Journal of Wood and Forest Science and Technology

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

Changes of structural attributes mixed beech stand in different tree stories Shastkalateh forest, Gorgan

Hossein Ghorbani[*1], Ramin Rahmani[2], Hashem Habashi[3]

1. Corresponding Author, Ph.D. Student in Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. E-mail: ghorbani_32@yahoo.com
2. Associate Prof., Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. E-mail: rahmani@gau.ac.ir
3. Associate Prof., Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. E-mail: habashi@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.13.2024
Revised: 06.30.2024
Accepted: 07.12.2024

Keywords:
Canopy,
Density,
Diversity,
Permanent sample plot,
Structure of ecosystem

ABSTRACT

Background and Objectives: The structure of forest ecosystems evolves over time in both temporal and spatial dimensions, shaping their development trajectory. This progression occurs gradually over the long term within these units. Evaluating these transformations typically involves metrics such as density, canopy cover, and species composition. These structural attributes effectively reflect the ecological diversity and resilience of forest ecosystems. This study aimed to analyze variations in structural attributes like density and canopy cover along with tree species diversity across different strata. Additionally, we investigate the interplay between these variables and diversity indices during two distinct inventory periods within fixed locations, emphasizing natural environments where external influences play a minimal role in stand development.

Materials and Methods: A permanent sample plot spanning 16 ha is situated within the elevation range of 770-920 m, encompassing the Northwest and West directions across 32 compartments in the first district of Shast Kalateh forest. An exhaustive inventory was conducted utilizing a 100% sampling method employing 1-ha sample plots. Variations in quantitative attributes such as density, canopy cover, and biodiversity indices from 2003 to 2023 were meticulously assessed using standardized methodologies. These measurements were compared across various strata using ANOVA to discern and analyze the changes over the two-decade period.

Results: In the examined plot, tree density decreased from 306.31 to 275.44 trees per ha between 2003 and 2023, with only the Beech species showing an increase in density over this period. In 2003, the majority of tree individuals were found in the understory, but by 2023, this shifted to the middle story. The average crown coverage percentage decreased from 86% to 70%, with the highest canopy coverage observed in the middle and upper stories. Shannon's heterogeneity index values in 2003 across the three stories were 1.32, 1.29, and 0.72, compared to 0.49, 0.53, and 0.58 in 2023, respectively. Shannon-Wiener diversity index proved to be a more comprehensive measure of species diversity in the plot compared to other diversity indices, offering valuable insights into the changing species composition and structure of the forest ecosystem over the two time points.

Conclusion: The studied plot represents a mixed beech stand where Beech, a shade-tolerant species, predominates. Enhancing tree species diversity across various strata can promote forest ecosystem stability. This research highlights that while species diversity indices offer valuable insights, they are just one facet of interpreting and evaluating forest ecosystems; attention should also be directed towards other critical characteristics. Regular monitoring of these indices is essential for tracking the evolving trends within forest ecosystems accurately. The findings underscore the importance of utilizing these indices as a foundation for evaluating and comparing similar forest ecosystems, providing a basis for comprehensive assessments and informed management decisions.

Cite this article: Ghorbani, Hossein, Rahmani, Ramin, Habashi, Hashem. 2024. Changes of structural attributes mixed beech stand in different tree stories Shastkalateh forest, Gorgan. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 31 (2), 31-47.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2024.22396.2061
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

تغییرات مشخصه‌های ساختاری توده راش آمیخته در آشکوب‌های مختلف درختی جنگل شصت‌کلاته گرگان

حسین قربانی*[۱]، رامین رحمانی[۲]، هاشم حبشی[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: ghorbani_32@yahoo.com

۲. دانشیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: rahmani@gau.ac.ir

۳. دانشیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: habashi@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲

واژه‌های کلیدی:
تاج‌پوشش،
تراکم،
تنوع،
ساختار بوم‌سازگان،
قطعه بررسی دائمی

چکیده

سابقه و هدف: ساختار بوم‌سازگان‌های جنگلی در مقیاس زمانی و مکانی دستخوش تغییرات می‌شود که این تغییرات موجب پویایی و تحول می‌گردد. روند تحول در این واحدها بسیار کند است و در مدت زمان طولانی اتفاق می‌افتد. برای ارزیابی این تغییرات از مشخصه‌هایی مانند تراکم، تاج‌پوشش و میزان آمیختگی گونه‌های درختی استفاده می‌شود. مشخصه‌های ساختاری، تنوع بوم‌شناختی و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی را به‌خوبی نشان می‌دهند. این پژوهش با هدف مقایسه تغییرات مشخصه‌های ساختاری تراکم و تاج‌پوشش در ارتباط با تنوع گونه‌های درختی بین آشکوب‌های مختلف، هم‌چنین رابطه این متغیرها با شاخص‌های تنوع، بین دو دوره آماربرداری در مکانی ثابت و تحت شرایط محیطی طبیعی که عوامل بیرونی و غیرطبیعی کم‌ترین سهم را در تحولات توده داشته‌اند، انجام شده است.

مواد و روش‌ها: قطعه بررسی دائمی با مساحت ۱۶ هکتار در پارسل ۳۲ سری یک طرح جنگلداری شصت‌کلاته گرگان در ارتفاع ۷۷۰ تا ۹۲۰ متری از سطح دریا و در جهت‌های شمال‌غربی و غربی واقع شده است. آماربرداری در سطح قطعات نمونه یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) با روش صد درصد (سرشماری) انجام شد. تغییرات بیست‌ساله (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲) مشخصه‌های کمی تراکم توده، تاج‌پوشش و شاخص‌های تنوع زیستی از روش‌های معمول و استاندارد، اندازه‌گیری و از طریق تجزیه واریانس در آشکوب‌های مختلف مقایسه شد.

یافته‌ها: تراکم درختان موجود در قطعه بررسی دائمی از ۳۰۶/۳۱ به ۲۷۵/۴۴ پایه در هکتار طی بیست سال کاهش یافت. تنها، گونه سایه‌پسند و غالب راش طی این مدت افزایش تراکم داشت. در سال ۱۳۸۲ آشکوب زیرین بیش‌ترین سهم تراکم را داشت اما در سال ۱۴۰۲ به آشکوب

میانی منتقل شد. میانگین درصد تاج‌پوشش نیز از ۸۶ به ۷۰ درصد کاهش یافت. بیش‌ترین تراکم تاج‌پوشش در آشکوب‌های میانی و برین قرار داشت. میانگین تنوع شانون وینر در سال ۱۳۸۲ در سه آشکوب زیرین، میانی و برین به ترتیب (۱/۳۲، ۱/۲۹، ۰/۷۲) و در سال ۱۴۰۲ (۰/۴۹، ۰/۵۳، ۰/۵۸) بود. شاخص شانون وینر نسبت به سایر شاخص‌ها قضاوت بهتری از تنوع گونه‌ای در قطعه مورد بررسی ارائه داد.

نتیجه‌گیری: قطعه مورد بررسی، یک راشستان آمیخته‌ای است که گونه سایه‌پسند راش در آن غالب بوده. آمیختگی بیش‌تر گونه‌های درختی، پایداری بوم‌سازگان جنگل را به همراه خواهد داشت. نتایج این پژوهش نشان داد شاخص‌های تنوع گونه‌ای تنها یکی از روش‌های ارزیابی و تفسیر بوم‌سازگان‌های جنگلی هستند و باید به سایر ویژگی‌ها هم توجه کرد. پایش دوره‌ای این شاخص‌ها روند تغییرات بوم‌سازگان جنگل را به‌درستی نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش با توجه به دست‌نخورده بودن توده جنگلی بررسی‌شده می‌تواند مبنای ارزیابی و مقایسه با جنگل‌های مشابه باشد.

استناد: قربانی، حسین، رحمانی، رامین، حبشی، هاشم (۱۴۰۳). تغییرات مشخصه‌های ساختاری توده راش آمیخته در آشکوب‌های مختلف درختی جنگل شصت‌کلاته گرگان. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۳۱ (۲)، ۴۷-۳۱.
DOI: 10.22069/JWFST.2024.22396.2061

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

ساختار بوم‌سازگان‌های جنگلی در مقیاس زمانی و مکانی دستخوش تغییرات می‌شود که این تغییرات موجب پویایی و تحول می‌گردد (۱). روند تحول در این واحدها بسیار کند است و در مدت زمان طولانی اتفاق می‌افتد (۲)؛ بنابراین فرایند مطالعه تحولات اکولوژیک و جنگل‌شناسی در مدت طولانی، تکرار آماربرداری در مکان ثابت، معمولاً تحت شرایط طبیعی انجام می‌گیرد. برای بررسی تغییر در مشخصه‌های ساختاری توده به‌طورمعمول از قطعه‌های نمونه دائمی استفاده می‌شود (۳). رویکرد استفاده از ویژگی‌های ساختاری به‌عنوان جایگزینی عملی برای ویژگی‌های ترکیبی و کارکردی بوم‌سازگان روند افزایشی داشته است (٤). آشکوب‌بندی توده غالباً با تنوع زیستی و پایداری بوم‌سازگان جنگل ارتباط مستقیم دارد (۵). چون همراه با ساختار هر توده جنگلی خاص، درجه معینی از تنوع شکل می‌گیرد (٦، ۷، ۸). برای توصیف ساختار توده از مشخصه‌هایی مانند تراکم، تاج‌پوشش و میزان آمیختگی گونه‌های درختی استفاده می‌شود. ساده‌ترین ویژگی ساختاری، استفاده از تعداد در هکتار است که میانگین فضای بین درختان را اندازه می‌گیرد (۹). وضعیت تاج‌پوشش، ویژگی مهم ساختاری جنگل، از عوامل تأثیرگذار در فراوانی و غنای گونه‌ای، در آشکوب‌های مختلف درختی تغییرات قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. امینی و همکاران (۲۰۱٦) تغییرات ساختاری یک توده جنگلی راش- ممرز واقع در قطعه بررسی دائمی ٦ هکتاری طرح جنگلداری نکا- ظالمرود را طی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۱ بررسی کردند. مقایسه نتایج آماربرداری صددرصد نشان داد که سهم راش در همه طبقات قطری نسبت به ممرز افزایش یافته بود (۱۰). تجزیه‌وتحلیل ساختار توده که شامل ارزیابی ساختار عمودی (آشکوب‌بندی) و افقی (الگوی مکانی درختان) جنگل و هم‌چنین تنوع گونه‌ای لایه درختی است (۵)، همواره در مباحث مرتبط با بوم‌شناسی و مدیریت جنگل مورد توجه بوده است. امیری و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات ساختار یک توده آمیخته راش شرقی را در قطعه بررسی دائمی ١٦ هکتاری جنگل شصت‌کلاته گرگان طی یک دوره ۵ ساله (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰) مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که در ابتدا و انتهای این دوره تعداد درختان بین ۳۰۲ و ۲۸۷ پایه در هکتار و حجم آن‌ها بین ٥٠٤ و ٤٧٢ مترمکعب در هکتار نوسان داشت (۱۱). از شاخص‌های ساختاری توده می‌توان در پژوهش‌های زیستی به‌عنوان معیارهای جایگزین برای تنوع زیستی و پیش‌بینی فراوانی و تنوع گونه‌ها استفاده کرد (۱۲، ۱۳) هم‌چنین این شاخص‌ها می‌توانند پیش‌بینی کننده‌های خوبی از تأثیر مدیریت بر تنوع زیستی جنگل باشند (١٤). همراه با تنوع گونه‌ای، پیچیدگی ساختاری بوم‌نظام (آشکوب‌بندی درختان و دیگر مؤلفه‌های مکانی) باید در نظر گرفته شود (۱۵). دال و همکاران (۲۰۱۷) همبستگی بین تنوع آشکوب‌های درختی و علفی در جنگل‌های راش- سفیدمازو واقع در غرب رومانی را توسط شاخص‌های تنوع گونه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج آشکار نمود، تنوع آشکوب علفی و غنای گونه‌ای در زیر تاج‌پوشش سفیدمازو بیش‌تر از تاج‌پوشش راش و تنوع هر دو آشکوب به این بستگی داشت که کدام‌یک از گونه‌های راش یا بلوط در آشکوب بالا چیره باشد (١٦). استورچ و همکاران (۲۰۲۳) با مقایسه رابطه بین شاخص‌های ساختاری توده‌های جنگلی و غنای گونه‌ای در سه منطقه از جنگل‌های آلمان نشان دادند که این شاخص‌ها ابزار مناسبی برای پایش تنوع زیستی و مدیریت جنگل‌ها می‌باشند (۱۷). در توصیف

جنگل‌های طبیعی باید مجموعه‌ای از ویژگی‌های ساختاری که کارکردهای مطلوب را فراهم می‌آورند مثل زیست‌بوم و تنوع زیستی مراحل پایانی توالی و نیز فرآیندهای تحولی که در شکل‌گیری این ساختارها مؤثر هستند، بررسی شوند (۱۸). ابراری واجاری (۲۰۲۰) تنوع گونه‌ای در آشکوب‌های درختی و علفی و ارتباط آن با برخی مشخصه‌های توده در جنگل‌های راش واقع در سوادکوه مازندران را مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که بین آشکوب‌های ارتفاعی درختان از نظر شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بیشترین مقدار شاخص‌های مذکور به آشکوب برین اختصاص یافت (۱۹). نوری و همکاران (۲۰۱۰) تنوع گونه‌ای درختان را در سه آشکوب در توده‌های مدیریت شده بلوط- ممرزستان واقع در جنگل خیرود نوشهر مطالعه کردند. نتایج نشان داد شاخص تنوع از آشکوب زیرین به میانی افزایش داشته و از آشکوب میانی به برین کاهش و شاخص غنای گونه‌ای از آشکوب زیرین به میانی و سپس برین کاهش پیدا کرده (۲۰). بسیاری از پژوهش‌هایی که به مقایسه تنوع زیستی در بین توده‌هایی با درجات مختلف پیچیدگی ساختاری پرداخته‌اند، بر این نکته تأکید دارند که ناهمگنی ساختاری توده، توان بوم‌شناختی آن را افزایش می‌دهد (۲۱، ۲۲)؛ بنابراین مشخصه‌های ساختاری، شاخص‌های مناسبی برای نشان دادن تنوع بوم‌شناختی و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی و نوع مدیریت در سطح کلان، متوسط و خرد می‌باشند (۲۳، ۲٤، ۲۵). این پژوهش با هدف مقایسه تغییرات مشخصه‌های ساختاری تراکم و تاج‌پوشش در ارتباط با تنوع گونه‌های درختی بین آشکوب‌های مختلف، هم‌چنین رابطه این متغیرها با شاخص‌های تنوع، بین دو دوره آماربرداری در مکانی ثابت و تحت شرایط محیطی طبیعی که عوامل بیرونی و غیرطبیعی کم‌ترین سهم را در تحولات توده داشته‌اند، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

قطعه بررسی دائمی در سال ۱۳۸۲ جهت انجام مطالعات پژوهشی در حوضه شماره ۸۵ طرح جامع جنگل‌های شمال، طرح جنگلداری شصت‌کلاته در هشت کیلومتری جنوب‌غربی گرگان مکان‌یابی شد. این قطعه با مساحت ١٦ هکتار در پارسل ۳۲ سری یک در ارتفاع ۷۷۰ تا ۹۲۰ متری از سطح دریا و در جهت‌های شمال‌غربی و غربی واقع شده است. بافت خاک لوم شنی، لومی و رسی لومی است. بارندگی و درجه حرارت متوسط سالانه به ترتیب ۸۲۰ میلی‌متر و ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. براساس منحنی آمبروترمیک و فرمول آمبرژه، منطقه مورد مطالعه در اقلیم نیمه‌مرطوب قرار دارد (٢٦). جامعه راش- ممرزستان با غلبه راش و ممرز همراه با انجیلی، تیپ‌های متنوع و جنگل ناهمسال و آمیخته‌ای را تشکیل داده و گونه نادر ملچ در آن مشاهده می‌شود.

روش پژوهش: بخشی از پارسل ۳۲ به مساحت ١٦ هکتار جهت اجرای این پژوهش انتخاب شد. به‌منظور سهولت در برداشت اطلاعات، سطح قطعه بررسی دائمی به ١٦ زیر قطعه یک هکتاری تقسیم و مبنای اندازه‌گیری‌ها و محاسبات میدانی قرار گرفت. آماربرداری در سطح قطعات نمونه یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) با روش صددرصد (سرشماری) انجام شد. در هر قطعه‌نمونه یک هکتاری متغیرهای قطر، ارتفاع و قطر متوسط تاج همه درختان سرپای زنده (قطر برابر سینه بالای ۷/۵ سانتی‌متر) به تفکیک گونه اندازه‌گیری و در فرم اطلاعات ثبت شدند. برای آشکوب‌بندی قطعه، میانگین ۱۰۰ اصله از قطورترین پایه‌ها (ارتفاع غالب) محاسبه و براساس آن آشکوب‌بندی انجام شد. همه درختان با ارتفاع بیش از

دوسوم ارتفاع غالب توده جنگلی در آشکوب برین، درختان با ارتفاع بین یک سوم تا دو سوم ارتفاع غالب توده در آشکوب میانی و بقیه درختان که کم‌تر از این حد ارتفاع داشتند به‌عنوان آشکوب زیرین ثبت شدند. در مرحله بعد مشخصه‌های ساختاری تراکم و تاج‌پوشش و شاخص‌های (جدول ۱) تنوع سیمسون (حساسیت مطلوب به گونه‌های رایج)، شانون وینر (ترکیبی از غنا و یکنواختی، حساسیت مطلوب به گونه‌های نادر)، غنای گونه‌ای مارگالف و منهنیک و یکنواختی پایلو و هیل (۲۷) در سه آشکوب زیرین، میانی و برین با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SPSS و Past مورد تجزیه تحلیل، محاسبه و درنهایت با داده‌های سال ۱۳۸۲ با هم مقایسه شدند. نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و لون بررسی شد. برای داده‌هایی که از توزیع نرمال پیروی نکردند از روش تبدیل جانسِن استفاده شد. معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها با استفاده از تحلیل واریانس یک‌طرفه تعیین شد. مقایسه‌های چندگانه با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و مقایسه میانگین شاخص‌ها بین دو سال آماربرداری با آزمون t جفتی انجام شدند. برای بررسی ارتباط بین تراکم و تاج‌پوشش با شاخص‌های تنوع از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

جدول ۱- مؤلفه‌های اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع زیستی (۲۷).

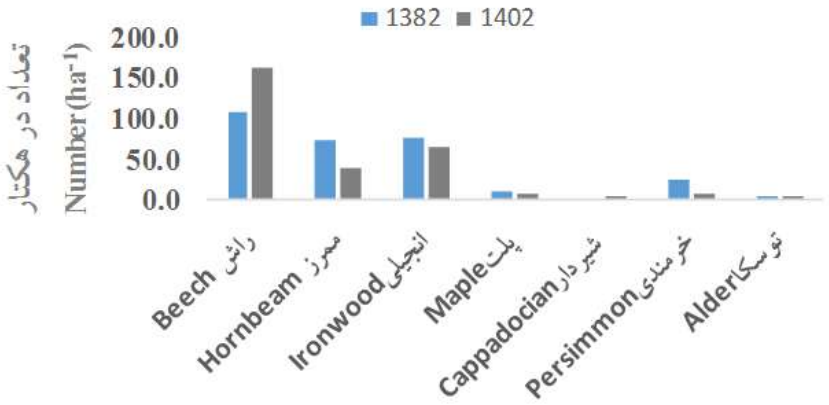
Table 1. Measurement component of biodiversity indices (27).

مؤلفه‌های تنوع زیستی Biodiversity components	شاخص Index	فرمول Formula
تنوع Diversity	سیمسون Simpson	$D=1-\Sigma(n1(n1-1))(N(N-1))-1$
	شانون وینر Shannon	$H=-\sum_{i=1}^{S}(pi)(\ln p_{i})$
غنا Richness	مارگالف Margalef	$R=S-1/\ln N$
	منهنیک Menhenic	$R=s/\sqrt{n}$
یکنواختی Evenness	پایلو Pailo	$E=H/\ln(S)$
	هیل Hill	$N1=e^{H}$

نتایج

در مجموع تعداد ۴۹۰۱ و ۴۴۰۷ پایه متعلق به ۸ گونه درختی راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، ممرز (*Carpinus betulus* L.)، انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C.A.Mey.)، افراپلت (*Acer velutinum* Boiss.)، افراشیردار (*Acer cappadocicum* Gled.)، خرمندی (*Diospyros lotus* L.)، توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) و ملج (*Ulmus glabra* Hudson.) با قطر برابرسینه ۷/۵ سانتی‌متر و بزرگ‌تر، در قطعه بررسی دائمی ۱۶ هکتاری به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۴۰۲

شناسایی، اندازه‌گیری و ثبت شد. گونه راش فراوان‌ترین و غالب‌ترین گونه و گونه‌های ممرز و انجیلی در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند. این سه گونه ۹۶ درصد (در سال ۱۴۰۲) و ۸۸ درصد (در سال ۱۳۸۲) ترکیب گونه‌ای را تشکیل می‌دادند. میانگین تعداد در هکتار (شکل ۱) درختان موجود در قطعه مورد بررسی ۳۰۶/۳۱ و ۲۷۵/۴۴ پایه در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۴۰۲ محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد، تنها گونه راش طی بیست سال افزایش تراکم و سایر گونه‌ها کاهش تراکم داشته‌اند.

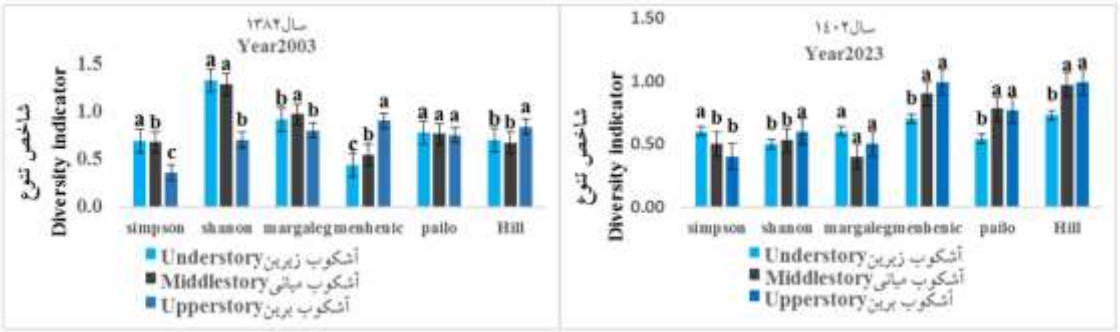


شکل ۱- تعداد در هکتار به تفکیک گونه در دو آماربرداری.

Figure 1. Number per hectare by species in two inventories.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین (۹۵ درصد) تراکم درختان در سال ۱۳۸۲ در آشکوب‌های زیرین و میانی قرار داشت اما در سال ۱۴۰۲ این مقدار به ۸۸ درصد کاهش و به آشکوب‌های میانی و برین تعلق گرفت؛ و این اختلافات معنی‌دار بود. مشخصه ساختاری تراکم، بیش‌ترین سهم را در سال ۱۳۸۲ در آشکوب زیرین داشت اما این مقدار در سال ۱۴۰۲ به آشکوب میانی انتقال یافت. میانگین درصد تاج‌پوشش، ۸۶ و ۷۰ درصد به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ محاسبه شد که بیش‌ترین مقدار، متعلق به آشکوب‌های میانی و برین و کم‌ترین مقدار، مربوط به آشکوب زیرین می‌باشد. این مشخصه ساختاری بیش‌ترین سهم را در آشکوب میانی داشت اما این مقدار در سال ۱۴۰۲ به آشکوب برین منتقل شد (جدول ۲).

بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل واریانس، میانگین تنوع شانون وینر در سال ۱۳۸۲ در سه آشکوب زیرین، میانی و برین به ترتیب (۱/۳۲، ۱/۲۹، ۰/۷۲) و در سال ۱۴۰۲ (۰/۴۹، ۰/۵۳، ۰/۵۸) بود که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است. به همین ترتیب میانگین غنای مارگالف در سال ۱۳۸۲ (۰/۸۶، ۰/۹۷، ۰/۷۵)، در سال ۱۴۰۲ (۰/۵۵، ۰/۴۲، ۰/۴۶)، میانگین یکنواختی پایلو در سال ۱۳۸۲ (۰/۷۸، ۰/۷۶، ۰/۷۶) و در سال ۱۴۰۲ (۰/۵۵، ۰/۷۸، ۰/۷۷) بود. روند تغییرات شاخص‌های تنوع از آشکوب زیرین به آشکوب برین در هر دو دوره، کاهشی بود. در مقابل، شاخص غنای گونه‌ای منهنیک از آشکوب زیرین به آشکوب برین روند افزایشی داشت. بیش‌ترین مقدار شاخص‌های یکنواختی پایلو (۰/۷۸) و هیل (۰/۹۸) در آشکوب میانی و برین در سال ۱۴۰۲ مشاهده شد. هم‌چنین در سال ۱۳۸۲ بیش‌ترین شاخص یکنواختی پایلو (۰/۷۸) در آشکوب زیرین و یکنواختی هیل (۰/۸۱) در آشکوب برین مشاهده شد (جدول ۲ و شکل ۲).



شکل ۲- میانگین شاخص‌های تنوع در آشکوب‌ها در دو آماربرداری.

Figure 2. Mean diversity indices in stories in two inventories.

جدول ۲- مقایسه (میانگین ± اشتباه معیار) شاخص‌های تنوع و ساختار، بین آشکوب‌ها در دو آماربرداری.

Table 2. Comparison (mean±standard error) diversity indices & structure between stories in two inventories.

سال Year	آشکوب Story	شاخص‌های تنوع Diversity indices							مشخصه‌های ساختاری Structural attributes	
		سیمسون Simpson	شانون وینر Shannon	مارگالف Margalef	منهنیک Menhenic	پایلو Pailo	هیل Hill	سهم تراکم Density%	سهم تاج‌پوشش Canopy%
۱۳۸۲ 2003	زیرین	0.69^{a}±0.20	1.32^{a}±0.21	0.86^{b}±0.17	0.41^{c}±0.16	0.78^{a}±0.02	0.70^{b}±0.02	61.1^{a}±0.14	14.2^{b}±0.15
	میانی	0.68^{b}±0.09	1.29^{a}±0.14	0.97^{a}±0.20	0.54^{b}±0.11	0.76^{a}±0.01	0.67^{b}±0.02	34.8^{b}±0.05	56.9^{a}±0.04
	برین	0.43^{c}±0.15	0.72^{b}±0.11	0.75^{b}±0.27	0.87^{a}±0.22	0.76^{a}±0.03	0.81^{a}±0.03	4.01^{c}±0.12	15.05^{b}±0.23
۱۴۰۲ 2023	زیرین	0.54^{a}±0.026	0.49^{b}±0.04	0.55^{a}±0.34	0.66^{b}±0.05	0.55^{b}±0.28	0.73^{b}±0.48	11.3^{b}±0.13	3.3^{c}±0.12
	میانی	0.47^{b}±0.027	0.53^{b}±0.03	0.42^{a}±0.22	0.94^{a}±0.04	0.78^{a}±0.26	0.97^{a}±0.46	49.3^{a}±0.08	20.2^{b}±0.05
	برین	0.42^{b} ±0.02	0.58^{a}±0.02	0.46^{a}±0.16	1.00^{a}±0.03	0.77^{a}±0.18	0.98^{a}±0.35	39.4^{a}±0.17	47.1^{a}±0.14

حروف انگلیسی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد در بین آشکوب‌ها می‌باشند

نتایج (جدول ۳) مربوط به بررسی ضریب همبستگی در سال ۱۳۸۲ نشان داد که درصد تراکم با شاخص‌های تنوع سیمسون و شانون وینر همبستگی مثبت معنی‌دار درصورتی‌که با شاخص غنای منهنیک و یکنواختی هیل همبستگی منفی معنی‌دار دارد. همبستگی کم و غیرمعنی‌داری بین مشخصه‌های ساختاری و غنای مارگالف و یکنواختی پایلو وجود داشت. در سال ۱۴۰۲ مشخصه تراکم و تاج‌پوشش با غنای منهنیک و یکنواختی هیل همبستگی مثبت معنی‌دار، با غنای مارگالف همبستگی منفی معنی‌دار و با تنوع سیمسون، شانون وینر و یکنواختی پایلو همبستگی غیرمعنی‌دار، داشت.

جدول ۳- مقایسه نتایج آزمون همبستگی مشخصه‌های ساختار با شاخص‌های تنوع در دو آماربرداری.

Table 3. Comparison correlation test results structure characteristics with diversity indices in two inventories.

سال (Year)	شاخص‌های تنوع (Diversity indices)					
۱۳۸۲ (2003)	هیل Hill	پایلو Pailo	منهنیک Menhenic	مارگالف Margalef	شانون Shanon	سیمسون Simpson
تراکم (Density)	-0.470**	-0.018	-0.746**	0.210	0.774**	0.733**
معنی‌داری (Sig)	0.001	0.903	0.000	0.151	0.000	0.000
تاج‌پوشش (Canopy)	-0.405**	-0.226	-0.211	0.305	0.402	0.219
معنی‌داری (Sig)	0.004	0.122	0.150	0.035	0.005	0.135
۱۴۰۲ (2023)						
تراکم (Density)	0.456**	0.291	0.467**	-0.359*	0.061	-0.242
معنی‌داری (Sig)	0.001	0.045	0.001	0.012	0.682	0.098
تاج‌پوشش (Canopy)	0.478**	0.155	0.459**	-0.370*	0.101	-0.342*
معنی‌داری (Sig)	0.001	0.293	0.001	0.010	0.496	0.017

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

مقایسه نتایج (جدول ٤) حاصل از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تی جفتی نشان می‌دهد تمامی شاخص‌ها به‌غیراز یکنواختی پایلو، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد بین دو دوره آماربرداری با هم دارند. تغییرات زمانی مشخصه‌های ساختاری تأثیر زیادی روی شاخص‌های تنوع داشته است.

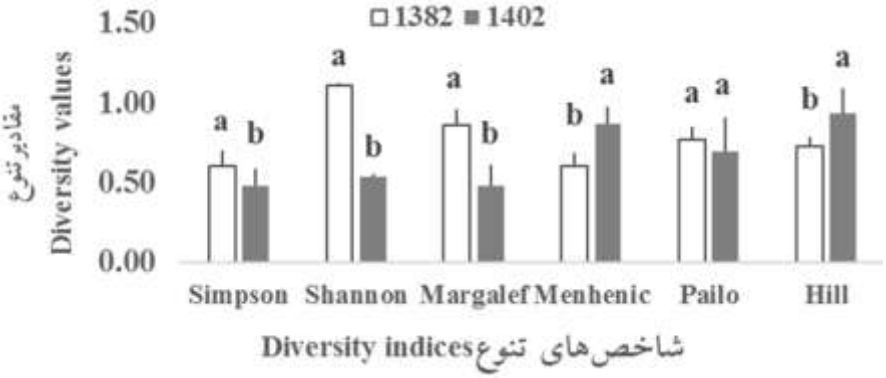
جدول ٤- مقایسه تغییرات شاخص‌های تنوع و ساختار در دو آماربرداری.

Table 4. Changes comparison of diversity indices & structure in two inventories.

شاخص‌های تنوع Diversity indices	میانگین Mean	اشتباه معیار S.E	درجه آزادی df	عدد تی t	معنی‌داری p-value
تنوع سیمسون Simpson	0.82989	0.163	15	5.873	0.000*
تنوع شانون Shannon	0.57378	0.052	15	20.588	0.000*
غنا مارگالف Margalef	1.36715	0.149	15	8.214	0.000*
غنا منهنیک Menhenic	-0.92529	0.139	15	-7.120	0.000*
یکنواختی پایلو Pailo	0.13829	0.191	15	0.608	0.552
یکنواختی هیل Hill	-0.84658	0.168	15	-4.563	0.000*
تراکم Density	0.00833	5.49	15	0.002	0.999
تاج‌پوشش Canopy	0.35507	0.186	15	1.906	0.063

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد

شکل ۳ نیز تغییرات میان‌مدت شاخص‌های تنوع را در دو دوره آماربرداری با استفاده از آزمون تی‌جفتی با هم مقایسه می‌کند. نتایج نشان‌دهنده تغییرات آشکار و اختلاف معنی‌دار بین شاخص‌های تنوع وجود دارد. مقدار شاخص تنوع سیمسون، شانون وینر، غنای مارگالف و یکنواختی پایلو در سال ۱۳۸۲ بیش‌تر از سال ۱۴۰۲ و شاخص غنای منهنیک و یکنواختی هیل در سال ۱۴۰۲ بیش‌تر از سال ۱۳۸۲ و اختلاف، معنی‌دار بود.



شکل ۳- مقایسه تغییرات میان‌مدت مقادیر تنوع در دو آماربرداری (میله‌ها اشتباه معیار را نشان می‌دهند).

Figure 3. Comparison mean-term changes of diversity values in two (bars showed standard error).

بحث

به‌طورمعمول بررسی تغییرات، تحولات، پویایی و تنوع توده‌های جنگلی در دوره‌های زمانی متفاوت ابتدا در قطعه‌های بررسی دائمی (قطعات شاهد) انجام و سپس این داده‌ها به‌عنوان مرجع مقایسه مورد استفاده پژوهش‌گران قرار می‌گیرد (۳). در این پژوهش قطعه بررسی دائمی واقع در جنگل شصت‌کلاته انتخاب و مقایسه‌های تراکم، تاج‌پوشش و رابطه آن‌ها با شاخص‌های تنوع گونه‌ای در آشکوب‌های درختی بررسی شد. جمع‌بندی نتایج مشخص کرد که درصد تراکم درختان در دو دوره آماربرداری نوسانات زیادی در آشکوب‌های درختی داشت، به‌این‌ترتیب که از ۳۰۶/۳۱ اصله در سال ۱۳۸۲ به ۲۷۵/٤٤ اصله در هکتار در سال ۱٤۰۲ کاهش یافت. حبشی و همکاران (۲۰۰۷) امیری و همکاران (۲۰۱٦) و نورالهی و همکاران (۲۰۲۱) در توده آمیخته راش شصت‌کلا گرگان و اخوان و حسنی (۲۰۲۳) در جنگل‌های هیرکانی مازندران به ترتیب به تراکم ۲۹۲، ۲۸۸، ۲۷۹ و ۳٦٦ اصله در هکتار اشاره کردند (۱۱، ۲۸، ۳۰، ٤۸). گونه سایه‌پسند و غالب راش، هم در سطوح مختلف تراکم و تاج‌پوشش و هم در آشکوب درختی بیش‌ترین حضور را داشته و در شکل‌گیری تیپ غالب توده در قطعه بررسی دائمی تعیین‌کننده بود و تنها گونه‌ای بوده که طی بیست سال افزایش تراکم قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. سایر گونه‌های همراه راش کاهش تراکم داشته‌اند. این کاهش می‌تواند به‌دلیل چیرگی گونه راش و الگوی جامعه‌پذیری باشد. حبشی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود، به الگوی جامعه‌پذیری منفی درختان راش با دیگر گونه‌های درختی و تمایل زیاد این گونه برای غلبه بر دیگر گونه‌ها و اشغال کلی رویشگاه اشاره داشتند (۲۸). در سال ۱۳۸۲ آشکوب زیرین بیش‌ترین سهم تراکم را داشت حال آن‌که این مقدار به آشکوب میانی در سال ۱٤۰۲ منتقل شد. کاهش

تراکم درختان در طی بیست سال، تنها در آشکوب زیرین دیده می‌شود. این کاهش تراکم می‌تواند به‌دلیل رقابت طبیعی بین درختان، افزایش رقابت بین‌گونه‌ای و دیرزیستی گونه‌ها باشد. به‌طورکلی درختان در مراحل اولیه رویشی با تراکم بیش‌تر و تاج کوچک‌تر در کنار هم قرار دارند. در توده‌های آمیخته راش به‌دلیل حضور گونه‌های بیش‌تر و توان سازگاری و انعطاف بیش‌تر در برابر شرایط خرد اقلیم، تراکم درختان افزایش می‌یابد (۲۹). از طرفی در اثر تراکم زیاد و رقابت برای کسب نور و استفاده از منابع، به‌تدریج از تعداد پایه‌ها کاسته می‌شود. آشکوب میانی و برین افزایش تراکم داشته‌اند. در آشکوب میانی و زیرین یکی از فرایندهای مهم، پدیده تنک شدن درختان بر اثر رقابت است. در جریان رقابت برای نور و استفاده از منابع تعدادی حذف و تعدادی به رشد خود ادامه می‌دهند. نکته مهم دیگر این‌که تفاوت تراکم و آمیختگی درختان در هر آشکوب نقش بسزایی در ایجاد تمایزهای ساختاری بین آشکوب‌ها ایفا می‌کند (۳۰).

با کاهش تعداد درختان، توده نور و انرژی بیش‌تری دریافت می‌کند در نتیجه رقابت کم‌تری صورت می‌گیرد (۳۱). به عقیده لورانس و همکاران (۲۰۱٤) جایگاه گونه‌های درختی در طبقات مختلف تاج‌پوشش، شاخص مهم گونه‌ها برای جذب نور و روند رویشی آن‌ها محسوب می‌شود (۳۲). تاج‌پوشش یک مشخصه مهم بوم‌سازگان جنگل برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی در بوم‌شناسی، هیدرولوژی و مدیریت جنگل است که بر فراوانی، تنوع و غنای گونه‌ای، خرداقلیم، تجزیه و چرخه عناصر غذایی اثرگذار است (۳۳، ۳٤، ۳۵). در منطقه پژوهش انبوهی تاج‌پوشش در سال ۱۳۸۲ از آشکوب میانی به آشکوب برین در سال ۱٤۰۲ انتقال یافت. طی این مدت، تنها آشکوب برین افزایش تراکم تاج‌پوشش داشته است. سهم تاج‌پوشش گونه راش بیش‌ترین مقدار بود که نشان‌دهنده کم بودن اثر رقابتی گونه‌های همراه است که با نتایج دیلیر و پریتز (۲۰۱۳)، بخشنده (۲۰۱۸) و اسکارتر (۲۰۱۲) همسو است (۳٦، ۳۷، ۳۸). این گونه در تمام آشکوب‌ها، انبوهی تاج‌پوشش مناسب، انعطاف‌پذیری زیاد و نسبت به سایر گونه‌ها فضای رویشی بیش‌تری را اشغال کرده. در ارتفاع میان‌بند و بالابند در جنگل‌های شمال ایران نیازهای رویشگاهی (دما و رطوبت) برای برتری این گونه نسبت به سایر گونه‌ها مهیاتر، افزون برآن گونه‌های جنس راش دارای دامنه تحمل و پراکنش وسیعی هستند (۳۸، ۳۹، ٤۰). یکی از معیارهای ارزیابی ساختار توده‌های ناهمسال استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی است. به‌کارگیری این شاخص‌ها در قطعات نمونه دائمی باعث تسهیل در مطالعات پویایی جنگل در طی زمان می‌شود و امکان پایش تنوع گونه‌ای درختان را فراهم می‌کند. مقدار شاخص‌های تنوع در آشکوب‌های سه‌گانه، متفاوت به‌دست‌آمده آمد. میانگین شاخص تنوع سیمسون از آشکوب زیرین به آشکوب برین کاهش داشت که همسو با نتایج دوراک (۲۰۲۲) است (۲۱). از سوی دیگر تنوع شانون وینر در آشکوب برین و غنای مارگالف در آشکوب زیرین بیش‌ترین مقدار را داشتند. پوربابایی (۲۰۰۵) تنوع شانون وینر (۱/۲ تا ۱/٤) و سیمسون (۰/٤ تا ۰/٦) را برای راشستان‌های بالابند، بخشنده ناورود (۲۰۱۸) برای تنوع شانون وینر و غنای درختی به ترتیب اعداد (۰/۸۸ تا ۱/٤۹) و (۲/٦٦ تا ٤/۵۱) و ابراری واجاری (۲۰۲۰) برای غنای درختی در آشکوب برین و میانی به ترتیب اعداد (۳/۲۵ و ۱/۹٦) را به‌دست‌آمده آوردند (۱۹، ۳۷، ٤۱). تنوع و غنای گونه‌های چوبی از آشکوب زیرین به آشکوب برین روند کاهشی داشت. با افزایش سن و قطر پایه‌ها، درختان از آشکوب ارتفاعی زیرین وارد آشکوب‌های

بعدی می‌شوند در این بین تعدادی از گونه‌ها بر اثر رقابت بر سر کسب منابع نمی‌توانند به آشکوب‌های بالاتر راه یابند که درنهایت منجر به کاهش غنا و تنوع گونه‌ای در آشکوب برین می‌شود. مسأله دیگر این‌که هرگاه در جنگل‌های ناهمسال آشکوب فوقانی را درختان سایه‌پسند تشکیل دهند تنوع زیستی و ساختار زیستی متفاوتی در بین آشکوب‌ها دیده می‌شود (٤٠). با توجه به فراوانی بیش‌تر درختان راش در قطعه مورد بررسی می‌توان استنباط نمود که نوع گونه درختی بر تنوع گونه‌ای به‌ویژه در آشکوب برین مؤثرتر است. به‌طورکلی تنوع زیستی بالا بر عملکرد بوم‌سازگان جنگل مانند تولید و چرخه عناصر غذایی تأثیر می‌گذارد (٤٢) و از سوی دیگر لازمه پایداری این عملکرد، تنوع زیستی و پیچیدگی روابط میان گونه‌هاست. شاخص یکنواختی پایلو در بین سه آشکوب در سال ١٣٨٢ و آشکوب میانی و برین در سال ١٤٠٢، معنی‌دار نبود. عدم معنی‌داری شاخص یکنواختی در آشکوب‌های درختی ممکن به دلیل بسته شدن تاج‌پوشش درختان (٤٣، ٤٤)، عملکرد تاج‌پوشش توده (٤٥) یا توزیع یکسان فراوانی افراد گونه‌ها باشد که با یافته‌های دانشور (١٣٨٥) همسو است (٤٦). تفسیر دیگر این‌که با کاهش تنوع مقدار یکنواختی یا فراوانی و پراکنش (تعداد افراد، موجودی سرپا، پوشش) در بین گونه‌ها افزایش یافته، توده رو به کاهش تنوع و همگن شدن پیش خواهد رفت. دلیل دیگر این‌که اثرات رقابتی درختان آشکوب فوقانی در بوم‌سازگان جنگل تا حد زیادی پراکنش و فراوانی آشکوب‌های دیگر را تعیین می‌نماید (٤٧) که در توده موردنظر گونه سایه‌پسند راش با موقعیت اجتماعی بالانشینی که دارد چنین وضعیتی را ایجاد نموده است (٤٨). برای ارتباط بین مشخصه‌های ساختاری با شاخص‌های تنوع در آشکوب‌های سه‌گانه درختی، همبستگی بین شاخص‌ها با ضریب پیرسون محاسبه شد. در طی بیست‌سال، مشخصه ساختاری تراکم و تاج‌پوشش باعث تغییر در میزان تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای شدند. مشخصه ساختاری تراکم با شاخص‌های تنوع سیمسون و شانون وینر در سال ١٣٨٢، همبستگی مثبت معنی‌دار و با شاخص‌های غنای منهنیک و یکنواختی هیل همبستگی منفی معنی‌دار ولی همین مشخصه در سال ١٤٠٢ با غنای مارگالف همبستگی منفی معنی‌دار و با غنای منهنیک و یکنواختی هیل همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. این تفاوت‌ها می‌تواند به‌دلیل تراکم، آمیختگی و الگوی جامعه‌پذیری (٢٨) گونه‌ها باشد. هرگاه تغییر در ترکیب و تراکم گونه‌ها اتفاق بیفتد شاخص‌های تنوع مبتنی بر تعداد در هکتار به شکل معنی‌داری این تغییر را نشان می‌دهند. در مورد مشخصه ساختاری تاج‌پوشش شرایط به گونه‌ای دیگر تغییر کرد. این متغیر مستقل در سال ١٣٨٢، فقط با شاخص یکنواختی هیل همبستگی منفی معنی‌دار و با سایر شاخص‌ها همبستگی معنی‌دار نداشت. رفتار مشابه تنوع در آشکوب‌ها می‌تواند به خاطر شباهت در ترکیب و درصد آمیختگی آشکوب باشد. این متغیر در سال ١٤٠٢ با شاخص غنای گونه‌ای منهنیک و یکنواختی هیل همبستگی مثبت معنی‌دار و با شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و تنوع سیمسون همبستگی منفی معنی‌دار داشت. این تغییرات را این‌طور می‌توان بیان کرد که هر یک از آشکوب‌ها ترکیب و سرشت گونه‌ای متفاوتی دارد. الگوی رقابت و اجتماع‌پذیری، اختلاف تنوع در آشکوب‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. کنش‌های منفی افراد برای به انحصار درآوردن منابع (آب، غذا و نور) در مقابل کنش‌های مثبت به‌دلیل پشتیبانی گونه‌ها از هم و استفاده هماهنگ از منابع محدود قابل‌مشاهده است. از طرفی فقدان همبستگی نشان از عدم نیازهای مشابه منابع و یا وفور آن و درنتیجه عکس‌العمل یکسان آن‌ها دارد. نتایج آزمون

تی‌جفتی اثبات نمود تغییرات زمانی تأثیر مشخصه‌های ساختاری روی شاخص‌های تنوع طی بیست‌سال معنی‌دار بوده به‌طوری‌که تمامی شاخص‌ها غیر از شاخص یکنواختی پایلو اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد داشتند. در تغییرات مشخصه‌های ساختاری جدای از تراکم، آمیختگی و رقابت (درون و برون‌گونه‌ای)، آن‌چه این عوامل را بیش‌تر تحت‌تأثیر قرار می‌دهد عامل زمان است. مشخصه‌های ساختاری تراکم و تاج‌پوشش، تعیین سهم هریک از آن‌ها در آشکوب‌های درختی و ارتباط آن‌ها با شاخص‌های تنوع از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در این بررسی بودند که با داده‌های میدانی و تجزیه‌وتحلیل آماری مقایسه شدند. بوم‌سازگانی که آشکوب‌های درختی، غنای گونه‌ای، آمیختگی و ساختاری متفاوت داشته باشد، پایداری آن به‌مراتب بیش‌تر است. در ارزیابی پایداری بوم‌سازگان جنگل از شاخص‌های تنوع زیستی به‌عنوان شاخص پایداری استفاده می‌شود. چراکه حفاظت از تنوع زیستی یکی از اهداف کلیدی و مهم مدیریت جنگل پایدار است.

نتیجه‌گیری کلی

قطعه مورد بررسی، یک راشستان آمیخته‌ای است که گونه غالب و سایه‌پسند راش، تنها در طی بیست سال افزایش تراکم داشته و سایر گونه‌ها کاهش تراکم داشتند. آشکوب زیرین (سال ۱۳۸۲) و آشکوب میانی (سال ۱۴۰۲) بیش‌ترین سهم تراکم را داشتند. میانگین درصد تاج‌پوشش نیز از ۸۶ به ۷۰ درصد کاهش یافت. بیش‌ترین تراکم تاج‌پوشش در آشکوب‌های میانی و برین قرار داشت. مقدار شاخص‌های تنوع گونه‌ای طی بیست سال تفاوت معناداری داشته است. پایش دوره‌ای این شاخص‌ها روند تغییرات بوم‌سازگان جنگل را به‌درستی نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش با توجه به دست‌نخورده بودن توده جنگلی بررسی‌شده می‌تواند به‌عنوان یک الگو برای سایر توده‌های راش منطقه هیرکانی و اعمال عملیات مدیریتی مناسب در آن‌ها به‌کار گرفته شود و مبنای ارزیابی و مقایسه با جنگل‌های مشابه باشد. ارزیابی و پایش ساختار توده‌های جنگلی از ملزومات اجرای موفقیت‌آمیز شیوه‌های نوین مدیریتی در حفاظت از تنوع زیستی و پایداری ساختار جنگل‌های طبیعی خواهد بود.

سپاسگزاری

نگارندگان از آقایان مهندس محمدکریم مقصودلو، دکتر آیدینگ کُرنژادی و حسین منصورکوهی جهت همکاری در برداشت‌های میدانی قدردانی می‌نمایند.

منابع

1.Etemad, V., Moridi, M., & Sefidi, K. (2017). Quantification of beech stands structure in the stem exclusion phase. *J. of Forest and Wood Products*. 69 (4), 647-656. [In Persian]

2.Heiri, C., Wolf, A., Rohrer, L., & Bugmann, H. (2009). Forty years of natural dynamics in Swiss beech forests: structure, composition, and the influence of former management. *Ecological Applications*. 19 (7), 1920-1934.

3.Sagheb-Talebi, Kh., Parhizkar, P., Hassani, M., Amanzadeh, B., Hemmati, A., Khanjani-Shiraz, B., Amini, M., Mohammadnejad Kiasari, S., Mirkazemi, S. Z., Karimidoost, A., & Maghsoudlou, M. K. (2020). Preliminary results of survey on stand structure in permanent research plots of Hyrcanian intact beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 28 (2), 163-179. [In Persian]

4.Maleki, K., & Kiviste, A. (2015). Effect of sample plot size and shape on estimates of structural indices (case study: mature silver birch (*Betula pendula* Roth) dominating stand in Järvselja). *Forestry Studies, Metsanduslikud Uurimused*. 63, 130-150.
5.Kint, V., De Wulf, R., & Lust, N. (2004). Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. *Ecological Modelling*. 180 (4), 461-476.
6.Ni, R., Baiketuerhan, Y., Zhang, C., Zhao, X., & Gadow, K. (2014). Analysing structural diversity in two temperate forests in northeastern China. *Forest Ecology and Management*. 316, 139-147.
7.Pach, M., & Podlaski, R. (2015). Tree diameter structural diversity in Central European forests with *Abies alba* and *Fagus sylvatica*: managed versus unmanaged forest stands. *Ecological Research*. 30, 367-384.
8.Hakkenberg, C. R., Song, C., Peet, R. K., & White, P. S. (2016). Forest structure as a predictor of tree species diversity in the North Carolina Piedmont. *J. of Vegetation Science*. 27, 1151-1163.
9.Spies, T. A., & Franklin, J. F. (1989). Gap characteristics and vegetation response in coniferous forests of the Pacific Northwest. *Ecology*. 70, 543-545.
10.Amini, M., Amini, R., Sagheb Talebi, Kh., & Khorankeh, S. (2016). Changes in forest stand structure in a permanent plot established in Neka-Zalemroud forest plan. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 24 (2), 260-272. [In Persian]
11.Amiri, M., Rahamani, R., Sagheb Talebi, Kh., & Habashi, H. (2015). Structural characteristics of dead wood in a natural untouched of *Fagus orientalis* Lipsky mixed stand forest (Case Study: Shast-klateh Forest, Golestan province). *J. of Wood and Forest Science and Technology*. 22 (1), 185-205. [In Persian]
12.Pastorella, F., & Paletto, A. (2013). Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forests (Italy). *J. of Forest Science*. 59 (4), 159-168.
13.Li, Y., Ye, Sh., Luo, Y., Yu, S., & Zhang, G. (2023). Relationship between species diversity and tree size in natural forests around the Tropic of Cancer. *J. of Forestry Research*. 34, 1735-1745.
14.Sterba, H. (2008). Diversity indices based on angle count sampling and their interrelationships when used in forest inventories. *Forestry*. 81 (5), 587-597.
15.Zhu, J., & Liu, Z. (2004). A review on disturbance ecology of forest. *J. of Applied Ecology*. 15 (10), 1703-1710.
16.Dolle, M., Petritan, A. M., Biris, I. A., & Petritan, I. C. (2017). Relations between tree canopy composition and under storey vegetation in a European beech-sessile oak old growth forest in Western Romania. *Biologia*. 72 (12), 1422-1430.
17.Storch, F., Boch, S., Gossner, M. M., Feldhaar, H., Ammer, C., Schall, P., Polle, A., Kroiher, F., Müller J. & Bauhus, J. (2023). Linking structure and species richness to support forest biodiversity monitoring at large scales. *Annals of Forest Science*. 80, 3. 1-17.
18.Bugno-Pogoda, A., Durak, R., & Durak, T. (2021). Impact of forest management on the temporal dynamics of herbaceous plant diversity in the Carpathian beech forests over 40 years. *Biology*. 10 (5), 1-20. **https://doi.org/10.3390/biology10050406.**
19.Abrari Vajari, K. (2020). Species diversity in tree strata and its relation to some features of beech stand in Hyrcanian forests (Case study: Savadkooh, Mazandaran). *J. of Environment Sciences & Technology*. 22 (4), 1-9. [In Persian]
20.Nouri, Z., Feghhi, J., Zahedi Amiri, Gh., & Rahmani, R. (2011). Estimation of species diversity in forest different stories (case study: Patom district of Kheyrud forest). *J. of Natural Environmental, Iranian J. of Natural Resources*. 63 (4), 399-407. [In Persian]
21.Durak, T., Bugno-Pogoda, A., & Durak, R. (2022). Impact of forest stand development on long-term changes in the herb layer of semi-natural

Carpathian beech forests. *Forest Ecology and Management*. 528, 1-12.
22. Gao, T., Hedblom, M., Emilsson, T., & Nielsen, A. B. (2014). The role of forest stand structure as biodiversity indicator. *Forest Ecology and Management*. 330, 82-93.
23. Pretzsch, H., Biber, P., Schutze, G., Kemmerer, J., & Uhl, E. (2018). Wood density reduced while wood volume growth accelerated in Central, European forests since 1870. *Forest Ecology and Management*. 429, 589-616. **https:// doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.045.**
24. Chivulescu, S., Ciceu, A., Leca, S., Apostol, B., Popescu, O., & Badea, O. (2020). Development phases and structural characteristics of the Penteleu-Viforata virgin forest in the Curvature Carpathians. *i Forest - Biogeosciences and Forestry*. 13, 389-395.
25. Yang, L., Zhang, J., Wang, J., Gu, Y., & Han, Sh. (2023). A linear positive relationship between tree species diversity and forest productivity across forest- dominated natural reserves on a large spatial scale. *Forest Ecology and Management*. 548, 1-9.
26. Dr-Bahramnia forestry plan. (1996). Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 218p. [In Persian]
27. Krebs, C. J. (1999). Ecological methodology. Happer & raw press, 330p.
28. Habashi, H., Hosseini, S. M., Mohammadi, J., & Rahmani, R. (2007). Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian beech forests of Iran. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 15 (1), 55-64. [In Persian]
29. Moridi, M., Sefidi, K., & Etemad, V. (2015). Stand characteristics of mixed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in the stem exclusion phase, northern Iran. *European J. of Forest Research*. 134 (4), 693-703.
30. Nourolahi, S. S., Rahmani, R., Habashi, H., & Castagneri, D. (2020). Impact of plot area on structural attributes estimation in a mixed beech stand. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 28 (1), 1-13. [In Persian]
31. Sagheb-Talebi, Kh., Jashni, J., Mohammadnejad Kiasari, Sh., Mohammadi Nasrabadi, H., & Paydar, M. (2012). Light regime in natural and planted stands of the Caspian Forests. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 20 (1), 165-181. [In Persian]
32. Laurans, M., Hérault, B., Vieilledent, G., & Vincent, G. (2014). Vertical stratification reduces competition for light in dense tropical forests. *Forest Ecology and Management*. 329, 79-88.
33. Seidel, D., Leuschner, C., Müller, A., & Krause, B. (2011). Crown plasticity in mixed forests-quantifying asymmetry as a measure of competition using terrestrial laser scanning. *Forest Ecology and Management*. 261, 2123-2132.
34. Miri, N., & Darwish Sefat, A. A. (2021). Modeling of canopy cover estimation using Landsat 8 satellite oli data in the Zagros forests. *Ecology of Iranian Forests*. 9 (17), 196-206. [In Persian]
35. Hansen, A. J., Phillips, L. B., Dubayah, R., Goetz, S., & Hofton, M. (2014). Regional scale application of lidar: variation in forest canopy structure across the southeastern US. *Forest Ecology and Management*. 329, 214-226.
36. Dieler, J., & Pretzsch, H. (2013). Morphological plasticity of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in pure and mixed-species stands. *Forest Ecology and Management*. 295, 97-108.
37. Bakhshandeh Navroud, B., Abrari vajari, K., Pilehvar, B., & Kooch, Y. (2018). Evaluating Plant diversity and some features of Oriental beech in different tree-layers (Case study: Beech forests, Asalem, Guilan). *Plant Ecosystem Conservation*. 6 (12), 109-122. [In Persian]
38. Schröter, M., Härdtle, W., & von Oheimb, G. (2012). Crown plasticity and neighborhood interactions of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in an old-growth forest. *European J. of Forest Research*. 131 (3), 787-798.
39. Szwagrzyk, J., Szewczyk, J., & Maciejewski, Z. (2012). Shade-tolerant tree species from temperate forests differ in their competitive abilities (A case study from Roztocze, South-Eastern

Poland). *Forest Ecology and Management*. 282, 28-35.
40. Paluch, J. G. (2007). The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* L.)–silver fir (*Abies alba* Mill.) forest: A patch-mosaic perspective. *Forest Ecology and Management*. 253, 161-170.
41. Pourbabaei, H., & Dado, K. (2005). Species diversity of woody plants in the district No.1 forests, Kelardasht, Mazandaran province. *Iranian J. of Biology*. 18 (4), 307-321. [In Persian]
42. Ratcliffe, S., Holzwarth, F., Nadrowski, K., Levick, S., & Wirth, C. (2015). Tree neighbourhood matters– species composition drives diversity– tree productivity patterns in a near-natural beech forest. *Forest Ecology and Management*. 335, 225-234.
43. Kazemi, Sh., Habashi, H., Hojjati, S. M, Vaez Mousavi, S. M., & Rafiei, F. (2023). Biodiversity response of under story woody and herbaceous plant to the developmental stages of forest in the mixed hornbeam stands. Gorgan's Shast-Kalateh forest. *Ecology of Iranian Forests*. 11 (21), 138-147. [In Persian]
44. Fatemi Talab, R., Metaji, A., & Babaei Kafaki, S. (2012). Determining of stand dynamic and its relationship with understory biodiversity in managed and unmanaged stands of beech forests. *Iranian J of Forest*. 4 (3), 277-287. [In Persian]
45. Aubert, M., Alard, D., & Bureau, F. (2003). Diversity of plant assemblages in managed temperate forests (case study: Normandy of France). *Forest Ecology and Management*. 175, 321-337.
46. Daneshvar, A., Rahmani, R., & Habashi, H. (2007). The heterogeneity of structure in mixed beech forest (case study: shast-kalateh, Golestan province). *J. of Agriculture Sciences & Natural Resources*. 14 (4), 1-12. [In Persian]
47. McKenzie, D., Halpern, C. B., & Nelson, C. R. (2000). Over story influences on herb and shrub communities in mature forests of western Washington, USA. *Canadian J. of Forest Research*. 30 (10), 1655-1666.
48. Pretzsch, H. (2021). The social drift of trees. Consequence for growth trend detection, stand dynamics, and silviculture. *European J. of Forest Research*. 140, 703-719.
49. Akhavan, R., & Hasani, M. (2024). Quantifying the structure of pure beech forests using spatial structural indices (case study: Hyrcanian forests, Mazandaran province). *Forest Research and Development*. 9 (2), 221-235. [In Persian]