پراکنش ارتفاع و سطح تاج درختچه‌زارهای زردکیش (*Cionura erecta* L.) در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از توابع توزیع احتمال

ابوذر حیدری صفری کوچی[۱]، کامبیز طاهری آبکنار[۲*]، فرشته مرادیان‌فرد جونقانی[۱] و یعقوب ایران‌منش[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲۹)

چکیده

امروزه اهمیت توابع توزیع احتمال در مطالعات منابع طبیعی به‌دلیل نقش مؤثری که در شناخت بهتر ساختار پوشش گیاهی و ارائه مدل‌های مفهومی از وضعیت شاخص‌های کمی گونه‌های گیاهی دارند، رو به افزایش است. مطالعه حاضر به‌منظور مدل‌سازی پراکنش ارتفاع و سطح تاج درختچه زردکیش (*Cionura erecta* L.) با استفاده از توابع توزیع احتمال در ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. برداشت داده‌های پژوهش شامل ارتفاع درختچه و دو قطر بزرگ و کوچک تاج گونه مورد مطالعه توسط متر نواری در ۳۵ قطعه نمونه هزار متر مربعی انجام شد. با در نظر گرفتن شکل تاج گونه مورد مطالعه به‌صورت دایره، مساحت تاج گونه محاسبه شد. از توابع توزیع احتمال نرمال، لوگ‌نرمال، بتا، گاما، وایبول و اکسپونشیال برای مدل‌سازی ارتفاع و سطح تاج پوشش گونه مورد مطالعه استفاده شد و نیکویی برازش توابع مورد استفاده با آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنف و اندرسون-دارلینگ سنجیده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شکل منحنی پراکنش گونه در طبقات ارتفاعی، زنگوله‌ای‌شکل و چوله به راست و در مورد تاج پوشش کاهشی بود. توابع توزیع بتا و گاما مناسب‌ترین توابع برای برازش با منحنی ارتفاع و توابع لوگ‌نرمال و وایبول مناسب‌ترین توابع برای مدل‌سازی سطح تاج‌پوشش گونه مورد مطالعه شناخته شدند. پژوهش حاضر نشان‌دهنده فاصله‌گرفتن خصوصیات کمی گونه مورد بررسی از حالت نرمال تحت تأثیر عوامل انسانی است.

واژه‌های کلیدی: اندرسون-دارلینگ، چهارطاق، زاگرس، گاما، نیکویی برازش.

۱. گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۲. گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۳. بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.

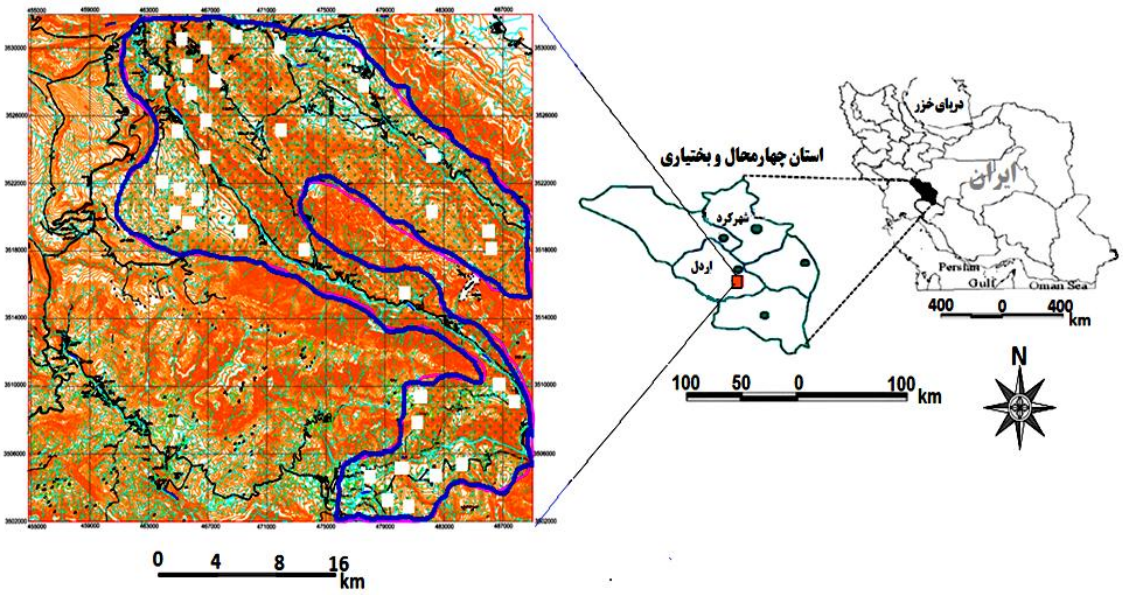
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Taherikambiz@yahoo.com

مقدمه

مدیریت صحیح منابع طبیعی به‌طور عام و توده‌های جنگلی به‌طور خاص نیازمند برداشت اطلاعات کمی و کیفی از عرصه‌های طبیعی است که این اطلاعات به‌طور معمول با اندازه‌گیری مشخصه‌های توده در محل حاصل می‌شوند (۱). از سوی دیگر با در اختیار داشتن مدل‌های مفهومی از گونه‌های گیاهی می‌توان شناختی کلی از وضعیت این توده‌ها به‌دست آورد و بسیاری از اطلاعات جانبی را از این مدل‌ها استخراج نمود. برازش توزیع فراوانی متغیرهایی مانند قطر و ارتفاع و متغیرهای کمی مشابه با مدل‌های رایج توزیع احتمال از جمله این مدل‌سازی‌ها هستند که در شاخه‌های گوناگون علوم جنگل مانند جنگل‌شناسی، جنگل‌داری و زیست‌سنجی جنگل اهمیت قابل توجهی یافته‌اند (۵ و ۱۰).

اهمیت توابع توزیع احتمال در مطالعات منابع طبیعی، به دلیل نقش مؤثر این توابع در شناخت بهتر ساختار پوشش گیاهی و ارائه مدل‌های مفهومی از وضعیت شاخص‌های کمی گونه‌های گیاهی است (۲۰). در نتیجه انتخاب مدل برتر، تعیین بهترین توزیع آماری و برآورد پارامترهای آن از مهم‌ترین مباحث در استفاده از توزیع‌های آماری در منابع طبیعی از جمله در علوم جنگل است (۷، ۱۶ و ۲۰). از انواع مدل‌سازی‌های متداول و مفید در علوم جنگل، استفاده از توابع توزیع متغیرهای کمی و ریخت‌شناسی درختان و درختچه‌ها را می‌توان نام برد. کاربردهای گوناگونی برای این نوع مدل‌سازی‌ها قابل تصور است، از جمله نمایش شکل کلی توزیع فراوانی داده‌ها، به‌دست آوردن منحنی تعادل، بررسی ساختار توده، ساخت مدل‌های رشد و رویش، شبیه‌سازی به کمک اعداد تصادفی و اجرای آزمون مونت‌کارلو و تعیین تابع چگالی احتمال (۹ و ۱۰). استفاده از توزیع‌های آماری نخستین بار توسط دلیکورت در سال ۱۸۹۸ آغاز شد و پس از آن مطالعات بسیاری با استفاده از این توابع انجام شد و بسیاری از شاخص‌های جنگل با استفاده از این توابع مدل‌سازی شد (۴). از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه سیپلتو (۱۷) با عنوان بررسی توزیع ارتفاعی توده‌های جوان کاج جنگلی (*Pinus sylvestris* L.) در جنوب فنلاند اشاره نمود. در مطالعه ایشان منطقه بررسی شده شامل ۱۰ ناحیه زادآوری بود و گردآوری داده‌ها به روش نمونه‌گیری صورت گرفت. برای برازش داده‌ها از توزیع وایبول استفاده و برآورد پارامترها به روش صدک‌ها و تابع توزیع انجام شد که آزمون کولموگروف- اسمیرنوف نتیجه برازش مدل‌ها را تأیید کرد. در مطالعه‌ای دیگر متئوس و تام (۶) به‌منظور مدل‌سازی توزیع ارتفاع و قطر جنگلکاری‌های اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus* Labill.) در کشور پرتغال، تابع توزیع احتمال جانسون را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که این توزیع قابلیت برازش قطر برابر سینه درختان را دارد. علاوه بر این، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که برازش توابع توزیع متداول در مناطق جغرافیایی و ساختارها و تیپ‌های جنگلی متفاوت، دارای درجات متفاوتی از نیکویی برازش بوده و مدل‌های توزیع متفاوتی دارند. برای مثال ژنگ و ژو (۲۰) توزیع وایبول را برای توصیف توزیع ارتفاع درختان در جنگل‌های شمال غرب چین، میرزایی و همکاران (۱۸) توزیع نرمال را برای توصیف توزیع طبقات تاج‌پوشش درختان بلوط (*Quercus brantii* L.) در جنگل‌های ایلام، و حیدری و همکاران (۹) توزیع لوگ‌نرمال و وایبول را برای مدل‌سازی تاج‌پوشش درختان در جنگل‌های غرب ایران، به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع‌های فراوانی معرفی کرده‌اند.

گونه زردکیش (*Cionura erecta* L.)، درختچه‌ای چندساله و دارای ساقه‌های چوبی است که ارتفاع ساقه آن بین ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و به‌صورت صاف یا پیچ‌پیچ بوده و ریشه‌های آن نیز گسترده و وسیع است. شیره این گیاه سفید تا شیری‌رنگ بوده و سمی است (۱۳). شکل این گیاه چندشاخه و بدون کرک است و پهنای تاج آن به دو متر می‌رسد. این گونه در جنگل‌های غرب کشور در مناطق صخره‌ای و سنگی، دره‌ها و اطراف رودخانه‌ها می‌روید (۱۲). مطالعات انجام شده بر روی اسانس این گونه، فواید بی‌شماری مانند خاصیت دورکنندگی حشرات، مشتقات ضد التهابی و ضد انعقادی و نیز وجود برخی



شکل ۱. محدوده پراکنش گونه زردکیش در منطقه مورد مطالعه و موقعیت قطعات نمونه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

ترکیبات مؤثر در درمان سرطان را برای آن بیان کرده‌اند (۱۳ و ۲۰). علاوه بر فواید ذکر شده، این گونه به‌عنوان یک گونه دارای زیبایی ظاهری و کم‌مصرف از نظر نیاز آبی به‌عنوان یک گزینه مناسب برای استفاده در بهسازی مناظر شهری معرفی شده است (۱۲). با این وجود متأسفانه این گونه ارزشمند به‌دلیل سمی بودن برای احشام، شرایطی مشابه با گونه سرخدار (*Taxus baccata* L.) در شمال کشور را تجربه می‌کند و در حال از بین رفتن است (۱۲، ۱۳ و ۲۰).

با توجه به اینکه مطالعات بسیار معدودی در مورد گونه زردکیش در ایران و خارج از کشور انجام شده و نظر به اینکه شناسایی و معرفی خصوصیات کمی و کیفی این گونه گیاهی به شناخت بهتر و ایجاد درکی روشن از نوع پراکنش آن در رویشگاه‌های این گونه ارزشمند خواهد انجامید، هدف از مطالعه حاضر مدل‌سازی پراکنش ارتفاع و سطح تاج این گونه با استفاده از توابع توزیع احتمال است. نتایج این مطالعه به شناخت دقیق توزیع متغیرهای اشاره شده و معرفی نزدیک‌ترین توابع توزیع احتمال برای متغیرهای ارتفاع و سطح تاج این گونه منجر خواهد شد و اطلاعات بنیادین برای مدیریت بهتر رویشگاه‌های زردکیش را در اختیار متولیان منابع طبیعی قرار خواهد داد.

مواد و روش‌ها

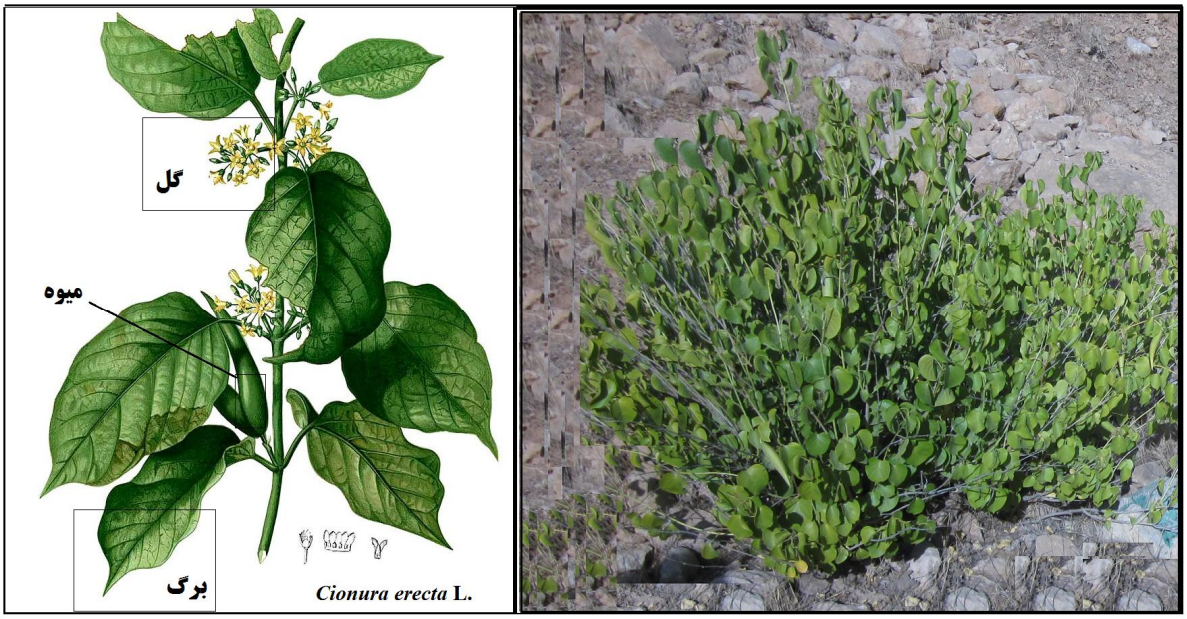
منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق اردل در ۱۰۰ کیلومتری جنوب غربی شهرکرد و ۴۰ کیلومتری شهرستان اردل و در مجاورت روستای چهارطاق با مساحتی برابر با ۴۰۰ هکتار انجام شد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه در مختصات "۳۴ '۵۰ °۳۱ تا "۴۴ '۵۲ °۳۱ عرض شمالی و "۳۹ '۴۸ °۵۰ تا "۱۱ '۵۰ °۵۰ طول شرقی واقع شده است. ارتفاع از سطح دریا در این رویشگاه از ۲۱۰۰ متر در کنار رودخانه سبزه‌کوه تا ۳۱۰۰ متر در ارتفاعات کوه کلار متغیر است (۳). میانگین بارندگی سالانه منطقه ۵۳۰/۱۵ میلی‌متر، کمینه دمای مطلق منطقه ۱۹/۵- و بیشینه دما ۳۵ درجه سانتی‌گراد است (۱۲).

نمایی از درختچه زردکیش، گل، میوه و برگ آن در شکل ۲ نشان داده شده است. گونه مورد مطالعه در اثر عوامل انسانی به‌شدت آسیب دیده و تعداد معدود پایه‌های باقی‌مانده در مناطق صعب‌العبور و سنگلاخی مستقر شده است.

جمع‌آوری داده و مدل‌سازی متغیرهای پژوهش

برداشت داده‌های پژوهش شامل میانگین قطر تاج و ارتفاع



شکل ۲. درختچه زردکیش در منطقه حفاظت‌شده چهارطاق (سمت راست)، گل، میوه و برگ گیاه (سمت چپ) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

درختچه‌های زردکیش با استفاده از متر نواری در ۳۵ قطعه نمونه که به‌صورت تصادفی انتخابی در منطقه مورد مطالعه اجرا شد، صورت گرفت و با توجه به نزدیک‌بودن شکل تاج درختچه مورد بررسی به دایره از فرمول مساحت دایره ($A= \pi r^2$) برای محاسبه سطح تاج استفاده شد. در نهایت برای مدل‌سازی پراکنش ارتفاع و سطح تاج درختچه زردکیش در منطقه مورد مطالعه از توزیع‌های آماری متداول در علوم طبیعی، شامل موارد مندرج در جدول ۱ استفاده شد. در این روابط، x متغیر ورودی به تابع (ارتفاع و سطح تاج گونه) و f(x) خروجی توابع است که نشان‌دهنده نوع توزیع متغیرهای مورد بررسی است. پارامترهای توزیع نیز که با علامت‌های مختلف نام‌گذاری شده‌اند، ضرایب مربوط به هر تابع هستند که بخشی از خروجی‌های نرم‌افزار را شامل می‌شود و با جاگذاری این ضرایب در توابع توزیع احتمال می‌توان نوع توزیع در طبقات ارتفاع و سطح پوشش را به‌دست آورد. در واقع این پارامترها نشان‌دهنده این موضوع هستند که با چه ضرایبی می‌توان متغیرهای مربوط به گونه گیاهی را در قالب یک توزیع احتمال خاص قرار داد.

سنجش میزان نیکویی برازش

در مطالعه حاضر از آزمون‌های اندرسون-دارلینگ (Anderson Darling) و کلموگروف-اسمیرنف (K-S) برای بررسی نیکویی برازش و رتبه‌بندی مدل‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری برای سنجش میزان نیکویی برازش ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تمام مراحل مدل‌سازی توابع و رسم گراف‌ها در نرم‌افزار Easy Fit 5.5 (professional) انجام شد (۱۱).

نتایج

جدول توصیفی متغیرهای ارتفاع و سطح تاج پوشش درختچه زردکیش در قطعات نمونه مورد مطالعه نشان‌دهنده این است که میانگین ارتفاع درختچه زردکیش در قطعات نمونه برابر ۰/۷۳ متر و میانگین سطح تاج‌پوشش این گونه ۱/۲۳ مترمربع است (جدول ۲).

بررسی پراکنش متغیرهای مورد بررسی با استفاده از توابع توزیع احتمال

ارتفاع

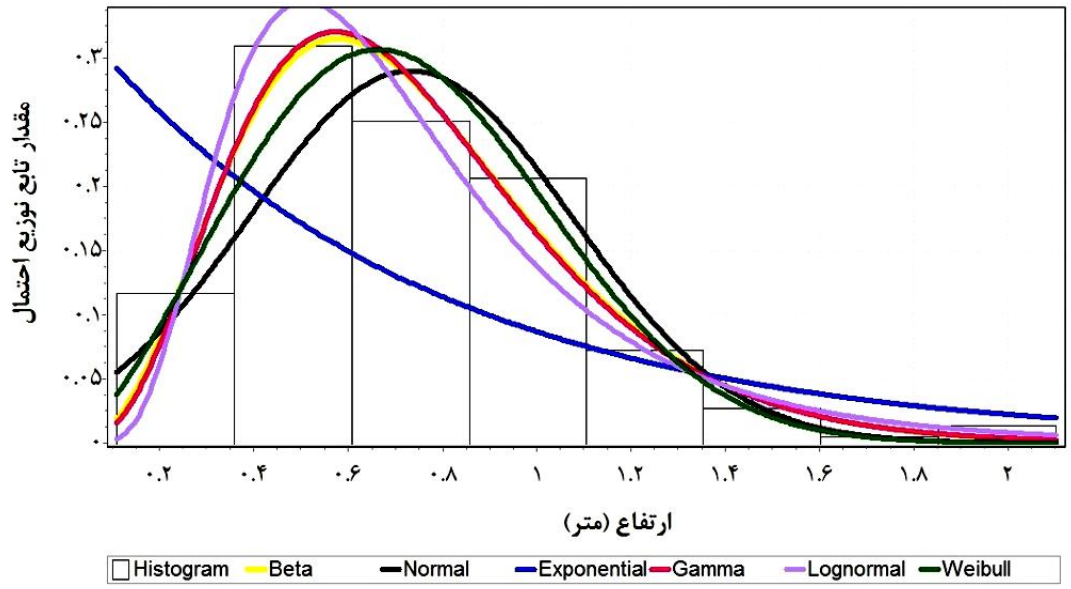
نتایج برازش مدل‌های توزیع با منحنی ارتفاع گونه زردکیش نشان می‌دهد که شکل کلی نمودار توزیع ارتفاعی درختان نزدیک به حالت نرمال بوده اما دارای چولگی به راست است.

جدول ۱. توابع توزیع احتمال مورد استفاده برای مدل‌سازی شاخص‌های کمی (ارتفاع و سطح تاج) درختچه زردکیش

توزیع	پارامترهای توزیع	تابع
بتا	پارامتر پیوسته شکل: α_1 و α_2 پارامتر پیوسته مرزی: a و b	$f(x)=\frac{(x-a)^{\alpha_1-1}(b-x)^{\alpha_2-1}}{\beta(\alpha_1,\alpha_2)(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}}$
گاما	پارامتر پیوسته شکل: α پارامتر پیوسته مقیاس: β	$f(x)=\frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha}}x^{\alpha-1}e^{-x/\beta} \quad x\geq 0 \quad \alpha>0 \quad \beta>0 \quad \Gamma(\alpha)=\int_0^{\infty}y^{\alpha-1}e^{-y}dy$
اکسپونشیال	پارامتر پیوسته مقیاس معکوس: λ	$f(x)=\frac{1}{\lambda}e^{\frac{-x}{\lambda}},\ 0\leq x<\infty$
نرمال	پارامتر پیوسته مقیاس: σ پارامتر پیوسته مکان: μ	$f(x,\mu,\sigma)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}\exp\left\{\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad -\infty<x<\infty \quad -\infty<\mu<\infty \quad \sigma>0$
لوگ‌نرمال	پارامترهای پیوسته: σ and μ	$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma t}e^{-(\ln(t)-\mu)^2/2\sigma^2}$
وایبول	پارامتر پیوسته شکل: α پارامتر پیوسته مقیاس: β	$f(x;\alpha,\beta)=\frac{\alpha}{\beta^{\alpha}}x^{\alpha-1}e^{-(x/\beta)^{\alpha}} \quad x\geq 0 \quad \alpha,\beta>0$

جدول ۲. آماره‌های مربوط به متغیرهای ارتفاع و سطح تاج‌پوشش درختچه زردکیش در قطعات نمونه

متغیر	تعداد	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	اشتباه معیار
ارتفاع (m)	۲۲۳	۰/۷۳	۰/۱۱	۲/۵۶	۰/۳۴	۰/۰۲
سطح تاج پوشش (m^2)	۲۲۳	۱/۲۳	۰/۲	۹/۸۹	۱/۷۴	۰/۱۱



شکل ۳. برازش توابع توزیع احتمال با نمودار ارتفاع گونه زردکیش در منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

بیشتر مدل‌های توزیع استفاده‌شده به‌استثنای مدل اکسپونشیال برازش خوبی با نمودار ارتفاع درختچه زردکیش داشته‌اند (شکل ۳).

با توجه به تطابق کلی مدل‌های مورد استفاده با پراکنش داده‌های ارتفاع، آزمون‌های نیکویی برازش به شکل همسان، مدل‌های توزیع را رتبه‌بندی نمودند. بر اساس نتایج، از بین مدل‌های

جدول ۳. نیکویی برازش و رتبه‌بندی توابع توزیع احتمال ارتفاع درختچه زردکیش با آزمون کلموگروف-اسمیرنف و اندرسون- دارلینگ

تابع توزیع	کلموگروف-اسمیرنف	حد بحرانی	رتبه	اندرسون- دارلینگ	حد بحرانی	رتبه
بتا	۰/۰۴**	۰/۰۹	۱	۰/۲۹**	۲/۵۰	۱
گاما	۰/۰۴**	۰/۰۹	۲	۰/۳۲**	۲/۵۰	۲
اکسپونشیال	۰/۲۸ns	۰/۰۹	۶	۳۰/۳ns	۲/۵۰	۶
نرمال	۰/۰۷**	۰/۰۹	۵	۱/۸۶**	۲/۵۰	۵
لوگ‌نرمال	۰/۰۶**	۰/۰۹	۴	۱/۱۸**	۲/۵۰	۴
وایبول	۰/۰۵**	۰/۰۹	۳	۰/۷۰**	۲/۵۰	۳

**رابطه معنی‌دار به احتمال ۹۹ درصد، ns عدم وجود رابطه معنی‌دار

جدول ۴. پارامترهای توابع توزیع احتمال استفاده‌شده برای متغیر ارتفاع درختچه زردکیش در منطقه مورد مطالعه

شماره	تابع توزیع احتمال	پارامترهای توزیع	
۱	بتا	α_1=4.3772	α_2=80.822
		a=-0.00539	b=14.362
۲	اکسپونشیال	λ=1.3647	
۳	گاما	α=4.5872	β=0.15974
۴	لوگ‌نرمال	σ=0.5008	μ=-0.42574
۵	نرمال	σ=0.34212	μ=0.73274
۶	وایبول	α=2.4891	β=0.81642

توزیع استفاده شده، بیشترین دقت برازش با نمودار پراکنش فراوانی ارتفاع درختچه زردکیش مربوط به تابع توزیع بتا و گاما بوده و کمترین دقت برازش مربوط به مدل اکسپونشیال بود (جدول ۳).

پارامترهای توابع توزیع احتمال استفاده شده برای متغیر ارتفاع درختچه زردکیش در منطقه مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است.

سطح تاج

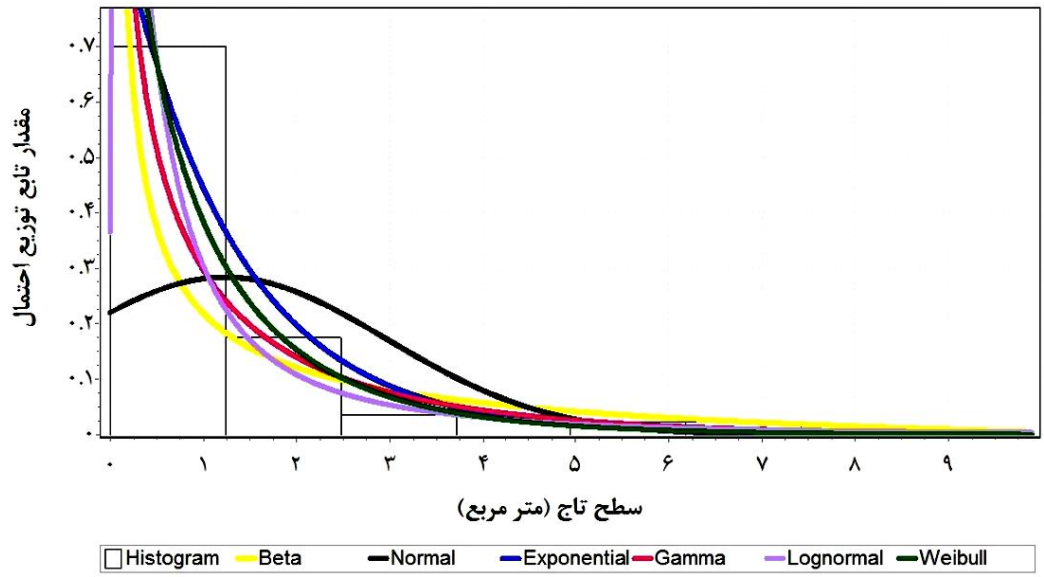
برخلاف منحنی ارتفاع گونه، داده‌های مربوط به سطح تاج پوشش گونه زردکیش حالت کاهشی داشته و زنگوله‌ای شکل نیست. همچنین بر میزان تطابق منحنی اکسپونشیال با توزیع فراوانی تاج‌پوشش گونه مورد مطالعه افزوده شده است. از سوی دیگر منحنی نرمال تطابق کمی را با داده‌های تاج‌پوشش گونه زردکیش نشان می‌دهد (شکل ۴).

بررسی دقت مدل‌های مورد استفاده در برازش با سطح تاج-پوشش گونه زردکیش نشان داد که رتبه‌بندی توابع توزیع توسط هر دو آزمون کلموگروف-اسمیرنف و اندرسون-دارلینگ مشابه بوده است. بیشترین دقت برازش مربوط به تابع توزیع لوگ-نرمال و کمترین دقت برازش مربوط به تابع توزیع نرمال به‌دست آمد. تابع توزیع وایبول نیز برازش مناسبی با داده‌های تاج‌پوشش گونه مورد مطالعه نشان داد (جدول ۵).

پارامترهای توابع توزیع احتمال استفاده‌شده برای متغیر سطح تاج‌پوشش درختچه زردکیش در منطقه مورد مطالعه در جدول ۶ خلاصه شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس جدول توصیفی خصوصیات کمی اندازه‌گیری‌شده گونه زردکیش در پژوهش حاضر، میانگین ارتفاع درختچه



شکل۴. برازش توابع توزیع احتمال با نمودار سطح تاج‌پوشش گونه زردکیش در منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۵. نیکویی برازش و رتبه‌بندی توابع توزیع احتمال سطح تاج درختچه زردکیش با آزمون کلموگروف-اسمیرنف و اندرسون- دارلینگ

تابع توزیع	کلموگروف-اسمیرنف	حد بحرانی	رتبه	اندرسون- دارلینگ	حد بحرانی	رتبه
بتا	۰/۱۹^{ns}	۰/۰۹	۵	۱۵/۶۶^{ns}	۲/۵۰	۵
گاما	۰/۱۱^{ns}	۰/۰۹	۳	۳/۷۶*	۳/۹۰	۳
اکسپونشیال	۰/۱۸^{ns}	۰/۰۹	۴	۱۱/۹۸^{ns}	۲/۵۰	۴
نرمال	۰/۲۳^{ns}	۰/۰۹	۶	۲۳/۳۱^{ns}	۲/۵۰	۶
لوگ‌نرمال	۰/۰۴**	۰/۰۹	۱	۰/۰۴**	۲/۵۰	۱
وایبول	۰/۰۸**	۰/۰۹	۲	۲/۴۱**	۲/۵۰	۲

** رابطه معنی‌دار به احتمال ۹۹ درصد، *رابطه معنی‌دار به احتمال ۹۵ درصد، ns عدم وجود رابطه معنی‌دار

جدول ۶. پارامترهای توابع توزیع احتمال استفاده‌شده برای متغیر سطح تاج‌پوشش درختچه زردکیش در منطقه مورد مطالعه

شماره	تابع توزیع احتمال	پارامترهای توزیع	
۱	بتا	α_2=2.2085	α_1=0.31457 a=0.00442 b=11.872
۲	اکسپونشیال	λ=0.80822	
۳	گاما	β=2.4481	α=0.50541
۴	لوگ‌نرمال	μ=-0.67312	σ=1.4521
۵	نرمال	μ=1.2373	σ=1.7404
۶	وایبول	β=0.9842	α=0.84698

زردکیش در قطعات نمونه برابر ۰/۷۳ متر و میانگین سطح تاج-پوشش این گونه ۱/۲۳ مترمربع است. این درحالی است که درختچه‌هایی با ارتفاع ۲/۵۶ متر و سطح تاج نزدیک به ۱۰ مترمربع نیز در منطقه مورد مطالعه وجود داشته است. این نتایج نشان‌دهنده تخریب و ازبین‌بردن این گونه و محدودکردن رشد آن توسط بومیان منطقه است چرا که سمی بودن این گونه عاملی منفی برای پرورش دام گزارش شده و بومیان منطقه نیز از دیرباز به ازبین‌بردن این گونه مبادرت ورزیده‌اند (۱۴ و ۱۵).

بررسی پراکنش گونه زردکیش در طبقات ارتفاعی نشان داد که این گونه در منطقه مورد مطالعه دارای پراکنش در طبقات ارتفاعی به شکل زنگوله‌ای و چوله به راست است. این حالت در توابع توزیع احتمال مربوط به متغیر ارتفاع زمانی رخ می‌دهد که پایه‌های مرتفع در منطقه کاهش یافته باشد (۲۰). این موضوع با گزارش مرادیان‌فرد جونقانی و همکاران (۱۲) و مشاهدات میدانی تیم پژوهش در منطقه مورد مطالعه مبنی بر ازبین‌رفتن پایه‌های مرتفع گونه مورد بررسی مطابقت دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مدل‌سازی ارتفاع درختچه زردکیش با استفاده از توابع بتا و گاما بیشترین دقت برازش را داشته و کمترین دقت نیز مربوط به تابع اکسپونشیال است. سهرابی و طاهری سرتشنیزی (۱۸) عنوان نمودند که در مطالعات مربوط به گونه‌های گیاهی، در مورد صفاتی که پراکنش نزدیک به پراکنش نرمال داشته باشند توزیع بتا تطابق خوبی با منحنی‌های توزیع فراوانی صفات مربوطه خواهد داشت، که این موضوع با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. از طرفی توابعی چون لوگ‌نرمال به‌دلیل بالا بودن حداکثر ارتفاع منحنی و تابع نرمال به‌دلیل پایین‌تر بودن آستانه ارتفاعی منحنی تابع نسبت به پراکنش ارتفاعی این گونه، برازش خوبی با منحنی پراکنش ارتفاعی گونه زردکیش ایجاد نکردند. در بین توابع توزیع مورد بررسی ضعیف‌ترین برازش را تابع اکسپونشیال با منحنی ارتفاع گونه زردکیش ایجاد نمود که دلیل آن را می‌توان به کاهشی‌بودن شکل منحنی و عدم همخوانی آن با داده‌های ارتفاع گونه مورد مطالعه مربوط دانست. در مطالعات ژنگ و ژو (۲۰) در مورد جنگل‌های همسال کشور چین نیز تابع توزیع اکسپونشیال برازش مناسبی با خصوصیات کمی گونه‌های گیاهی ایجاد نکرد و تابع وایبول به عنوان مناسب‌ترین تابع در مدل‌سازی خصوصیات کمی گونه‌های مورد بررسی معرفی شد. در مورد متغیر ارتفاع گونه هر دو آزمون کلموگروف-اسمیرنف و اندرسون-دارلینگ حساسیت یکسانی به دقت نتایج برازش توابع توزیع مورد استفاده نشان دادند و نتایج یکدیگر را تأیید کردند.

برخلاف منحنی ارتفاع، داده‌های مربوط به سطح تاج‌پوشش گونه زردکیش حالت کاهشی داشته و زنگوله‌ای شکل نیست. همان‌طور که گفته شد تخریب و ازبین‌بردن شاخه‌های درختچه زردکیش موجب کاهش سطح تاج، وفور درختچه‌های با تاج محدود و کاهش تعداد درختچه‌های با تاج گسترده در منطقه مورد مطالعه شده است. در نتیجه این امر، بر میزان همخوانی منحنی اکسپونشیال که خود نیز حالت کاهشی دارد با منحنی تاج‌پوشش این گونه افزوده شده است. میرزایی و همکاران (۸) با بررسی برازش طبقات تاج‌پوشش درختان بلوط ایرانی با توابع توزیع احتمال، تابع توزیع نرمال را مناسب‌ترین تابع توزیع برای مدل‌سازی تاج جنگل‌های منطقه دانستند و علت آن را تمرکز داده‌های تاج‌پوشش درختان حول محور میانگین و چولگی پایین داده‌های سطح تاج‌پوشش بیان نمودند. در پژوهش حاضر توزیع نرمال تطابق بسیار ضعیفی را با داده‌های تاج‌پوشش گونه زردکیش نشان داد که ناشی از فاصله گرفتن پراکنش سطح تاج‌پوشش این گونه از حالت نرمال دارد (۹). بررسی دقت مدل‌های مورد استفاده در برازش با سطح تاج-پوشش گونه زردکیش نشان داد که رتبه‌بندی توابع توزیع توسط هر دو آزمون کلموگروف-اسمیرنف و اندرسون-دارلینگ مشابه بوده است. بیشترین دقت برازش مربوط به تابع توزیع لوگ-نرمال و وایبول به‌دست آمد. حیدری و همکاران (۲) در پژوهش خود مناسب‌ترین توزیع آماری را به‌منظور بررسی تأثیر تغییر کاربری و تخریب بر پراکنش تاج‌پوشش درختان بلوط ایرانی در استان ایلام مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج

ایشان، در مناطقی با تغییر کاربری و تخریب بلندمدت، توابع لوگ‌نرمال و وایبول مناسب‌ترین توابع برای مدل‌سازی پراکنش درختان بر اساس معیار مساحت تاج‌پوشش شناخته شدند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. این امر نشان‌دهنده اثرات تخریب و آسیب به گونه‌های گیاهی بر منحنی‌های توزیع خصوصیات کمی این گونه‌هاست که موجب فاصله‌گرفتن توزیع صفات کمی آنها از حالت نرمال می‌شود. این درحالی است که در توده‌های کمتر دست‌خورده و طبیعی، توزیع نرمال به‌عنوان مناسب‌ترین تابع توزیع تاج‌پوشش گونه‌های مذکور معرفی شده است (۱۹).

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، مناسب‌ترین تابع توزیع احتمال برای برازش با منحنی پراکنش طبقات ارتفاع گونه زردکیش، تابع بتا است. همچنین مناسب‌ترین تابع توزیع تاج-پوشش گونه مورد بررسی، توزیع لوگ‌نرمال است که هر یک به‌نوبه خود فاصله‌گرفتن خصوصیات کمی مورد بررسی از حالت نرمال را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر گونه مورد مطالعه تحت تأثیر عوامل انسانی دچار زوال شده و نیاز به حفاظت و احیای رویشگاه‌های آن احساس می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Heidari Safari Kouchi, A., F. Moradian Fard, A. Eskandari and T. Rostami Shahraji. 2015. Investigation of some quantitative and qualitative characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl) in Bazoft forests of ChaharMahal and Bakhtiari Province. *Zagros Forests Research* 2(1): 75-91. (In Farsi).
2. Heydari, M., A. Mahdavi and A. Modaberi. 2017. The most appropriate statistical distribution for studding effect of land use changes on distribution of Oak trees (*Quercus brantii*) canopy in Zagros forests of Ilam Province. *Journal of Forest Research and Development* 2(4): 353-366. (In Farsi).
3. Jahanbazi Gojani, H., M. Talebi, M. Khoshnevis, A. Ebrahimi, B. Hamzeh, V. Mozaffarian and A. S. Emami. 2000. Investigating the effect of 12 years on the development of vegetation, soil improvement and regeneration of forest species in Chaharmahal and Bakhtiari province, Final report of the research project. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran. (In Farsi).
4. Johnson, E. W. 2010. Forest sampling desk reference. CRC Press LLC, Florida.
5. Khoshnevis, M., M. Matinizadeh, A. Shirvani and M. Teimouri. 2017. Iranian long-lived Junipers. *Iran Nature* 2(5): 20-35. (In Farsi).
6. Mateus, A. and M. Tome. 2011. Modeling the diameter distribution of eucalyptus plantations with Johnson's SB probability density function: parameters recovery from a compatible system of equations to predict stand variables. *Annals of Forest Science* 68(2): 325-335.
7. Milios, E., P. Smiris, E. Pipinis and P. Petrou. 2009. The growth ecology of *Juniperus excelsa* Bieb. Trees in the central part of the Nestos valley (NE Greece) in the context of anthropogenic disturbances. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 11: 83-94.
8. Mirzaei, M., A. E. Bonyad, M. Mohebi Bijarpas. 2014. 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 Farsi).
9. Modaberi, A., J. Soosani and Sh. Khosravi. 2015. Effect of the decline on changes in the statistical distribution of hight breast diameter in the central Zagros forests (Case study: Lorestan-Ilam). *Journal of Zagros Forests Researches* 2(1): 105-117 . (In Farsi).
10. Mohammadalizadeh, K., M. Zobeiri, M. Namiranian, A. Hourfar and M. Mohajer. 2010. Fitness of distribution of diameter at breast height by using some statistic distribution models. *Iranian journal of forest and poplar research* 17(1): 116-124. (In Farsi).
11. Mohammadalizadeh, K., M. Namiranian, M. Zobeiri, A. Hoorfar and M. Marvie-Mohadjer. 2013. Modeling of frequency distribution of tree's height in uneven-aged stands (Case study: Kheyroud forest). *Forest and Poplar research of Iran* 66(2): 155-165. (In Farsi).
12. Moradianfard Junaghani, F., K. Taheri-Abkenar and Y. Iranmanesh. 2015. Effects of physiographic factors and some physical and chemical soil properties on distribution of *Marsdenia erecta* (L.) R. Br. ex DC. in ChaharMahal and Bakhtiari province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 23(4): 757-768. (In Farsi).
13. Moradianfard Junaghani, F., K. Taheri-Abkenar, A. Heidari Safari Kouchi and Y. Iranmanesh. 2018. Identification and introduction of chemical compounds in essential oil of *Cionura Erecta* shrub species (Case study: Chahartagh

forest reserve- ChaharMahal and Bakhtiari Province). *Ecology of Iranian Forest* 6(12): 62-71. (In Farsi).
14. Moradianfard Junaghani, F., Y. Iranmanesh, A. Heidari safari kouchi and A. Eskandari. 2015. Introduction of *Cionura erecta* species for planting in dry areas . In: Proceeding of first National Conference of Low Water Green Space. Kashan, Iran, pp. 1-5. (In Farsi).
15. Mozafari, A. 2014. Investigation of the chemical structure of the effect of larvae and tuberculosis of *Cionura erecta* on Anophelespothene in laboratory conditions, MSc thesis. University of Tehran, Tehran. (In Farsi).
16. Sheykholeslami, A., Kh. KiaPasha and A. Kia-Lashaki. 2011. A study of tree distribution in diameter classes in natural forests of Iran. *Annals of Biological Research* 2(5): 283-290. (In Farsi).
17. Siipilehto, J. 2006. Height distribution of Scots pine sapling stands affected by retained tree and edge stand competition. *Silva Fennica* 40(3): 473-483.
18. Sohrabi, H. and M. J. Taheri-Sarteshnizi. 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 Farsi).
19. Zheng, G. Q., P. M. Kenney and L. K. T. Lam. 1992. Sesquiterpenes from clove (*Eugenia caryophyllata*). *Journal of Natural Products* 55: 999-1003.
20. Zheng, L. F. and X. N. Zhou. 2010. Diameter distribution of trees in natural stands managed on polycyclic cutting system. *Forestry Studies in China* 12(1): 21-25.

IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

Height and Crown Area Distribution of *Cionura erecta* Shrub lands in chaharmahal and Bakhtiari Province, Using Probability Distribution Functions

A. Heidari Safari Kouchi[1], K. Taheri Abkenar[2*], F. Moradianfard Junaghani[1] and Y. Iranmanesh[3]

(Received: March 03-2020; Accepted: August 19-2020)

Abstract

Importance of probability distribution functions in natural resource studies is increasing due to their effective roles in better understanding of vegetation structure and providing conceptual models of quantitative indices of plant species . The present study was performed to model the distribution of height and canopy area of *Cionura erecta* L. shrub, using probability distribution functions in Chahar-Tagh forest reserve in Chaharmahal and Bakhtiari Province. Height and crown cover (the largest and smallest diameters) of the studied species were measured by a strip meter in 35 sample plots of 10r area. The area of canopy cover was calculated by considering the crown shape of the studied species as a circle. Normal, Log-normal, Beta, Gamma, Weibull and Exponential probability distribution functions were used to model the height and canopy cover of the studied species and their goodness of fit were examined by Kolmogorov–Smirnov and Anderson Darling tests. Results showed bell-shaped distributions skewed to the right for height classes and in the case of the canopy cover it was decreasing. Beta and Gamma distribution functions were identified as the most appropriate functions for fitting to the height curve and Log-normal and Weibull functions were the most suitable ones for modeling the canopy cover. The present study showed that the quantitative characters of the studied species are far from a normal distribution under the influence of human activities.

Keywords: Anderson-Darling, Chahartagh, Gamma, goodness of fit, Zagros

1. Ph.D Student, Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I.R. Iran.
2. Corresponding Author, Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I.R. Iran.
3. Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: Taherikambiz@yahoo.com