مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۱(۵۷-۴۹)

ارزیابی توابع احتمالی-آماری جهت بررسی الگوی توزیع طبقات تاج پوشش در جنگل‌های چارطاق اردل

مهرداد میرزایی[1*]

Mehrdadmirzaei28@gmail.com

اسماعیل مرادی امام‌قیسی[2]

امیر اسلام بنیاد[3]

ایرج حسن‌زاد ناورودی[4]

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۷ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۱**

چکیده

زمینه و هدف: پراکنش درختان در طبقات تاج‌پوشش از مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی زاگرس است. تعیین الگوی برازش درختان در طبقات مختلف تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس، در مراحل زمانی مختلف، نشان‌دهنده وضعیت کلی آن‌ها از نظر سیر تخریب و روند توالی بوم‌سازگان است. هدف از این پژوهش، ارزیابی توابع احتمالی- آماری جهت بررسی الگوی توزیع طبقات تاج پوشش در جنگل‌های چارطاق شهرستان اردل بود.

روش بررسی: بدین منظور ۵۰ هکتار از جنگل‌های منطقه چارطاق (۳۱۵۷ اصله درخت) به‌صورت صد در صد آماربرداری و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. توابع توزیع احتمال مورد بررسی شامل نمایی، گاما، نرمال، بتا، وایبول و لگ‌نرمال بود. مشخصه‌های هر یک از توابع با استفاده از روش بیشینه درست‌نمایی برآورد شد. از آزمون‌های آماری نیکویی برازش کولموگروف- اسمیرنوف، اندرسون- دارلینگ و کای‌دو برای مقایسه توزیع احتمال واقعی و توزیع احتمال به‌دست‌آمده از توابع مورد بررسی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون‌های نیکویی برازش نشان داد که توزیع لگ‌نرمال برای مدل‌سازی طبقات مختلف تاج‌پوشش درختان در منطقه چارطاق مناسب‌تر است.

۱- دانش‌آموخته دکترای جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.* (مسوول مکاتبات)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

۳- استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

۴- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: بنابراین در مطالعه‌هایی که هدف آن‌ها شبیه‌سازی روند تغییرات جنگل است، می‌توان از توزیع لگ‌نرمال برای مدل-سازی طبقات مختلف تاج‌پوشش درختان استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: توابع توزیع احتمال، زاگرس، مدل‌سازی، مشخصه‌های کمی.

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 3, June, 2022

Evaluation of probability-statistical functions in order to fit canopy classes of trees in Chartagh forests

Mehrdad Mirzaei [1*]
Mehrdadmirzaei28@gmail.com
Ismaeil Moradi Emamgheysi [2]
Amir Eslam Bonyad [3]
Iraj Hassanzad Navroodi [4]

Admission Date:March 1, 2017 Date Received: May 27, 2016

Abstract

Background and Objective: The distribution of canopy classes is the most important structural characteristics of Zagros forest stands. Determining the fitting pattern of canopy classes in Zagros forests shows that, the overall status of these forests from the destruction process and ecological sequence points of view at different times. The aim of this research was to evaluate of probability-statistical functions in order to fit canopy classes of trees in Chartagh forests of Ardal city, Chaharmahal ve Bakhtiari, Iran.

Material and Methodology: For this purpose, an area of 50 hectares in Ardal forests was selected (3157 trees) were fully callipered and statistically analyzed. Exponential, Gamma, Normal, Beta, Weibull and Log-normal probability distribution patterns were fitted to crown canopy classes. Characteristics of distribution patterns were estimated using maximum likelihood method. Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling and Chi-square tests were used for comparing of actual probability and probability which derived from functions.

Findings: The results of fitting tests showed that log-normal probability distribution was suitable for canopy classes modelling in Chartagh forests.

Discussion and Conclusion: Log-normal probability distributions can be used for those who want to simulate changes of forests.

Keywords: Probability distribution functions, Zagros, modelling, quantitative variables.

۱ PhD Graduated in Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Guilan, Iran.*(*Corresponding Author*)
۲ M.Sc. Student in Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Guilan, Iran.
۳ Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Guilan, Iran.
۴ Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Guilan, Iran.

مقدمه

رویشگاه جنگلی زاگرس بخش وسیعی از رشته‌کوه زاگرس را شامل می‌شود که منطقه‌ای به طول ۱۳۰۰ و عرض متوسط ۲۰۰ کیلومتر از ایران را می‌پوشاند. جنگل‌های زاگرس از نوع نیمه‌خشک طبقه‌بندی‌شده و با مساحتی بالغ بر ۵ میلیون هکتار، ۴۰ درصد از جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده است و بیش‌ترین تأثیر را در تأمین آب، حفظ خاک، تعدیل آب‌وهوا و تعادل اقتصادی و اجتماعی منطقه دارد (۱). از آن‌جا که جنگل‌های غرب کشور حفاظتی بوده و حفاظت از خاک از اولویت خاصی برخوردار است و از طرفی دیگر، سطح تاج‌پوشش درختان از مهم‌ترین عوامل برای نیل به این هدف است (۲)، لزوم بررسی این مشخصه نسبت به سایر مشخصه‌ها در این جنگل‌ها ضروری است. بنابراین مدل‌سازی برای این جنگل‌ها باید در رابطه با مشخصه تاج‌پوشش انجام شود.

مدل‌سازی توزیع فراوانی متغیرهایی چون قطر برابرسینه، ارتفاع درختان و تاج‌پوشش در شاخه‌های گوناگون علوم جنگل، مانند جنگل‌شناسی، جنگل‌داری و زیست‌سنجی جنگل مورد توجه اهل فن بوده و است. بررسی و شناخت وضعیت فعلی و آینده توده‌های جنگلی (۳، ۴)، توصیف ساختار جنگل (۵)، بررسی واکنش توده به عملیات پرورشی و پیش‌بینی آینده توده از جمله کاربردهای توزیع‌های آماری در برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل هستند. نخستین استفاده از مدل‌های توزیع برای مشخصه قطر برابرسینه بود که توسط دی‌لیکورت در سال ۱۸۹۸ بر پایه توزیع هندسی ارایه شد (۶) و پس از او مایر در سال ۱۹۵۲ نیز تابع نمایی را برای مدل‌سازی داده‌های قطر ارایه کرد (۷). در رابطه با الگوی توزیع طبقات تاج‌پوشش مطالعه‌های زیادی انجام نگرفته است و بیش‌تر آن‌ها در این زمینه مربوط به مشخصه‌های قطر برابرسینه و ارتفاع درختان است. در پژوهش جنگل‌های زاگرس شمالی توزیع بتا به‌عنوان بهترین تابع توزیع احتمال برای مدل‌سازی توزیع در طبقات قطری گونه‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) معرفی شدند (۸). در مطالعه‌ای دیگر، به‌منظور مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های دالاب ایلام، توابع توزیع احتمال نمایی، گاما، نرمال و لگ‌نرمال مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و اندرسون-دارلینگ نشان دادند که بهترین توزیع احتمال برای مدل‌سازی طبقات مختلف تاج‌پوشش درختان بلوط ایرانی، توزیع نرمال است (۲). همچنین در مطالعه دیگری در جنگل‌های دالاب ایلام، نتایج آزمون‌های برازش و نمودارهای P-P بررسی شده نشان دادند که توزیع‌های بتا و نرمال، بهترین توزیع‌های احتمال برای مدل‌سازی توزیع در طبقات قطری درختان بلوط در جنگل‌های منطقه هستند (۹). در کشور چین، توزیع وایبول نسبت به توزیع بتا مدل مناسب‌تری برای مدل‌سازی توزیع قطری درختان در توده‌های طبیعی مدیریت شده ارایه شد (۱۰). برای برازش قطر و ارتفاع درختان پهن‌برگ جنگل‌های شمال ایران توزیع‌های بتا، گاما، نمایی، وایبول، نرمال، لگ‌نرمال را مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج نشان داد که توابع توزیع نرمال و بتا به ترتیب برای برازش توزیع قطر و ارتفاع درختان مناسب‌تر هستند (۱۱). هدف از این پژوهش، مقایسه مدل‌های آماری توزیع درختان در طبقات تاج پوشش به‌منظور انتخاب تابع توزیع مناسب برای مدل‌سازی نحوه پراکنش طبقات تاج پوشش درختان در جنگل‌های چارطاق اردل و نیز تعیین مناسب‌ترین تابع توزیع احتمال از بین توزیع‌های آماری نمایی، گاما، نرمال، بتا، وایبول و لگ‌نرمال است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (طول "۳۹ '۴۸ °۵۰ تا "۱۱ '۵۰ °۵۰ شرقی و در عرض "۳۴ '۵۰ °۳۱ تا "۴۴ '۵۲ °۳۱ شمالی) با مساحتی معادل ۵۰ هکتار در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرکرد و ۴۰ کیلومتری شهرستان اردل قرارگرفته است. ارتفاع از سطح دریا در این رویشگاه از حداقل ۲۱۰۰ متر در کنار رودخانه سبز کوه تا ۳۱۰۰ متر در ارتفاعات متغیر است. میانگین بارندگی سالانه منطقه معادل ۵۳۰/۱۵ میلی‌متر، حداقل دمای مطلق ۱۹/۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۳۵ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن نیمه مرطوب است (۱۲).

روش پژوهش

توزیع فراوانی یا همان توزیع احتمال، نحوه پراکنش افراد در طبقه‌های گوناگون را نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی الگوی توزیع طبقات تاج پوشش در منطقه آماربرداری صد در صد صورت گرفت و سطح تاج پوشش (حاصل‌ضرب قطر کوچک و بزرگ تاج درختان)، تمام درختان (۳۱۵۷ اصله) اندازه‌گیری شدند. در این پژوهش از شش توزیع آماری نمایی، گاما، نرمال، بتا، وایبول و لگ‌نرمال برای بررسی الگوی توزیع طبقات تاج پوشش استفاده شد (جدول ۱) (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷). برای برآورد پارامترهای مربوط به توزیع‌ها از روش بیشینه درست-نمایی استفاده شده است (۱۸). همچنین برای مقایسه پراکنش در طبقات تاج‌پوشش مشاهده شده با مورد انتظار، از آزمون‌های نیکویی برازش کولموگروف- اسمیرنوف، اندرسون- دارلینگ و کای‌دو استفاده شدند (۱۸). کلیه توزیع‌های مورد نظر و همچنین نیکویی برازش توزیع‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Easy Fit Professional Version 5.5 انجام شد (۱۸).

جدول ۱- توابع توزیع احتمال مورد بررسی و مشخصه‌های آن‌ها

Table 1. Probability distribution function and its characteristics

نام توزیع	تابع تراکم	مشخصه‌های تابع
نمایی	$f(x)=\lambda\, e^{(-\lambda x)}$	λ: مشخصه شکل
گاما	$f(x)=\frac{x^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\, e^{\left(-x/\beta\right)}$	α: مشخصه شکل β: مشخصه موقعیت
نرمال	$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{\left[-(x-\mu)^2/2\sigma^2\right]}$	σ: مشخصه مقیاس μ: مشخصه موقعیت
بتا	$f(x)=\frac{(x-a)^{\alpha_1-1}(b-x)^{\alpha_2-1}}{\beta(\alpha_1,\alpha_2)\,(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}}$	α_1 و α_2: مشخصه‌های شکل a و b: مشخصه‌های کرانه‌ای
وایبول	$f(x)=\frac{\alpha}{\beta^{\alpha}}\, x^{\alpha-1}\, e^{-\left(x/\beta\right)^{\alpha}}$	α: مشخصه شکل β: مشخصه موقعیت
لگ‌نرمال	$f(x)=\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{\left[-(\ln x-\mu)^2/2\sigma^2\right]}$	σ: مشخصه مقیاس μ: مشخصه موقعیت

نتایج

میانگین سطح تاج پوشش ۳۱۵۷ اصله درخت برابر با ۲۴/۲۲ مترمربع بود (جدول۲). سایر آماره‌های توصیفی در جدول ۲ نشان داده است. مقادیر برآورد شده پارامترهای مربوط به توزیع‌های نمایی، گاما، نرمال، بتا، وایبول و لگ‌نرمال در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی مربوط به تاج‌پوشش درختان (مترمربع)

Table 2. Descriptive statistics of trees canopy (m^2)

آماره توصیفی	مقدار	آماره توصیفی	مقدار
تعداد درختان	۳۱۵۷	حداقل	۰/۳۹
میانگین	۲۴/۲۲	حداکثر	۲۰۲/۹۲
انحراف معیار	۲۵/۳۴	ضریب تغییرات	۱/۰۴

واریانس	۶۴۲/۳۴	چولگی	۲/۱۳
اشتباه معیار	۰/۴۵	ضریب کشیدگی	۴/۹۸

جدول ۳- مقادیر پارامترهای برآورد شده توزیع‌ها

Table 3. Values of estimated parameters for distributions

نام توزیع	تابع تراکم
نمایی	λ= ۰/۰۴
گاما	α = ۰/۹۱ , β = ۲۶/۵۱
نرمال	σ = ۲۵/۳۴ , μ = ۲۴/۲۲
بتا	α_1 = ۰/۷۹ , α_2 = ۴/۹۶ , a = ۰/۳۸ , b = ۲۰۲/۹۲
وایبول	α = ۱/۲۶ , β = ۲۴/۱۹
لگ‌نرمال	σ = ۰/۹۸ , μ = ۲/۷۳

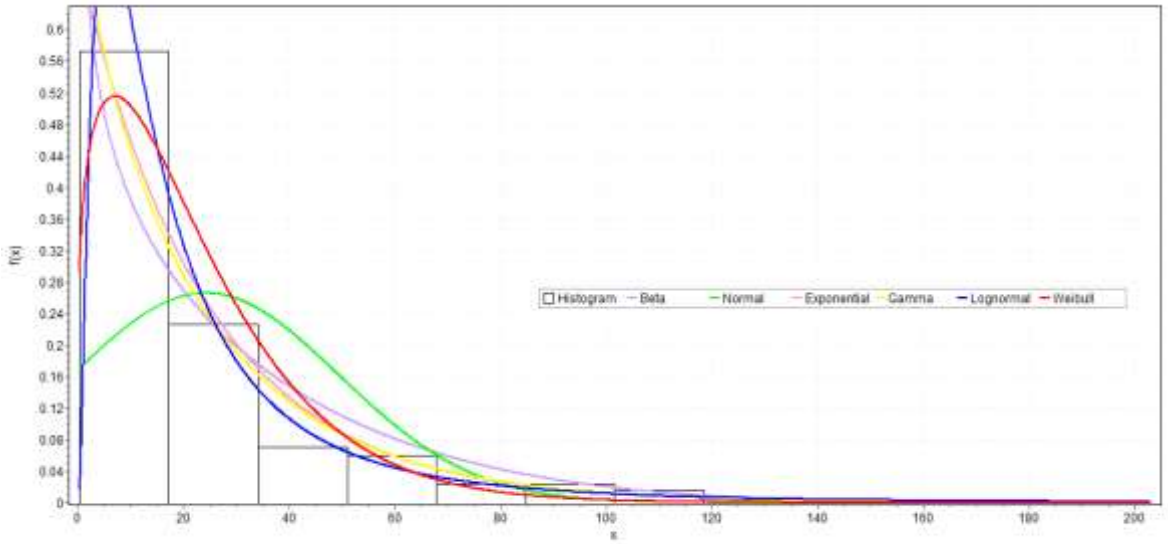
نتایج آزمون‌های نکویی برازش شامل اندرسون- دارلینگ، کولموگروف- اسمیرنوف و کای‌دو برای بررسی تابع توزیع احتمال مناسب سطح تاج پوشش درختان نشان دادند که از توابع بررسی شده، تنها توزیع لگ‌نرمال قابلیت تبیین توزیع طبقات تاج‌پوشش درختان را دارد (جدول ۴). توابع توزیع احتمال برازش شده بر روی مشخصه سطح تاج‌پوشش درختان در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۴- مقادیر مربوط به آماره آزمون‌های نیکویی برازش

Table 4. Statistical values for fitting tests

توزیع	کولموگروف- اسمیرنوف			کای‌دو			اندرسون- دارلینگ		
	آماره	معنی‌داری	رتبه	آماره	معنی‌داری	رتبه	آماره	معنی‌داری	رتبه
نمایی	۰/۰۹	*	۲	۵۳۱/۸۵	*	۲	۴۶/۱۷	*	۲
گاما	۰/۱۰	*	۳	۷۳۷/۴۱	*	۴	۵۸/۴۹	*	۳
نرمال	۰/۲۲	*	۶	۲۰۷۵/۹۹	*	۶	۲۶۰/۱۱	*	۶
بتا	۰/۱۶	*	۵	۷۹۲/۳۷	*	۵	۱۰۱/۴۱	*	۵
وایبول	۰/۱۱	*	۴	۵۳۸/۹۱	*	۳	۶۱/۶	*	۴
لگ‌نرمال	۰/۰۵	*	۱	۲۳۲/۴	*	۱	۸/۹۶	*	۱

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.



شکل ۱- توزیع‌های برازش شده روی مشخصه تاج پوشش

Figure 1. Fitted distributions on canopy variable

بحث

بررسی وضعیت فعلی و آینده توده‌های جنگلی، توصیف ساختار جنگل و بررسی واکنش توده به عملیات پرورشی ازجمله توانمندی‌های کاربرد توزیع‌های آماری در مدیریت جنگل است (۳، ۱۹، ۲۰). همان‌طور که بیان شد داده‌ها بین دو مقدار ۰/۳۹ و ۲۰۲/۹۲ مترمربع پخش شده‌اند که کم‌ترین مقدار این داده‌ها (۰/۳۹ مترمربع) نشان می‌دهد به علت تخریب‌هایی که در منطقه صورت گرفته است سطح تاج‌پوشش درختان رو به کاهش است و بیش‌ترین مقدار داده‌ها (۲۰۲/۹۲ مترمربع) نیز نشان‌دهنده بیشینه توان بوم‌سامانه جنگل‌های این منطقه و توان فیزیولوژیکی درختان موجود در افزایش دامنه وسعت تاج-پوشش است (جدول ۲). نتایج آزمون‌های نیکویی برازش شده اندرسون- دارلینگ، کولموگروف- اسمیرنوف و کای‌دو نشان دادند که تنها توزیع لگ‌نرمال از بین توزیع‌های آماری بررسی شده در این پژوهش، قابلیت تبیین توزیع طبقات تاج‌پوشش درختان منطقه چارطاق اردل را دارد (جدول ۴). در حالی که در مطالعه جنگل‌های منطقه شهنشاه خرم‌آباد نشان داده شد که مناسب‌ترین توزیع برای برازش طبقات مختلف تاج‌پوشش درختان توزیع نمایی است (۲۱) که با نتایج این پژوهش هم-خوانی ندارد. دلایل این اختلاف می‌تواند تعداد درختان بررسی‌شده و روش نمونه‌برداری باشد، زیرا در تحقیق حاضر تمام درختان موجود در منطقه (۳۱۵۷) به‌صورت صد در صد مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند، در حالی که در مطالعه جنگل-های منطقه شهنشاه به‌صورت نمونه‌برداری منظم تصادفی تنها ۶۶ درخت مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. در مطالعات، توزیع بتا برای مدل‌سازی توزیع قطری در جنگل‌های زاگرس شمالی (۸)، توزیع‌های بتا و نرمال را برای مدل‌سازی توزیع قطری گونه بلوط ایرانی (۹)، توزیع وایبول برای مدل‌سازی توزیع قطری درختان در توده‌های طبیعی مدیریت شده در کشور چین (۱۰) و توزیع نرمال و بتا به ترتیب برای برازش توزیع قطر و ارتفاع درختان پهن‌برگ جنگل‌های شمال ایران (۱۱) معرفی شدند. در رابطه با الگوی توزیع طبقات تاج‌پوشش مطالعات زیادی انجام نگرفته است و بیش‌تر آن‌ها در این زمینه مربوط به مشخصه-های قطر برابرسینه و ارتفاع درختان است. زیرا در جنگل‌هایی که اولویت اهداف آن‌ها تولیدات چوبی است، این مشخصه‌ها حایز اهمیت هستند. استفاده از تئوری‌های احتمال مناسب برای پیش‌بینی وضعیت پراکنش تعداد درختان در هر توده جنگلی نه‌تنها در برآورد نوع تولید در سنین مختلف حایز اهمیت است، بلکه در برنامه‌ریزی روش‌های تنک کردن در جنگل‌ها نیز می-

تواند مفید باشد و تولید اقتصادی و بیولوژیک بهینه و پایداری توده را نیز تضمین می‌کند (۲۰). مدیریت جنگل‌های زاگرس، نوعی مدیریت حفاظتی با هدف احیاء و حفاظت از تنوع زیستی است. با توجه به ساختار این جنگل‌ها که اغلب شاخه‌زاد بوده و قادر به تولید چوب صنعتی نیستند، حجم سرپا و سطح مقطع در ارتفاع برابرسینه شاخص‌های مناسبی از توده برای مطالعه و پژوهش نیستند؛ به همین دلیل برای مطالعه و بررسی جنگل-های زاگرس، مشخصه تاج‌پوشش به‌عنوان معیار مهمی محسوب می‌شود. تنها مطالعه‌ای که در رابطه مدل‌سازی تاج‌پوشش درختان در جنگل‌های زاگرس انجام گرفته است، نشان داد که توزیع نرمال بهترین توزیع برای مدل‌سازی طبقات تاج‌پوشش است (۲) که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی ندارد. دلیل عمده اختلاف نتایج را می‌توان در روش نمونه‌برداری و تعداد درختان اندازه‌گیری شده ذکر کرد. از دیگر دلایل اختلاف می‌توان به نوع گونه‌های درختی مورد بررسی اشاره کرد؛ به نحوی که در تحقیق حاضر برای کل درختان موجود در منطقه این نتایج به‌دست‌آمده آمد، در حالی که در مطالعه مذکور تنها گونه مورد بررسی بلوط ایرانی بود.

نتیجه‌گیری

تعیین الگوی برازش درختان در طبقات مختلف تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس، در مراحل زمانی مختلف، نشان‌دهنده وضعیت کلی این جنگل‌ها ازنظر سیر تخریب و روند توالی بوم-سازگان است. نتایج این بررسی نیز نشان داد که توزیع‌های بررسی شده قابلیت برازش طبقات تاج‌پوشش درختان موجود در منطقه چارطاق اردل را ندارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در دیگر مناطق جنگل‌های زاگرس، توزیع‌های بیش‌تری مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند تا نتایج دقیق‌تری حاصل شود تا بتوان برای مدیریت هر چه بهتر این جنگل‌ها اقدامات لازم را انجام داد.

References

1. Mirzaei, M. & Bonyad, A.E. 2016. Comparison of fixed area and distance sampling methods in open forests: case study of Zagros forest, Iran. Journal of Forestry Research, 27(5): 1121-1126.
2. Mirzaei, M., Bonyad, A.E. & Mohebi Bijarpasi, M. 2015. Modeling of frequency distribution of tree's height in uneven-aged stands in Dalab of Ilam. Journal of Zagros Forests Research, 1(2): 77-92.
3. Karimiyan Bahnemiry, A., Taheri Abkenar, K., Pourbabaei, H. & Mirzaei, M. 2015. Modeling the Distribution of the Height of Chestnut Trees in the Forests of Guilan. International Journal of Science and Research, 4(5): 1095-1099.
4. Namiranian, M. 2007. Measurement of tree and forest Biometry. University of Tehran Press, 593 p.
5. Kangas, A. & Maltamo, M. 2000. Calibration predicted diameter distribution with additional information. Forest Science, 46(3): 390-396.
6. Johnson, E.W. 2000. Forest sampling desk reference. CRC Press LLC, Florida, 985 p.
7. Rubin, B.D., Manion, P.D. & Faber-Langendoen, D. 2006. Diameter distributions and structural sustainability in forests. Forest Ecology and Management, 222 (1): 427-438.
8. 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.
9. Mirzaei, M. & Bonyad, A.E. 2015. Diameter distribution modeling of Quercus persica using probability distribution functions in open forests (Case study: Dalab of Ilam province). Iranian Journal of Forest, 7(1): 127-136.
10. Li-feng, Z. & Xin-Nian, Z. 2010. Diameter distribution of trees in natural stands

managed on polycyclic cutting system. Forestry Studies in China, 12(1): 21-25.
11. Fallahchai, M.M. & Shokri, S. 2014. The application of statistical distributions to fit the diameter and height of a species of broad leaf in Hirkanian forests. Biological Forum – An International Journal, 6(2): 82-85.
12. Moradi Emamgheysi, I. 2016. Comparison of systematic random, stratificasion and cluster sampling methods to estimate the quantitative characteristics of Zagros forests. MSc thesis, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, 53 p.
13. Mohammadalizadeh, Kh., Zobeiri, M., Namiranian, M., Hoorfar, A. & Marvie Mohajer, M.R. 2013. The frequency distribution modeling height of the trees in uneven mass (case study: Gorazbon Department Kheyrood forest). Journal of Forest and Wood Products, Iranian Journal of Natural Resources, 66(2): 155-165 pp.
14. Khamees, A.K., Abdelaziz, A.Y., Ali, Z.M., Alharthi, M.M., Ghoneim, S.M., Eskaros, M.R. & Attia, M.A. 2022. Mixture probability distribution functions using novel metaheuristic method in wind speed modeling. Ain Shams Engineering Journal, 13(3): 1-10.
15. Mighi, A., Taheri Abkenar, K. & Amanzadeh, B. 2021. Fitting frequency distributions of trees diameter at breast height in different growth stages in Asalem mixed forests of Guilan. Journal of Forest and Wood Product, 74(3): 291-300.
16. Sheykholeslami, A., Pasha, Kh. & Kia Lashaki, A. 2011. A study of tree distribution in diameter classes in natural forests of Iran. Annals of Biological Research, 2(5): 283-290.
17. Nord-Larson, T. & Cao, Q.V. 2006. A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark. Forest Ecology and Management, 231: 218-225.
18. Mirzaei, M. & Bonyad, A.E. 2016. The application of statistical distributions in oak forests. LAP Lambert Academic Publishing, Germany, 65 p.
19. González-Val, R. 2021. The probability distribution of worldwide forest areas. Sustainability, 13: 1-19.
20. Ibrahim, A.D. 2022. Evaluation of probability distribution functions for modeling forest tree diameters on agricultural landscapes in Ogun State, Nigeria. Open Journal of Forestry, 12: 432-442.
21. Rostamian, M., 2012. Trees canopy distribution in foothill forests of Zagros (case study: Shahanshah forests of Lorestan Province). The 3th international conference on environmental challenges and dendrochronology, 16-18 May 2012, Sari, 8p.