

## Effect of elevation gradient on diameter, height and canopy area distribution functions of Caucasian oak

Roya Abedi<sup>\*1</sup>

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: [royaabedi@tabrizu.ac.ir](mailto:royaabedi@tabrizu.ac.ir)

Article Info	ABSTRACT
<p><b>Article type:</b> Full Length Research Paper</p> <p><b>Article history:</b> Received: 05.22.2022 Revised: 07.26.2022 Accepted: 08.13.2022</p> <p><b>Keywords:</b> Arasbaran forest, Fitting model, Forestry, Probability Distribution, <i>Quercus macranthera</i></p>	<p><b>Background and Objectives:</b> Implementation of economic and non-economic functions of forests requires effective planning and management, which requires reliable and dedicated information on forest resources, as well as the information obtained from the details of forest stands parameters. Probability distribution models of various tree parameters provide helpful information about the complex interactions between trees and their environment and accurately describe tree growth processes. This study aims to develop suitable distribution models for the diameter, height, and canopy area of Caucasian oak in the Arasbaran forest and to evaluate the effect of altitude gradients on these models.</p> <p><b>Materials and Methods:</b> A selective sampling plot (100 × 100 meters) was designed in Caucasian oak stands between 38° 54' N latitude and 47° 17' E longitude at three altitude classes of 1200-1300, 1300-1400, and 1500-1600 meter above sea level with three replications, which include the most presence for the Caucasian oak individuals. The diameter at breast height, total height, and both canopy diameters of all trees were measured within each sample plot. Quantitative statistics and comparison of means were analyzed using ANOVA and Tukey tests in SPSS 16 software and various statistical distributions were performed in Easyfit 5.5 software. The Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit test was evaluated and reported at 95% and 99% confidence levels.</p> <p><b>Results:</b> The results showed that the best function for the diameter distribution at the first, second, and third elevations were Beta, Normal, and Beta distributions, respectively. The goodness-of-fit test for tree heights showed that a Weibull distribution at the first elevation and a Beta distribution at the second and third altitude gradients. The canopy area showed that the Weibull distributions at the first elevation and the Beta distribution at the second and third elevations were the most reliable models to show the probability distribution of this parameter. Moreover, the diameter of trees in the three altitude classes was not significant. In comparison, tree height at higher elevations was significantly higher, and tree canopy was strongly affected by increasing elevation and showed significant differences in all altitude classes (<math>P \leq 0.05</math>).</p> <p><b>Conclusion:</b> Based on the results, altitude is an effective factor on the height and canopy area, as well as on the diversity of probability</p>

---

distribution functions of diameter, height, and canopy area of Caucasian oak in Arasbarn forests. This information provides reliable results for the Arasbaran forest managers and decision makers.

---

Cite this article: Abedi, Roya. 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.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2022.20220.1969

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## اثر ارتفاع از سطح دریا بر توابع توزیع قطر، ارتفاع و مساحت تاج بلوط اوری

رؤیا عابدی<sup>۱\*</sup>

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: [royaabedi@tabrizu.ac.ir](mailto:royaabedi@tabrizu.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲</p>	<p><b>سابقه و هدف:</b> اجرای عملکردهای اقتصادی و غیراقتصادی جنگل‌ها مستلزم برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد در جنگل است که این امر نیاز به کسب اطلاعات قابل اعتماد و حقیقی از منابع جنگلی دارد و این اطلاعات بهینه از جزئیات پارامترهای توده‌های جنگلی کسب می‌شود. مدل‌های توزیع احتمال انواع پارامترهای درختان توده، اطلاعات بسیار مفیدی از تعاملات پیچیده بین درختان و محیطشان در اختیار قرار می‌دهند و به‌طور دقیقی فرآیندهای رشد درختان را توصیف می‌کنند. هدف مطالعه حاضر توسعه مدل‌های توزیع مناسب برای قطر، ارتفاع و مساحت تاج درختان بلوط اوری (<i>Quercus macranthera</i> Fisch. &amp; Mey.) در جنگل ارسباران و ارزیابی اثر ارتفاع از سطح دریا بر این مدل‌ها است.</p>
<p>واژه‌های کلیدی: برازش مدل، بلوط اوری، توزیع احتمال، جنگل ارسباران، جنگلداری</p>	<p><b>مواد و روش‌ها:</b> نمونه‌برداری به روش انتخابی از توده‌های بلوط اوری واقع در جنگل ارسباران در مختصات ۳۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی تا ۴۷ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی در سه دامنه ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰، ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ و ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا که این‌گونه بیش‌ترین حضور را داشت و در قطعه‌های نمونه به ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر در سه تکرار انجام شد. در داخل قطعات نمونه قطر برابر سینه، ارتفاع کل و دو قطر عمود برهم تاج تمام درختان، اندازه‌گیری صد درصد شد. محاسبه آماره‌های کمی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آنالیز واریانس و آزمون توکی در محیط نرم‌افزار SPSS 16 بررسی شد و بررسی انواع توزیع‌های آماری در نرم‌افزار Easyfit 5.5 انجام شد و توابع توزیع احتمال پارامترهای قطر برابر سینه درختان، ارتفاع و مساحت تاج درختان با استفاده از آزمون نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد، بررسی و گزارش شد.</p> <p><b>یافته‌ها:</b> نتایج نشان داد که بهترین تابع برای توزیع قطر برابر سینه درختان در ارتفاع اول، دوم و سوم به ترتیب توزیع بتا، نرمال و بتا بود. آزمون نیکویی برازش برای ارتفاع درختان نشان داد که درختان در ارتفاع اول توزیع ویبول و در ارتفاع دوم و سوم توزیع بتا داشتند. مساحت تاج درختان نشان داد که توزیع‌های ویبول در ارتفاع اول و بتا برای ارتفاع دوم و سوم مناسب‌ترین</p>

---

مدل‌ها برای نشان دادن توزیع احتمال این پارامتر بودند. هم‌چنین قطر درختان در سه دامنه ارتفاعی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند، درحالی‌که ارتفاع درختان در مناطق مرتفع‌تر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود و تاج درختان به‌شدت تحت‌تأثیر افزایش ارتفاع از سطح دریا بوده و تفاوت معنی‌داری را در هر سه ارتفاع نشان داد ( $P \leq 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، ارتفاع از سطح دریا عامل مؤثری بر ارتفاع و مساحت تاج درختان بلوط اوری بود و عامل اثرگذار بر ایجاد تنوع توابع توزیع احتمال قطر، ارتفاع و مساحت تاج درختان بلوط اوری در جنگل‌های ارسباران محسوب می‌شود. اطلاعات حاصل می‌تواند نتایج قابل استنادی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان جنگل‌های ارسباران قرار دهد.

---

استناد: عابدی، رؤیا (۱۴۰۱). اثر ارتفاع از سطح دریا بر توابع توزیع قطر، ارتفاع و مساحت تاج بلوط اوری. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۹ (۲)، ۹۵-۱۱۹.

DOI: 10.22069/JWFST.2022.20220.1969



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### مقدمه

تخمین‌ها نشان می‌دهند که جنگل‌ها ۸۰ درصد زی‌توده زمین را تشکیل می‌دهند درحالی‌که فقط ۳۰ درصد سطح زمین را پوشش داده‌اند که عمدتاً در مناطق معتدله بورآل و گرمسیری حضور دارند (۱). گرچه حضور جنگل‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک کم‌تر است، اما نقش جنگل‌ها در این مناطق نیز شامل کاهش فرآیند بیابان‌زایی و تخریب زمین بوده و به عوامل اقلیمی و انسانی مرتبط است، زیرا نقش حضور پوشش گیاهی بر حاصلخیزی خاک و کاهش فرسایش آن واضح و روشن است. از طرف دیگر اهمیت جنگل‌ها به این حقیقت بستگی دارد که جذب دی‌اکسید کربن از دست‌رفته از بخش گیاهی و خاک را انجام می‌دهند. از این رو تصمیم‌گیری درست درباره این منبع 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 (غیراقتصادی) جنگل مستلزم برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد است که اطلاعات قابل‌اعتماد و حقیقی از منابع جنگلی ارائه می‌دهد (۱ و ۲). یکی از این اطلاعات بهینه از جزئیات توده‌های جنگلی، ویژگی‌های کمی مانند قطر و ارتفاع درختان است. به‌عنوان مثال توزیع قطری، دامنه مشخصی از تعداد درختان در محدوده قطری معین است. قطر پارامتر بسیار مهمی است که در تعیین حجم، تنوع زیستی، پایداری، رویش، توسعه و پیش‌بینی پویایی رشد در توده قابل‌استفاده است و مدل‌های توزیع احتمال قطر اطلاعات بسیار مفیدی از تعاملات پیچیده بین درختان و محیطشان که گاهی به دست آوردن این اطلاعات نیازمند صرف هزینه‌های زیادی است را به‌راحتی در اختیار قرار می‌دهند و به‌طور دقیقی فرآیندهایی مانند

رشد درختان را توصیف می‌کنند. در این روش پراکنش ویژگی‌های درختان با استفاده از انواع مدل‌های توزیع مانند گاما، بتا و نرمال و غیره ساخته می‌شوند و از میان آن‌ها بهترین مدل‌ها با استفاده از انواع آزمون‌های برازش انتخاب می‌شوند (۲ و ۳).

استفاده از مدل‌های توزیع آماری از دهه شصت میلادی در پژوهش‌های جنگلداری متداول شد و انواع توابع هندسی، نمایی، توزیع نرمال، بتا، گاما، لوگ نرمال و وایبول ادامه یافت و امروزه به توابع مرجع در مطالعات تبدیل شده‌اند. توابع توزیع احتمال یا توابع فراوانی عبارتند از نحوه پراکنش افراد یک جمعیت در طبقات مختلف و از آن‌جا که پدیده‌های طبیعی شامل انواع پیوسته و گسسته هستند، نحوه توزیع آن‌ها نیز متفاوت و متنوع خواهد بود. کاربردهای توابع توزیع قطری شامل تخمین محصول و رشد بالقوه، تعیین ویژگی‌های اقتصادی یک توده، شناخت وضعیت توده جنگلی و پیش‌بینی آینده توده برای برنامه‌ریزی و مدیریت لازم است (۳).

مدل‌سازی توزیع گونه‌های درختی در جنگل‌های با گونه‌های مختلط و آمیخته به بخش مهمی در اکولوژی جنگل در دو دهه اخیر تبدیل شده است. برای این منظور، پژوهش‌گران معمولاً تمایل دارند که هم داده‌های گسسته (شمارشی) و هم پیوسته مطرح در اکوسیستم‌های جنگلی را اندازه‌گیری و بررسی کنند؛ بنابراین طیف گسترده‌ای از داده‌ها ممکن است در این زمینه استفاده شوند (۴). مدل‌های کارآمد و دقیق برای رشد و عملکرد، ابزاری اساسی در علوم جنگل هستند که نقش کلیدی در مدیریت جنگل برنامه‌ریزی مدیریتی، مطالعات اکولوژیکی دارند. این زمینه نیازمند بانک اطلاعات حاصل از آماربرداری زمینی در جنگل و در دسترس بودن انواع مدل‌ها به‌منظور برازش دارد (۵). استفاده از انواع مدل‌های توزیع در زمینه ویژگی‌های کمی درختان در توده‌های جنگلی به‌طور

استفاده از توابع توزیع احتمال در علوم جنگل تبدیل شده است (۹).

بیش از صدسال است که پژوهش‌گران در علوم جنگل درباره تشریح توزیع پارامترهای توده‌های جنگلی با استفاده از مدل‌های نظری پرداخته‌اند. این مطالعات در توده‌های خالص و تک‌گونه و توده‌های آمیخته با ساختارهای پیچیده‌تر انجام شده است و علی‌رغم کاربردهای موفق انواع توابع مختلف هنوز پژوهش‌ها برای یافتن توابع با بهترین تخمین پارامترها ادامه دارد تا تناسب بهتر مدل‌ها با داده‌ها و تفسیرهای عملی‌تر از پارامترها ارائه شوند (۱۰). رویشگاه‌های انواع گونه‌های بلوط در کشور از نظر مدل‌های توزیع برای انواع پارامترهای درختان مورد توجه پژوهش‌گران بوده است. پراکنش قطری به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم ساختاری در توده‌های جنگلی بوده و برازش توزیع قطری گونه‌های بلوط برودار (*Quercus brantii*)، مازودار (*Quercus infectoria*) 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 توزیع احتمال برای مدل‌سازی توزیع طبقات قطری در زاگرس شمالی است (۳). توزیع احتمال درختان بلوط ایرانی (*Quercus persica*) نیز در ایلام، توزیع بتا و نرمال را به‌عنوان بهترین توزیع‌های احتمال برای مدل‌سازی توزیع طبقات قطری در جنگل‌های تنک این‌گونه در استان ایلام تعیین شد (۱۱) و برای تاج پوشش این درختان نیز توزیع نرمال معرفی شد (۱۲). هم‌چنین ارتفاع درختان این‌گونه نیز از توزیع بتا تبعیت می‌کرد (۱۳). در بررسی پراکنش قطری بلوط سفید (*Quercus petraea*) در ارسباران توزیع گاما را بهترین تابع برای توصیف ویژگی قطر برابر سینه این‌گونه معرفی شد (۱۴). توزیع جانسون SB و نرمال برای جنگل‌های دست کاشت بلوط و گاما و

فزاینده‌ای به عامل تعیین‌کننده‌ای در بررسی‌های ساختار توده‌های جنگلی، دینامیک توده و مقایسه بین توده‌ها تبدیل شده است. این مدل‌ها در انواع توده‌های طبیعی یا دست کاشت و خالص یا آمیخته نتایج متفاوتی را نشان داده است، زیرا توده‌های جنگلی مختلف شکل‌های توزیع پراکنش متفاوتی را تحت تأثیر انواع شرایط مدیریتی و محیطی دارند، به‌ویژه در توده‌های طبیعی که تحت شرایط محیطی متنوع قرار دارند و ممکن است که شکل‌های متفاوتی از ویژگی‌های کمی را نشان دهند (۶). بررسی مقایسه مدل‌های توزیع در هر توده و تحت هر شرایط اختصاصی، امکان مقایسه وضعیت توده‌ها را با یکدیگر و هم‌چنین ارزیابی انواع دخالت‌های مدیریتی در توده‌ها را خواهند داد. به‌طوری‌که تولید مدل‌های توزیع برای هر توده، مبنای مدیریت مانند تجویز انواع دخالت‌های جنگل‌شناسی و حتی نوع برداشت‌ها را آسان خواهد کرد. اطلاعات این دخالت‌ها به‌طور مؤثری حاصل بررسی این مدل‌ها در توده‌ها است. هم‌چنین مدل‌های توزیع قابل استفاده در انواع ویژگی‌های کمی شامل قطر و ارتفاع قابل‌استفاده بوده و مدل‌های مستخرج می‌توانند در زمینه‌های اقتصادی مانند بهره‌برداری و زمینه‌های حفاظتی مانند برآورد پایداری توده، رویش، محاسب حجم توده، طبقه‌بندی ساختار و تعیین زمان دیرزیستی توده مورد استفاده باشند؛ زیرا این مدل‌ها با ترسیم نمایش نموداری مشخصات کمی امکان بررسی گرافیکی ویژگی‌هایی مانند چولگی، کشیدگی و نقاط اپتیمم را خواهند داد و تصمیم‌گیرندگان را قادر خواهند کرد تا برای هر طبقات قطری، ارتفاعی، حجم و غیره تصمیم‌گیری مقتضی را انجام دهند (۷ و ۸)؛ بنابراین انتخاب بهترین مدل توزیع برای انواع پارامترهای توده‌های جنگلی و برآورد پارامترهای آن و انتخاب بهترین آن‌ها برای توصیف توزیع، از مسائل اساسی در

توزیع مقادیر زی توده روی زمینی در توده‌های جنگلی نیز مؤثر بوده، به طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقدار زی توده نیز افزایش داشت و هم‌چنین مقادیر زی توده روی زمینی، بیش‌ترین همبستگی را با ارتفاع از سطح دریا نشان داده است (۲۱).

هدف مطالعه حاضر نیز بررسی مدل توزیع مناسب برای پارامترهای قطر برابر سینه، ارتفاع و مساحت تاج درختان بلوط اوری (*Quercus macranthera* Fisch. & Mey.) در جنگل ارسباران با استفاده از متداول‌ترین توابع توزیع احتمال بر اساس آزمون‌های برازش و هم‌چنین تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر تغییرات این توابع بود تا با ارائه مناسب‌ترین توزیع، انتخاب بهترین مدل و نمایش گرافیکی این پارامترها، اطلاعات پایه‌ای را در زمینه بررسی‌های وضعیت آینده توده‌های جنگلی، تشریح ساختار توده و ارزیابی واکنش توده به دخالت‌های پرورشی در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان در این جنگل حفاظت شده قرار دهد.

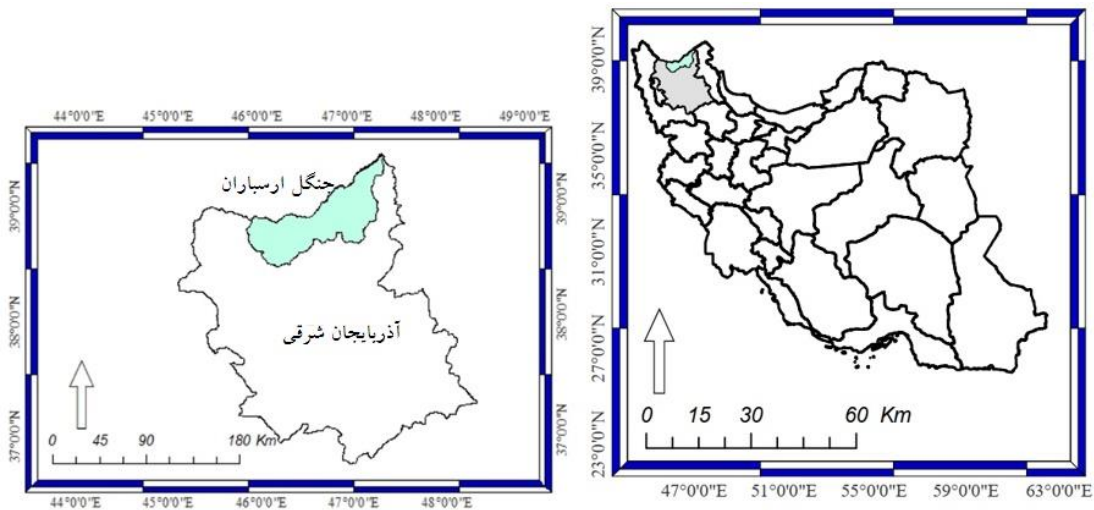
### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه در بخشی از جنگل‌های حفاظت‌شده ارسباران واقع در شمال غرب ایران به مختصات ۳۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی تا ۴۷ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی با دامنه ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، جایی که توده‌های تقریباً خالصی از گونه بلوط اوری (*Quercus macranthera* Fisch. & Mey.) حضور داشت، انتخاب شد. جنگل ارسباران دارای دامنه دمایی سالانه ۲ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و بارندگی ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در سال است. این منطقه کوهستانی با ویژگی‌های خاصی مانند اقلیم، تنوع زیستی بالا، وجود گونه‌های گیاهی و جانوری کمیاب در زمره یکی از نه ذخیره‌گاه زیست‌کره در ایران تحت برنامه انسان و زیست‌کره یونسکو قرار گرفته است (۲۲).

ویبول سه پارامتری برای قطر و ارتفاع جنگل طبیعی بلوط برازش شدند (۱۵).

بررسی تأثیر عوامل محیطی بر توابع توزیع احتمال در توده‌های مختلف بررسی شده است از آن جمله تحلیل قطر درختان ارس (*Juniperus excelsa*) در شمال شرق ایران نشان داده است که این درختان در جهت‌های جغرافیایی مختلف دامنه از توابع مختلفی تبعیت می‌کنند و توابع ویبول و لوگ نرمال مناسب‌ترین توابع برای توصیف توزیع قطری این توده‌ها در جهت‌های مختلف معرفی شدند (۹). توزیع قطری درختان *Alnus subcordata* در کشور لهستان مدل ویبول را بر اساس آزمون‌های برازش برای توده‌های این‌گونه معرفی کردند (۲).

بلوط اوری (*Quercus macranthera*) به‌عنوان یکی از گونه‌های اصلی در جنگل ارسباران مورد توجه پژوهش‌گران علوم جنگل بوده است و مطالعاتی شامل بررسی زادآوری این‌گونه تحت تأثیر فیزیوگرافی مختلف نشان داده است که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از فراوانی زادآوری شاخه‌زاد کاسته و فراوانی زادآوری دانه‌زاد افزوده می‌شود؛ بنابراین فراوانی زادآوری این‌گونه تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا بوده است (۱۶). هم‌چنین ارتفاع از سطح دریا عامل مؤثری بر ویژگی‌های کمی توده بلوط اوری در ارسباران شامل قطر، ارتفاع درخت و سطح مقطع درختان بوده اما تراکم و تاج پوشش اختلافات معنی‌داری را در توده‌های این‌گونه در ارسباران نداشتند (۱۷). اثرات معنی‌دار ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی‌های کمی و کیفی سایر گونه‌ها نیز اثبات شده است از آن جمله گونه صنوبر که در ارتفاعات پایین‌تر (۳۰۰-۱۵۰ متر) درختان این‌گونه از رشد قطری و حجمی مطلوب‌تری نسبت به ارتفاعات بالاتر برخوردار بودند (۱۸). اثر گردایان ارتفاع از سطح دریا بر تنوع توده‌های جنگلی آمیخته نیز اثر معنی‌دار این عامل محیطی را نشان داده است (۱۹ و ۲۰). تغییرات ارتفاع از سطح دریا بر



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران.

Figure 1. Geographical location of the study area in northwest of Iran.

تخریب نشده و تحت حفاظت کامل برداشت شدند تا احتمال اثرات تخریب‌های انسانی بر نتایج به حداقل برسد. در داخل قطعات نمونه قطر برابر سینه تمام درختانی که از دارای قطر بالاتر از حد شمارش ۷ سانتی‌متر بودند، ارتفاع کل درخت و دو قطر عمود بر هم تاج درختان، آماربرداری صد درصد شد. مساحت تاج هر درخت از رابطه ۱ محاسبه شد (۲۳):

$$CC = \frac{\pi}{4} CD^2 \quad (1)$$

این آزمون طبق رابطه ۲ بیش‌ترین اختلاف بین فراوانی مشاهده‌شده و مورد انتظار، بر اساس توزیع تجمعی فراوانی را معیار قضاوت قرار می‌دهد که در آن  $F$  فراوانی تجمعی مورد انتظار،  $S_n$  فراوانی تجمعی مشاهده‌شده و  $D$  آماره آزمون کولموگروف-اسمیرنوف است (۳).

$$D = \text{Max} (F - S_n) \quad (2)$$

روش پژوهش: نمونه‌برداری از توده‌های بلوط اوری به روش انتخابی در سه ارتفاع از دامنه ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا که این‌گونه بیش‌ترین حضور را داشت شامل ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ متر (ارتفاع ۱)، ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ متر (ارتفاع ۲) و ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا (ارتفاع ۳) و در قطعه‌نمونه‌هایی به ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر در هر ارتفاع با سه تکرار انجام شد (۲، ۸ و ۱۵). قطعات نمونه از مناطق

که در آن،  $CC$  مساحت تاج درختان،  $CD$  متوسط قطر تاج درختان است (۲۳).

آزمون مقایسه توزیع مشاهده‌شده با توزیع مورد انتظار به‌دست‌آمده با فرض اینکه توزیع مشاهده‌شده با توزیع مورد انتظار یکسان است با استفاده از آزمون نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. در



توابع توزیع‌های در محیط نرم‌افزار Easyfit 5.5 و بر اساس رابطه‌های ۳ تا ۸ محاسبه شدند (۳، ۴، ۱۴، ۲۴ و ۲۵):

$$f(x) = \frac{1}{\beta(\alpha_1, \alpha_2)} \frac{(x-a)^{\alpha_1-1} (b-x)^{\alpha_2-1}}{(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}} \quad \text{تابع بتا:} \quad (۳)$$

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad 0 \leq x < +\infty \quad \text{تابع گاما:} \quad (۴)$$

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2 / 2\sigma^2} \quad x, \mu, \sigma > 0 \quad \text{تابع لوگ نرمال:} \quad (۵)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2 / 2\sigma^2} \quad -\infty \leq x, \mu < +\infty, \sigma > 0 \quad \text{تابع نرمال:} \quad (۶)$$

$$f(x) = \lambda \exp(-\lambda x) \quad \lambda > 0, 0 \leq x < +\infty \quad \text{تابع نمایی:} \quad (۷)$$

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad 0 \leq x < +\infty \quad \text{تابع ویبول:} \quad (۸)$$

کولموگروف-اسمیرنوف به‌عنوان عمومی‌ترین آزمون برازش انجام شد. در این آزمون‌ها فرض صفر به مفهوم یکسان بودن توزیع احتمال مشاهده‌شده با توزیع احتمال برآورد شده است (۲۶). این برازش در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد گزارش شد.

### نتایج

قطر برابر سینه درخت: شاخص‌های توصیفی غیروابسته به نوع توزیع‌ها برای قطر برابر سینه درختان براساس جدول ۲ به‌دست آمد. بررسی میانگین قطر

هم‌چنین در نمودار هیستوگرام که به‌منظور بررسی انطباق توزیع محاسبه‌شده با توزیع مشاهده‌شده استفاده می‌شود، مقادیر تابع احتمال (فراوانی نسبی) بر روی محور طول‌ها و مقادیر داده‌ها (متغیر مورد مطالعه) بر روی محور عرض‌ها قرار می‌گیرند (۴).

که در آن‌ها،  $x$  متغیر تصادفی،  $e$  عدد نپر،  $f(x)$  تابع، حروف یونانی پارامترها،  $\mu$  میانگین،  $\sigma$  اریانس،  $\Gamma$  نماد تابع گاما،  $\ln$  لگاریتم طبیعی،  $a$  و  $b$  مشخصه‌های کرانه‌ای،  $a_1$  و  $a_2$  مشخصه‌های شکل هستند. محاسبه آماره‌های کمی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آنالیز واریانس و آزمون توکی در نرم‌افزار SPSS 16 بررسی شد و بررسی انواع توزیع‌های آماری در نرم‌افزار Easyfit5.5 انجام شد و توابع توزیع احتمال مشخصه‌های قطر برابر سینه درختان، ارتفاع و مساحت تاج با استفاده از آزمون نیکویی برازش

در ارتفاع‌های مختلف نشان داد که درختان از نظر حداقل، حداکثر و میانگین قطری تفاوت معنی‌داری ندارند ( $P \geq 0.05$ ). همچنین قطر درختان دارای چولگی اندکی بود که در ارتفاع اول و دوم این چولگی مثبت و به سمت راست و در ارتفاع سوم منفی بود (جدول ۱).

جدول ۱- پارامترهای آماری قطر برابر سینه (سانتی‌متر) درختان بلوط اوری در ارتفاع‌های مختلف.

**Table 1. Statistical parameters of DBH (cm) of Caucasian oak at different altitudes.**

ارتفاع ۳ Third elevation	ارتفاع ۲ Second elevation	ارتفاع ۱ First elevation	پارامتر Parameter
10	10	10	حداقل Minimum
20	23	24	حداکثر Maximum
16	16	15	میانه Median
15.72 <sup>a</sup>	15.93 <sup>a</sup>	15.36 <sup>a</sup>	میانگین Mean
2.35	3.33	3.17	انحراف معیار Std. deviation
0.15	0.21	0.21	ضریب تغییرات Coef. of variation
0.18	0.30	0.28	اشتباه معیار Std. error
-0.36	0.08	0.22	چولگی Skewness
0.51	-0.79	-0.69	ضریب کشیدگی Excess Kurtosis

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار و حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ( $P \leq 0.05$ )

Similar letters indicate the absence of significant differences and different letters indicate the presence of significant differences ( $P \leq 0.05$ )

سوم نیز توابع بتا، ویبول و نرمال توابع توزیع قطر درختان بود (جدول‌های ۲ و ۳). نمودارها این توزیع‌ها نیز انطباق بیش‌تر با داده‌های مشاهده‌شده را نشان داد (شکل ۲).

بر اساس نتایج آزمون نیکویی برازش، بهترین تابع برای توزیع قطر برابر سینه درختان در ارتفاع اول به‌ترتیب اولویت شامل توزیع بتا، نرمال و گاما بودند. در ارتفاع دوم توزیع‌های نرمال، لوگ نرمال و گاما مناسب‌ترین توابع توزیع شناخته شدند و در ارتفاع

جدول ۲- مقادیر پارامترهای برآورد شده توزیع‌های قطر برابر سینه.

**Table 2. Values of estimated parameters for DBH distributions.**

مقادیر مشخصه‌های توابع values of functions characters			توزیع Distribution
ارتفاع ۳ Third elevation	ارتفاع ۲ Second elevation	ارتفاع ۱ First elevation	
$\alpha_1=2.51, \alpha_2=1.70$ $a=9.17, b=20.13$	$\alpha_1=0.95, \alpha_2=1.14$ $a=10.0, b=23.0$	$\alpha_1=1.45, \alpha_2=2.47$ $a=9.76, b=24.72$	بتا Beta
$\alpha=44.80, \beta=0.35$	$\alpha=22.91, \beta=0.69$	$\alpha=23.46, \beta=0.65$	گاما Gamma
$\sigma=0.16, \mu=2.24$	$\sigma=0.21, \mu=2.75$	$\sigma=0.21, \mu=2.71$	لوگ نرمال Log-Normal
$\sigma=2.35, \mu=15.72$	$\sigma=3.33, \mu=15.93$	$\sigma=3.17, \mu=15.36$	نرمال Normal
$\lambda=0.064$	$\lambda=0.063$	$\lambda=0.07$	نمایی Exponential
$\alpha=7.74, \beta=16.69$	$\alpha=5.59, \beta=17.17$	$\alpha=5.74, \beta=16.52$	ویبول Weibull

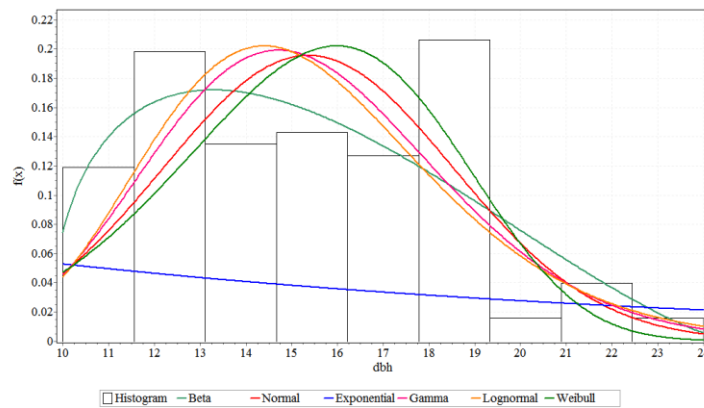
جدول ۳- مقادیر آزمون‌های نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف برای توزیع‌های قطر برابر سینه در ارتفاع‌های مختلف.

**Table 3. Values of Kolmogorov-Smirnov goodness statistical test for DBH distributions at different altitudes.**

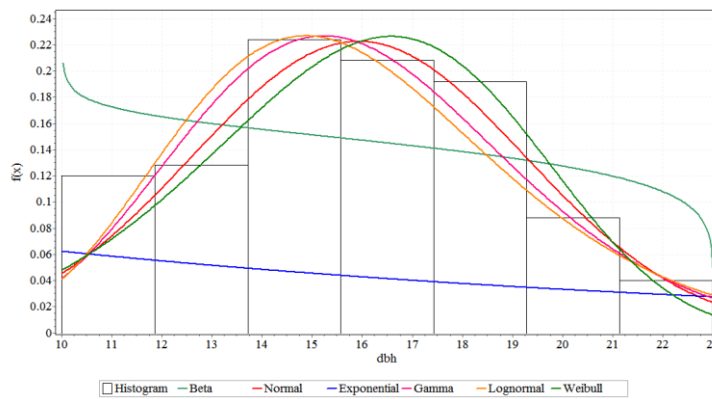
ارتفاع ۱ First elevation				توزیع
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.102	1	بتا Beta
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.118	2	نرمال Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.120	3	گاما Gamma
0.01 <sup>ns</sup>	0.145	0.127	4	لوگ نرمال Log-normal
0.01 <sup>ns</sup>	0.145	0.132	5	ویبول Weibull
0.05 <sup>*</sup>	0.121	0.479	6	نمایی Exponential
ارتفاع ۲ Second elevation				توزیع
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.110	1	نرمال Normal
0.05 <sup>s</sup>	0.121	0.111	2	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.114	3	گاما Gamma
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.116	4	ویبول Weibull
0.01 <sup>ns</sup>	0.146	0.122	5	بتا Beta
0.05 <sup>*</sup>	0.121	0.466	6	نمایی Exponential
ارتفاع ۳ Third elevation				توزیع
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	Distribution
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.151	1	بتا Beta
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.155	2	ویبول Weibull
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.178	3	نرمال Normal
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.188	4	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.190	5	گاما Gamma
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.491	6	نمایی Exponential

\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد

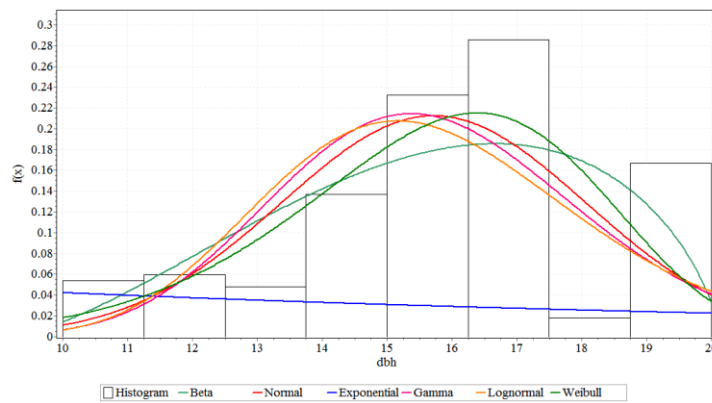
\*\*\*, \* and <sup>ns</sup> indicate a significant difference at 99%, 95% level and no significant difference, respectively



ارتفاع اول  
First elevation



ارتفاع دوم  
Second elevation



ارتفاع سوم  
Third elevation

شکل ۲- هیستوگرام توزیع‌های قطر برابر سینه در ارتفاع‌های مختلف.

Figure 2. Histogram of DBH distributions at different altitudes.

ارتفاع کامل درخت: اما ارتفاع درختان در دامنه ارتفاعی سوم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ارتفاع درختان در دو ارتفاع اول و دوم بود ( $P \leq 0.05$ ). ارتفاع درختان در هر سه دامنه ارتفاعی، چولگی اندکی رو به سمت چپ و منفی داشتند. بیش‌ترین ضریب کشیدگی نیز مربوط به ارتفاع درختان در ارتفاع دوم بود (جدول ۴).

جدول ۴- پارامترهای آماری ارتفاع (متر) درختان بلوط اوری در ارتفاع‌های مختلف.

**Table 4. Statistical parameters of height (m) of Caucasian oak at different altitudes.**

ارتفاع ۳ Third elevation	ارتفاع ۲ Second elevation	ارتفاع ۱ First elevation	پارامتر Parameter
2.7	3.19	2.52	حداقل Minimum
7.4	6.5	6.7	حداکثر Maximum
5.27	5.1	5.02	میانه Median
5.33 <sup>b</sup>	5.02 <sup>a</sup>	4.91 <sup>a</sup>	میانگین Mean
0.76	0.87	0.84	انحراف معیار Std. deviation
0.15	0.17	0.17	ضریب تغییرات Coef. of variation
0.06	0.08	0.07	اشتباه معیار Std. error
-0.17	-0.229	0.31	چولگی Skewness
0.30	-0.995	-0.18	ضریب کشیدگی Excess Kurtosis

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار و حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ( $P \leq 0.05$ )

Similar letters indicate the absence of significant differences and different letters indicate the presence of significant differences ( $P \leq 0.05$ )

و در ارتفاع سوم توابع بتا، نرمال و ویبول در اولویت بودند (جدول‌های ۵ و ۶). نمودارهای ترسیم‌شده از مقادیر مشاهده‌شده و بهترین توابع، این انطباق را کاملاً نشان دادند (شکل ۳).

آزمون نیکویی برازش برای این پارامتر یعنی ارتفاع درختان، توابع توزیع ویبول، بتا و نرمال را به‌ترتیب دارای رتبه‌های اول تا سوم در ارتفاع اول نشان داد. در ارتفاع دوم توابع‌های بتا، ویبول و نرمال

جدول ۵- مقادیر پارامترهای برآورد شده توزیع‌های ارتفاع.

Table 5. Values of estimated parameters of height distributions.

مقادیر مشخصه‌های توابع Values of functions characters			توزیع Distribution
ارتفاع ۳ Third elevation	ارتفاع ۲ Second elevation	ارتفاع ۱ First elevation	
$\alpha_1 = 1.99, \alpha_2 = 3.39$ $a = 1.31, b = 21.22$	$\alpha_1 = 1.53, \alpha_2 = 1.22$ $a = 3.13, b = 6.51$	$\alpha_1 = 6.63, \alpha_2 = 3.81$ $a = 1.16, b = 7.05$	بتا Bata
$\alpha = 5.13, \beta = 1.69$	$\alpha = 33.11, \beta = 0.15$	$\alpha = 34.14, \beta = 0.14$	گاما Gamma
$\sigma = 0.49, \mu = 2.05$	$\sigma = 0.18, \mu = 1.59$	$\sigma = 0.18, \mu = 1.57$	لوگ نرمال Log-normal
$\sigma = 3.83, \mu = 8.68$	$\sigma = 0.78, \mu = 5.36$	$\sigma = 0.84, \mu = 4.91$	نرمال Normal
$\lambda = 0.115$	$\lambda = 0.199$	$\lambda = 0.20$	نمایی Exponential
$\alpha = 2.49, \beta = 9.71$	$\alpha = 6.64, \beta = 5.36$	$\alpha = 6.73, \beta = 5.24$	ویبول Weibull

جدول ۶- مقادیر آزمون‌های نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف برای توزیع‌های ارتفاع درخت در ارتفاع‌های مختلف.

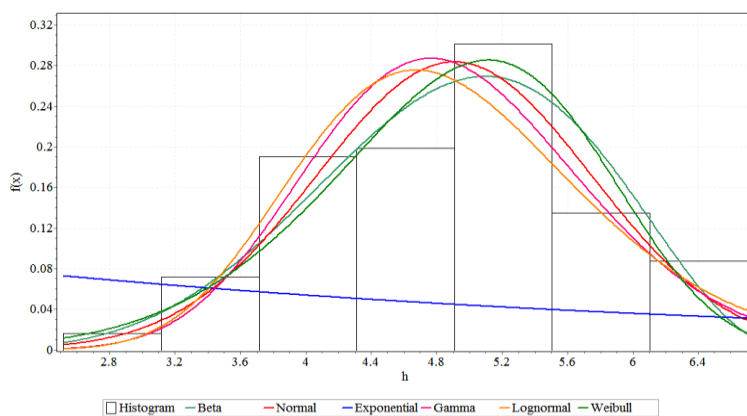
**Table 6. Values of Kolmogorov-Smirnov goodness statistical test for height distributions at different elevations.**

ارتفاع ۱ First elevation				توزیع
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.067	1	ویبول Weibull
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.070	2	بتا Beta
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.091	3	نرمال Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.112	4	گاما Gamma
0.01 <sup>ns</sup>	0.145	0.123	5	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>*</sup>	0.121	0.466	6	نمایی Exponential
ارتفاع ۲ Second elevation				توزیع
سطح معنی‌داری Sig.	Critical Value	آماره Statistic	رتبه Rank	Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.067	1	بتا Beta
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.105	2	ویبول Weibull
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.112	3	نرمال Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.114	4	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.119	5	گاما Gamma
0.01 <sup>*</sup>	0.146	0.471	6	نمایی Exponential
ارتفاع ۳ Third elevation				توزیع
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.105	0.096	1	بتا Beta
0.05 <sup>ns</sup>	0.105	0.102	2	نرمال Normal
0.01 <sup>ns</sup>	0.126	0.107	3	ویبول Weibull
0.01 <sup>ns</sup>	0.126	0.121	4	گاما Gamma
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.133	5	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.501	6	نمایی Exponential

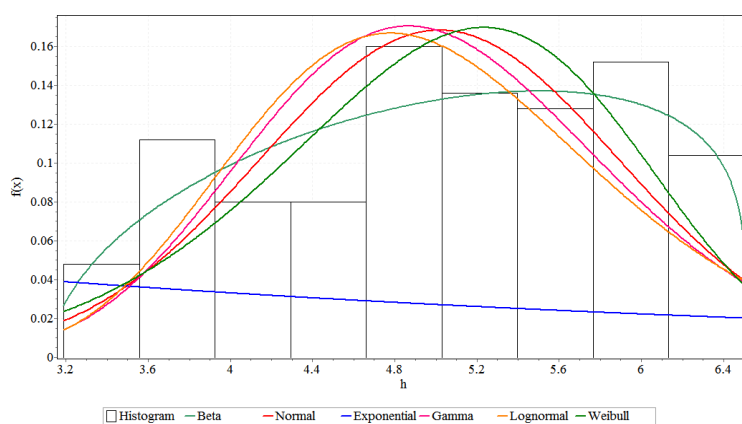
\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد

\*\*\*, \* and <sup>ns</sup> indicate a significant difference at 99%, 95% level and no significant difference, respectively

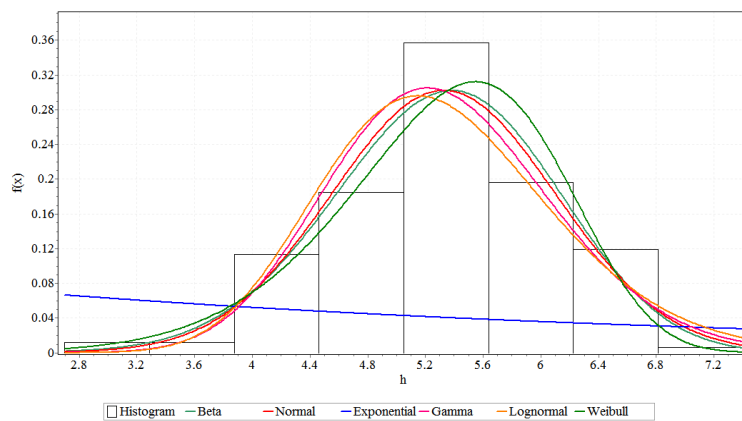




ارتفاع اول  
First elevation



ارتفاع دوم  
Second elevation



ارتفاع سوم  
Third elevation

شکل ۳- هیستوگرام توزیع های ارتفاع درختان در ارتفاع های مختلف.

Figure 3. Histogram of height distributions at different altitudes.

مساحت تاج درخت: هم‌چنین مقدار میانگین مساحت تاج درختان نیز در هر سه ارتفاع با یکدیگر به‌طور معنی‌داری متفاوت بود ( $P \leq 0.05$ ) و درختان در ارتفاع سوم مساحت تاج بزرگ‌تری داشتند. ارتفاع درختان در سه ارتفاع چولگی اندکی مثبت و رو به راست داشتند و بیش‌ترین چولگی مربوط به مساحت تاج درختان در ارتفاع دوم بود (جدول ۳).

جدول ۷- پارامترهای آماری مساحت تاج (مترمربع) درختان بلوط اوری در ارتفاع‌های مختلف.

**Table 7. Statistical parameters of canopy area (m) of Caucasian oak at different altitudes.**

ارتفاع ۳ Third elevation	ارتفاع ۲ Second elevation	ارتفاع ۱ First elevation	پارامتر Parameter
1.55	2.34	2.56	حداقل Minimum
19.23	13.73	16.78	حداکثر Maximum
7.67	5.43	7.05	میانه Median
8.68 <sup>c</sup>	5.61 <sup>b</sup>	7.26 <sup>a</sup>	میانگین Mean
3.83	2.35	2.90	انحراف معیار Std. deviation
0.44	0.42	0.40	ضریب تغییرات Coef. of variation
0.30	0.21	0.26	اشتباه معیار Std. error
0.39	0.814	0.51	چولگی Skewness
-0.58	0.729	0.084	ضریب کشیدگی Excess Kurtosis

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار و حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ( $P \leq 0.05$ )

Similar letters indicate the absence of significant differences and different letters indicate the presence of significant differences ( $P \leq 0.05$ )

سوم توابع بتا، ویبول و لوگ نرمال به عنوان مناسبترین توابع توزیع تعیین شدند (جدولهای ۸ و ۹). نمودارها نیز انطباق مناسب بین توزیعهای اولویت داده شده را نسبت به دادههای مشاهده شده را نشان دادند (شکل ۴).

نتیجه آزمون نیکویی برازش برای مساحت تاج درختان در ارتفاع اول نشان داد که توزیعهای ویبول، نرمال و گاما در رتبههای اول تا سوم مناسبترین مدل‌های توزیع بودند. در ارتفاع دوم نیز توابع بتا، گاما و نرمال مناسبترین تعیین شدند و در ارتفاع

جدول ۸- مقادیر پارامترهای برآورد شده توزیعهای مساحت تاج.

Table 8. Values of estimated parameters of canopy area distributions.

مقادیر مشخصه‌های توابع Values of functions characters			توزیع Distribution
ارتفاع ۳ Third elevation	ارتفاع ۲ Second elevation	ارتفاع ۱ First elevation	
$\alpha_1 = 1.99, \alpha_2 = 3.39$ $a = 1.31, b = 21.22$	$\alpha_1 = 1.17, \alpha_2 = 3.83$ $a = 2.33, b = 16.24$	$\alpha_1 = 1.41, \alpha_2 = 3.31$ $a = 2.51, b = 18.30$	بتا Beta
$\alpha = 5.13, \beta = 1.69$	$\alpha = 5.68, \beta = 0.99$	$\alpha = 6.26, \beta = 1.16$	گاما Gamma
$\sigma = 0.49, \mu = 2.05$	$\sigma = 0.42, \mu = 1.64$	$\sigma = 0.43, \mu = 1.89$	لوگ نرمال Log-Normal
$\sigma = 3.83, \mu = 8.68$	$\sigma = 2.35, \mu = 5.61$	$\sigma = 2.90, \mu = 7.26$	نرمال Normal
$\lambda = 0.115$	$\lambda = 0.178$	$\lambda = 0.14$	نمایی Exponential
$\alpha = 2.49, \beta = 9.71$	$\alpha = 2.82, \beta = 6.23$	$\alpha = 2.79, \beta = 7.26$	ویبول Weibull

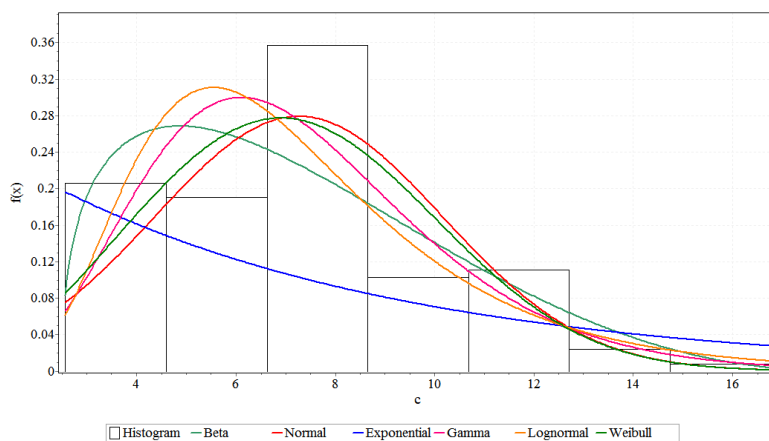
جدول ۹- مقادیر آزمون‌های آماری نیکویی برازش کولوموگروف-اسمیرنوف برای توزیع‌های مساحت تاج درختان در ارتفاع‌های مختلف.

**Table 9. Values of Kolmogorov-Smirnov goodness statistical test for canopy area distributions at different altitudes.**

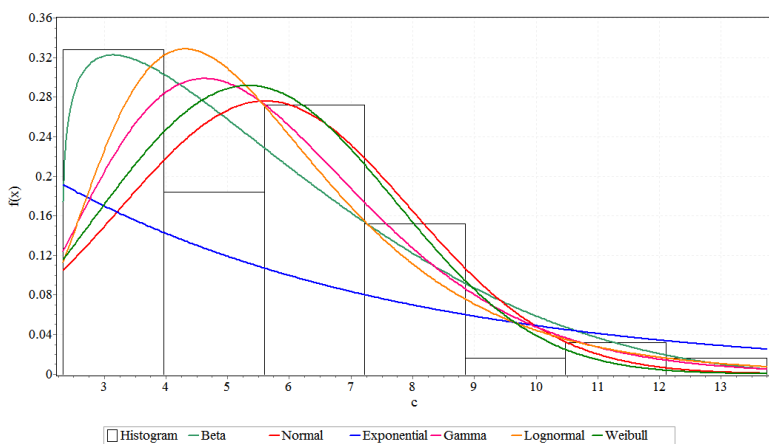
ارتفاع ۱				
First elevation				
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	توزیع Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.099	1	ویبول Weibull
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.104	2	نرمال Normal
0.01 <sup>ns</sup>	0.145	0.122	3	گاما Gamma
0.05 <sup>*</sup>	0.121	0.154	4	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>*</sup>	0.121	0.155	5	بتا Beta
0.05 <sup>*</sup>	0.121	0.318	6	نمایی Exponential
ارتفاع ۲				
Second elevation				
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	توزیع Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.087	1	بتا Beta
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.099	2	گاما Gamma
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.102	3	نرمال Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.103	4	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.121	0.107	5	ویبول Weibull
0.05 <sup>*</sup>	0.121	0.350	6	نمایی Exponential
ارتفاع ۳				
Third elevation				
سطح معنی‌داری Sig.	Critical value	آماره Statistic	رتبه Rank	توزیع Distribution
0.05 <sup>ns</sup>	0.105	0.074	1	بتا Beta
0.05 <sup>ns</sup>	0.105	0.077	2	ویبول Weibull
0.05 <sup>ns</sup>	0.105	0.086	3	لوگ نرمال Log-Normal
0.05 <sup>ns</sup>	0.105	0.091	4	گاما Gamma
0.01 <sup>ns</sup>	0.126	0.111	5	نرمال Normal
0.05 <sup>*</sup>	0.105	0.273	6	نمایی Exponential

<sup>\*\*</sup>، <sup>\*</sup> و <sup>ns</sup> به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

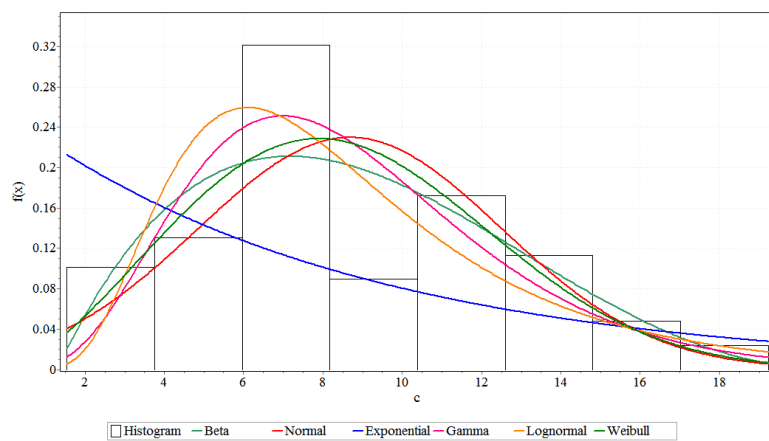
<sup>\*\*</sup>، <sup>\*</sup> and <sup>ns</sup> indicate a significant difference at 99%, 95% level and no significant difference, respectively



ارتفاع اول  
First elevation



ارتفاع دوم  
Second elevation



ارتفاع سوم  
Third elevation

شکل ۴- هیستوگرام توزیع‌های مساحت تاج درختان در دامنه‌های ارتفاعی.  
Figure 4. Histogram of canopy area distributions at different altitudes.

### بحث و نتیجه‌گیری

توزیع قطر می‌تواند برای نشان دادن این‌که آیا تراکم درختان کوچک‌تر در یک توده برای جایگزینی جمعیت فعلی درختان بزرگ کافی است یا خیر استفاده شود و به ارزیابی پایداری بالقوه جنگل‌ها کمک کند (۲۷). در جنگل‌های بلوط ایرانی در ایلام مناسب‌ترین توزیع برای مدل‌سازی پراکنش قطری درختان، توزیع بتا و نرمال بود (۱۱). توزیع قطری درختان بلوط سفید در ارسباران نیز، توزیع گاما را نشان داد (۱۴). درحالی‌که بلوط اوری در مطالعه حاضر در ارتفاع اول و سوم توزیع بتا و در ارتفاع دوم توزیع نرمال را نشان داد؛ بنابراین می‌توان گفت که نوع گونه عامل مؤثری در ایجاد انواع توزیع است که توسط میرزایی و بنیاد (۲۰۱۵) نیز به این عامل تأکید شده بود (۱۱). از طرف دیگر سن درختان نیز عامل مهمی در نحوه مدل‌سازی توزیع پراکنش قطری بیان شده است (۱۴). با توجه به منحنی‌های حاصل از پراکنش قطری در این مطالعه و میزان چولگی آن‌ها، در ارتفاع دوم منحنی قطری چولگی به راست بسیار ناچیزی را نشان داد؛ اما در ارتفاع اول و سوم مقدار چولگی بیش‌تر بود با این تفاوت که چولگی در ارتفاع اول به راست و ناچیز و در ارتفاع سوم به چپ و اندکی بیش‌تر بود؛ بنابراین می‌توان گفت که عامل ارتفاع از سطح دریا در طبقات قطری (به‌ویژه در طبقات قطری بالاتر)، بر نحوه توزیع قطری اثر گذاشته است. باین‌حال به‌طورکلی مقدار ضرایب کشیدگی و چولگی در قطر درختان کم بود و نشان‌دهنده پراکنش همسال در توده‌های مورد بررسی بود. این وضعیت می‌تواند به دلیل انتخاب توده‌ها در مناطق کم‌تر دست‌خورده و قرق شده باشد که درختان مورد تخریب و به‌ویژه قطع قرار نگرفته بودند؛ بنابراین نمودارها از چولگی کم‌تری نیز برخوردار بودند زیرا از جمله کاربردهای توابع توزیع قطری

درختان در بررسی وقایع و دخالت‌های گذشته در توده‌های جنگلی می‌باشد و استاد هاشمی و همکاران (۲۰۲۱) نیز در توده‌های بلوط سفید عامل برداشت‌های بی‌رویه در دهه‌های اخیر با اهداف مختلفی مانند زغالگیری از درختان قطور در ارسباران را بیان کرده بودند (۱۴). سهرابی و طاهری سرتشنیزی (۲۰۱۲) نیز عامل بهره‌برداری سنتی و سرشت گونه‌ای را در ایجاد تفاوت در توابع توزیع قطری سه گونه بلوط در زاگرس معرفی کردند (۳). باین‌حال در ارتفاع دوم توزیع قطری متفاوتی (نرمال) نسبت به ارتفاع اول و سوم (بتا) مشاهده شد (باوجود عدم تفاوت معنی‌دار در میانگین قطری درختان) که با توجه به حفاظت و قرق در منطقه می‌توان گفت تحت‌تأثیر عامل محیطی ارتفاع از سطح دریا بر پراکنش قطری درختان بلوط اوری باشد. همان‌طور که بررسی جهت دامنه به‌عنوان یک عامل محیطی بر جوامع گونه ممرز در ارسباران نشان داده بود که توابع توزیع قطر درختان ممرز تحت‌تأثیر جهت‌های غالب دامنه نبوده اما این عامل محیطی سبب تغییر در انواع توابع توزیع ارتفاع و مساحت تاج درختان شد (۲۶).

هیستوگرام‌های ارتفاع درختان وضعیت همگنی را از نظر ضرایب چولگی و کشیدگی در سه ارتفاع از سطح دریا نشان دادند. به‌طوری‌که نمودارها از کم‌ترین چولگی نسبت به دو پارامتر دیگر (قطر و مساحت تاج) برخوردار بودند. در اغلب مدل‌های توزیع به‌ویژه در ارتفاع سوم که میانگین ارتفاع درختان نیز بیش‌تر بود. منحنی‌های ستونی نشان‌دهنده این موضوع بود که در ارتفاع اول، درختان از حد میانه بلندتر بودند، در ارتفاع دوم همگنی بیش‌تری در وضعیت طبقات ارتفاعی درختان مشاهده شد و در ارتفاع سوم نیز فراوانی درختان با بلندی متوسط بیش‌تر بود. حسن‌زاد ناورودی و مرادی امام‌قیسی (۲۰۲۰) علت کشیدگی و چولگی چپ را در نمودارهای ارتفاع درختان

بر اساس اطلاعات حاصل از این پژوهش در زمینه بررسی مدل‌سازی توزیع طبقات تاج درختان در سه ارتفاع، این عامل تغییرات معنی‌داری را در سه ارتفاع نشان داد. تاج درختان در ارتفاع دوم چولگی و کشیدگی بیش‌تری داشتند و توزیع ویبول را نشان دادند. هم‌چنین در ارتفاع اول و سوم نیز توزیع بتا داشتند؛ بنابراین تغییرات کمی بر روی مدل‌های توزیع نیز اثر داشت. عامل اصلی تغییرات تاج درختان تخریب و سرشاخه‌زنی است اما از آن‌جاکه منطقه تحت قرق بوده می‌توان گفت که با افزایش سن، تاج درختان از وضعیت تقارن خارج شده و چولگی پیدا کرده و این موضوع بر مدل‌های توزیع آن‌ها نیز اثر گذاشته داشته است. بر طبق نتایج بررسی درختان بلوط ایرانی توزیع نرمال برای تاج درختان در منطقه تنک تعیین شد و دلیل اختلاف در توزیع تاجی درختان را تحت‌تأثیر عواملی مانند تعداد در هکتار درختان نمونه، شرایط محیطی مانند توپوگرافی بر روی تاج و منشأ توده شامل دانه‌زاد یا شاخه‌زاد معرفی شده بود (۱۲).

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، ارتفاع از سطح دریا عامل مؤثری بر ارتفاع و مساحت تاج درختان بلوط اوری بود و عامل اثرگذار بر ایجاد تنوع توابع توزیع احتمال قطر، ارتفاع و مساحت تاج درختان بلوط اوری در جنگل ارسباران محسوب می‌شود که می‌تواند ناشی از اثر ارتفاع بر عوامل محیطی جنگل مانند آب‌وهوا، خاک، رطوبت و هم‌چنین ویژگی‌های فیزیولوژیکی درختان باشد (۲۸، ۲۹، ۳۰ و ۳۱). اطلاعات حاصل می‌تواند نتایج قابل استنادی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان برنامه‌ریزی جنگل‌های ارسباران قرار دهد.

به دلیل رقابت درختان جوان برای رسیدن به اشکوب بالا و دسترسی به نور و فضای بیش‌تر دانستند (۴). در مطالعه حاضر چولگی به چپ مشاهده نشد و همان‌طور که گفته شد ضرایب نشان‌دهنده شرایط همگن و چولگی اندکی بودند. برازش توابع توزیع، در ارتفاع اول توزیع ویبول و در ارتفاع دوم و سوم توزیع بتا را نشان دادند. در جنگل‌های دست‌کاشت بلوط در استان گیلان، توزیع نرمال و برای جنگل‌های طبیعی این‌گونه توزیع گامای سه پارامتری گزارش شده بود و نتیجه‌گیری نشان داده بود که نوع توده (دست‌کاشت یا طبیعی) در نحوه توزیع ارتفاع درختان نقش دارد (۱۵). برای گونه بلوط ایرانی در ایلام، توزیع بتا برای ارتفاع درختان تعیین شده بود (۱۳)؛ بنابراین نوع توزیع ارتفاعی درختان منطقه مورد مطالعه نیز تحت‌تأثیر ارتفاع از سطح دریا قرار داشته که با توجه به ارتباط بین ارتفاع درختان و رقابت نوری می‌توان علت این امر به دلیل تغییر در تراکم درختان توده‌ها در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا باشد، زیرا در مطالعه صفری و همکاران (۲۰۲۱) نیز تأثیر معنی‌دار ارتفاع از سطح دریا بر تراکم درختان بلوط اوری بیان شده بود (۱۷).

استفاده از اندازه‌گیری تاج درختان در توده‌های جنگلی هم‌چون جنگل ارسباران که به دلایل مختلفی قسمت زیادی از جنگل دارای فرم رویشی شاخه و دانه‌زاد هستند، می‌تواند عامل مناسبی برای تشریح وضعیت توده باشد که خوشبختانه در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است و عامل کمیت و کیفیت تاج به پارامتر مهمی در مطالعات پژوهشگران جنگل بوده است (۱۶ و ۱۷).

منابع

1. Aguilar, F.J., Nemmaoui, A., Aguilar, M.A., Chourak, M., Zarhloule, Y., and García Lorca, A.M. 2016. A quantitative assessment of forest cover change in the Moulouya river watershed (Morocco) by the integration of a subpixel-based and object-based analysis of Landsat data. *Forests*. 7: 23. 1-19.
2. 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.
3. 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 J. of Forest*. 4: 4. 333-343.
4. Hassanzad Navroodi, I., and Moradi Emamgheysi, I. 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)
5. Tian, X., Sun, S., Mola-Yudego, B., and Cao, T. 2020. Predicting individual tree growth using stand-level simulation, diameter distribution, and Bayesian calibration. *Annals of Forest Science*. 77: 57. 1-17.
6. Teimouri, M., and Podlaski, R. 2022. Bayesian inference for Johnson's SB and Weibull distributions, *Scandinavian J. of Forest Research*. 37: 1. 740-82.
7. Schutz, J.P. and Rosset, C. 2020. Performances of different methods of estimating the diameter distribution based on simple stand structure variables in monospecific regular temperate European forests. *Annals of Forest Science*. 77: 1-11.
8. Egonmwan, Y.I., and Ogana, F.N. 2020. Application of diameter distribution model for volume estimation in *Tectona grandis* L.f. stands in the Oluwa forest reserve, Nigeria. *Tropical Plant Research*. 7: 3. 573-580.
9. Sedighi, F., Taheri Abkenar, K., and Heidari Safari Kouchi, A. 2021. Analyzing the diameter distribution of *Juniperus excelsa* m. bieb stands of northeast Iran, using probability distribution functions. *Ecopersia*. 9: 2. 69-77.
10. Zasada, M. 2013. Evaluation of the double normal distribution for tree diameter distribution modeling. *Silva Fennica*. 47: 2. 1-17.
11. Mirzaei, M., and Bonyad, A.E. 2015. Diameter distribution modeling of *Quercus persica* using probability distribution functions in open forests (Case study: Dalab of Ilam province). *Iranian J. of Forest*. 7: 1. 117-136. (In Persian)
12. Mirzaei, M., Bonyad, A.E., and Mohebi Bijarpas, M. 2014. Application of probability distributions in order to fit canopy classes of *Quercus brantii* trees, Case Study: Dalab forests of Ilam. *J. of Forest Sustainable Development*. 1: 2. 195-203.
13. 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. *J. of Forestry Research*. 27: 901-905.
14. Ostadhashemi, R., Akhavan, R., Abbaslou, A., and Safapour, Gh. 2021. Modeling diameter distribution of oak and forest stand in Arasbaran (Ilgenechay). *J. of Environmental Science Studies*. 6: 4. 4256-4265. (In Persian)
15. 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.
16. Safari, M., Sefidi, K., Alijanpoor, A., and Elahian, M.R. 2018. Study of natural regeneration in *Quercus macranthera* stands in different physiographic conditions in arasbaran forests. *Ecology of Iranian Forests*. 6: 12. 1-8. (In Persian)
17. Safari, M., Sefidi, K., Alijanpoor, A., and Elahian, M.R. 2021. Ecological role of altitude on quantitative characteristics



- of Caucasian oak (*Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. Ex Hohen.) stands in arasbaran forest. Ecology of Iranian Forests. 9: 17. 106-113. (In Persian)
18. Naderi Varandi, M., Kialashaki, A., Veisi, R., and Sheykheslami, A. 2018. Effect of Altitude on some Quantitative and Qualitative Characteristics of Populus Deltoids Trees. Ecology of Iranian Forests. 6: 12. 30-38. (In Persian)
  19. Hoseini, A. 2016. Effects of altitude on tree species diversity in Hyanan oak forests of Ilam province. J. of Natural Ecosystem of Iran. 7: 1. 1-8. (In Persian)
  20. Atae, A., Kazemnezhad, F., Eshagh Nimvari, M., and Sheykholeslami, A. 2021. Effect of altitudinal gradient on biodiversity indices of plant ecological groups in Hyrcanian forests, Tiremrood basin. J. of Forest Research and Development. 7: 3. 493-504. (In Persian)
  21. Rezaei Sangdehi, S.M., Fallah, A., Oladi, J., and Latifi, H. 2020. Determination of altitude gradient effect on quantitative characteristics of forest stands (Case study: District 3 of Sangdeh forests). J. of Wood and Forest Science and Technology. 27: 1. 1-16. (In Persian)
  22. Abedi, R. 2022. Application of multi-criteria decision-making models to forest fire management. International J. of Geoheritage and Parks. 10: 1. 84-96.
  23. Zobeyri, M. 2005. Forest inventory (Measurement tree and forest), Tehran Univ. press, 424p. (In Persian)
  24. Mohammadalizadeh, Kh., Namirani, M., Zobeiri, M., Hoorfar, A., and Marvie Mohajer, M.R. 2013. Modeling of frequency distribution of tree's height in uneven-aged stands (Case study: Gorazbon district of Khyroud forest). J. of Forest and Wood Products. 66: 2. 155-165. (In Persian)
  25. Kazempour Larsary, M., Taheri Abkenar, K., Pothier, D., Pourbabaei, H., and Fadaie Khoshkebijari, F. 2016. Comparison of probability distribution functions applied to tree diameter and height of three development stages in a mixed beech (*FAGUS orientalis* Lipsky.) forest in Hyrcanean region of Iran. Forestry Ideas. 22: 1. 65-84.
  26. Abedi, R. 2020. Investigation of changes in probability distribution functions of diameter, height and crown area of trees affected by slope aspect. J. of Environmental Science Studies. 5: 2. 2513-2520. (In Persian)
  27. Masoodi, T.H., Shah, I.A., DinDar, M.U., Sofi, P.A., and Mugloo, J.A. 2021. Evaluation of probability distribution functions applied to tree diameter in a mixed uneven Kiker (*Robinia pseudoacacia*) stand of Kashmir Himalaya, India. Current Science. 121: 4. 573-577.
  28. Shahrezei, H., Faramarzi, M., Heydari, M., and Poorreza, M., 2020. Comparison of some soil physico-chemical and microbial characteristics in relation to oak decline in different elevation classes in Southern Zagros forest. Iranian Forest Ecology J. 8: 16. 136-147.
  29. Mohebbi Bijarpas, M., Rostami Shahraji, T., and Samizadeh, H. 2019. Changes in leaf morphological characteristics of *Fagus orientalis* Lipesky. along altitudinal gradients (Case study: Gilan forests, Masal). Forest Research and Developmemnt. 5: 1. 27-40
  30. Bagheri, S., Zare-Maivan, H., Heydari, M., and Kazempour Osaloo, Sh. 2020. Relationship between broadleaved mixed forest understory species groups with soil and elevation in a semi-arid Persian oak (*Quercus brantii* L.) ecosystem. Caspian J. of Environmental Sciences. 18: 2. 157-170.
  31. Azizi, K., Naji, H.R., Hassaneian Khoshroo, H., and Heifari, M. 2020. Effect of altitude and growing season on some physiological properties of leaf from Persian Oak (*Quercus brantii*) in Zagros forest (Case study: Ilam). J. of Plant Process and Function. 9: 35. 101-114.

