات و افزایش گونه‌های حیاتی و در معرض خطر (گیاهی و جانوری) فراهم نمی‌کنند (Seyd *et al.,* 2016; Alibabaei Omran *et al.,* 2023). به‌علاوه، توده‌های جنگلی طبیعی با ترکیب گونه‌ای آمیخته با منشأ طبیعی و دربردارنده درختان زیستگاهی، پایداری بیشتر و حساسیت کمتری در برابر رخدادهای ناگهانی محیطی و تغییرات اقلیمی از خود نشان می‌دهند (Palik *et al.,* 2020). توده‌های جنگلی همسال، همواره در معرض تغییرات اقلیمی و تنش‌های محیطی هستند. آن‌ها بسیار کمتر از جنگل طبیعی ناهمسال می‌توانند خدمات ضروری بوم‌سازگان و عملکردهای تنظیمی را برای گونه‌ها فراهم کنند (Hajizadeh *et al.,* 2022). به همین دلیل، نیاز است که مدیریت جنگل‌ها به‌سمت پیچیدگی و ناهمسالی سوق داده شود. زیرا امروزه تأیید شده است که ناهمسالی

درختان جنگل بر تنوع زیستی و پایداری، تأثیر معنی‌دار دارد (Hanewinkel *et al.,* 2014).

تنوع زیستی توده‌های جنگلی خالص در مقایسه با جنگل‌های با ساختار و ترکیب طبیعی به چند دلیل مرتبط به‌هم کاهش می‌یابد (Pourbabaei & Dado, 2006; Zare *et al.,* 2024). نخست اینکه تغییر ناگهانی از جنگل به مناطق باز و سپس، تحول توده جنگلی متراکم متشکل از درختان جوان در یک زمان بسیار کوتاه، مقدار نور خورشید و خرداقلیم را برای پوشش گیاهی کف زمین به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تغییر می‌دهد. خاک سطحی نیز اغلب توسط این تغییرات به‌هم‌ریخته می‌شود و ازنظر مکانیکی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Mehrnoosh *et al.,* 2022). تغییر ساختار جنگل، از بین رفتن تنوع ساختاری و عناصر کلیدی مانند درختان کهن‌سال یا درختان خشک‌شده سرپا و افتاده، به‌شدت بر وضعیت حیاتی جانوران جنگل (از ریزاندامگان ها و حشرات تا پرندگان و پستانداران) تأثیر می‌گذارند (Javanmiri Pour *et al.*, 2019; Palik *et al.,* 2020; Monfaredi *et al*., 2022).

در منابع داخلی، پژوهش‌های چندانی در خصوص درختان زیستگاهی انجام نشده است. مقایسه کمی خردزیستگاه در جنگل گلبند در شهرستان نوشهر نشان داد که میانگین تعداد درختان حفره‌دار و در حال پوسیدن در پارسل شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر از پارسل مدیریت‌شده است (Eshaghi Rad & Khanalizadeh, 2014). در پژوهشی دیگر Sefidi (۲۰۱۸) در جنگل‌های راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در سیاهکل از توابع استان گیلان به این نتیجه رسید که ۲۷ درخت زیستگاهی در هر هکتار وجود دارد. Sefidi (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر سابقه مدیریتی بر درختان زیستگاهی در جنگل خیرود نشان داد که بیشترین درختان زیستگاهی به پایه‌های دارای حفره و شکاف تنه‌ای تعلق دارند. نتایج Haghighat Doust و Waez-Mousavi (۲۰۲۱) در جنگل شصت کلاته گرگان نشان دادند که پرتکرارترین خردزیستگاه در درختان به‌ترتیب شامل اپی‌فیت‌ها، حفره‌های پیرامون ریشه و حفره‌ها هستند. Sefidi و Sadeghi (۲۰۲۰) با بررسی تنوع خردزیستگاه و ارزش بوم‌شناسی درختان زیستگاهی در توده‌های راش شرقی گزارش کردند که درمجموع، ۱۴۷ خردزیستگاه روی ۸۷ درخت زیستگاهی (معادل ۲۴/۲ خردزیستگاه به ازای هر صد اصله درخت سرپا) حضور دارند. حفره‌های دارکوب، فراوان‌ترین و میکروسویل (تجمع خاک روی شکاف‌های پوست تنه یا شاخه‌های قطور)، کمیاب‌ترین خردزیستگاه بودند. درختان دارای حفره شامل حفره‌های دارکوب، حفره‌های روی تنه، حفره‌های شاخه‌های اصلی و حفره‌های روی گورچه، بیشتر از نیمی از کل خردزیستگاه را به‌خود اختصاص دادند. این خردزیستگاه‌ها اغلب روی درختان زنده راش شرقی مشاهده شدند.

بررسی ساختارهای خردزیستگاه درختی به‌عنوان شاخصی از تنوع زیستی در جنگل‌های داگلاس‌فر (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) با سن‌های مختلف و تاریخ مدیریت متفاوت در شمال غربی اقیانوس آرام در ایالات متحده نشان داد که ترک‌های پوست و ترک‌های پوستی همراه با پوسیدگی، فراوان‌ترین زیستگاه‌های کوچک در درختان داگلاس‌فر با قطر بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر بودند (Mitchel & Winter, 2009). ارزیابی عوامل مؤثر بر کمیت و نوع درختان زیستگاهی مرتبط با درخت در جنگل‌های کوهستانی مدیترانه‌ای باارزش طبیعی زیاد در ایتالیا نشان داد که قطر در ارتفاع برابرسینه درخت بر فراوانی و تنوع درختان زیستگاهی تأثیر می‌گذارد (Marziliano *et al.*, 2021). زمان آخرین برش نیز به‌طور قابل‌توجهی بر احتمال تشکیل درختان زیستگاهی در یک چشم‌انداز بلندمدت اثرگذار بود. در مطالعه خردزیستگاه‌های مرتبط با درختان به‌عنوان مؤلفه‌های امیدوارکننده برای تنوع زیستی و حفاظت از طبیعت عنوان شد که جنگل‌های کهن‌سال و مدیریت‌نشده، نقشی کلیدی به‌عنوان مرجع جنگل «طبیعی» برای این منظور ایفا کردند (Martin *et al.*, 2022). زیرا درختان زیستگاهی و خردزیستگاه‌ها اغلب در جنگل‌های کهن‌سال در مقایسه با جنگل‌های مدیریت‌شده، بسیار فراوان‌تر و متنوع‌تر بودند. در مطالعه یک پایگاه‌داده مکانی از خردزیستگاه‌های مرتبط با

درخت در اروپا و فراتر از آن گزارش شد که هم‌اکنون ۴۲۰۷۸ اصله درخت در ۱۱۱ قطعه‌نمونه از طریق تسهیلات جهانی اطلاعات تنوع زیستی وجود دارند (Zudin *et al.*, 2022). نوآوری این مجموعه داده منحصربه‌فرد این است که براساس یک کاتالوگ مورد توافق مشترک از خردزیستگاه های درختی به‌عنوان یک لیست مرجع میدانی هنگام ارزیابی پروتکل استفاده می‌شود. بررسی عوامل مرتبط با حضور درختان زیستگاهی در جنگل‌های راش اروپا (*F. sylvatica* L.) و راش شرقی نشان داد که ترکیب مجموعه‌های درختان زیستگاهی اغلب توسط گونه‌های راش، ارتفاع از سطح دریا و اقلیم و با تمرکز بر درختان دارای قطر برابرسینه غالب تعیین می‌شوند، درحالی‌که جنگل‌های کهن‌سال در مقایسه با جنگل‌های تولیدی تأثیری نداشتند (Mamadashvili *et al.*, 2023). یک آنالیز مقایسه‌ای درباره جنگل‌های خالص و آمیخته، کاهش قابل‌توجهی را در از دست دادن مواد گیاهی (گیاه‌خواری) در جنگل آمیخته به‌دلیل وجودساختارهای خردزیستگاه بیشتر نسبت به جنگل‌های دارای گونه‌های منفرد نشان داد (Jactel & Brockerhoff, 2007). تصور می‌شود که فراوانی درختان میزبان و آشیان‌های بوم‌شناختی (درختان زیستگاهی) در جنگل‌های آمیخته، عامل این اثر باشد. در جنگل‌های آمیخته، خطر آسیب به هر گونه درختی خاص و پتانسیل آسیب به توده کاهش می‌یابد.

توجه به درختان زیستگاهی و حفاظت از تنوع زیستی در جنگل‌ها شامل مدیریت عناصر خاصی است که در چرخهٔ تحول طبیعی جنگل یافت می‌شوند (Bütler *et al.*, 2021). این موارد عبارت‌اند از مراحل تحولی، درختان افتاده و مراحل رویشی متفاوت درختان که همگی به پیوستگی و اتصال زمانی و مکانی نیاز دارند (Brunialti, 2014)، بنابراین کمک به توسعه این عوامل بااهمیت، نیازمند اقدام‌های مناسب در برنامه‌های مدیریت جنگل باتوجه‌به پایداری بوم‌سازگان است. به‌عنوان مثال، برای حفاظت از تنوع زیستی پرندگان در جنگل‌های هیرکانی، تعدادی از اقدام‌های کلیدی مدیریتی ازجمله حفظ ساختار عمودی جنگل به‌طور ایدئال در سه اشکوب، حفظ درختان کهن‌سال و حفظ خشک‌دارهای سرپا و افتاده به‌عنوان منبعی کلیدی برای لانه‌سازی یا تولیدکننده بذر و میوه را می‌توان پیشنهاد کرد.

جنگل‌های کهن‌سال مانند جنگل‌های شمال ایران که به‌طور طبیعی توسعه یافته‌اند، زیستگاه‌های منحصربه‌فردی را برای بسیاری از گونه‌های جانوری و گیاهی نادر که بومی و یا در معرض تهدید هستند، ایجاد می‌کنند. به‌طوری‌که برای بسیاری از گونه‌های دیگر، زیستن در چنین جنگل‌هایی بسیار مطلوب‌تر از جنگل‌های موجود در مناطق دیگر است. به همین دلیل، جنگل‌های کهن‌سال اغلب به‌عنوان سرمایه طبیعی راهبردی توصیف می‌شوند، بنابراین حفاظت و مدیریت خردمندانه این جنگل‌ها، به‌ویژه از دست‌نخورده‌ترین مناطق کهن‌سال آن، اهمیت زیادی دارد. بر این اساس، هدف این پژوهش بررسی درختان زیستگاهی در جنگل‌های آمیخته و میان‌بند هیرکانی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود دانشگاه تهران در هفت کیلومتری شرق شهر نوشهر (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه و ۵۹ ثانیه شمالی و طول ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه و ۴۷ ثانیه شرقی) از نوار جنگل‌های هیرکانی ایران واقع شده است. مساحت کل منطقه حدود ۸۰۰۰ هکتار است. این جنگل شامل شش بخش است. بخش گرازبن به‌عنوان سومین بخش از جنگل‌های آمیخته پهن‌برگ ناحیه خزری شمال کشور با مساحتی برابر ۱۰۰۱ هکتار از شمال به یال جنوبی جنگل‌های چلندر و چلک و قسمتی از مرز سری نم‌خانه، از جنوب به رودخانه خیرود، از شرق به جنگل‌های چلیر و از غرب به سری نم‌خانه منتهی می‌شود. پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱ توده‌های مورد مطالعه در پژوهش پیش‌رو هستند که با شیوه تک‌گزینی مدیریت می‌شوند (جدول ۱). علت انتخاب این پارسل‌ها، تنوع گونه‌ها و آمیختگی گونه‌ای، وجود انواع تیپ‌ها، تنوع سطح پارسل‌های مورد مطالعه و به‌طورکلی، وجود ناهمگنی برای نیل به هدف این پژوهش است. چهار نوع تیپ غالب در این واحدها شامل راش- ممرز

(*Carpinus betulus* L.)، ممرز- بلوط (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.)، ممرز- راش و ممرز، راش هستند (جدول ۱).

روش پژوهش

برای انجام این پژوهش، قطر برابرسینه همه درختان دارای صفات موردنظر برای قرار گرفتن به‌عنوان درختان زیستگاهی (مانند وجود حفره و سوراخ، شکل خاص، وجود آشیانه در آن‌ها، درختان دارای قارچ و غده (Paillet *et al.*, 2017)) و در حد بیشتر از شمارش با استفاده از آماربرداری صددرصد اندازه‌گیری شدند. برای انجام آماربرداری صد در صد، عرصه پارسل به نوارهایی در جهت خطوط تراز تقسیم شد. سپس با حرکت در نوار، درختان موجود در آن نوار اندازه‌گیری شدند. درختان آماربرداری‌شده نیز با استفاده از گچ تحریر و با علامت ضربدر مشخص می‌شدند تا دوباره آماربرداری نشوند. قطر برابرسینه درختان با استفاده از خط‌کش دو بازو از سمت بالای دامنه اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی انواع درخت زیستگاهی، ابتدا انواع خردزیستگاه‌ها تعیین شدند (Brunialti, 2014). در این پژوهش، درختان کهن‌سال، چنگالی، دارای جاروی جادوگر، قارچ‌زده، سرشکسته، با تنه شکسته، توخالی، دارای خمیدگی، ریشه‌کن‌شده، دارای آشیانه، دارای غده و خشک‌دار سرپا به‌عنوان درختان زیستگاهی در نظر گرفته شدند. در هریک از واحدهای مدیریتی، پارامترهایی مانند گونه درختان دارای خردزیستگاه، نوع خردزیستگاه مشاهده‌شده و درخت میزبان خردزیستگاه مربوط به آن ثبت شدند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در هر پنج پارسل، ابتدا درختان در طبقه‌های قطری پنج سانتی‌متری طبقه‌بندی شدند (Mitchel & Winter, 2009). قطر درختان زیستگاهی اندازه‌گیری‌شده در طبقه‌های قطری کم‌قطر، میان‌قطر، قطور و بسیار قطور نیز مورد توجه قرار گرفت. مشخصه آماری تعداد در هکتار در طبقه‌های قطری برای همه درختان زیستگاهی در هر پارسل محاسبه شد.

به‌منظور مشاهده آشیانه‌های پرندگان به‌ویژه در قسمت بالای تاج در درختان بلند، علاوه‌بر یافتن آثار وجود و فعالیت پرنده مانند مجموعه سوراخ‌هایی که بر تنه درختان ایجاد می‌کنند، فضله و پرهای آن‌ها، از دوربین‌های دوچشمی مناسب و خاص (مدل Ultima 65) با بزرگ‌نمایی مناسب استفاده شد. مشاهده آشیانه‌های پرندگان در تاج درختان و حفره‌های دارکوب در قسمت بالای تنه درختان با استفاده از این دوربین امکان‌پذیر است. بهترین راه تشخیص درختان کهن‌سال، قطر برابرسینه است (Lush *et al.*, 2012; Bütler *et al.*, 2021). براساس نظر کارشناسان و مطالعات اولیه، قطر برابرسینه، معیار شناسایی درختان کهن‌سال در نظر گرفته شد.

در این پژوهش، علاوه‌بر گونه‌های اصلی این پارسل‌ها (پلت (*Acer velutinum* Boiss.) و توسکا (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) با کمینه قطر ۱/۵ متر)، برای گونه های درختی دیگر، کمترین قطر برای کهن‌سال شمردن آن‌ها در نظر گرفته شد (نمدار (*Tilia platyphyllus* Scop.) با قطر حداقل ۱/۵ متر و برای ملج (*Ulmus Glabra* Huds)، شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) و بارانک (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz.) حداقل قطر یک متر) (Azaryan *et al.*, 2015).

جدول ۱- مشخصات کلی پارسل‌های مورد مطالعه و تیپ غالب در آن‌ها

Table 1. General characteristics of the study parcels

Site	Area (ha)	Altitude (m.a.s.l.)	Mean slope (%)	Dominant type
305	22	1000	40	Beech- Hornbeam
306	19	1000	45	Hornbeam- Oak
309	47	1100	30	Hornbeam- Beech
310	25.5	1120	30	Hornbeam, Beech
311	28	1120	30	Hornbeam- Oak

درختان چنگالی شامل پایه‌هایی هستند که شکستگی‌های تند و زاویه‌دار دارند، درحالی‌که درختان خمیده دارای شکستگی‌های نرم و قوس‌مانندی هستند. پتانسیل این نوع درختان برای فراهم‌سازی آثار زیستی (ایجاد حفره پوسیدگی و استقرار ریزاندامگان‌ها) بیشتر از درختان سیلندریک است. همچنین، زمانی‌که همه برگ‌های درخت به یک‌شکل در یک قسمت از شاخه تجمع داشته باشند، بیانگر محل نفوذ و درگیری بیماری است. شکل تجمع برگ‌ها در این درختان شبیه به جارو است. به همین دلیل، نام چنین درختان زیستگاهی را جاروی جادوگر می‌نامند (Palik *et al.,* 2020).

غده یا جوش درخت با نام سرطان چوب نیز شناخته می‌شود (Sefidi & Copenheaver, 2020; Li *et al.*, 2023). جوش اغلب بهشکل یک زائدگی یا برآمدگی روی تنه یا ریشه درخت ظاهر می‌شود. درختان قارچ‌زده، درختانی هستند که بر اثر کهن‌سالی و نیز برخی عوامل دیگر، قارچ‌های ماکروسکوپی در قسمت تنه آن‌ها پدیدار شده‌اند (Aghajani *et al.,* 2014). درختان سرشکسته، پایه‌هایی هستند که قسمتی یا بخش اعظم تاج آن‌ها شکسته شده و از بین رفته است. در درختان تنه‌شکسته نیز بر اثر فشار نیروهای خارجی از قسمت تنه شکسته شده‌اند (Mitchel & Winter, 2009). درختان ریشه‌کن‌شده به‌طور معمول بر اثر بادافتادگی از زمین ریشه‌کن شده‌اند و بسته به ابعاد درخت، چاله و پشته ایجاد می‌کنند. درختان دارای آشیانه یا لانه‌دار شامل پایه‌هایی هستند که پرندگان و حتی مهره‌داران کوچک و بزرگ برای آشیان‌گزینی از آن‌ها استفاده می‌کنند. بر این اساس، حفره‌هایی که توسط پرندگانی مانند دارکوب روی تنه درختان ایجاد می‌شود، نیز جزو این دسته در نظر گرفته شدند. خشک‌دارهای سرپا شامل پایه‌هایی هستند که بخشی از اجزای آن مانند تاج و یا تنه، دچار صدمه و خشکیدگی شده است.

پس از نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- سمیرنوف، از آزمون آماری ANOVA برای بررسی معنی‌داری اختلاف بین گروه‌های مورد بررسی در رویشگاه‌های مورد مطالعه استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون تجزیه واریانس با حدود اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. نرم‌افزار SPSS 26 برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد.

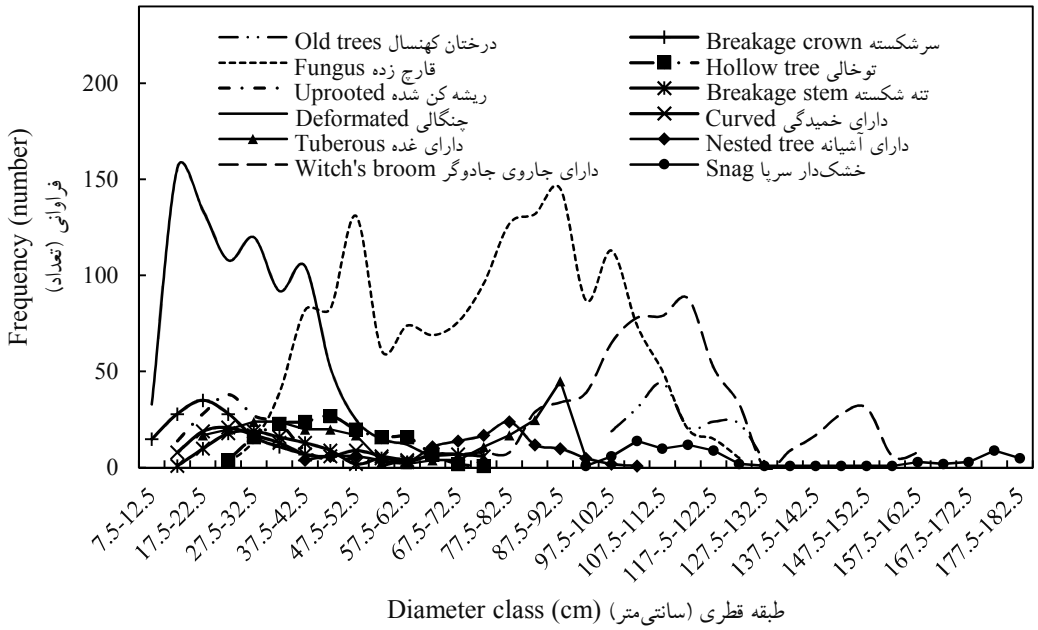
نتایج

فراوانی درختان زیستگاهی مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی (۱۰/۹۵ اصله درخت در هکتار) مربوط به پایه‌های توخالی از ناحیه کنده و امتداد ریشه‌ها است، درحالی‌که کمترین آن (۰/۵۵ اصله در هکتار) در درختان دارای جاروی جادوگر مشاهده شد.

جدول ۲- فراوانی درختان زیستگاهی مورد بررسی در هکتار در پارسل‌های مورد مطالعه

Table 2. The abundance of trees in the study habitat per hectare in the study parcels

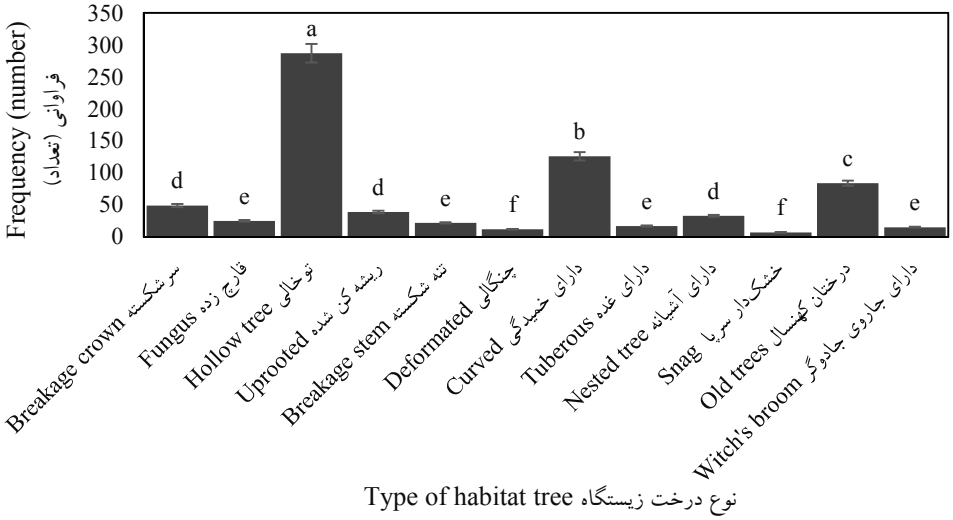
Site	Breakage crown	Fungus	Hollow tree	Uprooted	Breakage stem	Deformated	Curved	Tuberous	Nested tree	Snag	Old trees	Witch's broom
305	2.22	1.13	13	1.8	1	0.55	5.7	0.8	1.5	0.32	3.8	0.7
306	0.95	2	12	2.7	2.5	1.5	1.8	0.42	1	0.2	2.2	0.57
309	0.93	0.76	9.5	0.5	0.36	0.87	0.55	0.6	2.06	0.4	4.9	0.3
310	1.17	0.95	13.3	1.3	1.95	0.95	23	1.6	3.4	0.55	6.8	0.6
311	0.85	0.53	7	0.35	0.5	0.35	3	0.57	0.8	2.7	3.5	0.6
Mean	1.22	1.07	10.95	1.33	1.25	0.84	6.8	0.8	1.75	0.84	4.25	0.55



شکل ۱- پراکنش انواع درختان زیستگاهی در طبقه‌های قطری

Figure 1. Distribution of types of habitat trees in diameter classes

پراکنش کلی درختان زیستگاهی نشان داد که بیشترین فراوانی پایه‌های چنگالی و خمیده مربوط به طبقه‌های قطری کم تا متوسط هستند. بیشینه فراوانی درختان کهن‌سال، دارای جاروی جادوگر و خشک‌دار سرپا در طبقه‌های قطری زیاد مشاهده شدند. همچنین، درختان قارچ‌زده، توخالی، دارای غده و دارای آشیانه در طبقه‌های قطری متوسط تا قطور توزیع شده بودند (شکل ۱).



شکل ۲- فراوانی انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۰۵، جنگل خیرود

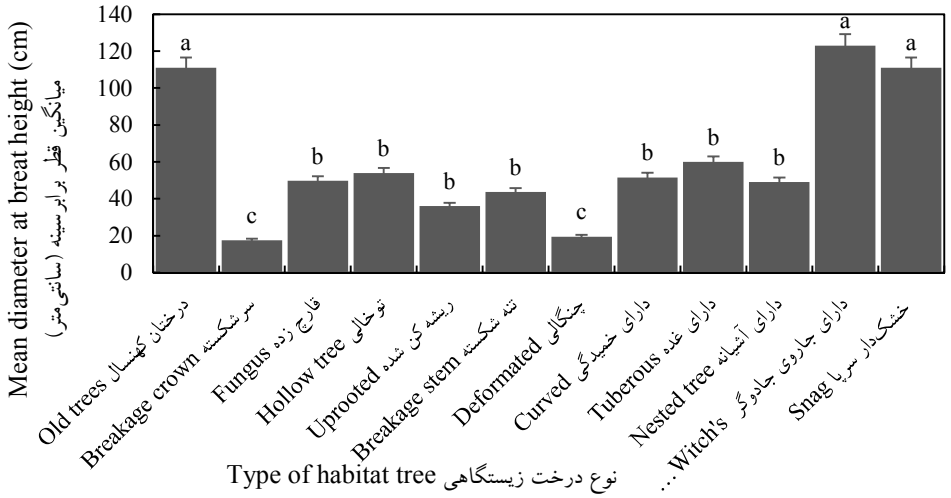
حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 2. Abundance of habitat tree types in site 305, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).

در پارسل ۳۰۵، بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی (۲۸۷ اصله) مربوط به درختان توخالی از ناحیه کنده و گورچه درخت بود، درحالی‌که کمترین تعداد درختان زیستگاهی به خشک‌دارهای سرپا و پایه‌های چنگالی تعلق داشتند که فراوانی آن‌ها به‌ترتیب برابر با هفت و ۱۲ اصله به‌دست آمد (شکل ۲).

در پارسل ۳۰۵، بیشینه میانگین قطر در درختان دارای جاروی جادوگر با ۱۲۳ سانتی‌متر و درختان کهن‌سال با ۱۱۱ سانتی‌متر مشاهده شد، درحالی‌که کمترین مقدار قطر در این توده متعلق به درختان سرشکسته و چنگالی بودند. میانگین قطر آن‌ها به‌ترتیب برابر با ۱۷/۵ و ۱۹/۴۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۳).



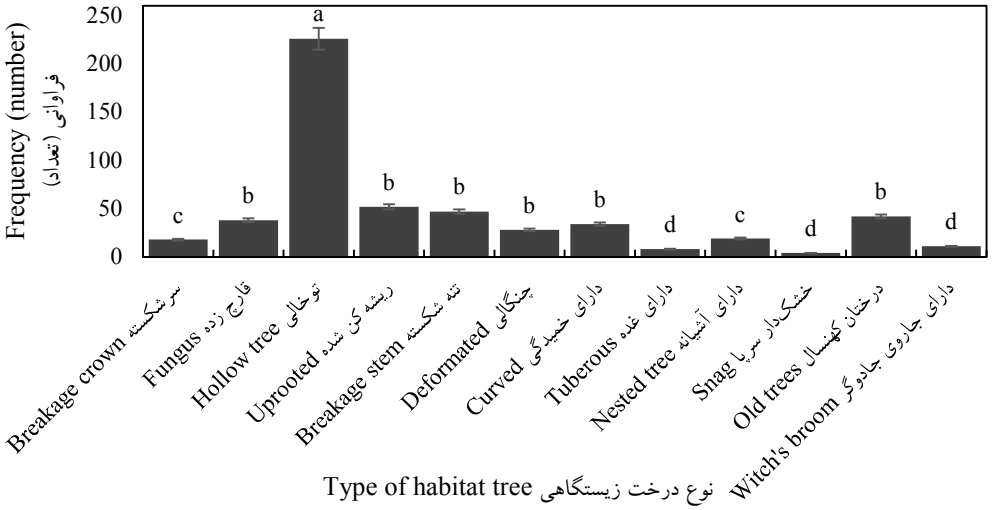
شکل ۳- وضعیت قطری انواع خردزیستگاه در پارسل ۳۰۵، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 3. Diameter status of microhabitat types in site 305, Kheyrud Forest
Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).

در پارسل ۳۰۶، بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی (۲۲۶ اصله) در درختان توخالی از ناحیه کنده و گورچه درخت مشاهده شد، درحالی‌که کمترین تعداد درختان زیستگاهی به خشک‌دارهای سرپا، پایه‌های دارای غده و دارای جاروی جادوگر تعلق داشتند که فراوانی آن‌ها به‌ترتیب چهار، هشت و ۱۱ اصله به‌دست آمد (شکل ۴).

در پارسل ۳۰۶، بیشینه میانگین قطر در درختان کهن‌سال، قارچ‌زده، لانه‌دار، دارای جاروی جادوگر و دارای غده به‌ترتیب با ۱۱۲، ۱۰۰/۵، ۱۰۳/۵، ۱۰۰/۶ و ۸۲/۸ سانتی‌متر مشاهده شد، درحالی‌که کمترین قطر در این توده به درختان سرشکسته، ریشه‌کن‌شده و دارای خمیدگی تعلق داشتند که مقدار آن‌ها به‌ترتیب برابر با ۱۶، ۲۱ و ۲۲/۷ سانتی‌متر بودند (شکل ۵).

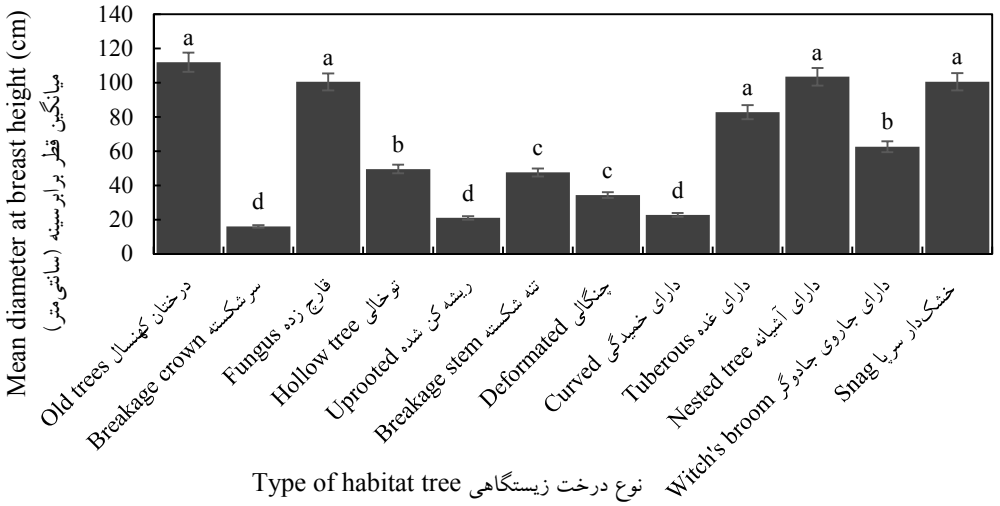


شکل ۴- فراوانی انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۰۶، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 4. Abundance of habitat tree types in site 306, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).



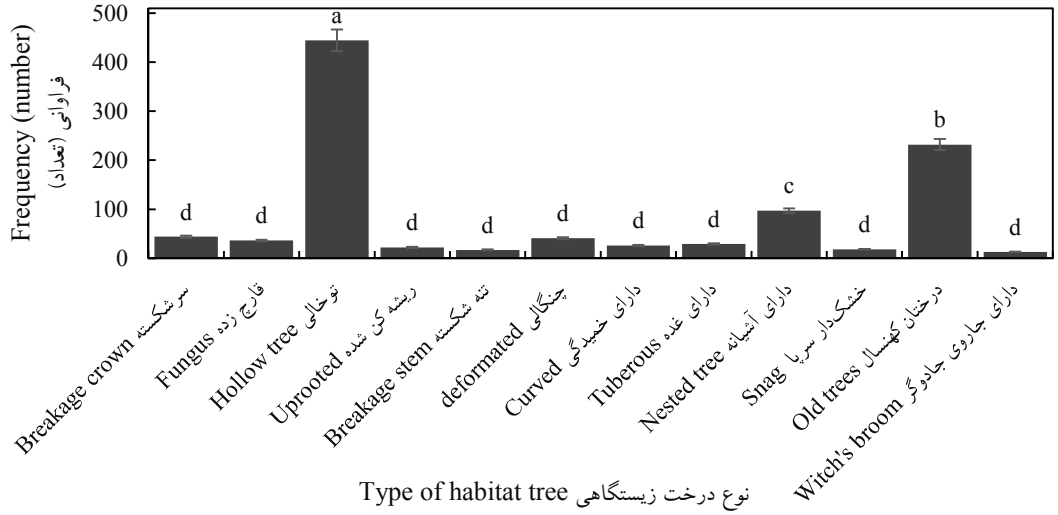
شکل ۵- وضعیت قطری انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۰۶، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 5. Diameter status of microhabitat types in site 306, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).

در پارسل ۳۰۹، بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی (۴۴۵ اصله) در درختان توخالی از ناحیه کنده و گورچه درخت مشاهده شد، درحالی‌که کمترین تعداد درختان زیستگاهی به پایه‌های دارای جاروی جادوگر، خشک‌دار سرپا، دارای غده، دارای خمیدگی، چنگالی، تنه‌شکسته، ریشه‌کن‌شده، قارچ‌زده و سرشکسته تعلق داشت. فراوانی آن‌ها به‌ترتیب برابر با ۱۳، ۱۸، ۲۹، ۲۶، ۴۱، ۱۷، ۲۲، ۳۶ و ۴۴ اصله به‌دست آمد (شکل ۶).



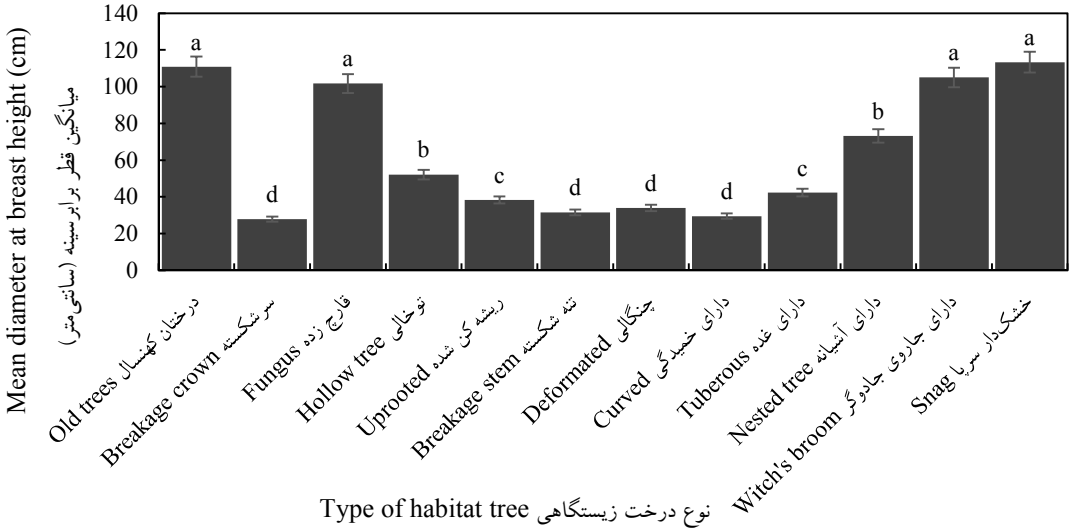
شکل ۶- فراوانی انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۰۹، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 6. Abundance of habitat tree types in site 309, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).

بیشینه میانگین قطر درختان زیستگاهی در پارسل ۳۰۹ به پایه‌های کهن‌سال، قارچ‌زده، خشک‌دار سرپا و دارای جاروی جادوگر به‌ترتیب با ۱۱۱، ۱۰۱/۷، ۱۰۵ و ۱۱۳/۳ سانتی‌متر تعلق داشتند، درحالی‌که کمترین قطر در این توده در درختان سرشکسته، تنه‌شکسته، دارای خمیدگی و چنگالی مشاهده شد. مقدار آن‌ها به‌ترتیب برابر با ۲۷/۹، ۳۱/۵، ۲۹/۵ و ۳۴ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۷).



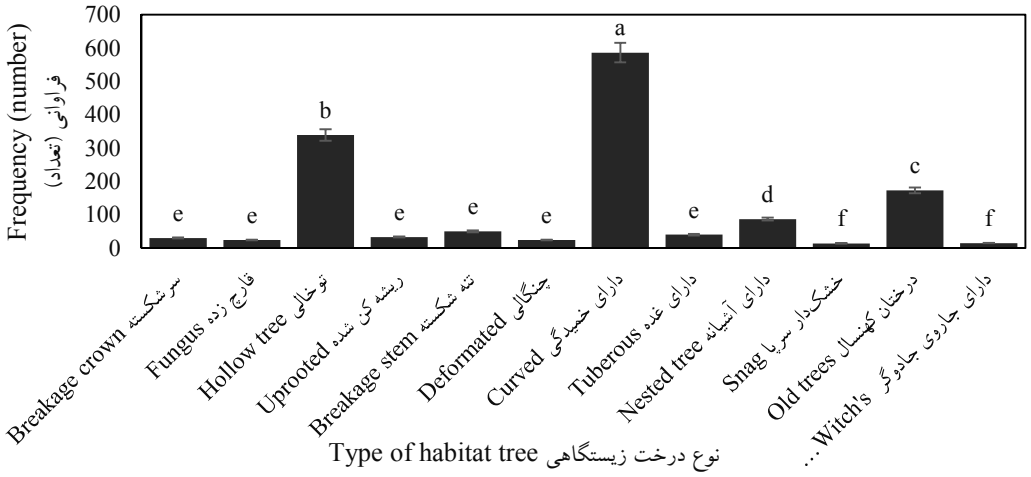
شکل ۷- وضعیت قطری انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۰۹، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 7. Diameter status of microhabitat types in site 309, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).

در پارسل ۳۱۰، بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی (۵۸۶ اصله) به پایه‌های دارای خمیدگی تعلق داشت، درحالی‌که کمترین تعداد درختان زیستگاهی در این پارسل شامل خشک‌دارهای سرپا و جاروی جادوگر بودند که فراوانی آن‌ها برابر با ۱۴ و ۱۵ اصله به‌دست آمد (شکل ۸).



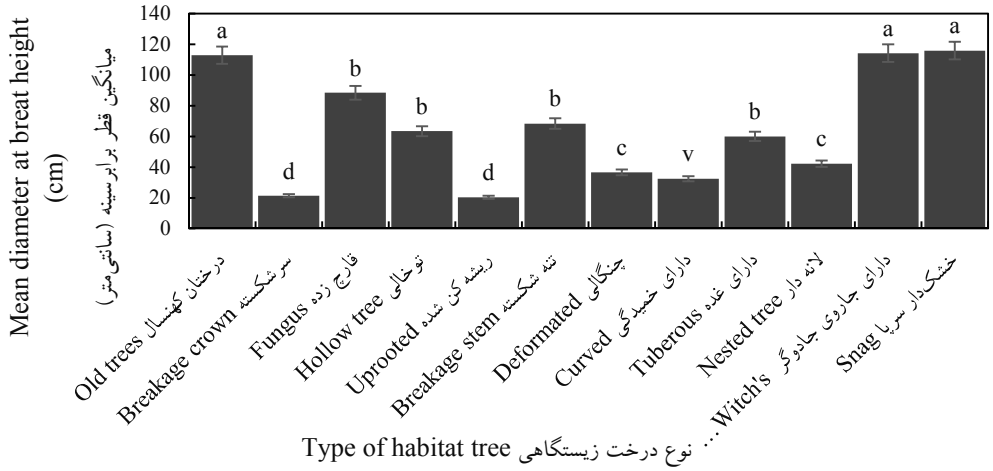
شکل ۸- فراوانی انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۱۰، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 8. Abundance of habitat tree types in site 310, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).

در پارسل ۳۱۰، بیشینه میانگین قطر در درختان کهن‌سال، خشک‌دار سرپا و دارای جاروی جادوگر به‌ترتیب با ۱۱۳، ۱۱۴/۲ و ۱۱۵/۹ سانتی‌متر مشاهده شد، درحالی‌که کمترین مقدار قطر در این توده مربوط به درختان ریشه‌کن‌شده و سرشکسته بود که میانگین قطر آن‌ها به‌ترتیب ۲۰/۳۳ و ۲۱/۳ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۹).



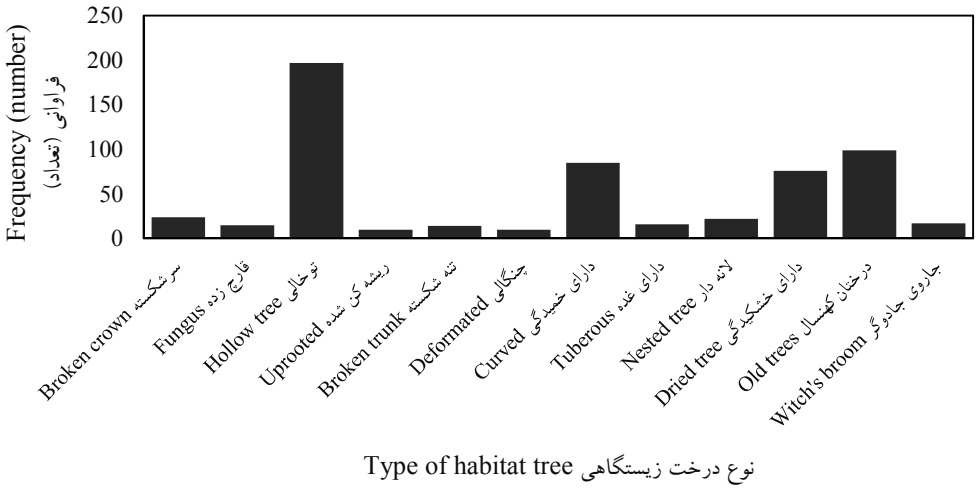
شکل ۹- وضعیت قطری انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۱۰، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 9. Diameter status of microhabitat types in site 310, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).

در پارسل ۳۱۱، بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی (۱۹۷ اصله) به پایه‌های توخالی تعلق داشت، درحالی‌که کمترین تعداد درختان زیستگاهی شامل درختان سرشکسته، قارچ‌زده، ریشه‌کن‌شده، دارای تنه شکسته، چنگالی، دارای غده، دارای آشیانه و دارای جاروی جادوگر بودند. مقدار آن‌ها به‌ترتیب برابر با ۲۴، ۱۵، ۱۰، ۱۴، ۱۰، ۱۶، ۲۲ و ۱۷ اصله به‌دست آمد (شکل ۱۰). در پارسل ۳۱۱، بیشینه میانگین قطر درختان زیستگاهی به پایه‌های کهن‌سال، خشک‌دار سرپا و دارای جاروی جادوگر به‌ترتیب با ۱۲۳/۵، ۱۸۰/۴ و ۱۵۰/۳ سانتی‌متر تعلق داشتند، درحالی‌که کمترین مقدار قطر در این توده در درختان تنه‌شکسته و سرشکسته مشاهده شد. میانگین قطر آن‌ها به‌ترتیب برابر با ۱۳/۲۵ و ۲۴/۸ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۱۱).

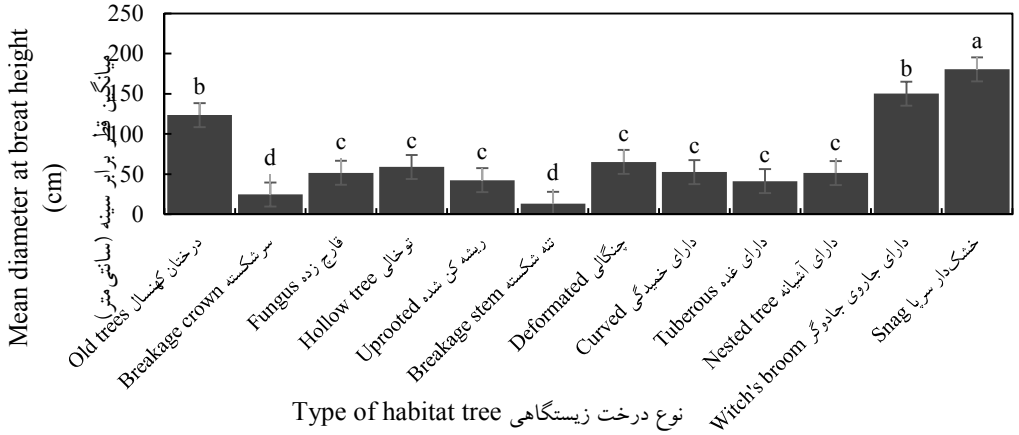


شکل ۱۰- فراوانی انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۱۱، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 10. Abundance of habitat tree types in site 311, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.05).



شکل ۱۱- وضعیت قطری انواع درختان زیستگاهی در پارسل ۳۱۱، جنگل خیرود

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 11. Diameter status of microhabitat types in site 311, Kheyrud Forest

Letters that differ indicate a significant difference between means (P<0.01).

بحث

بررسی میانگین فراوانی درختان زیستگاهی در پارسل‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین فراوانی این درختان به پایه‌های توخالی از ناحیه کنده و امتداد ریشه‌ها، درختان خمیده و کهن‌سال تعلق داشتند که به‌ترتیب برابر با ۱۰/۹۵، ۶/۸ و ۴/۲۵ اصله درخت در هکتار بودند، درحالی که کمترین آن با ۰/۵۵ اصله در هکتار در درختان دارای جاروی جادوگر مشاهده شد. بااین‌وجود، در بین گروه‌های مورد مطالعه، نوع و فراوانی درختان زیستگاهی ثابت نبودند. به‌عنوان مثال در پارسل ۳۱۰، بیشترین فراوانی این درختان به پایه‌های خمیده (۲۳ اصله در هکتار) تعلق داشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین درختان زیستگاهی مورد بررسی با استفاده از آزمون ANOVA

Table 3. Average comparison of the analyzed habitat tree groups using ANOVA test

Habitat tree type		Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Breakage crown	Between Groups	2.972	4	0.743	8.812	0.005
	Within Groups	146.39	1736	0.084		
	Total	149.362	1740			
Fungus	Between Groups	10.664	4	2.666	9.301	0.010
	Within Groups	497.582	1736	0.287		
	Total	508.246	1740			
Hollow	Between Groups	621.616	4	155.404	209.783	0.025
	Within Groups	1286.002	1736	0.741		
	Total	1907.617	1740			
Uprooted	Between Groups	107.835	4	26.959	21.622	0.005
	Within Groups	2164.514	1736	1.247		
	Total	2272.349	1740			
Breakage stem	Between Groups	111.193	4	27.798	14.554	0.008
	Within Groups	3315.717	1736	1.91		
	Total	3426.91	1740			
Deformated	Between Groups	59.135	4	14.784	6.741	0.006
	Within Groups	3807.402	1736	2.193		
	Total	3866.536	1740			
Curved	Between Groups	12875.812	4	3218.953	661.603	0.009
	Within Groups	8446.309	1736	4.865		
	Total	21322.121	1740			
Tuberous	Between Groups	16.632	4	4.158	1.097	0.036
	Within Groups	6578.566	1736	3.789		
	Total	6595.198	1740			
Nested	Between Groups	297.726	4	74.431	7.382	0.040
	Within Groups	17503.385	1736	10.083		
	Total	17801.111	1740			
Snag	Between Groups	2350.782	4	587.696	120.363	0.022
	Within Groups	8476.329	1736	4.883		
	Total	10827.111	1740			
Old tree	Between Groups	3169.68	4	792.42	30.25	0.015
	Within Groups	45475.656	1736	26.196		
	Total	48645.336	1740			
Witch's broom	Between Groups	141.235	4	35.309	7.57	0.000
	Within Groups	8097.395	1736	4.664		
	Total	8238.631	1740			

این نتایج در راستای یافته‌های گزارش‌شده توسط Eshaghi Rad و Khanalizadeh (۲۰۱۴)، Sefidi (۲۰۱۵)، Khanalizadeh و همکاران (۲۰۲۰) و Haghighat Doust و Waez-Mousavi (۲۰۲۱) هستند، اما با نتایج Sefidi و Sadeghi (۲۰۲۰) تفاوت دارند. در پژوهش مذکور، بیشترین فراوانی خردزیستگاه‌ها مربوط به حفره دارکوب بود. علت تفاوت در نتایج به‌دست‌آمده اغلب مربوط به تفاوت در نوع نمونه‌برداری، عدم شباهت نوع گونه‌های موجود در دو منطقه مورد مطالعه و سابقه متفاوت مدیریت در دو رویشگاه مربوط می‌شود. چنانچه در توده مورد پژوهش Sefidi و Sadeghi (۲۰۲۰) راش شرقی، گونه غالب بوده است، اما در پژوهش پیش‌رو، نمونه‌برداری به‌روش آماربرداری صددرصد در سطح پارسل انجام گرفت که مجموعه شرایط در عرصه جنگل را دربرمی‌گیرد و با شرایط جنگلی آمیخته، ناهمگن و ناهمسال، تجانس بیشتری دارد.

وضعیت قطری درختان زیستگاهی در واحدهای مدیریتی مورد مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار قطر مربوط به درختان کهن‌سال است. میانگین قطر درختان کهن‌سال زیستگاهی در پارسل‌های مورد مطالعه حدود ۱۱۴ سانتی‌متر به‌دست آمد. مقدار آن به‌تفکیک در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱ به‌ترتیب ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۱، ۱۱۳ و ۱۲۳/۵ سانتی‌متر بودند. در معدود پژوهش‌های پیشین، نقش درختان قطور و کهن‌سال به‌طور مستقیم مورد توجه قرار نگرفته است، اما می‌توان گفت که بسیاری از خردزیستگاه‌های مورد مطالعه در درختان کهن‌سال ایجاد می‌شوند. این یافته‌ها در راستای نتایج گزارش‌شده توسط Eshaghi Rad و Khanalizadeh (۲۰۱۴) و Sefidi و Sadeghi (۲۰۲۰) بودند.

جنگل کهن‌سال به‌طور معمول پیچیده‌ترین ویژگی‌های ساختاری را دارد (Palik *et al.*, 2020). پیچیدگی ساختاری شامل آمیختگی، تنوع شرایط و ابعاد درختان زنده و خشک، حضور درختان کهن‌سال از یک یا چند گونه و ناهمگنی زیاد ساختاری در پراکنش تنه‌ها و تاج‌پوشش است. جنگل‌ها در مرحله کهن‌سالی به‌طور معمول ازنظر تولید و ویژگی‌های دیگر، بسیار مؤثر هستند (Frelich, 1995). در حقیقت، درختان کهن‌سال بزرگ، مؤلفه‌های آشکاری هستند که مجموعه‌ای از آشیان‌های ویژه را در این مرحله فراهم می‌کنند. بسیاری از گیاهان و نیز جانوران مهره‌دار و بی‌مهره در جنگل کهن‌سال وجود دارند. زیرا شرایط موجود در این توده‌ها برای چرخه زندگی آن‌ها بهینه است (Lindenmayer *et al.*, 2012). تحول عواملی مانند داروا‌ش‌ها، جاروی جادوگر در تاج درختان، توخالی شدن کنده و پوسیدگی ریشه به‌طور معنی‌داری در درختان کهن‌سال اتفاق می‌افتد که به ایجاد خردزیستگاه منجر می‌شود (Van Pelt, 2008).

بررسی انواع درختان زیستگاهی در پژوهش پیش‌رو نشان داد که امکان وجود این درختان در طبقه‌های قطری مختلف اعم از کم، متوسط و قطور وجود دارد. پراکنش انواع درختان چنگالی و خمیده، بیشتر مربوط به طبقه‌های قطری کم بود، اما درختان کهن‌سال، پایه‌های دارای جاروی جادوگر و خشک‌دارهای سرپا، اغلب در طبقه‌های قطری بیشتر و قطور مشاهده شدند. نتایج متناقضی توسط Haghighat Doust و Waez-Mousavi (۲۰۲۱) در توده‌های انجیلی (*Parrotia persica* C.A.Mey.)– ممرز در جنگل شصت کلاته گرگان و Winter و Möller (۲۰۰۸) گزارش شده‌اند. در پژوهش‌های مذکور، افزایش قطر به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر بر فراوانی خردزیستگاه‌ها ذکر شده است. به‌نظر می‌رسد که مهم‌ترین علت این تفاوت به نوع عامل‌های مورد بررسی برمی‌گردد. براساس شواهد تجربی موجود، درختانی مانند درختان ریشه‌کن‌شده و بادافتاده، پایه‌هایی با تاج و تنه شکسته، درختان خمیده و چنگالی، پتانسیل قابل‌توجهی برای در نظر گرفته شدن به‌عنوان درختان زیستگاهی را دارند (Sefidi, 2018). زیرا به‌دلیل وجود شرایط خاص، مانند وجود یک حفره روی تنه یا پای کنده و بین ریشه‌ها، شکستگی در تاج یا شاخه‌های درخت یا وجود غده و موارد دیگر، محیط مناسبی برای زندگی موجودات دیگر فراهم می‌کنند.

وجود گونه‌های گیاهی و جانوری نادر یا در معرض خطر انقراض در لیست اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) و لیست حفاظتی ملی در جنگل، شاخص مهمی برای ارزش تنوع زیستی جنگل است. حفاظت از این گونه‌ها باید یک هدف کلیدی در مدیریت پایدار جنگل باشد. با اقدام‌های خاص باید اطمینان حاصل شود که نیازهای زیستگاهی گونه‌ها مانند درختان زیستگاهی حفظ یا تقویت شوند. در روند مدیریت توده‌های جنگلی و براساس تقلید از سازوکارهای طبیعیِ توالی و تحول جنگل، اهمیت درختان زیستگاهی شایان توجه است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که هدف از تغییر سیاست‌ها در مدیریت جنگل‌های هیرکانی، تأکید بر مدیریت پایدار، بهبود روش‌های حفاظت از جنگل‌ها و حفظ ارزش‌های طبیعی آن است. به‌نحوی‌که بوم‌سازگان جنگل همچنان بتواند طیف گسترده‌ای از خدمات مانند تفرج، تأمین آب، غذا، چوب، هوای پاک و ترسیب کربن را به جامعه عرضه کند. نتایج این پژوهش نشان داد که در واحدهای مدیریتی مورد مطالعه، انواع مختلفی از درختان زیستگاهی حضور دارند. این پایه‌ها باتوجه‌به نوع پارسل و تیپ غالب موجود در آن، فراوانی متفاوتی داشتند و در طبقه‌های قطری مختلف توزیع شدند.

منابع مورد استفاده

- Aghajani, H., Marvi Mohadjer, M., Asef, M. and Shirvany, A., 2014. The relationship between wood-decay fungi abundance and some morphological features of hornbeam (Case study: Kheyroud forest, Noshahr). Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 12(1): 55-65 (In Persian with English summary).
- Akhani, H., Djamali, M., Ghorbanalizadeh, A. and Ramezani, E., 2010. Plant biodiversity of Hyrcanian relict forests, N Iran: an overview of the flora, vegetation, palaeoecology and conservation. Pakistan Journal of Botany, 42: 231-258.
- Alibabaei Omran, El., Etemad, V., Kh Saghebtalebi, Kh. and M Namiranian, N., 2023. Spatial pattern and structural characteristics of *Fagus orientalis* forests in the optimal developmental stage (Case study: Kheyroud forest, Nowshahr). Iranian Journal of Forest, 15(3): 155-165 (In Persian with English summary).
- Amanzadeh, B., Saghebtalebi, Kh., Pahrizkar, P., Shahinrokhsar Ahmadi, P., Moradi, A., Pourbabaei, H. and Yousefpour, M., 2019. Comparison of regeneration and diversity of herbaceous species in created and natural gaps. Journal of Forest Research and Development, 5(1): 153-167 (In Persian with English summary).
- Azaryan, M., Marvie Mohadjer, M.R., Etemaad, V., Shirvany, A. and Sadeghi, S.M.M., 2015. Morphological characteristics of old trees in Hyrcanian forest (Case study: Pattom and Namkhaneh districts, Kheyrud). Journal of Forest and Wood Product, 68(1): 48-59 (In Persian with English summary).
- Brunialti, G., 2014. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. International Journal of Environmental Studies, 71(2): 226-227.
- Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D. and Larrieu, L., 2021. Know, protect and promote habitat trees. WSL Fact Sheet, Swiss Federal Institute, Birmensdorf, Switzerland, 12p.
- Eshaghi Rad, J. and Khanalizadeh, A., 2014. Quantitative comparison of microhabitats in deciduous forests with different management histories (Case study: Golband forest- Noshahr). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 594-605 (In Persian with English summary).
- Esmaeili, M., Javanmiri Pour, M., Etemad, V. and Namiranian, M., 2023. Comparison of the structural characteristics of coppice and standard stands of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Hyrcanian forests (Case study: forests of Kojoor, Nowshahr). Iranian Journal of Forest, 15(3): 259-276 (In Persian with English summary).
- Frelich, L.E., 1995. Old forest in the Lake States today and before European settlement. Natural Areas Journal, 15: 157-167.
- Gallardo-Cruz, J.A., Pérez-García, E.A. and Meave, J.A., 2009. β-Diversity and vegetation structure as influenced by slope aspect and altitude in a seasonally dry tropical landscape. Landscape Ecology, 24: 473-482.
- Haghighat Doust, A. and Waez-Mousavi, S.M., 2021. Frequency of tree micro-habitats in Persian ironwood- hornbeam forest at Bahramnia forestry plan (Gorgan). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 27(4): 113-129 (In Persian with English summary).
- Hajizadeh, H., Fallah, A. and Hosseini, S., 2022. Evaluating native communities preferences for conservation of forest ecosystem (case study: Shiyadeh and Diva Forests). Journal of Agricultural Economics and Development, 36(3): 227-247 (In Persian with English summary).
- Hanewinkel, M., Kuhn, T., Bugmann, H., Lanz, A. and Brang, P., 2014. Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage. Forestry, 87: 525-534.
- Hunter, M.L., 2001. Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 716p.
- Jactel, H. and Brockerhoff, E. G., 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. Ecology Letters, *10*(9): 835-848.
- Javanmiri Pour, M. and Etemad, V., 2023. Development of the dead trees structural legacy in the dynamics process of pure beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Stands (Case study: Gorazbon District of Kheyrud Forest). Ecology of Iranian Forests, 10(20): 73-87 (In Persian with English summary).
- Javanmiri Pour, M., Marvi Mohadjer, M.R., Etemad, V. and Jourgholami, M., 2019. Determining structural variation

- Pourbabaei, H. and Dado, Kh., 2006. Species diversity of woody plants in the district No.1 forests, Kelardasht, Mazandaran province. Iranian Journal of Biology, 18(4): 307-322 (In Persian with English summary).
- Sefidi, K., 2015. The influence of forest management histories on dead wood and habitat trees in the old growth forest in northern Iran. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 9(9): 1019-1023.
- Sefidi, K., 2018. Quantitative evaluation of habitat and dead tree abundance in the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands, case study from the Siahkal Forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(3): 331-343 (In Persian with English summary).
- Sefidi, K. and Copenheaver, C.A., 2020. Tree-related microhabitats: a comparison of managed and unmanaged Oriental beech–dominated forests in Northern Iran. Forest Science, 66(6): 747-753.
- Sefidi, K. and Sadeghi, S.M.M., 2020. The diversity of microhabitats and the ecological value of habitat trees in oriental beech stands. Iranian Journal of Forest, 12(2): 147-160 (In Persian with English summary).
- Seyd, S.Z., Moayeri, M.H. and Mohammadi, J., 2016. Comparison of tree species diversity in the beech managed (selection cutting) and unmanaged forest stands (Case study: Shastkalateh Forest- Gorgan). Journal of Plant Research, 28(4): 784-793 (In Persian with English summary).
-Storch, F., Dormann, C. F. and Bauhus, J., 2018. Quantifying forest structural diversity based on large-scale inventory data: A new approach to support biodiversity monitoring. Forest Ecosystems, 5(1): 1-14.
- Van Pelt, R., 2008. Identifying old trees and forests in Eastern Washington. Washington State Department of Natural Resources, Olympia, Washington, USA, 170p.
- Varenius, K., Lindahl, B.D. and Dahlberg, A., 2017. Retention of seed trees fails to lifeboat ectomycorrhizal fungal diversity in harvested Scots pine forests. FEMS Microbiology Ecology, 93(9): fix105.
- Winter, S. and Möller, G.C., 2008. Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. Forest Ecology and Management, 255: 1251-1261.
- Zabihi, K.A., Mtaji, A., Babaei Kafaki, S. and Akhavan, R., 2021. Changes in aboveground biomass resulting from disturbance in natural beech Forests at small scale (*Fagus orientalis* Lipsky) (Case study: Sourdar-Anarestan Forestry Plan, Mazandaran province). Journal of Forest Research and Development, 6(4): 543-557 (In Persian with English summary).
- Zudin, S., Heintz, W., Kraus, D., Krumm, F., Larrieu, L. and Schuck, A., 2022. A spatially-explicit database of tree-related microhabitats in Europe and beyond. Biodiversity Data Journal, 10: e91385.
- Zare, H., Amini, T. and Abedzeydi, A., 2024. The westernmost site of birch (*Betula litwinowii* Doluch.) in Hyrcanian forests, Iran: Daryasar in Tonekabon county. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 31(4): 338-344 (In Persian with English summary).

in a managed mixed stand in an old-growth forest, northern Iran. Journal of Forestry Research, 30: 1859-1871.
- Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F., ... and Vandekerkhove, K., 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. Ecological Indicators, 84: 194-207.
- Lindenmayer, D.B., Laurance, W.F. and Franklin, J.F., 2012. Global decline in large old trees. Science, 338: 1305-1306.
- Li, Y., Ye, S., Luo, Y. and Zhang, G., 2023. Relationship between species diversity and tree size in natural forests around the Tropic of Cancer. Journal of Forestry Research, 34: 1735-1745.
- Luke, L.H.I. and Chisholm, R.A., 2022. Measuring habitat complexity and spatial heterogeneity in ecology. Ecology Letters, 25(10): 2269-2288.
- Mamadashvili, G., Brin, A., Bässler, C., Chumak, V., Chumak, M., Deidus, V., ... and Müller, J., 2023. Drivers of tree-related microhabitat profiles in European and Oriental beech forests. Biological Conservation, 285: 110245.
- Martin, M., Paillet, Y., Larrieu, L., Kern, C.C., Raymond, P., Drapeau, P. and Fenton, N.J., 2022. Tree-related microhabitats are promising yet underused tools for biodiversity and nature conservation: A systematic review for international perspectives. Frontiers in Forests and Global Change, 5: 818474.
- Marziliano, P.A., Antonucci, S., Tognetti, R., Marchetti, M., Chirici, G., Corona, P. and Lombardi, F., 2021. Factors affecting the quantity and type of tree-related microhabitats in Mediterranean mountain forests of high nature value. iForest, 14: 250-259.
- Mehrnoosh, S., Beheshti Ale Agha, A., Rakhsh, F., Pourreza, M. and Safar Sinegani, A.A., 2022. Comparison of soil biological activity in forest with coniferous and broadleaf trees in Biston region of Kermanshah. Journal of Water and Soil, 36(5): 593-610 (In Persian with English summary).
- Mitchel, A. and Winter, S., 2009. Tree microhabitat structures as indicators of biodiversity in Douglas-fir forests of different stand ages and management histories in the Pacific Northwest, U.S.A. Forest Ecology and Management, 257(6): 143-1464.
- Monfaredi, H., Jahdi, R. and Taheri Abkanar, K., 2022. Qualitative and quantitative traits and regeneration status in maple plantation and natural forests. Plant Research Journal, 35(4): 763-775 (In Persian with English summary).
- Mori, A.S. and Kitagawa, R., 2014. Retention forestry as a major paradigm for safeguarding forest biodiversity in productive landscapes: A global meta-analysis. Biological Conservation, 175: 65-73.
- Paillet, Y., Archaux, F., Boulanger, V., Debaive, N., Fuhr, M., Gilg, O., ... and Guilbert, E., 2017. Snags and large trees drive higher tree microhabitat densities in strict forest reserves. Forest Ecology and Management, 389: 176-186.
- Palik, B.J., D'Amato, A.W., Franklin, J.F. and Johnson, K.N., 2020. Ecological Silviculture: Foundations and Applications. Waveland Press, Long Grove, Illinois, USA, 343p.