Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 12. Issue. 1, 2024 p: 63-72

OPEN ACCESS

Research Paper

Comparison of Height Distribution Functions of Brant's Oak (*Quercus Brantii* Lindl) in Two Sites with Vegetative Forms Coppice with Standard and Standard with Coppice

Peyman Amiri[1], Javad Soosani[2], Ramin Hosseinzadeh[3] and Hamed Naghavi[4]

1- Ph.D. student of Lorestan University, Khorramabad, Iran
2- Associate Professor of Lorestan University, Khorramabad, Iran (Corresponding author: soosani.j@lu.ac.ir)
3- Ph.D. of Lorestan University, Khorramabad, Iran
4- Associate Professor of Lorestan University, Khorramabad, Iran

Received: 9 July, 2023 Accepted: 13 February, 2024 Revised: 13 February, 2024 Available Online: 13 March, 2024

Extended Abstract

Background: Sustainable management and fundamental planning of forest resources require efficient and high-quality information about the current and future states of forests. Investigating the current and future states of forest stands, describing the structure of the forest stand, and the response of the stand to tending operations are among the capabilities of statistical distributions in forest management. Frequency distribution modeling is the distribution of people in a population in different classes. Since natural phenomena include continuous and discrete types, their distribution will also be different and diverse. The use of statistical distributions in the forest has a long history, and some researchers have considered its history as long as two centuries. Zagros forests, as one of the most important vegetation areas of Iran, have a special importance from the socioeconomic and ecological points of view. The dominant species of these forests is the Iranian oak (*Quercus brantii* Lindl). According to geographical and environmental conditions, this species has various habitats in the vegetation zone of the middle Zagros. It is expected that this species has different probability distribution functions in different habitats. Therefore, the probability distribution functions of the characteristic height in habitats with different vegetative structures of Iranian oak in the forests of Khorramabad city were investigated in this research to select the best models in different habitats. This study also seeks to provide useful information on the authority of forest managers and planners to preserve and improve these valuable forests.

Methods: To carry out this research, two areas with different structures, including coppice with standard (Sefidkoh area) and standard with coppice (Qala-Gol area) were determined in the forests of Khorram Abad city through numerous excursions in the forest. A forest stand with an area of approximately 3 ha was selected in each of these areas. This forest stand was chosen in such a way to represent the forests of the region. The subsoil was semi-deep and north direction in the Qala-Gol forest stand at an altitude of 1850 m above sea level and with an average slope of 20%. In the SefidKoh forest stand, the subsoil was semi-deep and located in the north direction at an altitude of 1900 m from sea level with an average slope of 30%. In each of these two selected forest stands, the height of all Iranian oak trees, with a height of > 1.5 m, was counted 100%. In total, the heights of 458 and 348 Iranian oak trees were measured in the two SefidKoh and Qala-Gol regions, respectively. A TruPulse 360 laser device was used to measure the height of trees. To investigate the distribution of height classes, the most widely used continuous probability distribution models in biological research were used due to the continuousness of the height variable, including two-parameter Weibull, two-parameter gamma, normal, log-normal, beta, and Johnson. The goodness of fit of the data was also examined using the Anderson-Darling test, which has a higher power than other tests. Easy Fit 5.6 software was used to analyze all data and draw graphs.

Results: The statistical errors were 4.45% and 2.82% in the Sefidkoh and Qala-Gol regions, respectively. The average height of trees was 6.76 m in the Sefidkoh region (between 1.8 and 18 m) compared to that of 7.54 m (between 1.53 and 14.04 m) measured in the Qala-Gol area. The values of skewness and Kurtosis were positive in the two forest areas, with higher values in the Sefidkouh region than in the Qala-Gol area, indicating the concentration of data in lower-height

Copyright ©2024 Amiri 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 2026-01-08]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]

classes in the Sefidkouh region. The results of Anderson-Darling's goodness of fit test in the Sefidkoh area (coppice with standard) showed that the most suitable probability distribution functions (with a 5% error level) for modeling the distribution of trees in height classes were Johnson sb and beta, respectively. In the Qala-Gol region (standard with coppice), the most appropriate distribution functions were identified as beta and normal, respectively.

Conclusion: The results of this research show that the forest has an uneven-aged structure in the areas where the oak forest has a coppice with standard form, according to the form of distribution (decreasing distribution). In contrast, the forest has moved toward a single-stemmed and even-aged forest in areas where the forest form is standard with coppice. This is mainly caused by the destruction through grazing, the cutting of branches for livestock and fuel consumption, and the indiscriminate use of byproducts that have occurred in this region. In the Sefidkoh region, the effects of destruction and less human intervention were observed at the regional level in field observations. According to the shape of the distributions obtained in the two sites, the vegetative forms of the trees affected the distribution functions of their heights, which can provide useful information for managers, planners, and researchers to maintain and control these valuable forests.

Keywords: Beta function, Johnson function, Middle Zagros, Normal curve.

How to Cite This Article: Amiri, P., Soosani, J., Hosseinzadeh, R., and Naghavi, H. (2024). Comparison of Height Distribution Functions of Brant's Oak (*Quercus Brantii* Lindl) in Two Sites with Vegetative Forms Coppice with Standard and Standard with Coppice. *Ecol Iran For,* 12(1), 63-72. DOI: 10.61186/ifej.12.1.63

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]

مقاله پژوهشی

مقایسه توابع توزیع ارتفاع بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) در دو رویشگاه با فرم رویشی دانه و شاخه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد

پیمان امیری[۱]، جواد سوسنی[۲]، رامین حسین‌زاده[۳] و حامد نقوی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲- دانشیار دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، (نویسنده مسوول: soosani.j@lu.ac.ir)
۳- دکتری دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۴- دانشیار دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳
صفحه: ۶۳ تا ۷۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: مدیریت پایدار و برنامه‌ریزی اصولی منابع جنگلی به اطلاعات کارآمد و باکیفیتی از وضعیت حال و آینده جنگل نیازمند است. بررسی وضعیت فعلی و آینده توده‌های جنگلی، توصیف ساختار تودهٔ جنگلی و واکنش توده به عملیات پرورشی از جمله توانمندی‌های توزیع‌های آماری در مدیریت جنگل به‌شمار می‌آید. مدل‌سازی توزیع فراوانی‌ها عبارت است از نحوه پراکنش افراد یک جمعیت در طبقات مختلف، از آنجا که پدیده‌های طبیعی شامل انواع پیوسته و گسسته هستند، نحوه توزیع آنها نیز متفاوت و متنوع خواهد بود. استفاده از توزیع‌های آماری در جنگل از قدمت زیادی برخوردار است، به‌طوری‌که برخی از محققان سابقه آن را تا دو قرن نیز دانسته‌اند. جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ناحیه‌های رویشی ایران، اهمیت خاصی از نظر اجتماعی-اقتصادی و بوم‌شناختی دارند. گونه غالب این جنگل‌ها، گونه بلوط ایرانی (*Q. brantii* Lindl) می‌باشد. این گونه بر حسب شرایط جغرافیایی و محیطی دارای رویشگاه‌های متنوعی در ناحیه رویشی زاگرس میانی است لذا انتظار می‌رود که این گونه دارای توابع توزیع احتمال متفاوتی در رویشگاه‌های متفاوت باشد. بنابراین در این پژوهش به بررسی توابع توزیع احتمال مشخصه ارتفاع در رویشگاه‌های دارای ساختار رویشی متفاوت بلوط ایرانی در جنگل‌های شهرستان خرم‌آباد پرداخته شده است تا با انتخاب بهترین مدل‌ها در رویشگاه‌های مختلف، اطلاعات مفید و سودمندی در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان جنگل در جهت حفظ و ارتقای این جنگل‌های ارزشمند قرار داده شود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور اجرای این پژوهش با انجام جنگل‌گردشی‌های متعدد، دو منطقه با ساختار رویشی متفاوت شامل دانه و شاخه‌زاد (منطقه سفیدکوه) و شاخه و دانه‌زاد (منطقه قلعه‌گل) در سطح جنگل‌های شهرستان خرم‌آباد در نظر گرفته شد. در هرکدام از این مناطق تودهٔ جنگلی به مساحت تقریبی سه هکتار انتخاب شد، این توده جنگلی به گونه‌ای انتخاب شد که معرف جنگل‌های منطقه باشد. تودهٔ جنگلی قلعه‌گل در ارتفاع ۱۸۵۰ متری از سطح دریا و دارای شیب متوسط ۲۰ درصد، خاک بستر نیمه‌عمیق و جهت شمالی بود، همچنین تودهٔ جنگلی سفید کوه نیز در ارتفاع ۱۹۰۰ متری از سطح دریا با شیب متوسط ۳۰ درصد، خاک بستر نیمه‌عمیق و جهت شمالی قرار داشت. در ادامه در هرکدام از این دو تودهٔ جنگلی انتخاب شده، ارتفاع تمامی درختان بلوط ایرانی که بلندی آنها بالاتر از ۱/۵ متر بود مورد آماربرداری صد در صد قرار گرفت. در مجموع در دو منطقه سفیدکوه و قلعه‌گل به‌ترتیب ارتفاع تعداد ۴۵۸ و ۳۴۸ اصله درخت بلوط ایرانی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری ارتفاع درختان از دستگاه لیزری TruPulse 360 استفاده شد. در این پژوهش به‌منظور بررسی پراکنش طبقات ارتفاعی، با توجه به پیوسته بودن متغیر ارتفاع، از پرکاربردترین مدل‌های توزیع احتمال پیوسته در پژوهش‌های زیستی شامل: وایبول دو پارامتره، گاما دو پارامتره، نرمال، لگ نرمال، بتا و جانسون استفاده شد، همچنین نیکویی برازش داده‌ها با استفاده از آزمون اندرسون-دارلینگ که از توان بالاتری در مقایسه با سایر آزمون‌ها برخوردار است، بررسی شد. برای تحلیل کلیه داده‌ها و رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Easy Fit 5.6 استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اشتباه آماربرداری در منطقه سفیدکوه برابر با ۴/۴۵ درصد و در منطقه قلعه‌گل برابر با ۲/۸۲ درصد می‌باشد، میانگین ارتفاع درختان در منطقه سفیدکوه ۶/۷۶ متر و و داده‌ها بین دو مقدار ۱/۸ تا ۱۸ متر توزیع یافته‌اند، در حالی که در منطقه قلعه گل میانگین ارتفاع درختان اندازه‌گیری شده برابر با ۷/۵۴ متر و داده‌ها بین دو مقدار ۱/۵۳ و ۱۴/۰۴ متر قرار دارند. براساس مقادیر مربوط به چولگی و کشیدگی در دو منطقه جنگلی، میزان کشیدگی و چولگی در هر دو منطقه مثبت و در منطقه سفیدکوه بیشتر از منطقه قلعه‌گل می‌باشد که نشان‌دهنده تمرکز بیشتر داده‌ها در طبقات ارتفاعی پایین‌تر در منطقه سفیدکوه است. همچنین نتایج آزمون نیکویی برازش اندرسون-دارلینگ در منطقه سفیدکوه (دانه و شاخه‌زاد) نشان داد که مناسب‌ترین توابع توزیع احتمال (در سطح خطای پنج درصد) برای مدل‌سازی توزیع درختان در طبقات ارتفاعی به‌ترتیب جانسون sb و بتا می‌باشند، در منطقه قلعه‌گل (شاخه و دانه‌زاد) نیز مناسب‌ترین توابع توزیع به‌ترتیب بتا و نرمال تشخیص داده شدند.

نتیجه‌گیری کلی: در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد در مناطقی که جنگل بلوط دارای فرم دانه و شاخه‌زاد می‌باشد باتوجه به شکل توزیع (توزیع کم‌شونده)، جنگل دارای ساختار ناهمسال است و در مناطقی که فرم جنگل شاخه و دانه‌زاد می‌باشد جنگل به‌سمت یک جنگل تک اشکوبه و همسال رفته است که دلیل عمدهٔ آن تخریب‌های ناشی از رمه گردانی، قطع سرشاخه‌ها جهت تألیف دام و مصرف سوخت و همچنین استفاده بی‌رویه از محصولات فرعی است که در سطح این منطقه رخ داده است در حالی‌که در منطقه سفیدکوه بر اساس مشاهدات میدانی آثار تخریب و دخالت انسانی کمتری در سطح منطقه مشاهده شد. همچنین با توجه به شکل توزیع‌های به‌دست آمده در دو رویشگاه مشخص شد که فرم رویشی درختان بر روی توابع توزیع ارتفاع درختان تأثیرگذار بوده است که این امر می‌تواند جهت حفظ و کنترل این جنگل‌های ارزشمند اطلاعات مفید و سودمندی در اختیار مدیران، برنامه‌ریزان و محققان قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: تابع بتا، تابع جانسون، زاگرس میانی، منحنی نرمال

مقدمه

جنگل‌های بلوط غرب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ناحیه‌های رویشی ایران، اهمیت خاصی از نظر اجتماعی-اقتصادی و بوم‌شناختی دارند (Moradi *et al.*, 2021). این جنگل‌ها از لحاظ تنوع گونه گیاهی و جانوری یکی از غنی‌ترین مناطق زیستی در کشور و در خاورمیانه محسوب می‌شوند (Sedaghat *et al.*, 2022) که در سالیان متوالی به‌علت رشد جمعیت و افزایش تعداد دام و نیز گسترش تخریب‌ها دچار سیر قهقرایی شده‌اند. در جنگل‌های زاگرس به‌طور کلی سه گونه بلوط به نام‌های بلوط ایرانی (*Q. brantii* Lindl)، دارمازو (*Q. infectoria* Oliv) و ویول (*Q. libani* Oliv) وجود دارد که گسترده‌ترین آنها گونهٔ بلوط ایرانی است. این گونه در

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]

همهٔ ارتفاعـات، شـیب‌ها و جهت‌هـای جغرافیایی و حتی انواع خاک و اقلیم رشد و پـراکنش دارد (Fattahi, 1994) که با توجه به جایگاه ارشمند گونه بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس، اهمیت توسعه پژوهش‌های هرچه بیشتر در رابطه با این گونه امری ضروری است.

تصمیم‌گیری درست درباره جنگل‌ها به‌عنوان منابع مهم روی زمین نیازمند دسترسی به اطلاعات با کیفیت است که از طریق روش‌های مختلف آماربرداری عرصه‌ای، تحلیل‌های ریاضی، گزارش‌های دوره‌ای و پایش مؤثر در مناطق جنگلی مختلف دنیا امکان‌پذیر است و اجرای عملکردهای اقتصادی و اکولوژیکی جنگل مستلزم برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد است که اطلاعات قابل اعتماد و حقیقی از منابع جنگلی ارائه می‌دهد (*Pogoda et al., 2019*). یکی از این اطلاعات بهینه از جزئیات توده‌های جنگلی، متغیر کمی نظیر ارتفاع درختان است. متغیر ارتفاع کل را می‌توان از اصلی‌ترین متغیرهای ریخت‌شناسی درختان جنگلی دانست. ارتفاع درخت، در مواردی مانند تعیین حجم، محاسبهٔ ضرایب شکل و قدکشیدگی، تعیین کیفیت و حاصلخیزی رویشگاه و همچنین در تخمین محصول، رشد بالقوه، تعیین ویژگی‌های اقتصادی توده و پیش‌بینی آیندهٔ توده برای برنامه‌ریزی و مدیریت کاربرد بسیار دارد.

برای تبیین وضعیت متغیرهای کمی درختان می‌توان از مدل‌سازی توزیع فراوانی‌ها استفاده کرد (Mohamad Alizadeh *et al*., 2013; Hassanzad and Moradi, 2020). مدل‌سازی توزیع فراوانی‌ها عبارت است از نحوه پراکنش افراد یک جمعیت در طبقات مختلف. از آنجاکه پدیده‌های طبیعی شامل انواع پیوسته و گسسته هستند، نحوه توزیع آنها نیز متفاوت و متنوع خواهد بود (Abedi, 2022). اهمیت توابع توزیع احتمال در پژوهش‌های منـابع طبیعـی، بـه‌دلیل نقش مؤثر ایـن توابـع در شـناخت بهتـر سـاختار پوشـش گیاهی و ارائه مدل‌های مفهومی از وضعیت شاخص‌هـای کمـی گونه‌های گیاهی است (Zheng and Zhou, 2010). استفاده از توزیع‌های آماری در جنگل از قدمت زیادی برخوردار است، به‌طوری که برخی از محققان سابقه آن را تا دو قرن نیز دانسته‌اند (Nord-larsen and Cao, 2006). اولین تلاش برای مدل‌سازی توزیع فراوانی متغیرهای درختان را دولیکور در سال ۱۸۹۸ انجام داد (Baily, 1980). بکارگیری مدل‌های توزیع آماری از دهه شصت میلادی در پژوهش‌های جنگلداری متداول شد و استفاده از انواع توابع هندسی، نمایی، توزیع نرمال، بتا، گاما، لوگ نرمال و وایبول رواج یافت که امروزه به توابع مرجع در مطالعات تبدیل شده‌اند (Abedi, 2022).

در ایران اولین بررسی در ارتباط با توزیع‌های آماری مربوط به نمیرانیان در جنگل‌های خیرودکنار است، براساس این پژوهش توزیع‌های وایبول و بتا برای این جنگل‌ها مناسب تشخیص داده شدند (Namiranian, 1990). بیشتر تحقیق‌های صورت گرفته در رابطه با توزیع‌های آماری در جنگل‌های ایران مربوط به مشخصهٔ قطر درختان است و به متغیر ارتفاع درختان کمتر پرداخته شده است. برازش توزیع قطری گونه‌های بلوط برودار (*Quercus brantii*)، مازودار (*Quercus infctoria*) و ویول (*Quercus libani*) در زاگرس شمالی تحت تخریب از نظر توزیع احتمال نشان داده است که توزیع بتا برای این سه گونه به‌عنوان بهترین تابع برای مدل‌سازی توزیع طبقات قطری است (Sohrabi and Taheri, 2012). بررسی توزیع احتمال درختان بلوط ایرانی (*Quercus persica*) در ایلام نشان داد که توزیع‌های بتا و نرمال بهترین قابلیت را برای برازش طبقات قطری این گونه در جنگل‌های تنک استان ایلام دارند (Mirzaei *et al*., 2015). همچنین در پژوهش دیگری مشخص شد که ارتفاع درختان این جنگل‌ها نیز از توزیع بتا تبعیت می‌کند (Mirzaei *et al*., 2016). محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2016)، در پژوهشی به بررسی توابع توزیع احتمال در جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت بلوط پرداختند، نتایج مطالعه آنها نشان داد که توابع جانسون sb و نرمال برای جنگل‌های دست‌کاشت و توابع وایبول و گاما سه پارامتری برای جنگل‌های طبیعی بلوط بهترین برازش را برای مشخصه‌های کمی قطر و ارتفاع درختان داشته‌اند.

گونه بلوط ایرانی بر حسب شرایط جغرافیایی و محیطی دارای رویشگاه‌های متنوعی در ناحیه رویشی زاگرس میانی است که در شرایط کلیماکس یا پایدار اکوسیستم، تودهٔ غالب (درختان بلوط ایرانی) از توابع خاصی پیروی می‌کنند که پی بردن به شکل این توابع می‌تواند در سوق دادن توده‌های تخریب‌یافته به‌سمت توده‌های پایدارتر و مدیریت توده‌های تخریب‌یافته راه‌گشای مدیران و برنامه‌ریزان جنگل باشد. بنابراین در این پژوهش به بررسی توابع توزیع احتمال مشخصه ارتفاع در رویشگاه‌های دارای ساختار رویشی متفاوت بلوط ایرانی در جنگل‌های شهرستان خرم‌آباد پرداخته شده است.

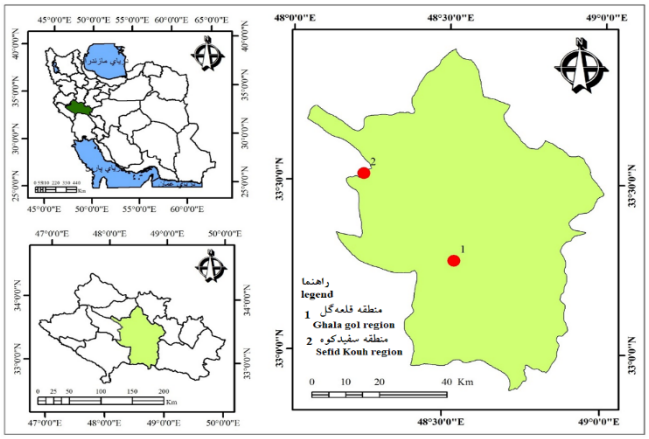
مواد و روش

مناطق مورد مطالعه

به‌منظور اجرای این پژوهش با جنگل‌گردشی‌های متعدد، دو منطقه با ساختار رویشی متفاوت شامل دانه و شاخه‌زاد (سفیدکوه) و شاخه و دانه‌زاد (قلعه‌گل) در سطح جنگل‌های شهرستان خرم‌آباد در نظر گرفته شد (شکل ۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی توده‌های مورد بررسی
Figure 1. Geographical location of the investigated stands

الف- منطقه قلعه‌گل

منطقهٔ قلعه‌گل به مساحت ۹۴۹۲ هکتار در ۳۵ کیلومتری جنوب شهر خرم‌آباد واقع شده و حداقل و حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا به‌ترتیب ۱۴۹۳ و ۲۸۰۲ متر است. منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه و طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه قرار گرفته است (Hosseinzadeh *et al.*, 2022). جنگل‌های این منطقه بیشتر دارای درختان به فرم رویشی شاخه‌زاد و تک اشکوبه هستند و از گونه‌های غالب آن می‌توان به بلـوط ایرانـی (*Q. brantii* Lindl)، بادام کوهی (*Amygdalus Sp*)، زالزالک (*Crataegus Sp*)، کیکم (*Acer monspessulanum* Boiss) و گلابی وحشی (*pyrus sp*) اشاره کرد (Forestry plan booklet, 2013).

ب- منطقه سفیدکوه

منطقه حفاظت‌شده‌ی سفیدکوه لرستان بین طول‌های جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۳ درجه ۴۸ دقیقه واقع شده است. این منطقه بین دامنه‌ی ارتفاعی ۱۰۸۰-۳۱۷۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است و طول تقریبی آن ۶۰ کیلومتر است. سفیدکوه به‌علت شرایط خاص توپوگرافی و وجود رودخانه‌های پر آبی نظیر کریه و کشکان یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های جانوری در غرب کشور به‌حساب می‌آید (Delpasand *et al.*, 2017). پوشش درختی غالب این منطقه مانند سایر مناطق زاگرس از بلوط تشکیل شده است که همراه آن گونه‌های شاخص دیگری مانند بنه (*Pistacia atlantica* Desf)، خینجوک (*Pistacia khinjuk* Stocks)، زالزالک (*Crataegus Sp*)، بادام کوهی (*Amygdalus Sp*)، محلب (*Cerasus mahaleb* Mill)، کیکم (*Acer monspessulanum* Boiss) و گلابی وحشی (*pyrus sp*) نیز حضور دارند.

برداشت اطلاعات

در هر کدام از این مناطق تودهٔ جنگلی به مساحت تقریبی سه هکتار انتخاب شد، این توده جنگلی به گونه‌ای انتخاب شد که معرف جنگل‌های منطقه باشد. تودهٔ جنگلی قلعه‌گل در ارتفاع ۲۱۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد و دارای شیب متوسط ۳۵ درصد، خاک نیمه‌عمیق و جهت شمالی است، تودهٔ جنگلی سفیدکوه نیز در ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح دریا با شیب متوسط ۳۷ درصد، خاک نیمه‌عمیق و جهت شمالی قرار دارد. در ادامه در هر کدام از این دو تودهٔ جنگلی، ارتفاع تمامی درختان بلوط ایرانی که بلندی آنها بالاتر از ۱/۵ متر بود (در منطقه سفیدکوه و قلعه‌گل به‌ترتیب تعداد ۴۵۸ و ۳۴۸ اصله) با استفاده از دستگاه لیزری TruPulse 360 اندازه‌گیری شد.

تحلیل‌های آماری

تجزیه و تحلیل اطلاعات برداشت شده از دو توده مورد بررسی با نرم‌افزار SPSS انجام شد. در ادامه به‌منظور بررسی پراکنش طبقات ارتفاعی، با توجه به پیوسته بودن متغیر ارتفاع، از پرکاربردترین مدل‌های توزیع احتمال پیوسته در پژوهش‌های زیستی شامل: وایبول دو پارامتره، گاما دو پارامتره، نرمال، لگ نرمال، بتا و جانسون استفاده شد که در جدول ۱ ارائه شده است (Amanzadeh *et al.*, 2011). سپس به‌منظور بررسی نیکویی برازش داده‌ها از آزمون اندرسون-دارلینگ که از توان بالاتری در مقایسه با سایر آزمون‌ها برخوردار است، استفاده شد (Mohamad Alizadeh *et al.*, 2013). برای تحلیل کلیه داده‌ها و رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Easy Fit 5.6 استفاده شد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]

جدول ۱– توابع توزیع احتمال مورد بررسی و مشخصه‌های آنها (Cao, 2004)

Table 1. Probability distribution functions and their Parameters (Cao, 2004)

توزیع Distribution	تابع توزیع احتمال probability distribution function	مشخصه‌های تابع Function Parameters
بتا Beta	$f(x)=\frac{(x-a)^{a_1-1}(b-x)^{a_2-1}}{\beta(a_1,a_2)(b-a)^{a_1+a_2-1}}$	a_1 و a_2 شاخص‌های شکل a_1 and a_2 Parameters of the Shape a و b شاخص‌های کرانه a and b Parameters of bounds
گاما Gamma	$f(x)=\frac{x^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}T(\alpha)}e^{\left(-x/\beta\right)}$	a مشخصه شکل a Shape Parameter **β** مشخصه مقیاس **β** Scale Parameter
نرمال normal	$f(x)=\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}}e^{\left[-(x-\mu)^2/2\sigma^2\right]}$	**σ** مشخصه مقیاس σ Scale Parameter **μ** مشخصه موقعیت μ location Parameter
لگ نرمال lognormal	$f(x)=\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}}e^{\left[-(lnx-\mu)^2/2\sigma^2\right]}$	**σ** مشخصه مقیاس σ Scale Parameter **μ** مشخصه موقعیت μ location Parameter
وایبول Weibull	$f(x)=\frac{\alpha}{\beta^{\alpha}}x^{\alpha-1}e^{-\left(x/\beta\right)^{\alpha}}$	a مشخصه شکل a Shape Parameter **β** مشخصه مقیاس **β** Scale Parameter
جانسونSB Johnson SB	$f(x)=\frac{\sigma\lambda}{\sqrt{2\pi}(x-\varepsilon)(\varepsilon+\lambda-X)}exp(-\frac{1}{2}[\gamma+\sigma\ln(\frac{x-\varepsilon}{\varepsilon+\lambda-x})]^2$	**y** و **δ** مشخصه‌های شکل، **λ** مشخصه مقیاس و **ε** مشخصه موقعیت y and δ shape Parameters, λ scale Parameter and ε location Parameter

نتایج و بحث

از نتایج بدست آمده در این پژوهش مشخص شد که اشتباه آماربرداری در منطقه سفیدکوه برابر با ۴/۴۵ درصد و در منطقه قلعه‌گل برابر با ۲/۸۲ درصد می‌باشد که این مقدار برای جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس قابل قبول است (Naghavi *et al*., 2009). نتایج همچنین حاکی از آن بود که ارتفاع درختان در منطقه سفیدکوه بین دو مقدار ۱/۸ تا ۱۸ متر و در منطقه قلعه‌گل بین ۱/۵۳ تا ۱۴/۰۴ متر بوده و میانگین ارتفاع درختان در منطقه قلعه‌گل (۷/۵۴ متر) از میانگین ارتفاع درختان در منطقه سفیدکوه (۶/۷۶ متر) بیشتر است که علت آن می‌تواند شرایط رویشگاهی بهتر منطقه قلعه‌گل ازجمله بارندگی و دمای مساعدتر در مقایسه با منطقه سفیدکوه باشد. براساس مقادیر مربوط به چولگی و کشیدگی در دو منطقه جنگلی، میزان کشیدگی و چولگی در هر دو منطقه مثبت و در منطقه سفیدکوه بیشتر از منطقه قلعه‌گل می‌باشد که نشان‌دهنده تمرکز بیشتر داده‌ها در طبقات ارتفاعی پایین‌تر در منطقه سفیدکوه است. همچنین نزدیک بودن شاخص میانه به میانگین در منطقه قلعه‌گل نشان‌دهنده انباشتگی داده‌ها حول میانگین است. سایر مشخصات توصیفی دو توده مدنظر در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲– مشخصات توصیفی ارتفاع درختان در دو منطقه

Table 2. Descriptive characteristics of tree height in two region

منطقه سفیدکوه Sefid Kouh region	منطقه قلعه گل Ghala gol region	شاخص Indicator
151.3	114	تعداد در هکتار Trees number per hectare (n/ha)
6.76	7.54	میانگین ارتفاع (متر) Average of hight (m)
1.8	1.53	کمینه ارتفاع (متر) Minimum of hight (m)
18	14.04	بیشینه ارتفاع (متر) Maximum of hight (m)
4	7.42	میانه (متر) Median (m)
16.2	12.51	دامنه (متر) Range (m)
1.03	0.11	چولگی Skewness
0.82	0.27	کشیدگی Kurtosis
10.66	5.04	واریانس Variance
3.26	2.02	انحراف معیار Standard deviatio
0.3	0.21	اشتباه آماربرداری Incorrect census
4.45	2.82	درصد اشتباه آماربرداری Percentage of incorrect census
48.28	26.77	ضریب تغییرات Coefficient of variation

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]

علاوه بر بافت‌نگار، مدل‌های ریاضی به‌منظور مدل‌سازی در رابطه با علوم جنگل نیز کاربرد فراوانی دارند، یکی از انواع مدل‌سازی‌های مفید در علوم جنگل استفاده از توزیع‌های آماری جهت مدل‌سازی توزیع فراوانی متغیرهای ریخت‌شناسی درختان می‌باشد (Mohamad Alizadeh *et al*., 2013). نتایج آزمون نیکویی برازش اندرسون–دارلینگ در منطقه سفیدکوه نشان داد که مناسب‌ترین توابع توزیع احتمال (در سطح خطای پنج درصد) برای مدل‌سازی توزیع درختان در طبقات ارتفاعی به‌ترتیب جانسون sb و بتا می‌باشند، توزیع لگ نرمال نیز از برازندگی مناسبی برخوردار بود در حالی‌که سه توزیع گاما، وایبول و نرمال این قابلیت را نداشتند، در منطقه قلعه‌گل نیز مناسب‌ترین توابع توزیع به‌ترتیب بتا و نرمال تشخیص داده شدند این درحالی بود که دو توزیع گاما و وایبول نیز قابلیت تبیین توزیع طبقات ارتفاعی درختان را داشتند ولی توزیع لگ نرمال این قابلیت را نداشت، همچنین توزیع جانسون sb در این منطقه فاقد برازش تشخیص داده شد (جدول ۴). مقادیر برآورد شده مشخصه‌های هریک از توابع در دو منطقه مورد بررسی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۴- مقادیر مربوط به آمارهٔ آزمون نیکویی برازش اندرسون–دارلینگ در دو منطقه
Table 4. Values related to the statistic of Anderson-Darling fitting test in two region

رتبه Rank	مقدار بحرانی Critical Value	آماره Statistics	توابع توزیع Distribution functions	مناطق rejion
1	2.5018	1.21^{ns}	جانسونSB Johnson SB	منطقه سفیدکوه Sefid Kouh rejion
2	2.5018	1.49^{ns}	بتا Beta	
3	2.5018	2.04^{ns}	لگ نرمال Lognormal	
4	2.5018	2.62^{**}	گاما Gamma	
5	2.5018	8.34^{**}	وایبول Weibull	
6	2.5018	9.86^{**}	نرمال Normal	
1	2.5018	0.67^{ns}	بتا Beta	قلعه گل Ghala gol
2	2.5018	0.68^{ns}	نرمال Normal	
3	2.5018	0.86^{ns}	گاما Gamma	
4	2.5018	1.31^{ns}	وایبول Weibull	
5	2.5018	3.03^{**}	لگ نرمال Lognormal	
No fit	2.5018	No fit	جانسونSB Johnson SB	

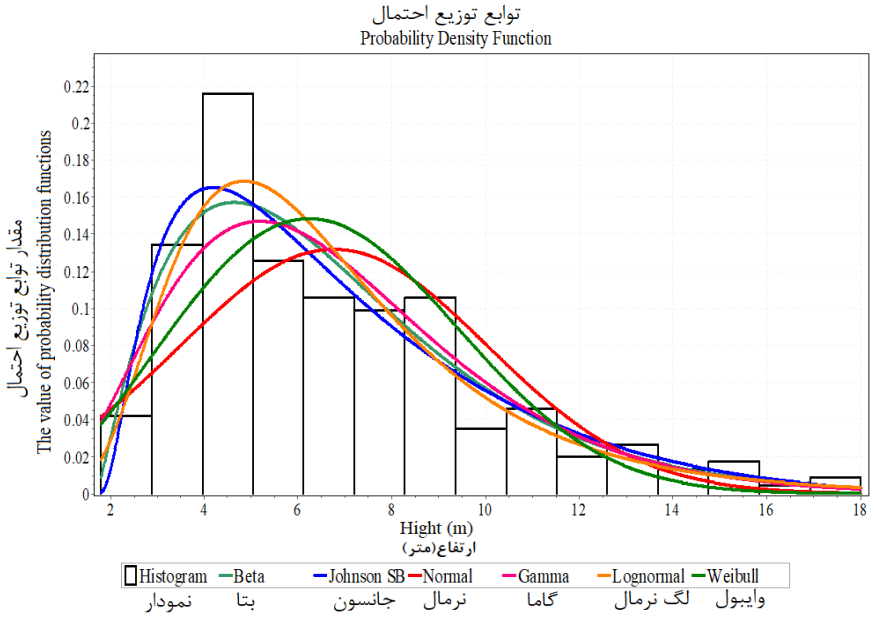
*معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns معنی‌دار نبودن اختلاف توزیع مشاهده شده با توزیع تئوریک
* Significant at level 5% probability level and ns no significant difference in observed distribution with theoretical distribution

جدول ۵- مقادیر مشخصه‌های برآورد شده توابع توزیع احتمال
Table5. Values of estimated parameters of probability distribution functions

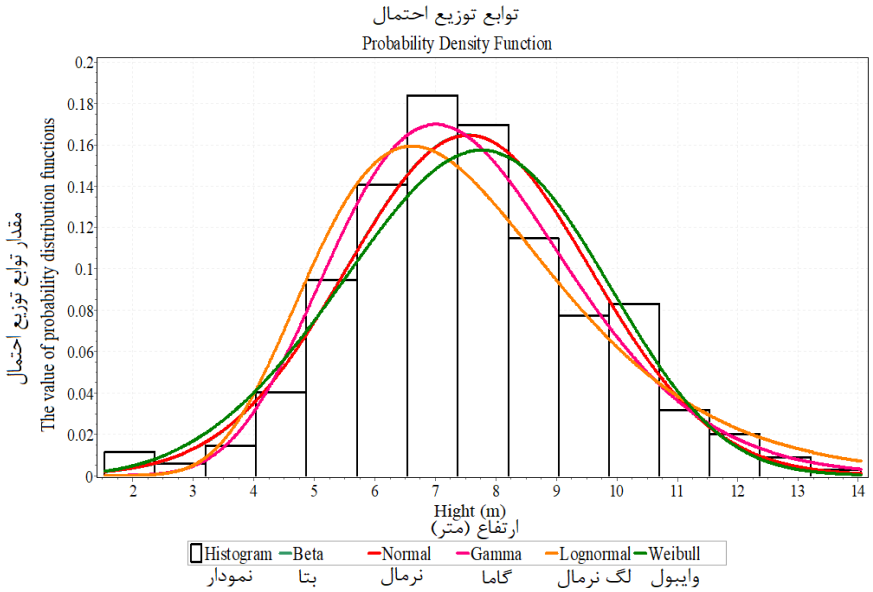
منطقه قلعه گل Ghala gol rejion	منطقه سفیدکوه Sefid Kouh rejion	توابع توزیع Distribution functions
α_1=919.65 α_2=994.21 a=-77.415 b=99.396	α_1=2.171 α_2=26.041 a=1.7025 b=67.481	بتا Beta
α=13.948 β=0.54106	α=4.2896 β=1.5768	گاما Gamma
σ=2.0207 μ=7.5467	σ=3.2657 μ=6.7637	نرمال normal
σ=0.30177 μ=1.9803	σ=0.47133 μ=1.8011	لگ نرمال lognormal
α=4.1239 β=8.3044	α=2.5807 β=7.5409	وایبول Weibull
No fit	γ=1.5388 δ=1.0916 λ=22.085 ξ=1.6863	جانسونSB Johnson SB

بررسی توزیع درختان در طبقات مختلف ارتفاعی در منطقه سفیدکوه نشان‌دهنده منحنی چوله به راست کم‌شونده بود، در این حالت مشاهده‌های کوچکتر از نما (مد) تنوع عددی کمی دارند، ولی فراوانی‌های بزرگی دارند و مشاهده‌های بزرگتر از نما تنوع عددی زیادی دارند، ولی فراوانی‌هایشان کوچک است که این مطلب بیانگر حالت ناهمسالی و وجود درختان جوان فراوان در جنگل‌های این منطقه است (شکل ۲). از طرف دیگر توزیع درختان در طبقات ارتفاعی در منطقه قلعه‌گل از یک منحنی زنگدیسی شکل تبعیت می‌کند که بیانگر شکل همسالی و وجود رقابت در بین درختان جوان برای رسیدن به اشکوب بالا و دسترسی به نور و فضای بیشتر است (Mohamad Alizadeh *et al*., 2013) (شکل ۳). همچنین بر اساس نمودار و منحنی برازش شده توابع برای طبقات ارتفاع در دو منطقه مورد بررسی، انطباق نمودار توابع توزیع جانسون sb و بتا برای منطقه سفیدکوه و توابع بتا و نرمال برای منطقه قلعه‌گل از سایر توابع بیشتر است (شکل‌های ۲ و ۳).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]



شکل ۲- توزیع‌های آماری برازش شده بر طبقات ارتفاع (متر) درختان در منطقه سفیدکوه
Figure 2. Statistical distributions fitted on the hight classes (m) of trees in Sefid Kouh region



شکل ۳- توزیع‌های آماری برازش شده بر طبقات ارتفاع (متر) درختان در منطقه قلعه گل
Figure 3. Statistical distributions fitted on the hight (m) classes of trees in ghala gol region

توزیع جانسون sb که در منطقه سفیدکوه به‌عنوان بهترین توزیع تشخیص داده شده بود در منطقه قلعه‌گل فاقد برازش تشخیص داده شد که به‌علت تفاوت دو توده مورد پژوهش می‌باشد چراکه شکل کلی این توزیع دارای چوله به راست می‌باشد درحالی‌که توزیع درختان در طبقات ارتفاعی در این منطقه دارای چولگی اندک و بیشتر از یک توزیع نرمال تبعیت می‌کند، همچنین دلیلی ندارد که یک توزیع در همه شرایط بهترین باشد به‌طوری که در برخی مطالعات توزیع جانسون sb مناسب‌تر از دیگر توزیع‌ها معرفی شده است و در مطالعات دیگر از اهمیت کمتری برخوردار است (Wang and Rennolls, 2005). توزیع بتا در هر دو منطقه مورد بررسی قابلیت برازش ارتفاع درختان را داشت که به‌دلیل انعطاف‌پذیری بالای این توزیع در مقایسه با سایر توزیع‌ها می‌باشد. مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2015)، برای توزیع ارتفاعی در یک جنگل با ساختار ناهمسال در چارطاق توزیع بتا را مناسب تشخیص دادند، آنها عنوان کردند که این توزیع دارای قابلیت تبیین بالایی در توزیع فراوانی ارتفاع درختان است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین در مطالعه میرزایی و همکاران (Mirzaei *et al*., 2016)، توزیع بتا برای ارتفاع گونه بلوط ایرانی مناسب تشخیص داده شد که نتایج این بررسی را تایید

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]

می‌نماید. حسن‌زاد ناورودی و مرادی امام‌قیسی (Hassanzad Navroodi and Emamgheysi, 2020)، در پژوهشی به بررسی توابع توزیع ارتفاع درختان راش در توده‌های طبیعی غرب گیلان پرداختند، نتایج حاصل از آزمون نیکویی برازش اندرسون دارلینگ نشان داد که توزیع بتا از توانایی خوبی در برازش ارتفاع درختان راش برخوردار است که با توجه به نتایج مطالعه حاضر، نشان‌دهنده انعطاف بالای توزیع بتا در برازش ارتفاع گونه‌های مختلف درختان در مقایسه با سایر توابع توزیع است. متفاوت بودن نوع توزیع‌ها در دو منطقه مورد پژوهش دارای دلایل متنوعی می‌باشد، یکی از دلایل، تفاوت در ضریب تغییرات می‌باشد که این مقدار در منطقه سفیدکوه بیشتر از منطقه قلعه‌گل بود که نتیجه این تغییرات بر توزیع آماری تأثیرگذار بوده است. همچنین در توده‌های جنگلی که از نظر آمیختگی، ساختار و وضعیت اجتماعی درختان متفاوت‌اند می‌توان مدل‌های متفاوتی انتظار داشت (Amanzadeh *et al*., 2011). عابدی (Abedi, 2022)، در تحقیقی به بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر توابع توزیع قطر، ارتفاع و مساحت تاج‌پوشش درختان بلوط لوری در ارسباران پرداخت، نتایج این پژوهش نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا باعث ایجاد تنوع در توابع توزیع احتمال مشخصه‌های یاد شده درختان است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2016)، در پژوهشی که به بررسی توابع توزیع ارتفاع درختان بلوط ایرانی در دو توده طبیعی و دست‌کاشت در استان گیلان پرداختند به این نتیجه رسیدند که نوع توده جنگلی در نحوه توزیع ارتفاع درختان نقش دارد که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد. همچنین در تحقیقی امان‌زاده و همکاران (Amanzadeh *et al*., 2011)، به ارزیابی توابع توزیع قطر در مراحل مختلف تحولی جنگل شفارود پرداختند، آنها در این بررسی به این نتیجه رسیدند که توزیع‌های آماری در مراحل مختلف تحولی جنگل یکسان نیستند که با نتایج این پژوهش هم‌جهت است.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد در مناطقی که جنگل بلوط دارای فرم دانه و شاخه‌زاد است باتوجه به شکل توزیع (توزیع کم‌شونده)، جنگل دارای ساختار ناهمسال است و در مناطقی که فرم جنگل شاخه و دانه‌زاد است جنگل به‌سمت یک جنگل تک اشکوبه و همسال رفته است که دلیل عمدهٔ آن تخریب‌های ناشی از رمه گردانی، قطع سرشاخه‌ها جهت تألیف دام و مصرف سوخت و همچنین استفاده بی‌رویه از محصولات فرعی است که در سطح این منطقه رخ داده است در حالی‌که در منطقه سفیدکوه بر اساس مشاهدات میدانی آثار تخریب و دخالت انسانی کمتری در سطح منطقه مشاهده شد. همچنین با توجه به شکل توزیع‌های بدست آمده در دو رویشگاه مشخص شد که فرم رویشی درختان بر روی توابع توزیع ارتفاع درختان تأثیرگذار بوده است که این امر می‌تواند جهت حفظ و کنترل این جنگل‌های ارزشمند اطلاعات مفید و سودمندی در اختیار مدیران، برنامه‌ریزان و محققان قرار دهد.

References

Abedi, R. (2022). Effect of elevation gradient on diameter, height and canopy area distribution functions of Caucasian oak. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*. 29(2), 95 – 119 (In Persian).

Amanzadeh, B., Sagheb-Taleb, KH., Fadaei Khoshkebijari, F., Khanjani Shiraz, B., and Hemmati, A. (2011). Evaluation of different statistical distributions for estimation of diameter distribution within forest development stages in Shafaroud beech stands. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 19(2), 254 – 267 (In Persian).

Baily, R. L. (1980). Individual tree growth derived from diameter distribution model. *Forest Science*. 26(4), 626 – 632.

Coa, Q. (2004). Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest Science*. 50 (5), 682-685.

Delpasand, S., Maleknia, R., and Kazemi, y. (2017). Evaluating the impact of climatic factors on vegetation changes in the protected area of Sefid Koh Lorestan using the MODIS sensor. Conference: National Geomatics Conference, 1- 10 (In Persian).

Fattahi, M. (1994). Investigation of Zagros oak forests and the most important factors of its destruction. Research Institute of Forests and Rangelands press. Tehran (In Persian).

Forestry plan booklet. (2013). Department of Forestry. Lorestan University. 167pp (In Persian).

Hassanzad Navroodi, I., and Moradi Emam Qeysi, E. (2020). Fitting tree height distributions in natural beech forest stands of Guilan (Case Study: Masal). *Ecology of Iranian Forests*. 7(14), 1- 9 (In Persian).

Hosseinzadeh, R., Soosani, J., Naghavi, H., Nourizadeh, M., and Darabi, M. (2022). The Effect of inventory method, and the size and shape of plots on quantifying structure of *Quercus brantii* Lindl coppice forests. *Journal of Forest and Wood Product.* 7(5), 333– 339 (In Persian).

Mirzaei, M., Aziz, J., Mahdavi, A., and Mohammad Rad, A. (2016). Modeling frequency distributions of tree height, diameter and crown area by six probability functions for open forests of *Quercus persica* in Iran. *Journal of Forestry Research*. 27, 901-905 (In Persian).

Mirzaei, M., Bonyad, A. E., and Mohebi Bijarpas, M. (2015). Application of probability distributions in order to fit canopy classes of *Quercus brantii* trees, Case Study: Dalab forests of Ilam. *Journal of Forest Sustainable Development*. 1(2), 195-203 (In Persian).

Mohamad Alizadeh, Kh., Namiranian, M., Zobeiri, M., Hourfar, A., and Marvi Mohajer, M. R. (2013). Modeling the frequency distribution of tree height in Uneven Age stands Case study:(Gorazban section of Khairud forest). *Forest and Wood Products*. 66(2), 155- 165 (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]

Mohammadi, F., Fallahchai, M.M., and Hashemi, S.A. (2016). Application of probability distribution in order to fit the diameter and height of oak species in two natural and man-made stands in Hyrcanian forests. *International J. of Biomathematics*. 9(3), 1-9.

Moradi, N., Ghahramani, L., and Valipour, A. (2021). Monitoring changes in the structural characteristics of pollarded oak stands (Case study: Kocher forest in Kurdistan province, Iran*). Iranian Journal of Forest and Poplar Research.* 30(1), 83-102 (In Persian).

Moradi, E., Bonyad, A., and Hasanzad, I. (2015). Fitting the probability distribution function for the frequency of tree height in protected young forests of Ardal. The First National Conference on Natural Environmen. 1-6 (In Persian).

Naghavi, H., Fallah, A., Jalilvand, H., and Soosan, J. (2009). Determination of the most appropriate transect length for estimation of quantitative characteristics in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest.* 1(3), 229-238 (In Persian).

Namiranian, M. (1990). Application of probability models in description of distribution of trees in diameter classes. *Iranian Journal of Natural Resources*. 1(1), 93 – 108 (In Persian).

Nord-Larsen, T., and Cao, Q. V. (2006). A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark. *Forest Ecology and Management*. 231(1), 218–225.

Pogoda, P., Ochał, W., and Orzeł, S. (2019). Modeling diameter distribution of black alder (*Alnus glutinosa* L.) gaertn.) stands in Poland. *Forests*. 10, 412. 1-16.

Sedaghat, M., Riazi, B., Veisanloo, F, and Sagheb-Talebi, KH. (2022). Spatial modeling of main degradation factors in the Zagros forests (Case study: Khorramabad sub-basin). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*. 29(2), 59 – 75 (In Persian).

Sohrabi, H., and Taheri Sarteshnizi, M.J. (2012). Fitting probability distribution functions for modeling diameter distribution of oak species in pollarded northern Zagros forests (Case study: Armardeh-Baneh). *Iranian Journal of Forest*. 4(4). 333-343 (In Persian).

Wang, M. and Rennolls, K., (2005). Tree diameter distribution modeling: introducing the logit-logistic distribution. *Canada Journal Forest Reserch*. 35, 1305-1313.

Zheng, L.F., and Zhou, X. N. (2010). Diameter distribution of trees in natural stands managed on polycyclic cutting system. *Forestry Studies in China*, 12(1), 21–25.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.63]