

## 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<sup>1</sup>, Javad Soosani<sup>2</sup>, Ramin Hosseinzadeh<sup>3</sup> and Hamed Naghavi<sup>4</sup>

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



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

## مقاله پژوهشی

مقایسه توابع توزیع ارتفاع بلوط ایرانی (*Quercus brantii Lindl.*) در دو رویشگاه با فرم رویشی دانه و شاخه‌زاد و شاخه و دانه‌زادپیمان امیری<sup>۱</sup>, جواد سوسنی<sup>۲\*</sup>, رامین حسین‌زاده<sup>۳</sup> و حامد نقوی<sup>۴</sup>

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

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

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** مدیریت پایدار و برنامه‌ریزی اصولی منابع جنگلی به اطلاعات کارآمد و باکیفیت از وضعیت حال و آینده جنگل نیازمند است. بررسی وضعیت فعلی و آینده توده‌های جنگلی، توصیف ساختار توده جنگلی و واکنش توده به عملیات پروژه‌شی از جمله توانمندی‌های توزیع‌های آماری در مدیریت جنگل به شمار می‌اید. مدل‌سازی توزیع فراوانی‌ها عبارت است از نحوه پراکنش افراد یک جمعیت در طبقات مختلف، از آنجا که پدیده‌های طبیعی شامل انواع پیوسته و گستره هستند، نحوه توزیع آنها نیز متفاوت و متنوع خواهد بود. استفاده از توزیع‌های آماری در جنگل از قدمت زیادی برخوردار است، به طوری که برخی از محققان سابقه آن را تا دو قرن نیز دانسته‌اند. جنگل‌های زاگرس به عنوان یکی از مهم‌ترین ناحیه‌های رویشی ایران، اهمیت خاصی از نظر اجتماعی-اقتصادی و بوم‌شناسی 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. بتاریخ 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:** به منظور اجرای این پژوهش با انجام جنگل‌گردشی‌های متعدد، دو منطقه با ساختار رویشی متفاوت شامل دانه و شاخه‌زاد (منطقه سفیدکوه) و شاخه و دانه‌زاد (منطقه قله‌گل) در سطح جنگل‌های شهرستان خرم‌آباد در نظر گرفته شد. در هر کدام از این مناطق توده جنگلی به مساحت تقریبی سه هکتار انتخاب شد، این توده جنگلی به گونه‌ای انتخاب شد که معرف جنگل‌های منطقه باشد. توده جنگلی قله‌گل در ارتفاع ۱۸۵۰ متری از سطح دریا و دارای شیب متوسط ۲۰ درصد، حاک بستر نیمه عمیق و چهت شمالی بود، همچنین توده جنگلی سفیدکوه نیز در ارتفاع ۱۹۰۰ متری از سطح دریا با شیب متوسط ۳۰ درصد، حاک بستر نیمه عمیق و چهت شمالی قرار داشت. در ادامه در هر کدام از این دو توده جنگلی انتخاب شد، ارتفاع تمامی درختان بلوط ایرانی که بلندی آنها بالاتر از ۱/۵ متر بود مورد اماربرداری صد درصد قرار گرفت. در مجموع در دو منطقه سفیدکوه و قله‌گل به ترتیب ارتفاع تعداد ۴۵۸ و ۳۴۸ اصله درخت بلوط ایرانی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری ارتفاع درختان از دستگاه TruPulse 360 استفاده شد. در این پژوهش به منظور بررسی پراکنش طبقات ارتفاعی، با توجه به پیوسته بودن متغیر ارتفاع، از پرکاربردترین مدل‌های توزیع احتمال پیوسته در پژوهش‌های زیستی شامل: وابیول دو پارامتره، نرمال، لگ نرمال، بتا و جانسون استفاده شد، همچنین نیکوبی 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 اشتیاه آماربرداری در منطقه سفیدکوه برابر با ۲/۸۲ درصد و در منطقه قله‌گل برابر با ۴/۴۵ درصد باشد، میانگین ارتفاع درختان در منطقه سفیدکوه ۶/۷۶ متر و داده‌ها بین دو مقدار ۱/۸ تا ۱۸ متر توزیع یافته‌اند، در حالی که در منطقه قله‌گل میانگین ارتفاع درختان اشتیاه آماربرداری در ۷/۵۴ متر و داده‌ها بین دو مقدار ۱/۵۳ و ۱۴/۰۴ متر قرار دارند. براساس مقادیر مربوط به چوگلکی و کشیدگی و چولگی در هر دو منطقه مثبت و در منطقه سفیدکوه بیشتر از منطقه قله‌گل می‌باشد که نشان‌دهنده تمکز بیشتر داده‌ها در طبقات ارتفاعی پایین‌تر در منطقه سفیدکوه است. همچنین نتایج آزمون نیکوبی 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 به ترتیب جانسون sb و بتا می‌باشد، در منطقه قله‌گل (شاخه و دانه‌زاد) نیز مناسب‌ترین توابع توزیع به ترتیب 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 با توجه به شکل توزیع (توزیع کم‌شونده)، جنگل دارای ساختار ناهماسال است و در مناطقی که فرم جنگل شاخه و دانه‌زاد می‌باشد جنگل تک اشکوبه و همسال رفته است که دلیل عدمه آن تخریب‌های ناشی از رمه گردانی، قطع سرشاخه‌ها جهت تالیف دام و مصرف سوخت و همچنین استفاده بی‌رویه از محصولات فرعی است که در سطح این منطقه رخ داده است در حالی که در منطقه سفیدکوه بر اساس مشاهدات میدانی اثار تخریب و دخالت انسانی کمتری در سطح منطقه مشاهده شد. همچنین با توجه به شکل توزیع‌های به دست 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

(*et al.*, 2022) که در سالیان متوالی به علت رشد جمعیت و افزایش تعداد دام و نیز گسترش تخریب‌ها دچار سیر قهقهای شده‌اند. در جنگل‌های زاگرس به طور کلی سه گونه بلوط به نامهای بلوط ایرانی (*Q. brantii Lindl.*), دارمازو (*Q. infectoria Oliv.*) و بیول (*Q. libani Oliv.*) وجود دارد که گسترش‌دهنده‌ترین آنها گونه بلوط ایرانی است. این گونه در

**مقدمه**  
جنگل‌های بلوط غرب به عنوان یکی از مهم‌ترین ناحیه‌های رویشی ایران، اهمیت خاصی از نظر اجتماعی-اقتصادی دارد (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

در ایران اولین بررسی در ارتباط با توزیع‌های آماری مربوط به نمیرانیان در جنگل‌های خیرودکنار است، براساس این پژوهش توزیع‌های واپیول 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 مشخصه قطر درختان است و به متغیر ارتفاع درختان کمتر پرداخته شده است. برآش توزیع قطری گونه‌های بلوط برودار (*Quercus brantii*), مازودار (*Quercus libani*) و واپیول (*Quercus infectoria*) در زاگرس شمالی تحت تحریب از نظر توزیع احتمال نشان داده است که توزیع بتا برای این سه گونه به عنوان 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 برآش 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 تعیین می‌کند (Mirzaei et al., 2016). محمدی و همکاران (2016) در پژوهشی به بررسی توابع توزیع احتمال در جنگل‌های طبیعی و دست کاشت بلوط پرداختند، نتایج مطالعه آنها نشان داد که توابع جانسون sb و نرمال برای جنگل‌های دست کاشت و توابع واپیول و گاما سه پارامتری برای جنگل‌های طبیعی بلوط بهترین برآش 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 اکووسیستم، توده غالب (درختان بلوط ایرانی) از توابع خاصی پیروی می‌کنند که پی بردن به شکل این توابع می‌تواند در سوق دادن توده‌های تخریب بافته به‌سمت توده‌های پایدارتر و مدیریت توده‌های تخریب بافته 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

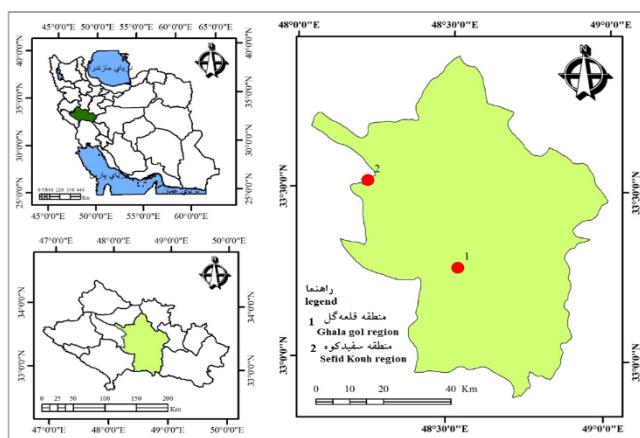
### مناطق مورد مطالعه

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).

همه ارتفاعات، شیب‌ها و جهت‌های جغرافیایی و حتی انواع خاک و اقلیم رشد و پراکنش 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 به عنوان 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 قبل اعتماد و حقیقی از منابع جنگلی ارائه می‌دهد (Pogoda et al., 2019). یکی از 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، محاسبه ضرایب شکل و قدکشیدگی، تعیین کیفیت و حاصلخیزی رویشگاه و همچنین در تخمین محصول، رشد بالقوه، تعیین ویژگی‌های اقتصادی توده و پیش‌بینی آینده 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 گسته هستند، نحوه توزیع آنها نیز متفاوت و متنوع خواهد بود (Abedi, 2022). اهمیت توابع توزیع احتمال در پژوهش‌های منابع طبیعی، به‌دلیل نقش مؤثر این توابع در شناخت بهتر ساختار پوشش گیاهی و ارائه مدل‌های مفهومی از وضعیت شاخص‌های کمی 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 متدال شد و استفاده از انواع توابع توزیع هندسی، نمایی، توزیع نرمال، بتا، گاما، لوگ نرمال و واپیول رواج یافت که امروزه به توابع مرجع در مطالعات تبدیل شده‌اند (Abedi, 2022).



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

*Acer*) کیکم (*Cerasus mahaleb* Mill) و گلابی وحشی (*pyrus sp*) نیز حضور دارند.

#### برداشت اطلاعات

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

#### الف- منطقه قلعه‌گل

منطقه قلعه‌گل به مساحت ۹۴۹۲ هکتار در ۳۵ کیلومتری جنوب شهر خرم‌آباد واقع شده و حدائق و حداقل ارتفاع آن از سطح دریا به ترتیب ۱۴۹۳ و ۲۸۰۲ متر است. منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمیرزه، دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ دقیقه و ۲۰ 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 بلوط ایرانی (*Q. brantii* Lindl)، بادام کوهی (*Amygdalus Sp*), زالزالک (*Acer monspessulanum*)، کیکم (*Crataegus Sp*) و گلابی وحشی (*Boiss* Forestry) اشاره کرد (plan booklet, 2013).

#### ب- منطقه سفیدکوه

منطقه حفاظت‌شده 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 و ۴۸ دقیقه واقع شده است. این منطقه بین دامنه‌ی ارتفاعی ۱۰۸۰-۳۱۷۰ متر از سطح دریا 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*), خینچوک (*Pistacia khinjuk* Stocks)، خینچوک (Desf) (*Amygdalus Sp*), بادام کوهی (*Crataegus Sp*) محل

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	$f(x) = \frac{(x-a)^{a_1-1}(b-x)^{a_2-1}}{\beta(a_1, a_2)(b-a)^{a_1+a_2-1}}$	مشخصه‌های شکل $a_1$ و $a_2$ اParameters of the Shape شاخصهای کرانه $b$ و $a$ a and b Parameters of bounds
گاما Gamma	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha T(\alpha)} e^{(-x/\beta)}$	مشخصه شکل $a$ a Shape Parameter مشخصه مقیاس $\beta$ $\beta$ Scale Parameter
نرمال normal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-[(x-\mu)^2/2\sigma^2]}$	مشخصه مقیاس $\sigma$ $\sigma$ Scale Parameter مشخصه موقعیت $\mu$ $\mu$ location Parameter
لگ نرمال lognormal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-[(\ln x-\mu)^2/2\sigma^2]}$	مشخصه مقیاس $\sigma$ $\sigma$ Scale Parameter مشخصه موقعیت $\mu$ $\mu$ location Parameter
وایبول Weibull	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^\alpha}$	مشخصه شکل $a$ a Shape Parameter مشخصه مقیاس $\beta$ $\beta$ Scale Parameter
جانسون SB Johnson SB	$f(x) = \frac{\sigma\lambda}{\sqrt{2\pi}(x-\varepsilon)(\varepsilon+\lambda-X)} \exp\left(-\frac{1}{2}[\gamma + \sigma \ln(\frac{x-\varepsilon}{\varepsilon+\lambda-X})]^2\right)$	و $\delta$ مشخصه‌های شکل، $\lambda$ ، $\sigma$ مشخصه مقیاس و $\varepsilon$ مشخصه موقعیت y and $\delta$ shape Parameters, $\lambda$ scale Parameter and $\varepsilon$ location Parameter

در منطقه سفیدکوه (۶/۷۶ متر) بیشتر است که علت آن می‌تواند شرایط رویشگاهی بهتر منطقه قلعه گل از جمله 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 قلعه گل می‌باشد که نشان‌دهنده تمرکز بیشتر داده‌ها در طبقات ارتفاعی پایین‌تر در منطقه سفیدکوه است. همچنین نزدیک بودن شاخص میانه به میانگین در منطقه قلعه گل نشان‌دهنده انباشتگی داده‌ها حول میانگین است. سایر مشخصات توصیفی دو توده مدنظر در جدول ۲ آورده شده است.

## نتایج و بحث

از نتایج بدست آمده در این پژوهش مشخص شد که اشباه آماربرداری در منطقه سفیدکوه برابر با ۴/۴ درصد و در منطقه قلعه گل 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 قلعه گل بین ۱/۵۳ تا ۱۴/۰۴ متر بوده و میانگین ارتفاع درختان در منطقه قلعه گل (۷/۵۴ متر) از میانگین ارتفاع درختان

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 height (m)
1.8	1.53	کمینه ارتفاع (متر) Minimum of height (m)
18	14.04	پیشینه ارتفاع (متر) Skewness
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 deviation
0.3	0.21	اشباه آماربرداری Asymmetry
4.45	2.82	Incorrect census درصد اشتباه آماربرداری Percentage of incorrect census
48.28	26.77	ضریب تغییرات Coefficient of variation

نرمال نیز از برازنده‌گی مناسبی برخوردار بود در حالی که سه توزیع گاما، واپیول و نرمال این قابلیت را نداشتند، در منطقه قلعه گل نیز مناسب‌ترین توابع توزیع بهترتبیب بتا و نرمال تشخیص داده شدند این درحالی بود که دو توزیع گاما و واپیول نیز قابلیت تبیین توزیع طبقات ارتقایی درختان را نداشتند ولی توزیع لگ نرمال این قابلیت را نداشت، همچنین توزیع جانسون sb در این منطقه فاقد برآش تشخیص داده شد (جدول ۴). مقادیر برآورد شده مشخصه‌های هریک از توابع در دو منطقه مورد بررسی در جدول ۵ آورده شده است.

علاوه بر بافت‌نگار، مدل‌های ریاضی به منظور 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 نیکوبی برآش اندرسون-دارلینگ در منطقه سفیدکوه نشان داد که مناسب‌ترین توابع توزیع احتمال (در سطح خطای پنج درصد) برای مدل‌سازی توزیع درختان در طبقات ارتقایی بهترتبیب جانسون sb و بتا می‌باشند، توزیع لگ

جدول ۴- مقادیر مربوط به آماره آزمون نیکوبی برآش 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 rejon
1	2.5018	1.21 <sup>ns</sup>	جانسون SB Johnson SB	
2	2.5018	1.49 <sup>ns</sup>	بتا Beta	
3	2.5018	2.04 <sup>ns</sup>	لگ نرمال Lognormal	منطقه سفیدکوه Sefid Kouh rejon
4	2.5018	2.62 <sup>**</sup>	گاما Gamma	
5	2.5018	8.34 <sup>**</sup>	واپیول Weibull	
6	2.5018	9.86 <sup>**</sup>	نرمال Normal	
1	2.5018	0.67 <sup>ns</sup>	بتا Beta	
2	2.5018	0.68 <sup>ns</sup>	نرمال Normal	
3	2.5018	0.86 <sup>ns</sup>	گاما Gamma	قلعه گل Ghala gol
4	2.5018	1.31 <sup>ns</sup>	واپیول Weibull	
5	2.5018	3.03 <sup>**</sup>	لگ نرمال Lognormal	
No fit	2.5018	No fit	جانسون SB Johnson SB	

\*معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns معنی دار 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

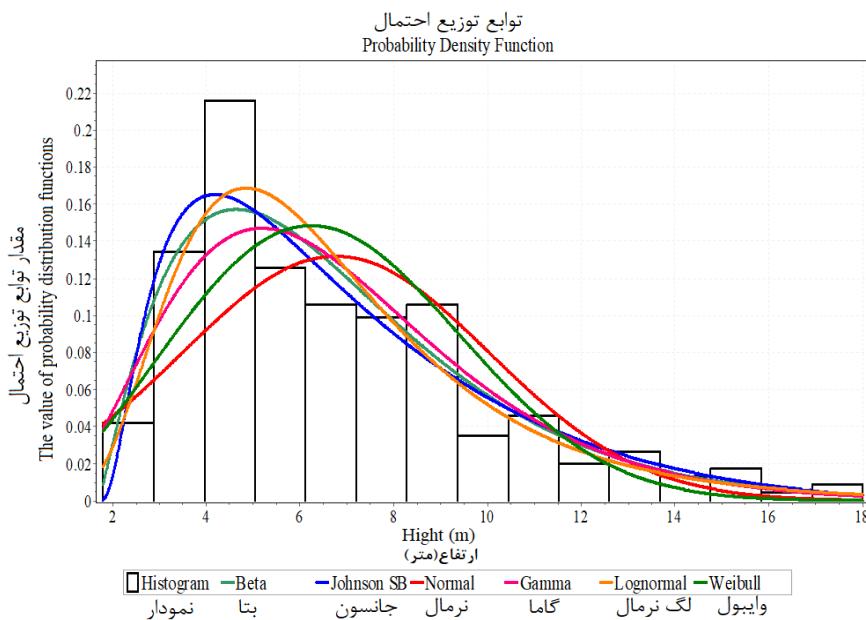
جدول ۵- مقادیر مشخصه‌های برآورد شده توابع توزیع احتمال

Table5. Values of estimated parameters of probability distribution functions

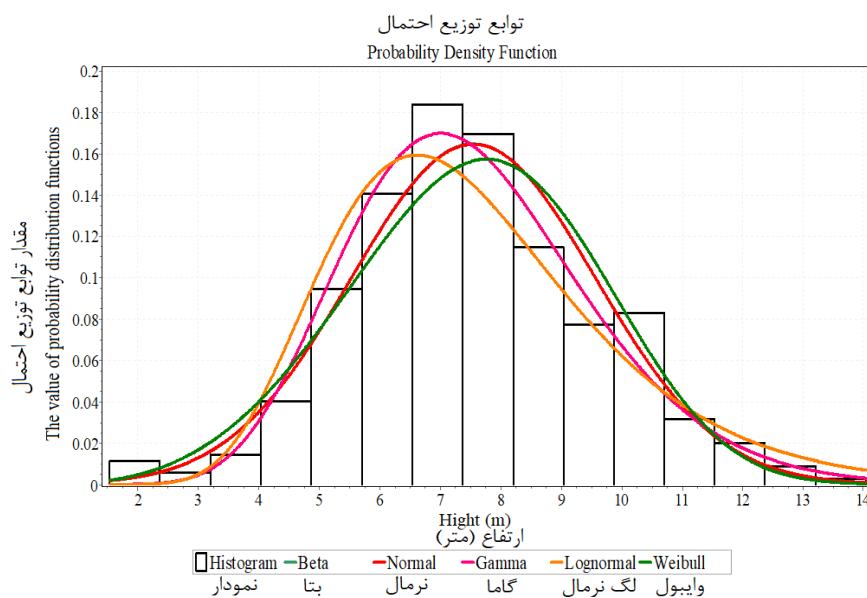
منطقه قلعه گل Ghala gol rejon	منطقه سفیدکوه Sefid Kouh rejon	توابع توزیع Distribution functions
$\alpha_1=919.65 \quad \alpha_2=994.21$ $a=-77.415 \quad b=99.396$	$\alpha_1=2.171 \quad \alpha_2=26.041$ $a=1.7025 \quad b=67.481$	بتا Beta
$\alpha=13.948 \quad \beta=0.54106$	$\alpha=4.2896 \quad \beta=1.5768$	گاما Gamma
$\sigma=2.0207 \quad \mu=7.5467$	$\sigma=3.2657 \quad \mu=6.7637$	نرمال normal
$\sigma=0.30177 \quad \mu=1.9803$	$\sigma=0.47133 \quad \mu=1.8011$	لگ نرمال lognormal
$\alpha=4.1239 \quad \beta=8.3044$	$\alpha=2.5807 \quad \beta=7.5409$	واپیول Weibull
No fit	$\gamma=1.5388 \quad \delta=1.0916$ $\lambda=22.085 \quad \xi=1.6863$	جانسون SB Johnson SB

زنگدیسی شکل تبعیت می‌کند که بیانگر شکل همسالی 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 برآش شده توابع برای طبقات ارتقای در دو منطقه مورد بررسی، انطباق نمودار توابع توزیع جانسون sb و بتا برای منطقه سفیدکوه و توابع بتا و نرمال برای منطقه قلعه گل از سایر توابع بیشتر است (شکل‌های ۲ و ۳).

بررسی توزیع درختان در طبقات مختلف ارتقای 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 وجود درختان جوان فراوان در جنگل‌های این منطقه است (شکل ۲). از طرف دیگر توزیع درختان در طبقات ارتقای در منطقه قلعه گل از یک منحنی



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



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

2005). توزیع بتا در هر دو منطقه مورد بررسی قابلیت برآش ارتفاع درختان را داشت که به دلیل انعطاف پذیری بالای این توزیع در مقایسه با سایر توزیع ها می باشد. مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2015)، برای توزیع ارتفاعی در یک جنگل با ساختار ناهمسان در چارتاق توزیع بتا را مناسب تشخیص دادند، آنها عنوان کردند که این توزیع دارای قابلیت تبیین بالای 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

توزیع جانسون sb که در منطقه سفیدکوه به عنوان بهترین توزیع تشخیص داده شده بود در منطقه قلعه گل فاقد برآش تشخیص داده شد که به علت تفاوت دو توده مورد پژوهش می باشد چراکه شکل کلی این توزیع دارای چوله به راست می باشد درحالی که توزیع درختان در طبقات ارتفاعی در این منطقه دارای چولگی اندک و بیشتر از یک توزیع نرمال تبعیت می کند، همچنین دلیلی ندارد که یک توزیع در همه شرایط بهترین باشد به طوری که در برخی مطالعات توزیع جانسون sb مناسب تر از دیگر توزیع ها معرفی شده است و در مطالعات دیگر Wang and Rennolls، از اهمیت کمتری برخوردار است (

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 شاخه‌زد است با توجه به شکل توزیع (توزیع کم‌شونده)، جنگل دارای ساختار ناهمسال است و در مناطقی که فرم جنگل شاخه و دانه‌زد است جنگل به‌سمت یک جنگل تک اشکوبه و همسال رفته است که دلیل عدمه آن تخریب‌های ناشی از رمه گردانی، قطع سرشاخه‌ها چهت تألیف دام و مصرف سوخت و همچنین استفاده بی‌رویه از محصولات فرعی است که در سطح این منطقه رخ داده است در حالی که 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.

Hassanzad (Hassanzad, 2020) در پژوهشی به این نتایج اشاره نماید. حسن‌زاده ناورودی و مرادی امام‌قیسی (Navroodi and Emamgheysi, 2020) بررسی توابع توزیع ارتفاع درختان راش در توده‌های طبیعی غرب گیلان پرداختند، نتایج حاصل از آزمون نیکویی برآش اندرسون دارلینگ نشان داد که توزیع بتا از توانایی خوبی در برآش ارتفاع درختان راش برخوردار است که با توجه به نتایج مطالعه حاضر، نشان‌دهنده انعطاف بالای توزیع بتا در برآش 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 Amanzadeh *et al.* (Abedi, 2022) در تحقیقی به بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر توابع توزیع قطر، ارتفاع و مساحت تاج‌پوشش درختان بلוט لوری در ارسیاران پرداخت، نتایج این پژوهش نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا باعث ایجاد ت النوع 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 بلוט ایرانی در دو توده طبیعی و دست‌کاشت در استان گیلان پرداختند به این نتیجه رسیدند که

### 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).
- Fattahai, 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).

- 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.