Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 11. Issue, 2, 2023 p: 48-61

OPEN ACCESS

Research Paper

The Stability of Trees Species in Terms of Height-Diameter Ratio and the Relationship of Stand Quantitative Characteristics in Natural Forest Stands (Case Study: Arasbaran Forest)

Roya Abedi[1] and Raheleh Ostad Hashemi[2]

1- Associate Professor, Faculty of Ahar Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran, (Corresponding author: royaabedi@tabrizu.ac.ir)

2- Assistant Professor, Forest and Rangelands Research Department, East Azarbaijn Agriculture, and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

Received: 18 February, 2023 Accepted: 9 June, 2023

Extended Abstract

Background: To effectively mitigate the sensitivity of forest stands to environmental hazards, it is essential to have a comprehensive understanding of how these factors impact trees. One important metric in this regard is the tree height-diameter ratio, which serves as a key index of tree resistance and overall stand stability. The present study aims to evaluate the height-diameter ratio in a mixed-species natural forest stand located in a protected area of Arasbaran. By doing so, we seek to gather fundamental information regarding the stability of the stand and its resilience to environmental challenges.

Methods: In this research, a total of 500 sample trees with a diameter at breast height (DBH) of 7.5 cm or greater were randomly selected from the most abundant species present in the region. This selection was designed to encompass a wide range of diameter classes, from the smallest to the largest trees within the stand. Each individual tree was treated as a separate sample for the analysis. To calculate the height-diameter ratio, measurements of both the diameter at breast height and the total height of each tree were taken. The height-diameter ratio for the entire stand, as well as for each species, was computed by dividing the height of each tree by its diameter. This method allowed for a detailed assessment of how tree size correlates with stability across different species and diameter classes.

Results: The findings from this research indicated that the overall height-diameter ratio at the stand level was 54.31. When analyzed at the species level, the ratios were found to be 54.93 for maple, 55.04 for hornbeam, 54.63 for ash, and 52.64 for oak. These results suggest that the trees within this forest stand fall into a stable category regarding their height-diameter ratios. Further analysis revealed that the height-diameter ratio varied across different diameter classes, showing a consistent trend: the ratio decreased as the diameter classes increased. This trend implies that larger trees may be more susceptible to instability, which could have implications for forest management practices. Correlation analysis conducted during the study demonstrated a high, positive, and statistically significant correlation between tree height and the height-diameter ratio. Specifically, the oak and hornbeam species exhibited the strongest significant correlations, with values of 0.718 and 0.729, respectively. This strong correlation underscores the importance of tree height in determining the stability of the species within the forest stand.

Conclusion: The computation of the height-diameter ratio is vital for quantifying tree resistance to adverse environmental factors, such as snow, storms, and wind. Understanding this ratio is not merely an academic exercise; it has practical implications for forest management. By estimating the value of the height-diameter ratio, we can identify specific diameter classes where instability may occur for various tree species. This information is invaluable for future silvicultural planning and protection strategies. Effective management of

Copyright ©2023 Abedi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License 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.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

forest stands requires attention to the spatial arrangement of trees within diameter classes, as well as the density of the stand. By regulating the critical values of height-diameter coefficients, we can enhance the stability of the stand and ensure that it remains resilient to environmental threats. The insights gained from this study can help inform conservation practices aimed at maintaining healthy and stable forest ecosystems. In summary, the relationship between tree height and diameter is a significant factor in understanding forest dynamics. This research highlights the importance of monitoring the height-diameter ratio as a tool for assessing tree stability and resilience. By integrating these findings into forest management practices, we can better prepare for and mitigate the impacts of environmental hazards on forest stands, ultimately contributing to the sustainability of these vital ecosystems.

Keywords: Forest protected reserve, Mixed forest, Quantitative characteristics, Stand persistence.

How to Cite This Article: Abedi, R., & Ostad Hashemi, R. (2023). The Stability of Trees Species in Terms of Height-Diameter Ratio and the Relationship of Stand Quantitative Characteristics in Natural Forest Stands (Case Study: Arasbaran Forest). *Ecol Iran For*, 11(2), 48-61. https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.44

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

بررسی وضعیت پایداری گونه‌های درختی از نظر ضریب قدکشیدگی و ارتباط آن با مشخصه‌های رویشی در توده‌های طبیعی (مطالعه موردی: جنگل ارسباران)

رؤیا عابدی[۱] و راهله استاد هاشمی[۲]

۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، ایران، (نویسنده مسوول: royaabedi@tabrizu.ac.ir)
۲- استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۹
صفحه: ۴۸ تا ۶۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: عملکرد درست در جهت کاهش حساسیت توده‌های جنگلی به عوامل محیطی مخاطره‌آمیز، مستلزم آگاهی و درک درست از آثار آن بر توده‌ها است. ضریب قدکشیدگی یکی از ابزارهای این شناخت محسوب می‌شود که به‌عنوان شاخص مقاومت درخت و پایداری توده در برابر عوامل نامساعد محیطی مانند باد شناخته شده است. مطالعه حاضر به ارزیابی ضریب قدکشیدگی گونه‌های درختی در یک توده جنگلی طبیعی آمیخته در جنگل حفاظت شده ارسباران به‌منظور کسب اطلاعات پایه از وضعیت پایداری آنها پرداخته است.

مواد و روش‌ها: تعداد ۵۰۰ پایه درخت نمونه (DBH ≥ ۷/۵ cm) به‌طور تصادفی از فراوان‌ترین گونه‌های حاضر (بلوط اوری، ممرز، کرب و زبان گنجشک) در منطقه انتخاب شد. در این روش هر درخت یک نمونه محسوب می‌شود. برای محاسبه ضریب قدکشیدگی توده، قطر و ارتفاع درختان اندازه‌گیری شد. ضریب قدکشیدگی کل توده و هرگونه درختی از تقسیم ارتفاع کل درخت به مقدار قطر برابر سینه آن محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار ضریب قدکشیدگی در کل توده ۵۴/۳۱ بود، همچنین مقدار آن بین گونه‌های حاضر در توده مورد مطالعه به‌ترتیب برای ممرز ۵۵/۰۴، کرب ۵۴/۹۳، زبان گنجشک ۵۴/۶۳ و بلوط ۵۲/۶۴ محاسبه شد و نشان داد که درختان از نظر این ضریب در طبقه پایدار قرار داشتند. تغییرات ضریب قدکشیدگی در طبقات قطری نیز نشان داد که با افزایش طبقات قطری درختان، از مقدار این ضریب کاسته شد. بررسی همبستگی بین ضریب قدکشیدگی و ویژگی‌های رویشی نشان داد که این ضریب با ارتفاع درختان همبستگی تقریباً بالا، مثبت و معنی‌داری را نشان داد. گونه‌های بلوط و ممرز به‌ترتیب با مقدار همبستگی ۰/۷۱۸ و ۰/۷۲۹ بیشترین همبستگی معنی‌دار بین ارتفاع با ضریب قدکشیدگی را داشتند.

نتیجه‌گیری: محاسبه مقدار ضریب قدکشیدگی در کمّی کردن مقدار مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیطی مانند برف، طوفان و باد غالب، ضروری و امری مدیریتی تلقی می‌شود و کمیتی برای تعیین سلامت توده است. با آگاهی از مقدار این ضریب مشخص می‌شود که برای هرگونه درختی، ناپایداری در چه طبقه قطری و در چه مقداری از این ضریب اتفاق می‌افتد و در برنامه‌ریزی‌های پرورشی و حفاظتی آینده مفید و کاربردی است زیرا آرایش فضایی مناسب طبقات قطری درختان در توده‌های جنگلی، تراکم توده و بررسی مقادیر بحرانی ضرایب قدکشیدگی به‌نوعی تنظیم می‌شوند که پایداری توده به‌خطر نیفتد.

واژه‌های کلیدی: جنگل آمیخته، ذخیره‌گاه جنگلی، مقاومت توده، ویژگی‌های کمّی

مقدمه

جنگل‌ها زیستگاهی برای گیاهان و حیوانات هستند و مزایایی مانند تأمین آب و هوای سالم، حفاظت از خاک، ترسیب کربن و مکانی برای تفرج را فراهم می‌کنند. اما همواره در معرض تهدیدهای متعدد طبیعی یا انسانی هستند که می‌تواند سلامت اکولوژیکی، تنوع زیستی و انواع منابع موجود در جنگل را به‌خطر بیاندازد. اختلالات طبیعی شامل آتش‌سوزی جنگل‌ها، حوادث ناشی از باد، خشکسالی، هجوم آفات و بیماری‌ها و گیاهان مهاجم است و اختلالات انسانی نیز شامل تکه‌تکه شدن جنگل‌ها با افزایش شهرنشینی و تغییر کاربری است. پایداری توده‌های جنگلی بسیار تحت تأثیر این مخاطره‌ها و اختلال‌های بیولوژیکی و یا فیزیکی است (Shamaki & Oyelade, 2022). پایداری و مقاومت یک درخت تحت تأثیر تعامل عوامل متعددی است که شامل ویژگی‌های درخت (ارتفاع، اندازه و شکل تاج، شکل سیستم ریشه)، ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های بادهای محلی است (Shamaki & Oyelade, 2022؛ Eguakun & Oyebadel, 2015). اگرچه که جنگل‌ها دارای پویایی در بعد زمان و مکان هستند و فرآیندهای توالی تغییرات اندکی در طول زمان در آنها ایجاد می‌کند، اما در صورتی که در معرض اتفاقات و حوادث طبیعی قرار بگیرند تغییرات زیادی در آنها پدید می‌آید. بررسی‌های اقلیمی انجام شده نیز نشان داده که با تغییرات اقلیمی موجود وقوع باد و طوفان در آینده بیشتر خواهد شد (Golpour et al., 2022).

مشخصه‌های قطر برابر سینه و ارتفاع درختان، از مهم‌ترین مؤلفه‌های مورد نیاز در آماربرداری جنگل هستند (Alemi et al., 2021). اندازه ارتفاع درخت یکی از اصلی‌ترین متغیرهای مورفولوژیک درختان جنگلی است زیرا نوری که یک درخت برای فتوسنتز و ترسیب کربن دریافت می‌کند را تعیین می‌کند و در زیست‌سنجی جنگل در مواردی متعددی مانند تعیین حجم، منحنی ارتفاع و محاسبه ضریب قدکشیدگی توده کاربرد دارد. از طرف دیگر اندازه تنه درخت که با عنوان قطر برابر سینه در علوم جنگل اندازه‌گیری می‌شود، یکی از مشخصه‌های مهم در محاسبه اندازه درخت و عاملی است که یک درخت را قادر می‌سازد تا تحمل و مقاومت در برابر نیروهای وارده به آن را داشته باشد. بنابراین ارتفاع و قطر درختان عواملی مهم در پایداری درختان هستند (Oladoye et al., 2020).

عملکرد درست در جهت کاهش حساسیت توده‌های جنگلی به عوامل محیطی مخاطره‌آمیز، مستلزم آگاهی و درک درست از اثرات آن بر توده‌ها است. یکی از این خصوصیات نسبت ارتفاع کل درخت به قطر برابر سینه آن است که هر دو باید دارای یک واحد اندازه‌گیری باشند و به نام ضریب قدکشیدگی مطرح است (Oladoye et al., 2020). این ضریب به‌عنوان

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

شاخص مقاومت درخت و پایداری توده نیز شناخته می‌شود (Ojo & Sadiku, 2023). درختی با مقادیر کم این ضریب معمولاً مرکز ثقل پایین‌تر، طول تاج بلندتر و سیستم ریشه‌ای توسعه یافته‌تری دارد، در مقابل ضریب قدکشیدگی زیاد، یعنی درختانی باریک که بسیار مستعد آسیب و شکستن در اثر عوامل محیطی مانند باد و برف هستند و قدرت و مقاومت کمتری دارند. محاسبه مقدار ضریب قدکشیدگی برای انواع شیوه‌های مدیریت مؤثر می‌تواند کاربرد داشته باشد زیرا مدیران جنگل‌ها می‌توانند با کسب اطلاعات از مقدار ضرایب برای انواع توده‌ها و گونه‌ها، شیوه‌های جنگلشناسی منطقی را طراحی کنند. بنابراین توسعه تحقیقات در زمینه شاخص قدکشیدگی پیش نیازی اساسی برای ارزیابی پایداری در توده‌های جنگلی طبیعی یا دست‌کاشت است (Zhang et al., 2020)، زیرا اقدامات برای بهبودی پایداری درختان و توده‌ها می‌تواند آسیب‌ها را به‌میزان قابل‌توجهی محدود کند (Shamaki & Oyelade, 2022؛ Eguakun & Oyebadel, 2015). از این‌رو یکی از مهم‌ترین رویکردها برای تعیین پایداری توده‌ها و درختان موجود در آن‌ها که بسیار مورد توجه محققان نیز بوده است، از طریق محاسبه انواع مشخصه‌های ظاهری درختان و نسبت آن‌ها است (Kiadaliri et al., 2004). ضریب قدکشیدگی برای گونه‌های مختلف دارای مقادیر متفاوتی است، این ضریب به‌عنوان شاخصی برای مقاوت توده در برابر باد و طوفان و شاخصی برای رقابت استفاده می‌شود. همچنین این ضریب با درجه حاصلخیزی رویشگاه ارتباط مستقیم دارد و راهنمای عملیات پرورشی توده در مسیر مدیریت همگام با طبیعت و در جهت کاهش ناپایداری توده است (Akhavan1 & Namiranian, 2007؛ Sasanifar et al., 2016).

Bozorgi و Sheykholeslami (2016) در بررسی ضریب قدکشیدگی در جنگل راش آمیخته در ساری نشان دادند که این ضریب مقداری برابر با ۳۴/۵۸ داشت که این عدد نشان از پایداری بسیار خوب توده‌ها بود. همچنین مطالعه نسبت ارتفاع کل به قطر برابر سینه گونه صنوبر در مطالعه Kiadaliri و همکاران (2004) نشان داد که مقدار قدکشیدگی درختان گونه صنوبر نشان‌دهنده پایداری ضعیف است که فاصله کاشت درختان و کشت آمیخته مهم‌ترین عوامل در کسب پایداری توده‌های صنوبر از نظر ضریب قدکشیدگی خواهد بود. Ojo و Sadiku (2023) بررسی بین ضریب قدکشیدگی و ویژگی‌های رویشی گونه بامبو را به‌عنوان شاخصی برای تعیین مقاومت این گونه به باد و تعیین مناسب بودن آن به‌عنوان یک بادشکن طبیعی ارزیابی کرده و ضریب قدکشیدگی آن‌را کمتر از ۷۰ و در طبقه پایدار گزارش و گونه‌ای مقاوم در برابر باد و مناسب به‌عنوان بادشکن معرفی کردند. این ضریب همچنین به‌عنوان معیاری برای بررسی توده‌های گونه‌های *Pinus sylvestris* و *Picea abies* در سوئد از نظر رویش در طول زمان استفاده شد و نشان داد که درختان در این توده‌ها بلندتر و باریک‌تر شده‌اند و دلایلی مانند تغییر در نوع مدیریت، افزایش دما و تثبیت نیتروژن را در این زمینه مطرح شد (Mensah et al., 2023). نتیجه مطالعه توده جنگلکاری گونه *Azadirachta indica* توسط Shamaki و Oyelade (2022) نیز نشان داد که ۵۲/۲ درصد درختان دارای مقدار ضریب کم، ۲۷/۸ درصد ضریب زیاد و ۲۰ درصد ضریب متوسط داشتند که نشان‌دهنده حساسیت کم تا متوسط توده به باد است. Ige و Komolafe (2022) در بررسی جنگلی در نیجریه مشاهده کردند که بر اساس شاخص ضریب قدکشیدگی ۴۰ درصد درختان در این جنگل مستعد باد افتادگی با مقدار ضریب در محدوده ناپایدار هستند، ۳۰/۵۹ درصد در طبقه متوسط و ۲۹/۳۱ درصد نیز در پایداری بالا هستند. Oladoye و همکاران (2020) گونه‌های درختی در ذخیره‌گاه جنگلی در جنوب غربی نیجریه با هدف پیش‌بینی ضریب قدکشیدگی توده‌ها بررسی کرده و بر اساس مقدار این ضریب نتیجه‌گیری کردند که ۲۳/۵ درصد درختان منطقه مستعد آسیب‌پذیری از عوامل محیطی مانند باد هستند. آن‌ها تأکید کردند که افزایش پایداری توده‌ها با محاسبه این ضریب امکان‌پذیر است. Zhang و همکاران (2021) ضریب قد کشیدگی درخت را شاخصی مهم برای تعیین پایداری درخت معرفی کردند و این ضریب را برای گونه *Cunninghamia lanceolata* در کشور چین محاسبه کردند. مقدار این ضریب را متأثر از رقابت، سن، تراکم توده و متغیرهای آب و هوایی که در پایداری توده مؤثر هستند و این نوع مطالعات را برای ارزیابی پایداری توده‌های جنگلی ضروری و بسیار کارآمد معرفی کردند. Hanum و همکاران (2021) پایداری درختان در باغ گیاه‌شناسی بالی در کشور اندونزی که در منطقه‌ای مرتفع واقع شده است و به‌طور دوره‌ای با بلایای طبیعی مانند باد شدید مواجه می‌شد را بررسی کردند و رابطه رگرسیونی منفی را بین مقدار ضریب قدکشیدگی با پارامترهای درختان (به‌جز ارتفاع) ثبت کردند. آن‌ها تنک کردن را برای تقویت وضعیت پایداری توده و در به حداقل رساندن خطرات طبیعی توصیه کردند. همچنین مطالعه ضریب قدکشیدگی به‌عنوان معیاری برای بررسی اثرات تنک کردن در توده‌های *Pinus sylvestris* نشان داد که شدت تنک کردن بر این ضریب اثرات معنی‌داری دارد و سبب تخصیص انرژی به رویش قطری خواهد شد و ارائه اطلاعات این ضریب می‌تواند دانش مدیریت و درک جنگل‌شناسی توده را فراهم کند (Saarinen et al., 2020).

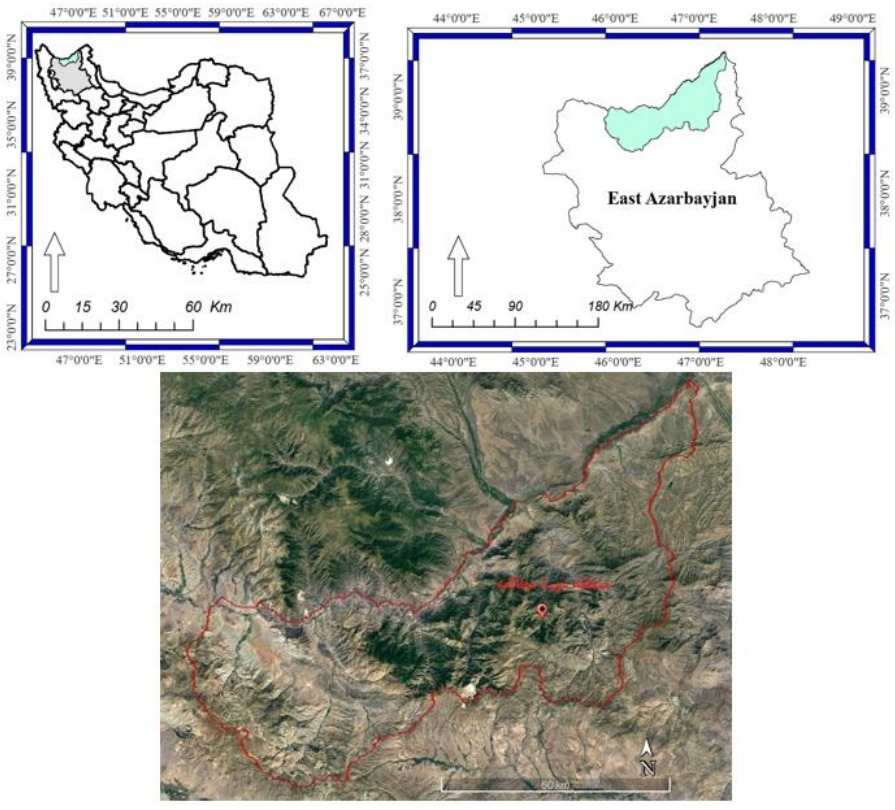
مدیریت جنگل‌ها زمانی ضامن پایداری توده است که اطلاعات دقیق و قابل اعتمادی از وضعیت فعلی و رویش آینده درختان توده در دسترس باشد (Oladoye et al., 2020). با آگاهی از روند تغییرات طبیعی در توده‌های جنگلی تصمیمات حفاظتی بسیار کارآمد خواهد بود (Sasanifar et al., 2016). از این رو پژوهش حاضر در بخشی از توده‌های طبیعی در منطقه حفاظتی جنگل ارسباران انجام شد تا وضعیت کنونی پایداری توده و گونه‌های درختی با استفاده از شاخص قد کشیدگی و ارتباط این ضریب با ویژگی‌های کمّی توده اندازه‌گیری شود، زیرا اگرچه که تحقیقاتی درباره مقدار این ضریب برای گونه‌های راش (Bozorgi& Sheykholeslami, 2016)، ون (Sasanifar et al., 2016)، ممرز، پلت، توسکا ییلاقی و بلندمازو (Akhavan1 & Namiranian, 2007) در کشور انجام شده است اما همچنان نیاز به بررسی سایر گونه‌های مهم جنگلی در رویشگاه‌های مختلف متفاوت وجود دارد و به‌طور ویژه اطلاعات اندکی از این ضریب برای توده‌های ارسباران و

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

گونه‌های درختان جنگلی این منطقه در اختیار است. از سوی دیگر براساس پیش‌بینی‌های سناریوهای اقلیمی، مناطق مرتفع و کوهستانی ممکن است که در آینده بیشتر تحت خطر آسیب ناشی از باد و طوفان شدید قرار گیرند (Nunes et al., 2010)، از این‌رو با توجه به کوهستانی و مرتفع بودن موقعیت جنگل ارسباران، در مطالعه حاضر وضعیت پایداری درختان در توده جنگل طبیعی از نظر ضریب قدکشیدگی و همچنین محاسبه مقدار این ضریب برای مهم‌ترین گونه‌های درختی منطقه به تفکیک گونه‌های بلوط اوری، ممرز، کرب و زبان گنجشک و ارتباط آن با مشخصه‌های رویشی آنها در منطقه مکیدی در جنگل ارسباران بررسی شد.

مواد و روش‌ها

جنگل‌های ارسباران در شمال‌غرب ایران، تحت عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره با اهداف حفاظت و پژوهش واقع شده است. این منطقه به‌سبب شرایط فیزیوگرافیک، خاک و اقلیم، رویشگاه طبیعی منحصر به‌فردی محسوب می‌شود. ارتفاع منطقه ارسباران از ۲۶۵ متر تا ۲۸۶۵ بوده و دارای اقلیم‌های نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب تا خیلی مرطوب است. پوشش درختان پهن‌برگ خزان‌کننده و آمیخته از گونه‌های اصلی بلوط اوری یا سیاه (*Quercus macranthera*)، بلوط سفید (*Quercus petraea*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، کرب (*Acer campestre*) و بسیاری از گونه‌های درختچه‌ای است. این منطقه با هشت درصد از مساحت سطح کشور، دارای بیشتر از ده درصد از گونه‌های گیاهی کشور است. تعداد گونه‌های گیاهی ارسباران شامل ۱۳۳۴ گونه است که به ۴۹۳ جنس و ۹۷ خانواده تعلق دارند (SaghebTalebi et al., 2014, Abedi, 2021). منطقه موردمطالعه تیپ پهن‌برگ آمیخته منتخب از منطقه مکیدی در مساحت حدود ۵۰ هکتار در مختصات جغرافیایی ۶۶۶۴۱۱ متر شرقی و ۴۳۰۲۱۹۷ متر شمالی در محدوده حفاظت شده جنگل ارسباران انتخاب شد (شکل ۱)، به‌نحوی که تقریباً مهم‌ترین گونه‌های درختی ارسباران شامل بلوط اوری، ممرز، کرب و زبان گنجشک در منطقه حضور داشتند.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ارسباران
Figure 1. Location of the study area in Arasbaran

در کل تعداد ۵۰۰ پایه درخت به‌طور تصادفی از فراوان‌ترین گونه‌های حاضر در منطقه انتخاب شد تا انواع طبقات قطری از کمترین تا بیشترین قطر ($DBH \geq 7/5$) حاضر در توده را شامل شود. در این روش، هر درخت یک نمونه محسوب می‌شود (Ogana et al., 2023). برای محاسبه ضریب قدکشیدگی توده، قطر و ارتفاع درختان اندازه‌گیری شد. ضریب قدکشیدگی کل توده و هرگونه درختی از تقسیم ارتفاع کل درخت به مقدار قطر برابر سینه آن بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\text{ضریب قد کشیدگی} = \frac{H}{DBH} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که H: ارتفاع درخت (متر) و DBH: قطر برابر سینه درخت (متر)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

این ضریب در سه سطح شامل کل توده، به تفکیک گونه و طبقات قطری به‌طور مجزا محاسبه شد.

به‌منظور طبقه‌بندی مقدار ضریب قدکشیدگی از نظر ارزیابی پایداری توده به تفکیک هر گونه و کل توده، بر طبق نظر Navratil (1996) مقدار ضریب قدکشیدگی در سه گروه طبقه‌بندی شد:

پایداری کم: ضریب قدکشیدگی با مقدار بیشتر از ۱۰۰

پایداری متوسط: ضریب قدکشیدگی با مقدار بین ۸۰ تا ۱۰۰

پایداری زیاد: ضریب قدکشیدگی کم با مقدار کمتر از ۸۰ (Navratil, 1996).

مقدار ضریب قدکشیدگی بین انواع گونه‌های حاضر در توده، تغییرات آن در طبقات قطری مختلف در سطح کل توده و سطح گونه‌ها محاسبه شد. به‌منظور بررسی چگونگی تغییرات ضریب قدکشیدگی و نسبت آن با مشخصات رویشی توده شامل قطر، ارتفاع و سطح مقطع درختان از ضریب همبستگی پیرسون بین این مشخصه‌ها استفاده شد. همچنین ابر نقاط این مشخصه‌ها با ضریب قدکشیدگی مورد بررسی قرار گرفت و سپس با توجه به نوع پراکنش ابر نقاط، رابطه و مدل مناسب بر اساس مدل‌های رگرسیون خطی و بر اساس ضریب همبستگی (r^2) ترسیم شد. تحلیل واریانس بین مقدار ضریب قدکشیدگی گونه‌ها در سطح ۵ درصد در محیط نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

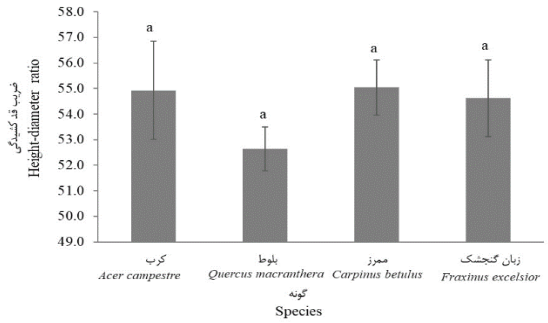
مقدار ضریب قدکشیدگی در کل توده مورد مطالعه برابر با ۵۴/۳۱ درصد بود. مقدار آن بین انواع گونه‌ها نیز نشان داد که درختان از نظر این ضریب در وضعیت پایدار قرار داشتند و مقدار ضریب به‌ترتیب برای کرب ۵۴/۹۳، بلوط ۵۲/۶۴، ممرز ۵۵/۰۴ و زبان گنجشک ۵۴/۶۲ بود (شکل ۲ و ۳). آنالیز واریانس بین این مقادیر نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) از نظر ضریب قدکشیدگی در بین گونه‌ها را وجود نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- تحلیل واریانس بین ضریب قدکشیدگی گونه‌ها

Table 1. Analysis of variance between species height-diameter ratio

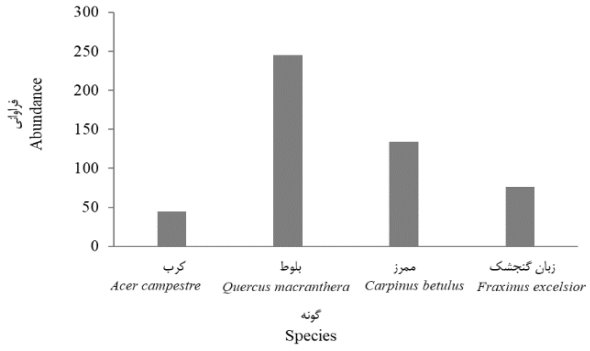
	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	آماره F	سطح معنی‌داری Sig.
بین گروه‌ها Between groups	645.255	3	215.085	1.262	0.287ns
درون گروه‌ها Within groups	84516.215	496	170.396		
کل Total	85161.470	499			

ns: بدون اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ Ns: No significant difference at the 0.05 levelns



شکل ۲- مقدار ضریب قدکشیدگی به تفکیک گونه

Figure 2. Height-diameter ratio value per species

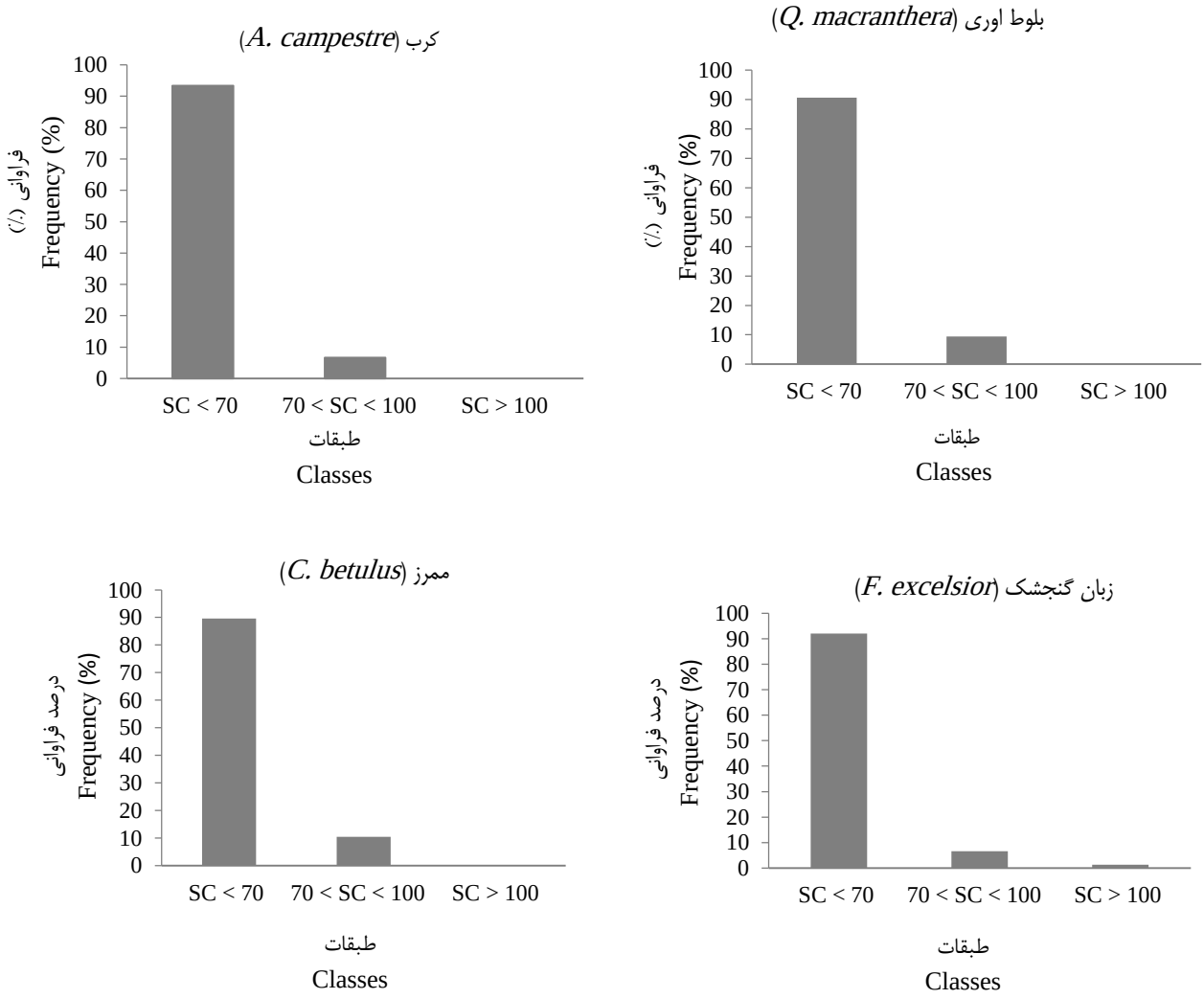


شکل ۳- فراوانی درختان نمونه به تفکیک گونه

Figure 3. Abundance of sample trees by species

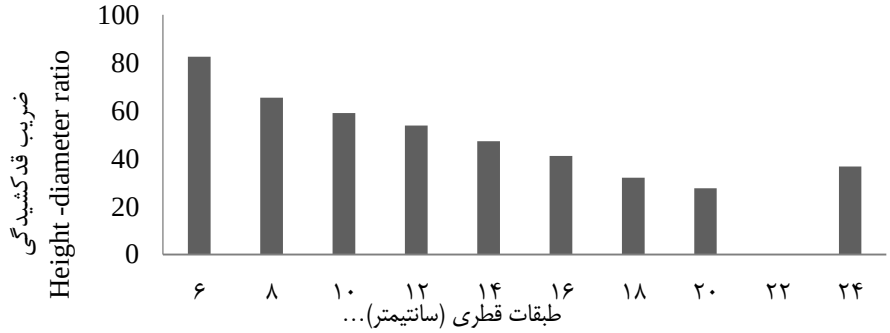
نتیجه بررسی طبقه‌بندی ضریب قدکشیدگی نشان داد که تمام گونه‌های توده از نظر طبقه‌بندی پایداری در طبقه پایدار با مقدار ضریب کمتر از ۸۰ قرار داشتند و هیچ یک از گونه‌های توده در وضعیت ناپایدار (دارای مقداری بالاتر از ۱۰۰) قرار نداشتند. ۹۳/۳۳ درصد از درختان کرب، ۹۰/۶۱ درصد درختان بلوط، ۸۹/۵۵ درصد درختان ممرز و ۹۲/۱۱ درصد درختان زبان گنجشک در توده در طبقه پایدار و با ریسک خطر کم قرار داشتند (شکل ۴).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]



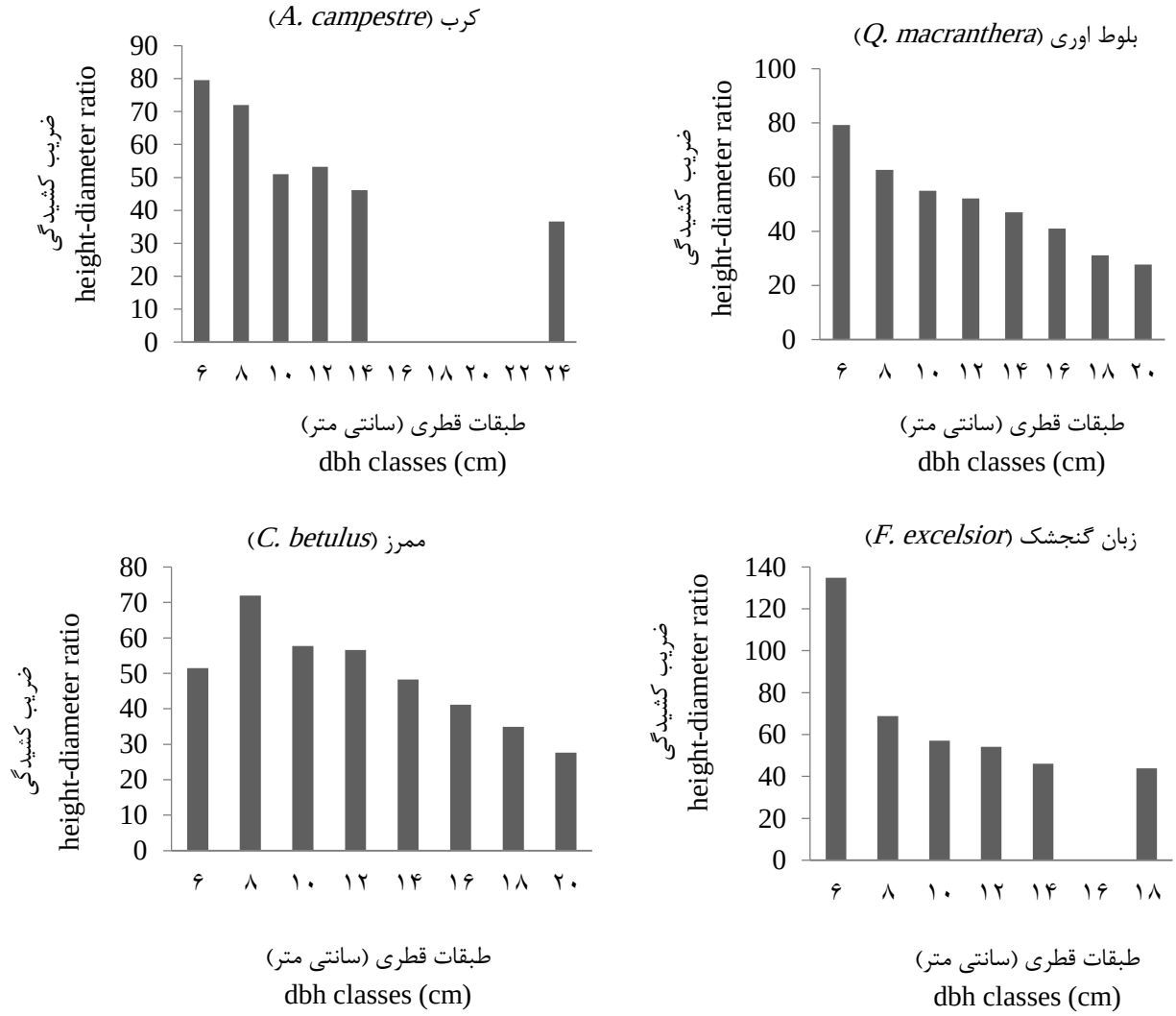
شکل ۴- طبقه‌بندی ضریب قدکشیدگی به تفکیک گونه
Figure 4. Height-diameter ratio classification per species

تغییرات ضریب قدکشیدگی در طبقات قطری مختلف نیز نشان داد که با افزایش طبقات قطری درختان، از مقدار این ضریب کاسته شد و قدکشیدگی درختان در قطرهای کم بیشتر و در قطرهای بالاتر کم بود، یعنی با افزایش سن و قطر درخت، مقدار نسبت ارتفاع به قطر درختان کم شده و درختان به وضعیت پایدارتری می‌رسند (شکل۵ و ۶).



شکل ۵- مقدار ضریب قدکشیدگی توده در طبقات قطری
Figure 5. The value of the stand height diameter ratio in DBH classes

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]



شکل ۶- مقدار ضریب قدکشیدگی گونه‌ها در طبقات قطری
Figure 6. The values of the height-diameter ratio in dbh classes

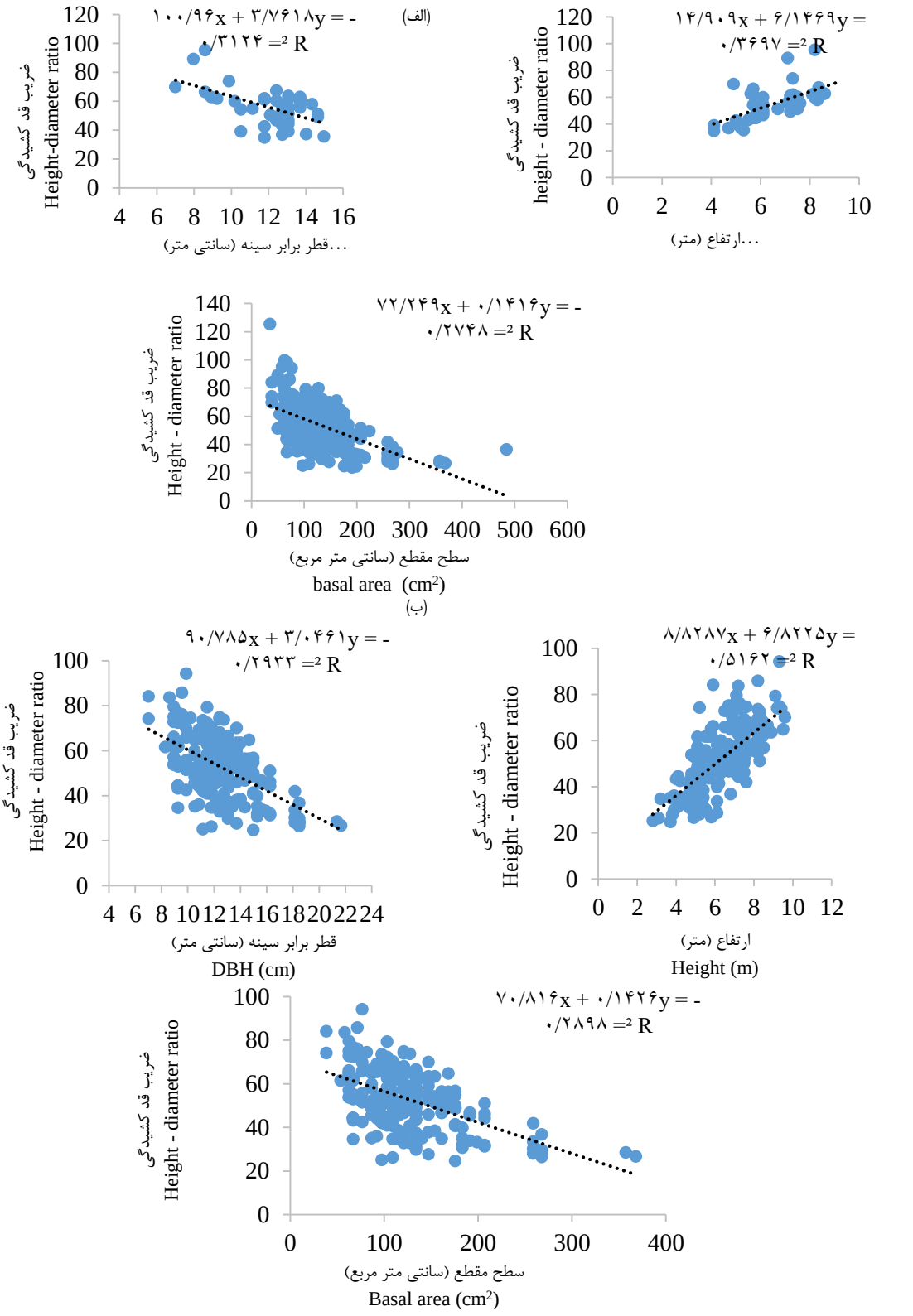
همبستگی پیرسون بین ضریب قدکشیدگی و ویژگی‌های رویشی شامل قطر برابر سینه، ارتفاع کل و سطح مقطع نشان داد که ضریب قدکشیدگی با قطر برابر سینه و سطح مقطع درختان همبستگی متوسط، منفی و معنی‌داری داشت اما با ارتفاع همبستگی تقریباً بالا، مثبت و معنی‌داری را نشان داد. بیشترین همبستگی کل توده از نظر ضریب قدکشیدگی با ارتفاع درختان (۰/۶۹۲) مشاهده شد. گونه‌های بلوط و ممرز به‌ترتیب با مقدار همبستگی ۰/۷۱۸ و ۰/۷۲۹ بیشترین همبستگی معنی‌دار را بین ارتفاع درختان با ضریب قدکشیدگی داشتند (جدول ۲). نمودار روابط رگرسیون خطی بین ضریب قدکشیدگی و انواع مشخصه‌های قطر، ارتفاع و سطح مقطع درختان توده به تفکیک گونه و برای کل توده در شکل ۷ ارائه شده است.

جدول ۲- ماتریس همبستگی پیرسون بین ضریب قدکشیدگی و ویژگی‌های رویشی درختان
Table 2. Pearson's correlation matrix between height-diameter ratio and increment characteristics of trees

	ضریب قدکشیدگی Height-diameter ratio				
	کل Total	کرب Maple	بلوط Oak	ممرز Hornbeam	زبان گنجشک Ash
قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)	-0.541**	-0.537**	-0.542**	-0.555**	-0.621**
ارتفاع (متر) Height (m)	0.692**	0.506**	0.718**	0.729**	0.640**
سطح مقطع (سانتی‌متر مربع) Basal area (cm^2)	-0.524**	-0.456**	-0.538**	-0.555**	-0.585**

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

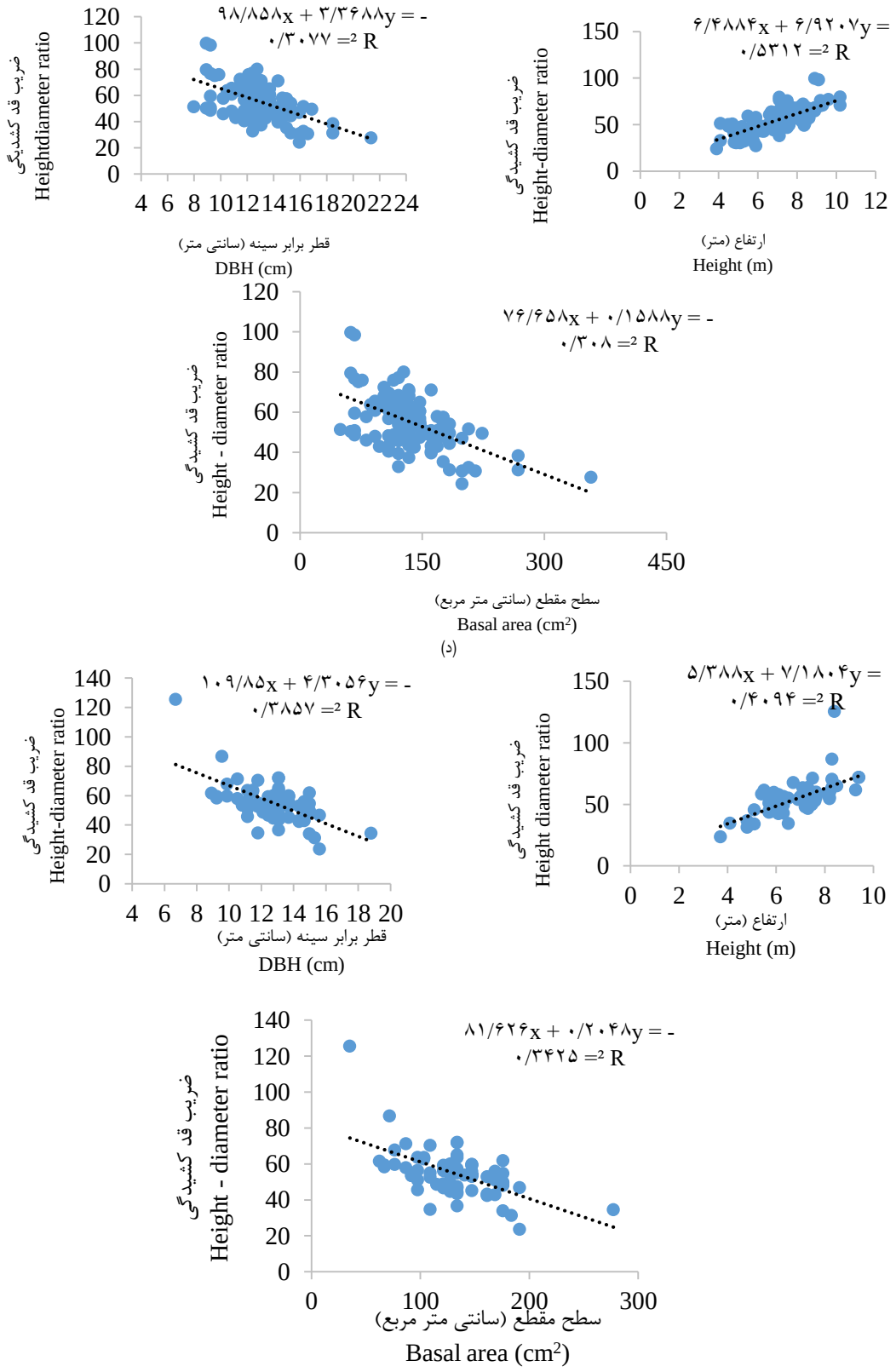
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]



شکل ۷- روابط رگرسیونی بین ضریب قدکشیدگی با مشخصه‌های قطر، ارتفاع و سطح مقطع به تفکیک گونه‌های کرب (الف)، بلوط (ب)، ممرز (ج)، زبان گنجشک (د) و کل توده (ه)

Figure 7. Regression relationships between the height-diameter ratio and the diameter, height, and basal area for maple (a), oak (b), hornbeam (c), ash (d), and the whole stand (e)

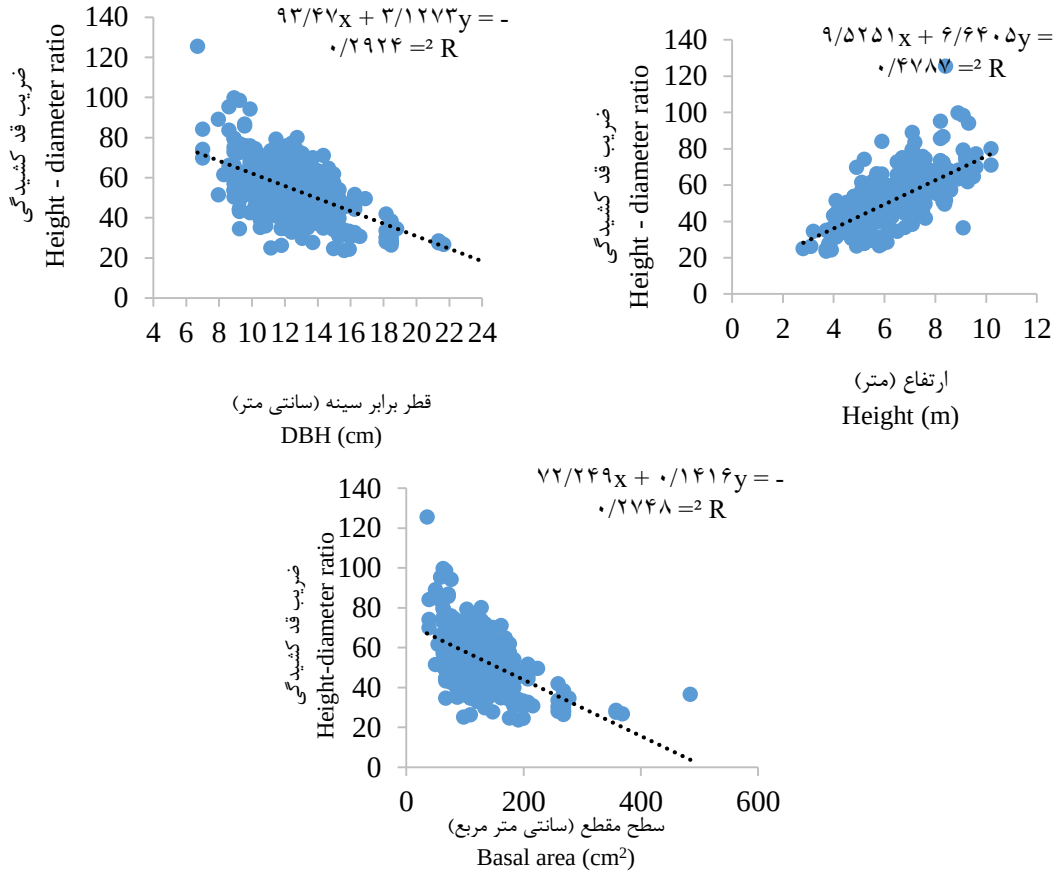
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]



ادامه شکل ۷- روابط رگرسیونی بین ضریب قدکشیدگی با مشخصه‌های قطر، ارتفاع و سطح مقطع به تفکیک گونه‌های کرب (الف)، بلوط (ب)، ممرز (ج)، زبان گنجشک (د) و کل توده (ه)

Continue Figure 7. Regression relationships between the height-diameter ratio and the diameter, height, and basal area for maple (a), oak (b), hornbeam (c), ash (d), and the whole stand (e)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]



ادامه شکل ۷- روابط رگرسیونی بین ضریب قدکشیدگی با مشخصه‌های قطر، ارتفاع و سطح مقطع به تفکیک گونه‌های کرب (الف)، بلوط (ب)، ممرز (ج)، زبان گنجشک (د) و کل توده (ه)

Continue Figure 7. Regression relationships between the height-diameter ratio and the diameter, height, and basal area for maple (a), oak (b), hornbeam (c), ash (d), and the whole stand (e)

نتیجه‌گیری کلی

در یک برنامه‌ریزی دقیق در مدیریت جنگل محاسبه صفات توده الزامی است (Bozorgi & Sheykholeslami, 2016). از آنجایی‌که پایداری توده‌ها و بوم‌سازگان‌ها، ناشی از پایداری درختان در توده است، از این‌رو ضریب قدکشیدگی درختان شاخص مناسبی در تنظیم میزان نور برای اجرای عملیات پرورشی خواهد بود. در واقع هرچه مقدار این ضریب در توده کمتر باشد آن توده پایدارتر خواهد بود (Eslami et al., 2013). بالعکس در درختان دارای ضریب قدکشیدگی زیاد که در نتیجه ارتفاع زیاد آن‌ها است احتمال تنش خشکی در تنه افزایش یافته و در چوب تنه نیز دچار خشکی و کاهش کیفیت خواهد شد و به این ترتیب خطر شکستن تنه نیز افزایش می‌یابد (Adeyemi & Adesoye, 2016).

محاسبه این ضریب برای تعیین نرخ پایداری توده در مطالعه حاضر مقدار میانگین ۵۴/۳۱ با دامنه‌ای از ۵۲/۶۴ تا ۵۵/۰۴ برای گونه‌های مختلف را نشان داد. مقدار ضریب قدکشیدگی در توده راش در شهر ساری برابر با ۳۴/۵۸ (Bozorgi & Sheykholeslami, 2016) و در مطالعه‌ای دیگر در راشستان‌های طبیعی در استان گلستان مقدار ۶۹/۳۸ (Mohajer & Mirkazem, 2012) و در توده راش در منطقه لومیر در گیلان مقدار ۵۷/۲۱ (Mirabdollahi et al., 2011) گزارش شد که در همه مناطق معرف پایداری و استحکام درختان این گونه در رویشگاه خود بود. تمام این مقادیر از یک توده آمیخته طبیعی حاصل شد که نشان از پایداری این توده‌ها داشت.

همچنین مطالعات نشان داده‌اند که محاسبه ضریب قد کشیدگی در مراحل مختلف رویشی درختان با توجه به تفاوت‌های شکل ساقه درخت در هر مرحله به مدیران جنگل در برآوردهای دقیق‌تر در اجرای روش‌های تک گزینی به‌روش نزدیک به طبیعت کمک خواهد کرد. به‌طوری‌که توده راش در مرحله رویشی تیرک دارای ضریب با مقدار ۱۰۰/۵ و در مرحله پیردار نیز ۳۳/۱۳ به‌ترتیب به‌عنوان ناپایدارترین و پایدارترین مراحل رویشی این گونه معرفی شدند (Mirabdollahi et al., 2011).

از سوی دیگر محاسبه ضریب قدکشیدگی در توده‌های تحت تخریب‌های نسانی یا طبیعی می‌تواند در شناسایی وضعیت موجود در توده و به تعیین عملیات پرورشی در مدیریت توده کمک کند، مطالعه درختان باد افتاده در توده‌های طبیعی و آمیخته ون در جنگل خیرود نشان داده است که ۳۵ درصد درختان افتاده دارای ضریب قدکشیدگی کمتر از ۱۰۰ بودند و ۶۵ درصد از آن‌ها ضریب بیشتر از ۱۰۰ داشتند که این درصد در دسته درختان ناپایدار قرار داشت و باد افتادگی آن‌ها نیز دور

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

از انتظار نبود. همچنین شواهدی در توده‌های جنگلی مانند تعداد در هکتار درختان بادافتاده، تاج شکسته و پراکنش آن‌ها در طبقات قطری پایین و همچنین مقدار ضریب قدکشیدگی بالا و افزایش اندک ارتفاع تاج درختان نسبت به افزایش ارتفاع، حاکی از نیاز توده به عملیات پرورشی خواهد بود (Sasanifar et al., 2019).

در مطالعه حاضر رابطه همبستگی بین قطر برابر سینه و سطح مقطع با ضریب قدکشیدگی درختان یک رابطه کم شونده و با ارتفاع یک رابطه افزاینده نشان داده شد (شکل ۶- الف تا ه). همبستگی منفی بین قطر و سطح مقطع با ضریب قد کشیدگی نیز نشانه‌ای از رابطه معکوس بین افزایش رویش قطری با کاهش ضریب قدکشیدگی است و نشان می‌دهد که با افزایش رویش قطری درخت در توده، نسبت درختان مستعد به آسیب کمتر می‌شود (Adeyemi & Adesoye, 2016). این نتیجه مطابق با نتایج توده‌های دستکاشت پلت که رابطه همبستگی بین قطر برابر سینه و ضریب قدکشیدگی درختان پلت یک رابطه کم شونده گزارش شد، به این ترتیب که با افزایش سن درختان و به تبع آن رویش قطری آن‌ها، مقدار ضریب قدکشیدگی کاهش یافته و توده پایدارتر می‌شود (Eslami et al., 2013). در مطالعه ضریب قدکشیدگی گونه راش نیز مقدار این ضریب به ازای افزایش قطر، روندی کاهشی داشته، که این نتایج نیز مطابق با نتایج تحقیق حاضر بود. به‌نحوی که در شکل‌های ۴ و ۵ نیز نشان داده شده است که با افزایش طبقات قطری مقدار ضریب قدکشیدگی توده کاهش یافته و توده به حالت پایداری نزدیکتر شده است. این وضعیت برای هریک از گونه‌های توده نیز مشاهده شد.

از طرف دیگر با افزایش سن درخت، رشد ارتفاعی کم‌تر شد، به‌طوری‌که شتاب افزایش ارتفاع درختان راش تا قطر ۴۰ سانتیمتر بیشتر بود و کاهش ضریب قدکشیدگی درختان در سنین جوانی به آن دلیل است که ابتدا رقابت برای رسیدن به تاج و نور بیشتر بوده است و رویش ارتفاعی از رویش قطری بیشتر است و این موضوع با افزایش سن درخت روندی معکوس شده است و رویش قطری بیشتر شده و در این صورت ضریب قدکشیدگی کاهش یافته و پایداری توده افزوده می‌شود (Bozorgi & Sheykholeslami, 2016).

رابطه منفی بین قطر و ضریب قدکشیدگی نشان می‌دهد که درختان با قطر کم، ضریب قدکشیدگی بیشتری دارند (Ojo & Sadiku, 2023). بیشترین همبستگی منفی بین قطر و ضریب قدکشیدگی در مطالعه Karlinasari و همکاران (2021) نیز گزارش شد.

محاسبه مقدار ضریب قدکشیدگی در کمّی کردن مقدار مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیطی (برف، طوفان، باد غالب) ضروری و امری مدیریتی تلقی می‌شود (Eslami et al., 2013) و ضریب قدکشیدگی ضریبی برای تعیین سلامت توده معرفی شده است. وجود ضرایب بالا در توده‌ها می‌تواند در نتیجه مدیریت ناکافی در جنگل مانند تنک کردن و یا تک گزینی ناکافی در توده باشد. در توده‌هایی که طی سال‌های متمادی تحت هیچگونه عملیات پرورشی نبوده‌اند رویش عمودی درختان افزایش یافته و منجر به افزایش مقدار ضریب قدکشیدگی درخت شده و خطر آسیب را افزایش خواهد داد زیرا رشد افقی درخت محدود خواهد شد و در مراحل بعدی رشد و ایجاد تاج پوشش متراکم، سایه سبب محدود شدن رویش ارتفاعی شده و به رویش قطری کمک می‌شود (Adeyemi & Adesoye, 2016). در جنگل ارسباران به‌دلیل شرایط محیطی مانند ارتفاع بالا از سطح دریا و همچنین شاخه‌زاد بودن اغلب توده‌ها به‌دلیل تخریب‌های وسیع در سال‌های گذشته، درختان حاضر در توده‌ها ارتفاع زیادی ندارند و احتمالا با اثرگذاری عوامل اکولوژیکی تشریح شده، توده از نظر رویش ارتفاعی محدود شده و ضریب قدکشیدگی در وضعیت مناسب و پایداری قرار دارد.

از سوی دیگر، مقدار این ضریب به‌عنوان معیاری برای تعیین گونه‌های باد شکن مطرح شده است. گونه‌هایی که ضریب قد کشیدگی کمتری دارند، می‌توانند به‌عنوان بادشکن مورد استفاده باشند. البته در کنار این ضریب باید عمق و گستردگی ریشه و انعطاف‌پذیری تنه نیز به‌عنوان عوامل مهم مؤثر مدنظر باشد (Ojo & Sadiku, 2023).

به‌نظر می‌رسد عامل اختلاط گونه‌ای در ارسباران دلیلی برای این پایداری بوده باشد زیرا وزش بادهای شدید پدیده‌ای است که با تغییرات آب و هوایی ایجاد می‌شود. روش‌های مختلف محدود کردن میزان خسارت ناشی از این پدیده طبیعی در جنگل‌ها شامل کشت آمیخته، ایجاد توده‌های چند آشکوبه، طبقات سنی مختلف و افزایش پایداری توده است. ویژگی‌های مختلفی از یک درخت وجود دارد که مقاومت در برابر آسیب‌های ناشی از بادهای شدید و برف را تعیین می‌کند که یکی از این معیارها مقدار ضریب قدکشیدگی معرفی شده است (Skrzyszewski & Pach, 2020). با این‌حال این ضریب تنها عاملی نیست که مقاوت توده در برابر باد را تضمین کند و مواردی مانند آمیختگی گونه‌ای، نیز مهم است که بررسی‌ها نشان داده است ترکیب ۱۰ درصد گونه‌های پهن برگ در توده‌های سوزنی برگ با کاهش مقدار این ضریب تا سه برابر حساسیت توده به باد افتادگی را کاهش خواهد داد. بررسی توده‌های تخریب شده در اثر باد نشان داده است که عواملی مانند نوع گونه، شیب زمین، اختلاط گونه‌ای، سرعت باد، ارتفاع از سطح دریا، شدت تنک کردن و تعداد سال‌های گذشته از عملیات تنک کردن در کنار مقدار ضریب قدکشیدگی بر مقدار تخریب اثر دارند (Skrzyszewski & Pach, 2020)، با این‌حال پیشنهاد می‌شود تا همه این عوامل مؤثر بر مقدار ضریب در ارسباران نیز بررسی و گزارش شوند. همچنین راه‌حل کاهش درصد درختان آسیب‌پذیر در توده‌های با ضریب بالا، اتخاذ اقدامات حفاظتی سخت‌گیرانه برای ایجاد ثبات و همچنین برش‌های تنک کردن کم اثر پیشنهاد شده است. اتخاذ این روش‌ها به استناد نتایج مطالعه Adeyemi و Adesoye (2016) فراوانی درختان در معرض خطر را به‌میزان ۲۳ درصد با وجود مقدار ضریب قدکشیدگی بالا، کاهش داد. به‌نظر می‌رسد که در توده مورد مطالعه در منطقه مکیدی نیز حفاظت تفرجگاهی در منطقه سبب کاهش تراکم پایه‌ها شده و رویش قطری درختان تضمین شده و مقدار این ضریب در محدوده پایدار قرار گرفته است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

بررسی و شناخت خصوصیات توده‌های طبیعی جنگلی مشخص‌کننده روند زیستی آن شامل بهبود، تخریب و یا رویش و تکامل توده خواهد بود. استفاده از نتایج چنین تحقیقاتی این امکان را فراهم می‌کند که دخالت‌های پرورشی و جنگل‌شناسی مناسب با وضعیت موجود در توده اتخاذ و تصمیمات صحیحی در راستای مدیریت برای دستیابی به اصل استمرار تولید اعمال شود و پایداری بلند مدت جنگل تضمین شود (Sasanifar et al., 2019).

همان‌طور که گفته شد، از آنجا که ضریب قدکشیدگی به‌عنوان معیاری برای حرکت توده به‌سوی پایداری محسوب می‌شود، از این‌رو پیشنهاد می‌شود تا پایش مقدار این ضریب به‌صورت قبل و بعد از هر نوع عملیات مدیریتی و حفاظتی در توده‌ها، یا در محدوده مناطق غیرحفاظتی نیز محاسبه شود تا اعمال روش‌های مدیریتی با صحت بیشتری در توده انجام شده و ضامن مقاومت توده در برابر عوامل تخریب طبیعی از جمله بادهای شدید و برف که پدیده‌های جوی معمول در این منطقه هستند، باشد.

References

Abedi, R. (2021). Effect of enclosure on density and diversity of natural regeneration in mixed stands of Arasbaran habitat, *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 19(1), 167- 177 (In Persian).

Adeyemi, A.A., Adesoye, P.O. (2016). Tree slenderness coefficient and percent canopy cover in oban group forest, Nigeria, *Journal of Natural Sciences Research*, 6(4), 9-17.

Akhavan, R., Namiranian, M. (2007). Slenderness coefficient of five major tree species in the Hyrcanian forests of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(2), 165-180.

Alemi. A., Oladi, J., Fallah, A., Maghsodi, Y. (2021). Evaluating of different height-diameter nonlinear models for hornbeam in uneven-aged stands (case study: Golestan Rezaeian Forest), *Ecology of Iranian Forests*, 8(16), 29- 38.

Bozorgi, K., Sheykholeslami, A. (2016). Survey slenderness coefficient of beech mixed trees in Hajikola tirankoli area- Sari. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 7(1): 1-9 (In Persian).

Eguakun, F.S., Oyebade, B.A. (2015). Linear and nonlinear slenderness coefficient models for Pinus caribaea (Morelet) stands in southwestern Nigeria. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS), 8(3), 26-30.

Eslami, A.R., Jahanaray, M.R., Habibi Bibalani, Gh., Hasani, M. 2013. Effect of thinning operations on maple (Acer velutinum) plantations (Case study: Mazandaran Wood and Paper Company's Forest Management Project). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(1), 76-85 (In Persian).

Golpour, A., Mollashahi,M., Ravanbakhsh, H., Moshki, A. (2022). Wind-thrown trees characteristics and effects of topographic and soil factors on wind throw in chamestan forest- Mazandaran, *Ecology of Iranian Forests*, 10(19), 99-108.

Hanum, S.F., Darma, I.D.P., Atmaja, M.B., Oktavia, G.A.E., Merriansyah, H., Fauzi, A. (2021). Tree slenderness coefficient at Bali Botanic Garden. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 918, 012038.

Ige, P.O., Komolafe, O.O. (2022). Tree slenderness coefficient models for biodiversity conservation in international institute of tropical agriculture forest Ibadan, Nigeria. *Tanzania Journal of Forestry and Nature Conservation*, 91(1), 20-31.

Karlinasari, L., Adzkia, U., Puspitasari, T., Nandika, D., Nugroho, N., Syafitri, U.D., Siregar, I.Z. (2021). Tree morphometric relationships and dynamic elasticity properties in tropical rain tree (Samanea saman Jacq. Merr). *Forests*, 12, 1711.

Kiadaliri, Sh., Tabari, M., Sarmadian, F., Ziabari Ziaee, S.F. 2004. Effect of soil type on some quantitative and qualitative charactristics of Populus X. euramericana (Dode), *Pajouhesh & Sazandegi*, 62, 45-50 (In Persian).

Mensah, A.A., Petersson, H., Dahlgren, J., Elfving, B. (2023). Taller and slenderer trees in Swedish forests according to data from the National Forest Inventory, *Forest Ecology and Management*, 527, 120605.

Mirabdollahi, M., Bonyad, A.E., Torkaman, J., Bakhshandeh, B. (2011). Study on tree form of Oriental Beech (Fagus orientalis Lipsky) in different growth stages (Case study: Lomir forest). *Iranian Journal of Forest*, 3(3), 177-187 (In Persian).

Mohajer, N., Mirkazem, S.Z. (2012). Investigation on qualitative and quantitative characteristics and succession of oriental beech natural stands in Vatan forest (Golestan Province). *Jornal of Wood and Forest Science and Technology*, 19(2), 43-58 (In Persian).

Navratil, S. (1996). Silvicultural systems for managing deciduous and mixedwood stands with white spruce understory. In Silvicultural of temperate and boreal broadleaf-conifer mixture. Edited by P.G. Comeau and K.D. Thomas. B.C. Ministry of Forests, *Victoria*, 35–46.

Nunes, L., Tomé, J., Tomé, M. (2010). Stability of pure even-aged conifer stands in portugal, mixed and pure forests in a Changing World UTAD, 6-8 October 2010, Vila Real, Portugal.

Ojo, A.R., Sadiku, N.A. (2023). Slenderness coefficient and growth characteristics of Africa giant bamboo: Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C. Wendl. Advances in Bamboo Science, 2, 100017.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]

Oladoye A.O., Ige, P.O., Baurwa, N., Onilude, Q.A., Animashaun, Z.T. 2020. Slenderness coefficient models for tree species in Omo biosphere reserve, South-western Nigeria. *Tropical Plant Research*, 7(3), 609– 618.

Saarinen, N., Kankare, V., Yrttimaa, T., Viljanen, N., Honkavaara, E., Holopainen, M., Hyyppä, J., Huuskonen, S., Hynynen, J., Vastaranta, M. (2020). Assessing the effects of thinning on stem growth allocation of individual Scots pine trees. *Forest Ecology and Management*, 474, 118344.

Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran, a treasure from the past, a hope for the future. Springer Netherlands, 152 pp.

Sasanifar, S., Namiranian M., Zargham, N. (2016). Surveying morphological characteristics of mixed and natural stand of Ash in Kheiroud forest. Forest Research and Development, 2(1), 1-15 (In Persian).

Shamaki, S.B., Oyelade, D.O. (2022). Tree slenderness coefficient and its relationship to diameter at breast height for azadirachta indica stand in Sanyinna community plantation, Sokoto state, Nigeria. Proceedings of the 8th Biennial conference of the Forests & Forest Products Society, Held at the Forestry Research Institute of Nigeria, Ibadan, Nigeria. 14th - 20th August.

Skrzyszewski, J., Pach, M. (2020). The use of the slenderness coefficient in diagnosing wind damage risks. *Acta Silvestria*, 57, 7-24.

Zhang, X., Wang, H., Chhin, S., Zhang, J. (2020). Effects of competition, age and climate on tree slenderness of Chinese fir plantations in southern China. *Forest Ecology and Management*, 458, 117815.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.12.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.44]