

Research Paper

Evaluation of tree-related Microhabitats (TreMs) in the developmental stages at control stand of Kelardasht beech forests

Pezhman Parhizkar^{*1} Khosro Sagheb-Talebi² and Majid Hassani³

1- Associate Professor, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (pejmanparhizkar@gmail.com)

2-^{*} (Corresponding author) Professor, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (saghebtalebi@yahoo.com)

3- Research Expert, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (hassani226@gmail.com)

Received: 16 August 2025

Revised: 16 December 2025

Accepted: 28 December 2025

Extended Abstract

Background and Objective: Sustainable management of forest ecosystems requires the use of appropriate biological indicators to assess forest ecological conditions. Tree-related microhabitats (TreMs) are among the most important of these indicators because they provide essential habitats for numerous animal, plant, and fungal species and are generally more abundant and diverse in natural forests or forests subject to minimal management interventions. These structures, which develop on living trees or standing deadwood, include water-filled tree holes, woodpecker cavities, insect galleries, and various other specialized structures that are important for the survival, feeding, and reproduction of many species. The aim of this study was to identify, assess, and compare tree-related microhabitats across different developmental stages of relatively undisturbed beech stands in the reference compartment of the Kelardasht region.

Material and Methods: The study was conducted in the reference compartment of Series 1 of the Langa Forest Management Plan, located in Watershed No. 36 (Kazemrud). Developmental stages were identified in the reference compartment based on Korpel's definitions in 2008. One 1-ha sample plot (100 × 100 m) was established in each of the initial, optimal (peak), and disintegration (decay) developmental stages, with the plot sides oriented along the four cardinal directions. Tree species and diameter at breast height (DBH) were measured and recorded for all trees within each plot. Tree-related microhabitats were identified according to the European Union's Integrate+ classification guide, comprising eight broad forms (cavities, injuries and wounds, bark, deadwood, growth forms/deformations, epiphytes, nests, and other microhabitats) and 20 groups, including woodpecker cavities, trunk cavities, branch cavities, water-filled tree holes, insect galleries, bark loss, stem and crown breakage, cracks and wounds, bark tears, bark structures, dead branches, dendrotelms, branch aggregations, cankers, fruiting bodies of wood-decaying fungi, non-specific fungal structures, cryptogams, nests, sap flows, and dendromicrohabitats associated with fine debris.

Results: In the initial, optimal, and decay developmental stages, 40.6%, 6.2%, and 16.8% of trees, respectively, lacked any tree-related microhabitat. The highest number of microhabitats recorded

on a single tree was 13 on a beech tree with a DBH of 98 cm in the initial stage, 9 on a maple tree with a DBH of 43 cm in the optimal stage, and 10 on a hornbeam tree with a DBH of 56 cm in the decay stage. Of the 20 microhabitat groups examined, nests were not observed in any developmental stage. Except for water-filled tree holes, all other microhabitat groups occurred at their highest frequencies, with only minor differences, in the optimal stage, and their patterns of variation across developmental stages were generally similar. Although moss cover followed a similar pattern across all three developmental stages, its frequency was higher in the initial stage. Moreover, except for water-filled tree holes, the highest frequencies of microhabitats were generally recorded, with slight differences, on medium-diameter trees in the optimal stage, medium-diameter trees in the decay stage, and large-diameter trees in the optimal stage. The highest numbers of water-filled tree holes were recorded in the initial stage, particularly among large-diameter (32), small-diameter (23), and very large-diameter (16) trees. Insect galleries and wood-borer cavities were most frequent among small-diameter trees in the decay stage (9), exceeding their frequency in the other developmental stages. On average, 16.03% of trees (43.9 trees) had cavities, 2.11% (5.5 trees) had injuries, 8.03% (22.3 trees) had bark-related microhabitats, 3.02% (8.7 trees) had dead branches and crown structures, 19.29% (52.7 trees) had stem deformations, 12.72% (33 trees) hosted epiphytes, and 2.24% (3.3 trees) had other types of microhabitats. The mean number of microhabitats was 2.1 per tree, while 18.6% of trees hosted five or more microhabitats.

Conclusion: The formation of tree-related microhabitats varies according to tree species, site conditions, tree diameter, and forest management regime. Although microhabitat abundance generally increases with increasing DBH, some microhabitat groups may occur at high frequencies on small-diameter trees. Therefore, biodiversity conservation should encompass trees across a broad range of size classes. Particular attention should be given to retaining large-diameter trees supporting more than five types of microhabitats, as well as small-diameter trees bearing unique microhabitats. In addition, trees with the potential to develop microhabitats in the future should be incorporated into conservation planning.

Keywords: Natural forests; habitat trees; forest management; developmental stages.

How to Cite This Article: Parhizkar, P., Sagheb-Talebi, Kh., and Hassani, M. (2026). Evaluation of tree-related Microhabitats (TreMs) in the developmental stages at control stand of Kelardasht beech forests. Forest Research and Development, 12(2), 161-179. DOI: [10.30466/frd.2025.56448.1773](https://doi.org/10.30466/frd.2025.56448.1773)



Copyright ©2024 Parhizkar et al. Published by Urmia University.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

ارزیابی خردزیستگاه‌های درختی در مراحل تحولی راشستان‌های قطعه شاهد کلاردشت

پژمان پرهیزکار^{۱*}، خسرو ثاقب‌طالبی^۲ و مجید حسینی^۳

۱- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (pejmanparhizkar@gmail.com)

۲- استاد پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (saghebtalebi@yahoo.com)

۳- کارشناس پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (hassani226@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

چکیده

مقدمه و هدف: مدیریت پایدار بوم‌سازگان‌های جنگلی مستلزم بهره‌گیری از شاخص‌های زیستی مناسب برای ارزیابی وضعیت بوم‌شناسی جنگل است. خردزیستگاه‌های درختی از مهم‌ترین این شاخص‌ها به‌شمار می‌روند؛ زیرا زیستگاه ضروری بسیاری از گونه‌های جانوری، گیاهی و قارچی را فراهم می‌کنند و در جنگل‌های طبیعی یا جنگل‌های با حداقل مداخلات مدیریتی از فراوانی و تنوع بیشتری برخوردارند. این ساختارها که روی درختان زنده یا خشک‌دارها شکل می‌گیرند، شامل حفره‌های تجمع آب، حفره‌های تغذیه دارکوب، دالان حشرات و دیگر ساختارهای ویژه هستند که برای بقا، تغذیه و تولیدمثل بسیاری از گونه‌ها اهمیت دارند. هدف از این پژوهش، شناسایی، ارزیابی و مقایسه خردزیستگاه‌های درختی در مراحل مختلف تحولی راشستان‌های کمتر دست‌خورده قطعه شاهد منطقه کلاردشت بود.

مواد و روش‌ها: این بررسی، در قطعه شاهد سری یک طرح جنگلداری لنگا در حوضه آبخیز شماره ۳۶ (کاظم رود) انجام شد. مراحل تحولی بر اساس تعاریف Korpel، از سال ۱۳۸۷ در قطعه شاهد شناسایی و در هر مرحله تحولی اولیه، اپتیمال (اوج) و تخریب (پوسیدگی) یک قطعه نمونه به وسعت یک هکتار (۱۰۰×۱۰۰ متر) با در نظر گرفتن اضلاع در چهار جهت اصلی انتخاب شدند. گونه و قطر برابر سینه تمام درختان در هر قطعه اندازه‌گیری و ثبت شد. شناسایی خردزیستگاه‌های درختی بر اساس راهنمای اینتگریت پلاس (integrate⁺) اتحادیه اروپا، شامل هشت فرم کلی (حفره‌ها، صدمه‌ها و آسیب‌ها، پوست، چوب مرده، شکل رشد/ تغییر حالت، اپیفیت‌ها، لانه‌ها و سایر) و ۲۰ گروه (حفره‌های دارکوب، حفره‌های روی تنه، حفره‌های شاخه، حفره‌های تجمع آب، دالان حشرات، فقدان پوست، شکستگی تنه و تاج، ترک و زخم، پارگی پوست، ساختار پوست، شاخه‌های خشک، حفره‌های گورچه‌ای، توده انبوه شاخه، غده‌های سرطانی، اندام‌های

باردهی قارچ‌های چوب‌زی، قارچ‌های غیرحقیقی، کریپتوفیت‌ها، لانه‌ها، جریان شیرابه، ریزخاک) در سه قطعه نمونه یک هکتاری انجام شد.

یافته‌ها: در مراحل تحولی اولیه، اوج و پوسیدگی، به ترتیب ۴۰/۶، ۶/۲ و ۱۶/۸ درصد درختان فاقد هرگونه خردزیستگاه بودند. بیشترین تعداد خردزیستگاه ثبت شده روی یک درخت، در مرحله اولیه ۱۳ مورد روی یک درخت راش با قطر برابر سینه ۹۸ سانتی‌متر، در مرحله اوج ۹ مورد روی یک درخت شیردار با قطر برابر سینه ۴۳ سانتی‌متر و در مرحله پوسیدگی ۱۰ مورد روی یک درخت ممرز با قطر برابر سینه ۵۶ سانتی‌متر بود. از ۲۰ گروه خردزیستگاه بررسی شده، لانه موجودات در هیچ یک از مراحل تحولی مشاهده نشد. به جز حفره‌های تجمع آب، سایر خردزیستگاه‌ها بیشترین فراوانی را، با اختلافی اندک، در مرحله اوج نشان دادند و روند تغییرات آن‌ها در مراحل مختلف تحولی تقریباً مشابه بود. اگرچه پوشش خزّه در هر سه مرحله الگوی مشابهی داشت، فراوانی آن در مرحله اولیه بیشتر بود. همچنین، به جز حفره تجمع آب، بیشترین فراوانی خردزیستگاه‌ها با اندکی اختلاف به ترتیب در درختان با قطر متوسط مرحله اوج، درختان با قطر متوسط مرحله پوسیدگی و درختان قطور مرحله اوج ثبت شد. بیشترین تعداد حفره‌های تجمع آب نیز در مرحله اولیه و در کلاس‌های قطور (۳۲)، کم قطر (۲۳) و خیلی قطور (۱۶) شمارش شد. فراوانی دالان حشرات و حفره‌های چوب‌خواران در درختان کم قطر مرحله پوسیدگی (۹) بیش از سایر مراحل بود. به طور متوسط، ۱۶/۰۳ درصد (۴۳/۹ اصله) درختان دارای حفره، ۲/۱۱ درصد (۵/۵ اصله) دارای صدمه، ۸/۰۳ درصد (۲۲/۳ اصله) دارای خردزیستگاه‌های مرتبط با پوست، ۳/۰۲ درصد (۸/۷ اصله) دارای اندام‌ها و تاج خشک، ۱۹/۲۹ درصد (۵۲/۷ اصله) دارای تغییر شکل تنه، ۱۲/۷۲ (۳۳ اصله) درصد دارای اپی فیت و ۲/۲۴ درصد (۳/۳ اصله) دارای دیگر خردزیستگاه‌ها بودند. همچنین، میانگین تعداد خردزیستگاه‌ها ۲/۱ مورد در هر درخت بود و ۱۸/۶ درصد درختان دارای پنج خردزیستگاه یا بیشتر بودند.

نتیجه‌گیری: تشکیل خردزیستگاه‌های درختی با توجه به گونه درختی، شرایط مکانی، قطر درخت و نوع مدیریت جنگل متفاوت است. اگرچه فراوانی خردزیستگاه‌ها با افزایش قطر برابر سینه افزایش می‌یابد، برخی گروه‌های خردزیستگاهی در درختان کم قطر، فراوانی بالایی دارند. از این رو، حفاظت از تنوع زیستی باید شامل درختان در اندازه‌های مختلف باشد. حفظ درختان قطور با بیش از پنج نوع خردزیستگاه و همچنین درختان کم قطر با خردزیستگاه‌های منحصربه‌فرد ضروری است. علاوه بر این، درختانی که قابلیت تشکیل خردزیستگاه در آینده را دارند، باید در برنامه‌های حفاظتی مورد توجه قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های طبیعی، درختان زیستگاهی، مدیریت جنگل، مراحل تحولی.

مقدمه

جنگل‌ها نقش کلیدی در حل مسئله جهانی کاهش تنوع زیستی دارند؛ زیرا میزبان حدود دو سوم تنوع زیستی زمینی جهان هستند (World Commission on Forests and Sustainable Development, 1999). با این حال، ارزیابی توانایی استراتژی‌های مدیریت پایدار جنگل برای حفظ تنوع زیستی پیچیده است (Drapeau et al., 2009; Blicharska et al., 2020)، زیرا بررسی‌های جامع تنوع زیستی به‌طور عمده زمان‌بر و هزینه‌بر است. در نتیجه برای اهداف عملی، بررسی‌های تنوع زیستی بیشتر بر روی گروه کوچکی از گونه‌ها، به‌طور معمول مهره‌داران و گیاهان آوندی متمرکز می‌شوند. این امر کاربرد آنها را در مدیریت و حفاظت جنگل محدود می‌کند. بنابراین حضور عوامل قابل اعتماد که به راحتی قابل پایش باشند برای ارزیابی اثرات انسان بر تنوع زیستی در بوم‌سازگان‌های جنگلی، ضروری است.

مدیریت جنگل برای تولید چوب و به‌طور کلی مداخلات انسانی، باعث تخریب جنگل‌ها (Puettmann et al., 2009)، تهدید زیستگاه‌ها، عملکردها و خدمات ارائه‌شده توسط بوم‌سازگان جنگلی در سراسر جهان شده است. از این‌رو، جنگل‌های طبیعی باقی‌مانده در حال حاضر نقش کلیدی را به‌عنوان مرجع طبیعی بودن در مناظر جنگلی تخریب‌شده ایفا می‌کنند و دانشی را در مورد فرآیندهای توسعه عناصر حیاتی زیستگاه برای بازسازی در جنگل‌های مدیریت‌شده ارائه می‌کنند (Watson et al., 2018). ارزیابی موفقیت راهبردهای مدیریت نزدیک به طبیعت، نیاز به استفاده از شاخص‌های قابل اعتماد و در عین حال قابل اجرا دارد. خرد زیستگاه‌های درختی می‌توانند نقش شاخص‌های زیستی را ایفا کنند. آنها

ساختارهایی روی درختان زنده یا خشک‌دارها هستند که بستر یا مکان حیاتی خاص و ضروری برای حداقل بخشی از چرخه زندگی گونه‌ها یا جوامع گونه‌ای را برای توسعه، تغذیه و یا پناه دادن ایجاد می‌کنند (Larrieu et al., 2018). خردزیستگاه‌های درختی براساس ظاهر به شکل‌های مختلفی مانند حفره تغذیه دارکوب، حفره‌های روی تنه دارای مواد نرم در حال تجزیه، حفره‌های گورچه‌ای، حفره‌های تجمع آب، حفره و دالان حشرات، فقدان پوست، ترک و زخم، ساختار پوست زبر و خشن، غده‌های سرطانی، قارچ‌های چوب‌زی، لانه‌ها و غیره دسته‌بندی می‌شوند (Larrieu et al., 2018). بنابراین آنها طیف گسترده‌ای از ساختارها را نشان می‌دهند که برای بسیاری از گونه‌های جانوری، گیاهی یا قارچی ضروری است و چندین گونه به‌شدت به این خردزیستگاه‌ها خاص وابسته هستند. برخی مانند حفره‌ها می‌توانند میزبان چندین گونه باشند. برای مثال حفره‌های تجمع آب، منبع مهمی برای آب‌رسانی و تغذیه گونه‌های جانوری هستند (Gossner et al., 2020; Kirsch et al., 2021). به همین دلیل، ثابت شده است که خردزیستگاه‌های درختی شاخص تنوع زیستی جنگل هستند (Paillet et al., 2018; Larrieu et al., 2019; Basile et al., 2020). غنا و تنوع خردزیستگاه‌ها و همچنین بروز انواع خاص از آنها، شاخص‌های مرتبط طبیعی بودن یا دیرزیستی جنگل نیز هستند (Winter and Möller, 2008; Michel and Winter, 2009; Vuidot et al., 2011; Larrieu et al., 2012; Paillet et al., 2017; Asbeck et al., 2021). برخی از خردزیستگاه‌ها مانند حفره‌های تجمع آب (Kitching, 1971) یا حفره‌های تنه‌ای (Wesołowski, 2007)، از مدت‌ها قبل مورد توجه پژوهشگران بودند. برخی پژوهشگران نیز نگهداری خشک‌دارها در جنگل به‌عنوان خردزیستگاه را دیدگاهی نزدیک به طبیعت معرفی کردند (Sefidi

شکاف تنه‌ای (۳۱/۷ درصد) و بعد از آن درختان دارای حفره (۲۹/۳ درصد)، رویش غده‌ای (۲۴/۴ درصد) و رشد چنگالی (۱۴/۷ درصد) محاسبه شد. (Khanalizadeh et al. (2020) نیز نشان دادند که هیچ تفاوت معنی‌داری در تعداد کل خردزیستگاه‌های ارزیابی‌شده در هر هکتار در جنگل‌های مدیریت‌شده با رژیم مدیریتی کم‌شدت با انتخاب تک‌درخت در مقایسه با جنگل‌های اخیراً مدیریت‌نشده (بدون مداخله مدیریتی برای حداقل ۳۰ سال) در راشستان‌های هیرکانی وجود نداشت. Javanmiri Pour and Etemad (2024)، طی پژوهشی در توده‌های آمیخته جنگل‌های خیرود نوشهر نشان دادند که بیشترین فراوانی درختان زیستگاهی در واحد سطح (۱۰/۹۵ اصله در هکتار) مربوط به پایه‌های توخالی از ناحیه کنده و امتداد ریشه‌ها بود. (Rafiei Jahed et al. (2025) ضمن بررسی خردزیستگاه‌های درختی در مرحله تحولی تخریب در راشستان‌های مناطق سیکا در مازندران و سفارود در گیلان نشان دادند که از نظر نوع خردزیستگاه، بیشترین فراوانی خردزیستگاه در هر دو منطقه سیکا و سفارود مربوطه به سه نوع خردزیستگاه خزها، حفره پوسیدگی تنه و حفره‌های گورچه‌ای به‌ترتیب با مجموع ۱۷۴، ۱۴۶ و ۱۱۸ عدد بود. (Larrieu et al. (2021) ضمن بررسی روشی برای ساده‌سازی پایش معمول خردزیستگاه‌های درختی نشان دادند که همه خردزیستگاه‌های درختی روی درختان پهن‌برگ حداقل یک هم‌زمانی معنی‌دار با خردزیستگاه دیگر دارند. از دست دادن پوست، حفره‌های ناشی از پوسیدگی و ترک بیشترین تعداد هم‌زمانی مثبت را با دیگر خردزیستگاه‌های درختی برای پهن‌برگ‌ها نشان داد. (Marziliano et al. (2021) با ارزیابی عوامل موثر بر کمیت و نوع درختان زیستگاهی در جنگل‌های کوهستانی ایتالیا نشان دادند که قطر درختان در ارتفاع

(Marvi Mohadjer, 2016). درحالی‌که، مدل مفهومی از خردزیستگاه‌های درختی مختلف که بخش قابل توجهی از تنوع زیستی جنگل را نشان می‌دهد، جدیدتر است. در واقع، نکته جدید در "مدل مفهومی خرد زیستگاه" در نظر گرفتن آنها در مقیاس توده، به عنوان مجموعه‌ای کلیدی از منابع برای طیف بسیار گسترده‌تری از گونه‌ها است، که از نظر عملکردی به یکدیگر و همچنین به عناصر دیگری مانند چوب مرده مرتبط هستند. بنابراین، این رویکرد، ارزیابی و جهت‌دهی استراتژی‌های مدیریت جنگل را هدف قرار می‌دهد که تنوع زیستی را حفظ می‌کنند.

پژوهش‌های مختلفی در این خصوص در داخل و خارج از ایران انجام شده است. مانند، Eshaghi Rad and Khanalizadeh (2014) در بررسی خردزیستگاه‌های درختی در جنگل‌های خزان‌کننده نوشهر نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین میانگین تعداد در هکتار درختان زیستگاهی در قطعه‌های مدیریت‌شده (۲۸/۱ اصله) و قطعه شاهد (۲۶/۷ اصله) وجود ندارد. (Sefidi (2018) با بررسی درختان زیستگاهی و خشک‌دارها در توده‌های جنگل‌های راش منطقه سیاهکل، بیشترین فراوانی را مربوط به درختان راش دارای حفره (۳۵/۸ درصد از کل درختان) معرفی کرد. او در پژوهش خود توصیه کرد که حداقل ۱۵ درصد از کل درختان قطور و خیلی قطور در جنگل‌های مشابه نگهداری شوند. او همچنین تاکید کرد که برخی از خردزیستگاه‌های درختی مانند غده‌های روی تنه به دلیل اینکه در دوره‌های زمانی طولانی‌تر ایجاد می‌شوند، نیازمند توجه بیشتری هستند. (Sefidi et al. (2019) پژوهشی را با هدف ارزیابی کمی و کیفی درختان زیستگاهی در سه قطعه نمونه یک هکتاری در راشستان‌های سفارود استان گیلان انجام دادند. در پژوهش ایشان بیشترین فراوانی مربوط به درختان دارای

برابرسینه بر فراوانی و تنوع درختان زیستگاهی اثرگذار است. بررسی عوامل مرتبط با حضور درختان زیستگاهی در جنگل‌های راش اروپایی و راش شرقی نشان داد که ترکیب‌های درختان زیستگاهی بیشتر توسط گونه‌های راش، ارتفاع از سطح دریا و اقلیم با تمرکز بر درختان دارای قطر برابرسینه غالب تعیین می‌شود (Mamadashvili et al., 2023).

هدف از اجرای این پروژه، شناسایی و ارزیابی خردزیستگاه‌های درختی و مقایسه ویژگی‌های آنها در مراحل مختلف تحولی در راشستان‌های کمتر دست‌خورده قطعه شاهد منطقه کلاردشت بود. نتیجه این پژوهش مشخص می‌کند که جهت‌گیری مدیریت‌ها به چه سمتی باشد تا به حفظ تنوع زیستی در ساختارهای مختلف کمک کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

پژوهش پیش‌رو در راستای فاز دوم طرح ملی "شناخت ویژگی‌های راشستان‌های شمال کشور برای تدوین معیارها و شاخص‌های مناسب برای اعمال مدیریت نزدیک به طبیعت جنگل‌های هیرکانی" است که از سال ۱۳۸۷ در موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در دست اجراست و در پژوهش اخیر، قطعه شاهد (شماره ۱۳۹) سری یک طرح جنگلداری لنگا در حوضه آبخیز شماره ۳۶ (کاظم رود) مورد بررسی قرار گرفت. این جنگل‌ها جزو مناطق کوهستانی و بالابند محسوب می‌شوند. در قطعه شاهد به مساحت ۴۳ هکتار، هیچگونه برنامه بهره‌برداری انجام نشده و حتی خشک‌دارهای افتاده و سرپا نیز به حالت طبیعی در جنگل باقی مانده‌اند. این قطعه در دامنه ارتفاعی ۱۳۵۰

متر تا ۱۶۵۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. جهت عمومی قطعه، شمال شرقی - شمالی است که سیمای عمومی، یک جنگل دانه‌زاد ناهمسال نامنظم را نشان می‌دهد و تیپ جنگل راش خالص است. خاک منطقه از نوع قهوه‌ای جنگلی با pH اسیدی (۵/۳ تا ۵/۸) است. مقدار بارندگی سالیانه حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه حدود هشت درجه سانتی‌گراد و فاقد فصل خشک است (Anonymous, 1998).

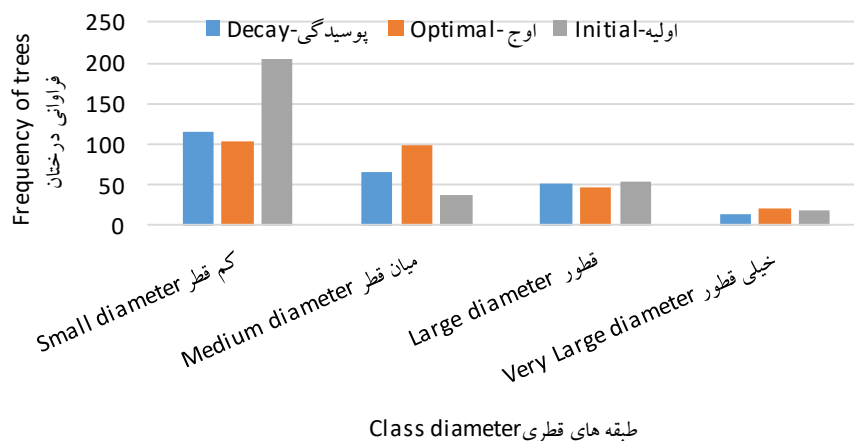
روش بررسی

اندازه‌گیری درختان

در سال ۱۳۸۷، پس از جنگل‌گردشی در قطعه شاهد، مراحل تحولی بر اساس تعاریف Korpel (1995) شناسایی و در هر مرحله تحولی اولیه، اپتیمال و تخریب یک قطعه نمونه به وسعت یک هکتار (۱۰۰×۱۰۰ متر) با در نظر گرفتن اضلاع در چهار جهت اصلی انتخاب شدند (Sagheb-Talebi et al. 2020). مختصات مراکز و گوشه پلات‌ها نیز برداشت شدند. مشخصات عمومی هر قطعه نمونه شامل جهت جغرافیایی، شیب، ارتفاع از سطح دریا و تاج پوشش توده یادداشت شد. مطابق سال ۱۳۸۷، در این پروژه نیز برای بار دوم آماربرداری صددرصد در هر قطعه یک هکتاری با برداشت نوع گونه درختی و قطر برابرسینه انجام شد تا تغییرات احتمالی در مراحل تحولی مشخص شود. مشخصات ساختاری قطعه‌های مورد بررسی در جدول ۱ و شکل ۱ ارائه شده است. در محاسبات، قطر درختان به چهار طبقه کم‌قطر (کمتر از ۳۰ سانتی‌متر)، میان‌قطر (۳۵ تا ۵۰ سانتی‌متر)، قطور (۵۵ تا ۷۰ سانتی‌متر) و خیلی قطور (بیشتر از ۷۵ سانتی‌متر) تقسیم شدند.

جدول ۱- مشخصات ساختاری قطعه‌های مورد بررسی (Kakavand et al., 2020)

حجم (مترمکعب) Standing volume (m ³ /ha)	متوسط قطر برابر سینه (سانتی‌متر) Mean dbh (cm)	تعداد در هکتار Stems per ha	مراحل تحولی Development Stages
537.7	39	340	اولیه Initial
664.7	46	259	اوج Optimal
521.4	43	244	پوسیدگی Decay



شکل ۱- فراوانی درختان در مراحل تحولی و طبقه‌های مختلف قطری

Figure 2. Frequency of trees in developmental stages and different diameter classes

خردزیستگاه‌های درختی

شناسایی خردزیستگاه‌های درختی بر اساس راهنمای اینتگریت پلاس (integrate+) اتحادیه اروپا (Kraus et al., 2016)، شامل هشت فرم کلی (حفره‌ها، صدمه‌ها و آسیب‌ها، پوست، چوب مرده، شکل رشد/ تغییر حالت، اپیفیت‌ها، لانه‌ها و غیره) و ۲۰ گروه به تفکیک خردزیستگاه‌های ساپروکسیلیک (شامل چوب در حال پوسیدگی) و اپیکسیلیک (بدون چوب پوسیده) مانند حفره‌ها، شاخه‌های مرده بزرگ، ترک‌ها و زخم‌ها، اپیفیت‌ها و جریان شیرابه انجام شد.

در این پژوهش، برای تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی استفاده شد. شاخص فراوانی در هر مرحله تحولی مورد استفاده قرار گرفت و جداول توزیع

فراوانی ارائه شد. شاخص‌های میانگین و انحراف معیار بین سه مرحله تحولی محاسبه شد.

نتایج

از مجموع ۳۴۰ درخت مورد بررسی (راش ۳۰۶ اصله، ممرز ۲۸ اصله، شیردار دو اصله و گیلاس وحشی چهار اصله) در مرحله اولیه، ۱۳۸ درخت (۴۰/۶ درصد) فاقد هر نوع خردزیستگاه بود که بیشتر در طبقه کم‌قطر حضور داشتند. بیشترین تعداد خرد زیستگاه (۱۳) روی یک درخت راش با قطر برابر سینه ۹۸ سانتی‌متر مشاهده شد. از مجموع ۲۰ گروه خردزیستگاه مورد بررسی چهار گروه شامل منافذ یا حفره‌های شاخه، قارچ غیرحقیقی، لانه موجودات و ریزخاک در هیچ‌کدام از درختان مرحله تحولی اولیه مشاهده نشد.

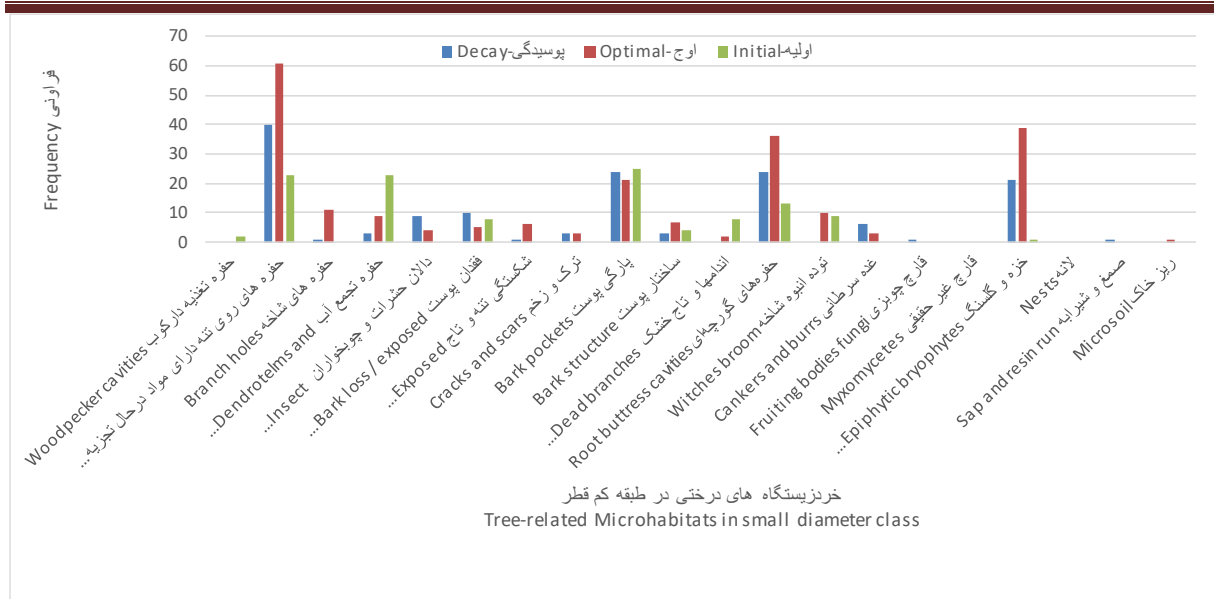
از مجموع ۲۵۹ درخت مورد بررسی (راش ۲۲۲ اصله، ممرز ۱۵ اصله، شیردار ۱۸ اصله و پلت چهار اصله) در مرحله اوج، ۱۶ درخت (۶/۲ درصد) فاقد هر نوع خردزیستگاه بود. بیشترین تعداد (نه) خردزیستگاه روی یک درخت شیردار با قطر برابر سینه ۴۳ سانتی‌متر رویت شد. از مجموع ۲۰ گروه خردزیستگاه مورد بررسی، دو گروه شامل حفره تغذیه دارکوب و لانه موجودات در هیچ‌کدام از درختان مرحله تحولی اوج مشاهده نشد.

از مجموع ۲۴۴ درخت مورد بررسی (راش ۲۲۷ اصله، ممرز ۱۵ اصله، شیردار یک اصله و پلت یک اصله) در مرحله پوسیدگی، ۴۱ درخت (۱۶/۸ درصد) فاقد هر نوع خردزیستگاه بود. بیشترین تعداد (۱۰) خرد زیستگاه روی یک درخت ممرز با قطر برابر سینه ۵۶ سانتی‌متر رویت شد. از مجموع ۲۰ گروه خردزیستگاه مورد بررسی دو گروه شامل حفره تغذیه دارکوب، قارچ غیرحقیقی و لانه موجودات در هیچ‌کدام از درختان مرحله تحولی پوسیدگی مشاهده نشد.

به‌جز خردزیستگاه حفره تجمع آب، دیگر خردزیستگاه‌ها بیشترین فراوانی را با اندکی اختلاف در مرحله اوج نشان دادند. بیشترین تعداد حفره‌های تجمع آب (۸۷ حفره) در مرحله تحولی اولیه شمارش شد. بیشترین فراوانی در هر سه مرحله تحولی به‌ترتیب مربوط به حفره‌های روی تنه دارای مواد نرم در حال تجزیه (اولیه = ۱۵۴، اوج = ۲۶۸ و پوسیدگی = ۲۳۰)،

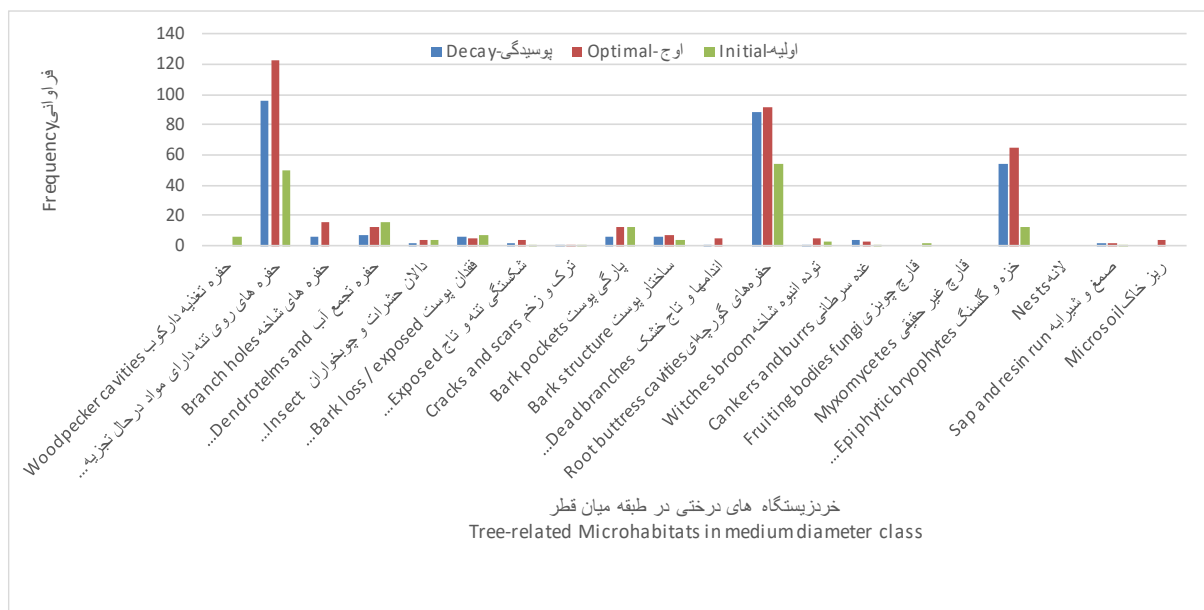
حفره‌های گورچه‌ای (اولیه = ۱۵۷، اوج = ۲۱۱ و پوسیدگی = ۱۹۸) و پوشش سرخس، خزه و گل‌سنگ (اولیه = ۳۰، اوج = ۱۴۰ و پوسیدگی = ۱۲۰) بود. کمترین فراوانی مربوط به منافذ یا حفره‌های شاخه، شکستگی تنه و تاج، ترک و زخم، اندام‌ها و تاج خشک، قارچ‌های غیرحقیقی و لانه موجودات بود. به‌جز خردزیستگاه حفره تجمع آب، به‌طور تقریبی روند تغییرات فراوانی دیگر خردزیستگاه‌های درختی در این مراحل مشابه بود. هر چند فراوانی پوشش سرخس و خزه روی تنه درختان روند مشابهی را در هر سه مرحله تحولی نشان داد ولی فراوانی در مرحله اولیه نسبت به دو مرحله دیگر به نسبت کمتر بود. حفره تغذیه دارکوب به‌جز مرحله تحولی اولیه در دیگر مراحل دیده نشد (جدول ۲).

به‌جز خردزیستگاه حفره تجمع آب، دیگر خردزیستگاه‌ها بیشترین فراوانی را با اندکی اختلاف به‌ترتیب در کلاسه قطری متوسط مرحله تحولی اوج، کلاسه قطری متوسط مرحله پوسیدگی و کلاسه قطور مرحله اوج نشان دادند. بیشترین تعداد حفره‌های تجمع آب به‌ترتیب در کلاسه قطور (۳۲)، کم‌قطر (۲۳) و خیلی قطور (۱۶) مرحله تحولی اولیه شمارش شد. نکته جالب توجه فراوانی بیشتر خردزیستگاه دالان حشرات و حفره‌های چوب‌خواران در کلاسه کم‌قطر مرحله پوسیدگی (۹) نسبت به دیگر کلاسه‌های قطری در مراحل دیگر بود (شکل‌های ۲ تا ۵).



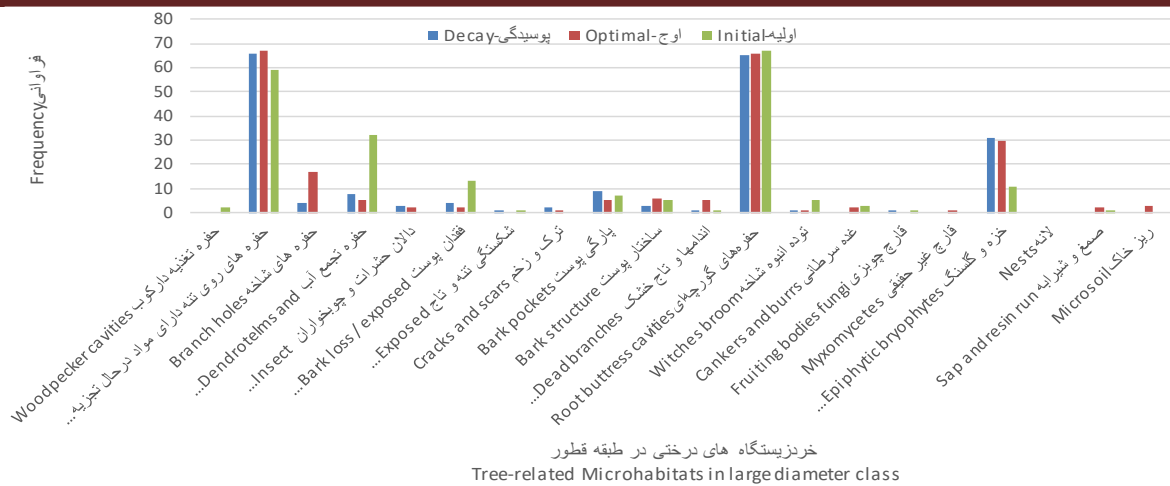
شکل ۲- روند تغییرات فراوانی خردزیستگاه‌های درختی در طبقه درختان کم قطر مراحل تحولی

Figure 2. Frequency distribution of tree-related microhabitats in the small-diameter tree class in the developmental stages

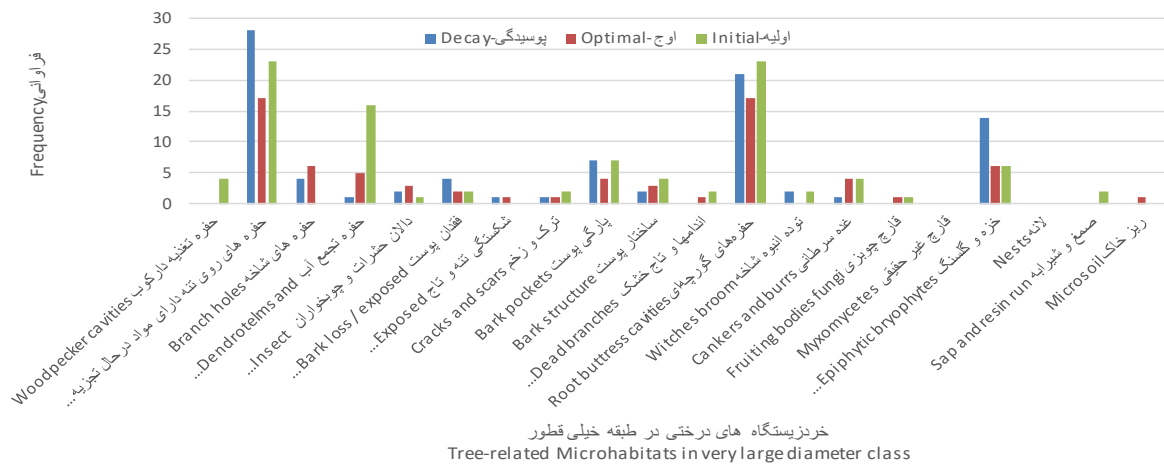


شکل ۳- روند تغییرات فراوانی خردزیستگاه‌های درختی در طبقه درختان میان قطر مراحل تحولی

Figure 3. Frequency distribution of tree-related microhabitats in the medium-diameter tree class in the developmental stages



شکل ۴- روند تغییرات فراوانی خردزیستگاه‌های درختی در طبقه درختان قطور مراحل تحولی
Figure 4. Frequency distribution of tree-related microhabitats in the large-diameter tree class in the developmental stages



شکل ۵- روند تغییرات فراوانی خردزیستگاه‌های درختی در طبقه درختان خیلی قطور مراحل تحولی
Figure 5. Frequency distribution of tree-related microhabitats in the very large-diameter tree class in the developmental stages

۸/۰۳ درصد (۲۲/۳ اصله) خردزیستگاه‌های مرتبط با پوست، ۳/۰۲ درصد (۸/۷ اصله) به اندام‌ها و تاج خشک (چوب مرده)، ۱۹/۲۹ درصد (۵۲/۷ اصله) به شکل رشد و تغییر حالت در تنه، ۱۲/۷۲ درصد (۳۳ اصله) به اپیفیت‌ها و ۲/۲۴ درصد (۳/۳ اصله) به دیگر خردزیستگاه‌ها (صمغ و شیرابه و ریز خاک) تعلق داشت (جدول ۲).

فراوانی نسبی خردزیستگاه‌های درختی در هکتار، در مراحل مختلف تحولی متفاوت بود. متوسط این مقدار در سه مرحله تحولی، از ۰/۱۳ درصد در قارچ‌های حقیقی تا ۶۱/۱۷ درصد در حفره‌های روی تنه دارای مواد نرم در حال تجزیه متغیر بود. به‌طور متوسط، ۱۶/۰۳ درصد (۴۳/۹ اصله) از درختان در هکتار به حفره‌ها، ۲/۱۱ درصد (۵/۵ اصله) دارای صدمه و آسیب،

جدول ۲- فراوانی نسبی هر یک از خردزیستگاه‌های درختی در هکتار

Table 2. Relative frequency of each tree microhabitat per hectare

پوست Bark		صدمه ها و آسیب ها Injuries and wounds				حفره ها Cavities			
ساختار پوست Bark structure	پارگی پوست Bark pockets	ترک و زخم Cracks and scars	شکستگی تنه و تاج Exposed heartwood / trunk and crown breakage	فقدان پوست Bark loss / exposed sapwood	دالان حشرات و چوب‌خواران Insect galleries and bore holes	حفره تجمع آب Dendrotelms and water-filled holes	حفره های شاخه Branch holes	حفره های روی تنه دارای مواد در حال تجزیه Trunk and mould cavities	حفره تغذیه دارکوب Woodpecker cavities
5.74	10.25	2.87	2.05	9.43	6.56	7.79	6.15	67.21	0.00
8.88	8.88	2.32	4.25	5.41	4.63	11.97	18.15	80.69	0.00
5.00	9.41	0.59	0.59	7.65	1.47	22.06	0.00	35.59	3.82
6.54	9.51	1.92	2.29	7.49	4.22	13.94	8.10	61.17	1.27
									پوسیدگی Decay
									اوج Optimal
									اولیه Initial
									میانگین Average

ادامهٔ جدول ۲.

Continued Table 2.

موارد دیگر Other		لانه‌ها Nests	اپیفیت‌ها Epiphytes		شکل رشد/تغییر حالت Deformation / growth form			چوب مرده Deadwood	
ریز خاک Microsoil	صمغ و شیرابه Sap and resin run	لانه Nests	خزه و گلسنگ Epiphytic bryophytes coverage	قارچ غیر حقیقی Myxomycetes	قارچ چوب‌زی Fruiting bodies fungi	غده سرطانی Cankers and burrs	تودهٔ انبوه شاخه Witches broom	حفره‌های گورچه‌ای Root buttress cavities	اندام‌ها و تاج خشک Dead branches and limbs / crown deadwood
0.00	1.23	0.00	49.18	0.00	0.82	3.28	2.87	55.74	0.82
3.47	1.54	0.00	54.05	0.39	0.00	4.63	5.79	59.85	5.02
0.00	1.18	0.00	8.82	0.00	1.18	1.76	5.59	34.12	3.24
1.16	1.32	0.00	37.35	0.13	0.67	3.23	4.75	49.90	3.02

پوسیدگی
Decay

اوج
Optimal

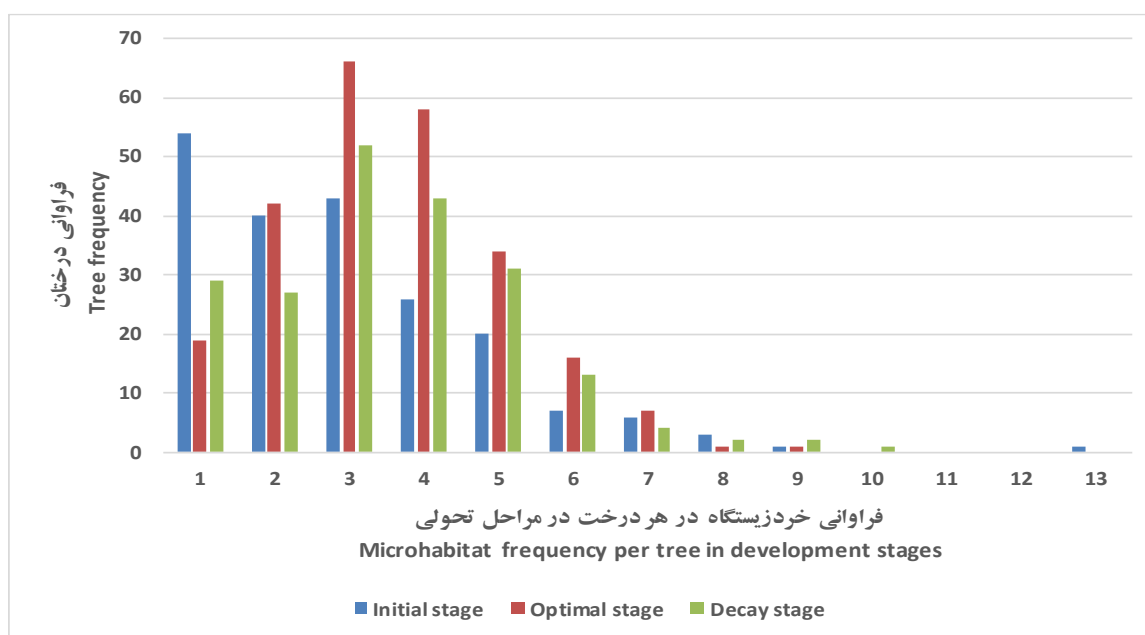
اولیه
Initial

میانگین
Average

خردزیستگاه و بیشتر دارند با دیگر درختان دیده می-شود. فراوانی نسبی درختانی که دارای پنج خردزیستگاه و بیشتر بودند در مراحل تحولی اوج (۲۲/۸ درصد درختان در هکتار) و پوسیدگی (۲۱/۷ درصد) مشابه هم بود، ولی در مرحله تحولی اولیه (۱۱/۲ درصد) مقدار کمتری را نشان داد. به طور متوسط فراوانی درختان با پنج خردزیستگاه و بیشتر در سه مرحله تحولی ۱۸/۶ درصد بود.

در مراحل تحولی اولیه، اوج و پوسیدگی، به ترتیب ۱/۳، ۲/۶ و ۲/۴ خردزیستگاه در هر درخت (۲/۱ به طور متوسط در سه مرحله) شناسایی شد. در مجموع، در سه مرحله تحولی حدود ۷۹ درصد درختان دارای خردزیستگاه بودند.

در مجموع، در سه مرحله تحولی حدود ۷۹ درصد درختان دارای خردزیستگاه بودند و همانطور که پیش تر اشاره شد فراوانی آنها در مراحل تحولی بین صفر تا ۱۳ خردزیستگاه در هر درخت متغیر بود. روند تغییرات فراوانی خردزیستگاه ها در هر درخت نیز در مراحل مختلف تحولی متفاوت بود. در مرحله تحولی اولیه، فراوانی درختان با افزایش فراوانی خردزیستگاه موجود روی آنها کاهشی بود. به عبارتی، بیش ترین فراوانی مربوط به درختانی بود که تنها یک خردزیستگاه داشتند (شکل ۶). درحالی که در مراحل تحولی اوج و پوسیدگی، فراوانی درختان ابتدا افزایشی و پس از رسیدن تعداد خردزیستگاه ها در هر درخت به عدد ۳، روند کاهشی را دنبال کرد (شکل ۶). با توجه به شکل ۶، اختلاف چشمگیری بین فراوانی درختانی که پنج



شکل ۶- فراوانی درختان با تعداد خردزیستگاه متغیر در مراحل تحولی

Figure 6. Frequency of trees with varying numbers of microhabitats in development stages

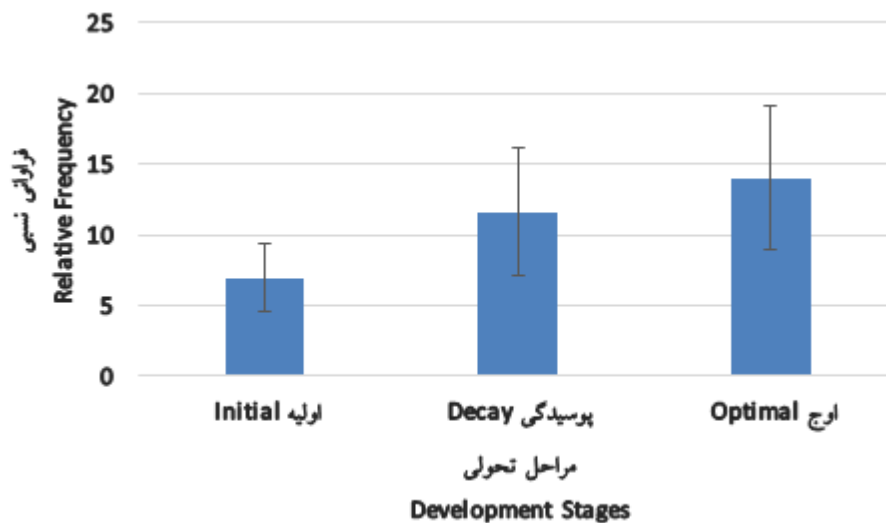
خردزیستگاه های درختی در مراحل تحولی اولیه، اوج و پوسیدگی، به ترتیب ۶/۹، ۱۱/۶ و ۱۳/۹ بود (شکل ۷).

اختلاف میانگین معنی داری بین فراوانی نسبی خردزیستگاه ها بین مراحل مختلف تحولی وجود نداشت (جدول ۳). متوسط فراوانی نسبی

جدول ۳- مقایسه میانگین فراوانی نسبی خردزیستگاه‌های درختی بین مراحل تحولی

Table 3. Comparison of the mean relative frequency of tree-related microhabitats between developmental stages

معنی داری Sig.	آماره F	میانگین مربعات Mean Square	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of Squares	
0.480	0.743	259.6	2	519.2	بین گروه‌ها Between Groups
		349.3	57	19912.6	درون گروه‌ها Within Groups
			59	20431.8	مجموع Total



شکل ۷- میانگین فراوانی نسبی خردزیستگاه‌های درختی بین مراحل تحولی

Figure 7. The mean relative frequency of tree-related microhabitats in the developmental stages

بحث

دوره زندگی خود در معرض تغییرات جوی، حوادث طبیعی و یا مورد استفاده گونه‌های وابسته (دارکوب، قارچ و سوسک‌های چوب‌زی و غیره) قرار گرفته و در پوست یا تنه خود دچار آسیب شده و در نتیجه تبدیل به درختان زیستگاهی شوند، بیشتر است. Sefidi and Sadeghi (2020) حفظ درختان با قطر حداقل یک متر را در داخل توده توصیه کردند که این امر را موجب حفظ زیستگاه‌ها و درختان زیستگاهی دارای ارزش زیستی بیشتر را عنوان کردند. ممکن است که درختان با ارزش اقتصادی اندک، ارزش زیستگاهی بالایی داشته باشند. ارزش گذاری درختان توده صرفاً بر مبنای ارزش

همسو با افزایش قطر برابر سینه، فراوانی خردزیستگاه‌های درختی نیز افزایش نشان داد که با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت دارد (Regnery et al., 2013; Paillet et al., 2018). Sefidi and Copenheaver (2020) نیز در پژوهش خود که در توده‌های راش شرقی در جنگل‌های گیلان انجام دادند بیان کردند که قطر برابر سینه، مهم‌ترین عامل پیش‌بینی‌کننده فراوانی خردزیستگاه‌ها روی درختان است. با توجه به اینکه معمولاً درختان قطور مسن‌تر هستند و این موضوع احتمال اینکه این درختان در طول

اقتصادی آن‌ها می‌تواند منجر به از دست رفتن بخش زیادی از ارزش اکولوژیکی توده شود. البته ذکر این نکته ضروری است که علاوه بر نوع گونه و قطر درخت، عوامل محیطی نیز در تعیین نوع و فراوانی خردزیستگاه‌ها نقش بسزایی دارند (Rafiei Jahed et al., 2020).

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که خردزیستگاه‌های درختی در طبقات مختلف قطری درختان حضور دارند که با نتایج Javanmiri Pour and Etemad (2024) در یک راستا قرار دارد. اگرچه بیشتر خردزیستگاه‌ها روی درختان میان‌قطر و قطور بیشترین فراوانی را نشان دادند ولی برخی از آنها مانند پارگی پوست و دالان حشرات، بیشتر روی خشک‌دارهای کم-قطر دیده شدند. با توجه به افزایش ضخامت پوست درختان همسو با افزایش سن (Mirabdollahi shamsi et al., 2011)، مقاومت آنها در برابر پارگی و نفوذ حشرات در سنین پایین کمتر است. این موضوع فراوانی بیشتر این خردزیستگاه‌ها در طبقه‌های کم‌قطر را توجیه می‌کند.

در پژوهش پیش‌رو، خردزیستگاه‌های مربوط به شکل رشد و تغییر حالت در تنه با ۵۲/۷ درخت در هکتار (۱۹/۳ درصد)، بیشترین فراوانی را نشان دادند. Khanalizadeh et al. (2020) طی پژوهشی در رашستان‌های مازندران نشان دادند که حفره ساقه همراه با پوسیدگی، به مراتب شایع‌ترین نوع خردزیستگاه در جنگل‌های مدیریت‌شده (۱۶.۵ در هکتار) و همچنین در جنگل‌های اخیراً مدیریت‌نشده (۱۴.۲ در هکتار) بود. Javanmiri Pour and Etemad (2024) نیز پایه‌های توخالی از ناحیه کنده و امتداد ریشه‌ها را فراوان‌ترین خردزیستگاه‌ها (۱۰/۹۵ اصله در هکتار) در توده‌های آمیخته و میان‌بند جنگل‌های هیرکانی معرفی کردند. تفاوت در گزارش‌ها از عوامل مختلفی ناشی می‌شود؛

به‌طور مثال، نوع خردزیستگاه‌های مورد بررسی در پژوهش‌های یادشده به دلیل استفاده از منابع مختلف، در برخی موارد متفاوت بوده است. برای مثال در پژوهش پیش‌رو درختان ریشه‌کن شده و یا دارای خمیدگی که در پژوهش Javanmiri Pour and Etemad (2024) بررسی شده، به‌عنوان خردزیستگاه مورد بررسی قرار نگرفته است و برعکس ایشان خردزیستگاه‌های مربوط به پوست درختان و اپی‌فیت‌ها را مورد توجه قرار ندادند. عامل دیگر، استفاده از روش‌های مختلف آماربرداری در پژوهش‌ها است. به‌طوری‌که Khanalizadeh et al. (2020) از قطعه نمونه‌های ۱۰۰۰ مترمربعی در آماربرداری استفاده کردند ولی در پژوهش ما قطعه‌های یک هکتاری به‌صورت صددرصد مورد آماربرداری قرار گرفت. علاوه بر این موارد، آمیختگی درختان در پژوهش‌ها نیز متفاوت بود. به‌طوری‌که Javanmiri Pour and Etemad (2024) توده‌های جنگلی آمیخته در ارتفاع میان‌بند را مورد بررسی قرار دادند، درحالی‌که پژوهش ما در یک رашستان خالص انجام شد.

به‌طور متوسط ۲/۱ خردزیستگاه در هر درخت در سه مرحله تحولی شناسایی شد که با نتایج Rafiei Jahed et al. (2020) در یک راستا قرار دارد.

نتیجه‌گیری

مقدار تشکیل خردزیستگاه‌های درختی در گونه‌های مختلف درختی، مکان‌ها و قطرهای متفاوت درختان و همچنین نوع مدیریت جنگل بسیار متفاوت است. نرخ بالای تشکیل برخی از گروه‌های خردزیستگاه در درختان کم‌قطر نشان می‌دهد که حفظ درخت برای تنوع زیستی باید به درختان در هر اندازه‌ای مربوط شود. بنابراین در راستای حفاظت از تنوع زیستی، نه تنها باید برای توده‌های جنگلی و درختانی که دارای تعداد زیادی خردزیستگاه هستند، بلکه برای درختانی که احتمال

را برای اخذ گواهینامه‌های مدیریت پایدار جنگل الزامی دانست. در این راستا، پژوهش پیش‌رو نشان داد که اختلاف چشمگیری بین فراوانی درختانی که پنج خردزیستگاه و بیشتر دارند با دیگر درختان دیده می‌شود و به‌طور متوسط فراوانی درختان با پنج خردزیستگاه و بیشتر در سه مرحله تحولی ۱۸/۶ درصد در هکتار بود که قابل توصیه برای مدیریت جنگل‌های مشابه است.

تشکیل خردزیستگاه در آینده به دلیل گونه یا شرایط محیطی محلی در آنها زیاد است، ارزش قائل شد. در این راستا، افزودن مدل‌های کمی تشکیل خردزیستگاه، به شبیه‌سازهای پویایی توده‌های جنگلی برای در نظر گرفتن بهتر حفاظت از تنوع زیستی در مدیریت جنگل ضروری است.

شورای نظارت بر جنگل آلمان (FSC, 2016) حفظ چندین درخت با ارزش تنوع زیستی بالا در هر هکتار

References

- Anonymous. *Forestry Plan of District One in Langa Region, Watershed Number 36*; Noshahr Natural Resources Office: Kazemrood, Mazandaran Province, Iran, **1998**; 450 pp. (In Persian)
- Asbeck, T.; Kozák, D.; Spînu, A. P.; Mikoláš, M.; Zemlerová, V.; Svoboda, M. Tree-related microhabitats follow similar patterns but are more diverse in primary compared to managed temperate mountain forests. *Ecosystems* **2021**, 25, 712–726.
- Basile, M.; Asbeck, T.; Jonker, M.; Knuff, A. K.; Bauhus, J.; Braunisch, V.; et al. What do tree-related microhabitats tell us about the abundance of forest-dwelling bats, birds, and insects? *Journal of Environmental Management* **2020**, 264, 110401.
- Blicharska, M.; Angelstam, P.; Giessen, L.; Hilszczański, J.; Hermanowicz, E.; Holeksa, J.; et al. Between biodiversity conservation and sustainable forest management: A multidisciplinary assessment of the emblematic Białowieża Forest case. *Biological Conservation* **2020**, 248, 108614.
- Drapeau, P.; Nappi, A.; Imbeau, L.; Saint-Germain, M. Standing deadwood for keystone bird species in the eastern boreal forest: Managing for snag dynamics. *Forest Chronicle* **2009**, 85, 227–234.
- Eshaghi Rad, J.; Khanalizadeh, A. Quantitative comparison of microhabitats in deciduous forests with different management histories (Case study: Golband Forest, Nowshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, 21 (4), 594–605. (In Persian)
- FSC. *FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship*; Forest Stewardship Council: Bonn, Germany, **2016**; 32 pp.
- Gossner, M. M.; Gazzea, E.; Diedus, V.; Jonker, M.; Yaremchuk, M. Using sentinel prey to assess predation pressure from terrestrial predators in water-filled tree holes. *European Journal of Entomology* **2020**, 117, 226–234.
- Javanmiri Pour, M.; Etemad, V. Study of habitat trees within mixed and mid-altitude stands in Hyrcanian forests (Case study: Kheyroud Forest, Nowshahr County, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2024**, 32 (1), 29–45. (In Persian)
- Kakavand, M.; Etemad, V.; Sagheb-Talebi, Kh.; Marvie Mohadjer, M. R.; Ammer, C. Development stages dynamics of the Hyrcanian reserve stands, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2020**, 28 (3), 231–243. (In Persian)
- Khanalizadeh, A.; Eshaghi Rad, J.; Zahedi Amiri, Gh.; Zare, H.; Rammer, W.; Lexer, M. J. Assessing selected microhabitat types on living trees in Oriental beech (*Fagus orientalis* L.) dominated forests in Iran. *Annals of Forest Science* **2020**, 77, 91.
- Kitching, R. L. An ecological study of water-filled tree-holes and their position in the woodland ecosystem. *Journal of Animal Ecology* **1971**, 40, 281–302.
- Kirsch, J.; Sermon, J.; Jonker, M.; Asbeck, T.; Gossner, M. M.; Petermann, J. S.; et al. The use of water-filled tree holes by vertebrates in temperate forests. *Wildlife Biology* **2021**, e00786. <https://doi.org/10.2981/wlb.00786>
- Korpel, S. *Die Urwälder der Westkarpaten*; Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Germany, **1995**; 310 pp.
- Kraus, D.; Büttler, R.; Krumm, F.; Lachat, T.; Larrieu, L.; Mergner, U.; Paillet, Y.; Rydkvist, T.; Schuck, A.; Winter, S. *Catalogue of Tree Microhabitats – Reference*

- Field List*. Integrate+ Technical Paper 13; European Forest Institute: Freiburg, Germany, **2016**; 16 pp.
- Larrieu, L.; Cabanettes, A.; Delarue, A. Impact of silviculture on dead wood and on the distribution and frequency of tree microhabitats in montane beech-fir forests of the Pyrenees. *European Journal of Forest Research* **2012**, *131*, 773–786.
- Larrieu, L.; Paillet, Y.; Winter, S.; Bütler, R.; Kraus, D.; Krumm, F.; et al. Tree-related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* **2018**, *84*, 194–207.
- Larrieu, L.; Gosselin, F.; Archaux, F.; Chevalier, R.; Corriol, G.; Dauffy-Richard, E.; et al. Assessing the potential of routine stand variables from multitaxon data as habitat surrogates in European temperate forests. *Ecological Indicators* **2019**, *104*, 116–126.
- Larrieu, L.; Kozák, D.; Cabanettes, A.; Courbaud, B.; Goulard, M.; Heintz, W.; Schuck, A.; Kraus, D.; Lachat, T.; Ladet, S.; Müller, O.; Paillet, Y.; Stillhard, J.; Svoboda, M. Co-occurrence patterns of tree-related microhabitats: A method to simplify routine monitoring. *Ecological Indicators* **2021**, *127*, 107757.
- Mamadashvili, G.; Brin, A.; Bässler, C.; Chumak, V.; Chumak, M.; Deidus, V.; et al. Drivers of tree-related microhabitat profiles in European and Oriental beech forests. *Biological Conservation* **2023**, *285*, 110245. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110245>
- Marziliano, P. A.; Antonucci, S.; Tognetti, R.; Marchetti, M.; Chirici, G.; Corona, P.; Lombardi, F. Factors affecting the quantity and type of tree-related microhabitats in Mediterranean mountain forests of high nature value. *iForest – Biogeosciences and Forestry* **2021**, *14*, 250–259. <https://doi.org/10.3832/for3644-014>
- Michel, A. K.; Winter, S. 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* **2009**, *257*, 1453–1464.
- Mirabdollahi Shamsi, M.; Bonyad, A. E.; Torkaman, J.; Bakhshandeh Navrood, B. Modeling of effective variables on bark thickness of *Fagus orientalis* Lipsky in the Asalem forest area. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2011**, *18* (3), 79–90. (In Persian)
- Paillet, Y.; Archaux, F.; Boulanger, V.; Debaive, N.; Fuhr, M.; Gilg, O.; et al. Snags and large trees drive higher tree microhabitat densities in strict forest reserves. *Forest Ecology and Management* **2017**, *389*, 176–186.
- Paillet, Y.; Archaux, F.; du Puy, S.; Bouget, C.; Boulanger, V.; Debaive, N.; et al. The indicator side of tree microhabitats: A multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. *Journal of Applied Ecology* **2018**, *55*, 2147–2159.
- Puettmann, K. J.; Coates, K. D.; Messier, C. *A Critique of Silviculture: Managing for Complexity*; Island Press: Washington, DC, USA, **2009**.
- Rafiei Jahed, R.; Sagheb-Talebi, Kh.; Kavousi, M. R.; Farashiani, M. E.; Müller, J.; Babanezhad, M.; Courbaud, B.; Wirtz, R.; Larrieu, L. A comparison of the formation rates and composition of tree-related microhabitats in beech-dominated primeval Carpathian and Hyrcanian forests. *Forests* **2020**, *11*, 144.
- Rafieijahed, R.; Sagheb-Talebi, Kh.; Khanjani-Shiraz, B.; Eslamdoust, J. Diversity, composition and occurrence probability of tree-related microhabitats in the decay developmental stage of Hyrcanian intact beech forests (Sika and Shafarood regions). *Forest Research and Development* **2025**. <https://doi.org/10.30466/jfrd.2024.55642.1741> (In Persian)
- Regnery, B.; Paillet, Y.; Couvet, D.; Kerbirou, C. Which factors influence the occurrence and density of tree microhabitats in Mediterranean oak forests? *Forest Ecology and Management* **2013**, *295*, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.009>
- Sagheb-Talebi, Kh.; Parhizkar, P.; Hassani, M.; Amanzadeh, B.; Hemmati, A.; Khanjani-Shiraz, B.; Amini, M.; Mohammadnejad Kiasari, Sh.; Mirkazemi, S. Z.; Karimidoost, A.; Maghsoudlou, M. K.; Mortazavi, M.; Karandeh, M.; Delfan Abazari, B. Regeneration and establishment of natural young generation in intact Oriental beech stands of Hyrcanian forests. *Forest Research and Development* **2020**, *6* (3), 519–541. (In Persian)
- Sefid, K.; Marvie Mohadjer, M. R. Dynamics of coarse woody debris among stand developmental stages of mixed beech (*Fagus*

- orientalis*) forests. *Forest Research and Development* **2016**, 2 (1), 17–32. (In Persian)
- Sefidi, K. Quantitative evaluation of habitat and dead tree abundance in Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands: Case study from the Siahkal forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26 (3), 331–343. (In Persian)
- Sefidi, K.; Sagheb-Talebi, Kh.; Noubahar, S. Qualitative and quantitative evaluation of habitat and dead trees in the developmental old-growth phase in Oriental beech forests. *Forest and Wood Products* **2019**, 72 (3), 215–226. (In Persian)
- Sefidi, K.; Sadeghi, S. M. M. The diversity of microhabitats and the ecological value of habitat trees in Oriental beech stands. *Iranian Journal of Forest* **2020**, 12 (2), 147–160. (In Persian)
- Sefidi, K.; Copenheaver, C. A. Tree-related microhabitats: A comparison of managed and unmanaged Oriental beech-dominated forests in northern Iran. *Forest Science* **2020**, 66 (5), 566–572.
- Vuidot, A.; Paillet, Y.; Archaux, F.; Gosselin, F. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation* **2011**, 144, 441–450.
- Watson, J. E. M.; Evans, T.; Venter, O.; Williams, B.; Tulloch, A.; Stewart, C.; et al. The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution* **2018**, 2, 599–610.
- Wesołowski, T. Lessons from long-term hole-nester studies in a primeval temperate forest. *Journal of Ornithology* **2007**, 148, 395–405.
- Winter, S.; Möller, G. C. Microhabitats in lowland beech forests as a monitoring tool for nature conservation. *Forest Ecology and Management* **2008**, 255, 1251–1261.
- World Commission on Forests and Sustainable Development. *Our Forests, Our Future: Report of the World Commission on Forests and Sustainable Development*; World Commission on Forests and Sustainable Development: Winnipeg, MB, Canada, **1999**.

