

برازش توابع توزیع احتمال برای مدلسازی توزیع قطری گونه بلوط ایرانی در جنگل‌های تنک (مطالعه موردی منطقه دالاب ایلام)

مهرداد میرزایی^{۱*} و امیر اسلام بنیاد^۲

^۱ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

^۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۱۸)

چکیده

متغیر قطر برابرسینه یکی از مهم‌ترین صفات در اندازه‌گیری جنگل است. ساختار قطری توده یا جنگل را می‌توان براساس توزیع قطر بررسی و تعیین کرد. پراکنش درختان در طبقات قطری، از مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی است. هدف این تحقیق بررسی توزیع احتمال قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های دالاب ایلام بود. بدین منظور ۳۷ خط نمونه با طول ثابت ۵۰ متر اندازه‌گیری شد و توزیع درختان در طبقات قطری برای ۲۰۹ اصله درخت برازش یافت. توابع توزیع احتمال مورد بررسی شامل بتا، گاما، نرمال و لگ-نرمال بودند. مشخصه‌های هر یک از توابع با استفاده از روش بیشینه درست‌نمایی برآورد شد. مقایسه توزیع احتمال مورد انتظار و توزیع احتمال به‌دست‌آمده از توابع، به‌وسیله آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و کای‌دو انجام گرفت. نتایج آزمون‌های برازش توابع و همچنین نمودارهای P-P توزیع‌های بررسی‌شده برای درختان بلوط ایرانی نشان داد که توزیع‌های بتا و نرمال، بهترین توزیع‌های احتمال برای مدلسازی توزیع در طبقات قطری درختان بلوط در جنگل تنک هستند.

واژه‌های کلیدی: بلوط ایرانی، پراکنش قطری، توابع توزیع احتمال، دالاب، مدلسازی.

مقدمه و هدف

با توجه به اهمیت قطر برابرسینه به عنوان اصلی-ترین متغیر زیست‌سنجی (بیومتریک) درختان جنگلی، مطالعه آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این متغیر همبستگی زیادی با متغیرهای ارتفاع، حجم و دیگر اندازه‌های درخت دارد و در مطالعات مربوط به این مشخصه‌ها عامل مهمی به‌شمار می‌رود. از طرف دیگر، توزیع فراوانی یا پراکنش این متغیر نیز خود موضوعی دیگر برای مطالعه است که بیشتر به‌منظور تعیین ساختار قطری توده یا جنگل از آن استفاده می‌شود. ولی این موضوع می‌تواند کاربردهای دیگری از جمله در مدل‌های رویشی داشته باشد (محمدعلی-زاده و همکاران، ۱۳۸۸). در برخی از مدل‌های رویشی باید نوع تابع توزیع قطر و پارامترهای آن معلوم باشد تا بتوان مدل مورد نظر را ساخت. به همین دلایل از گذشته کارشناسان جنگل سعی کرده‌اند توزیع درختان در طبقات قطری را به کمک روش‌های ریاضی و آماری بررسی کنند. با توجه به اینکه مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی اصولی مستلزم جمع‌آوری اطلاعات کمی و کیفی مناسب است، می‌توان برای کشف روابط موجود در ساختار توده، ارزیابی تغییرات و برنامه‌ریزی برای رسیدن به ساختار مطلوب براساس وضعیت کنونی طبقات قطری، از توابع توزیع قطری کمک گرفت. توزیع قطری یکی از بهترین توصیف‌کننده‌ها و از مهم‌ترین خصوصیات توده جنگلی به‌شمار می‌رود (Kangas et al., 2007). با بررسی توزیع قطری درختان یک توده و به‌طور کلی جنگل، اطلاعاتی درباره ساختار، سن و پایداری توده به‌دست می‌آید (Gorgoso-Varela et al., 2008). توابع توزیع قطری در تخمین محصول، رشد بالقوه، تعیین ویژگی‌های اقتصادی یک توده (Kangas, 1998; Knobel and Burkhardt, 1991; Brooks and Wiant, 2004)، شناخت وضعیت توده جنگلی (متاجی و همکاران، ۱۳۷۹) و پیش‌بینی آینده توده برای برنامه‌ریزی و مدیریت، کاربرد بسیاری دارد. مدلسازی توزیع فراوانی

متغیرهایی چون قطر و ارتفاع در شاخه‌های گوناگون علوم جنگل مانند جنگل‌شناسی، جنگلداری و زیست-سنجی جنگل، همواره مورد توجه اهل فن بوده است. نمیرانیان به مطالعه پراکنش قطری درختان در بخش گرازین جنگل خیرودکنار پرداخت. او برای بررسی توزیع قطری درختان از سه توزیع بتا، وایبول و دو جمله‌ای منفی بهره گرفت و با استفاده از آزمون-های کای‌دو و کولموگروف-اسمیرنوف به این نتیجه رسید که توزیع وایبول و بتا برای نمایش توزیع قطر درختان مناسب‌اند (نمیرانیان، ۱۳۶۹). متاجی و همکاران (۱۳۷۹) مطالعه‌ای را به‌منظور بررسی پراکنش قطر درختان در توده‌های ناهمسال بخش گرازین جنگل خیرود نوشهر انجام دادند. آنان برای برازش توابع توزیع بتا، وایبول و نرمال از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و کای‌دو استفاده کردند. نتایج نشان داد که دو توزیع بتا و وایبول توان تبیین پراکنش داده‌های قطر را دارند، ولی توزیع نرمال چنین توانی را ندارد. فلاح و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی ساختار توده‌های ناهمسال جنگل‌های سنگده و شصت‌کلاته با استفاده از چند مدل رگرسیونی پرداختند. نتایج نشان داد که مدل توانی در دو منطقه سنگده و شصت‌کلاته و توزیع بتا در منطقه شصت-کلاته برازش خوبی در ابر نقاط ایجاد می‌کند. محمدعلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) در جنگل خیرود نوشهر توزیع قطر برابرسینه درختان در توده‌های ناهمسال را با استفاده از سه توزیع نمایی، گاما و لگ‌نرمال بررسی کردند. نتایج نشان داد که توزیع نمایی، قابلیت تبیین توزیع قطر درختان را ندارد و از بین دو توزیع دیگر، توزیع گاما برای این منظور مناسب‌تر است. سهرابی و طاهری سرشنیزی (۱۳۹۱) در جنگل‌های زاگرس شمالی برای مدلسازی توزیع قطری گونه‌های بلوط توابع بتا، گاما، نرمال، لگ‌نرمال و وایبول را به‌کار بردند. آنها برای مقایسه توزیع احتمال واقعی و توزیع احتمال به‌دست‌آمده از توابع، از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و کای‌دو

تیپ آمیخته (بلوط ایرانی، بنه، بادام) و تیپ دافنه-بادام هستند. این منطقه براساس طبقه‌بندی آب‌وهوایی دومارتن در اقلیم نیمه‌مرطوب سرد و براساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم نیمه‌خشک قرار می‌گیرد. خاک منطقه بر-اساس دسته‌بندی فائو در رده خاک‌های لیتوسول جای می‌گیرد. متوسط بارندگی سالانه منطقه تحقیق ۶۶۳/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد است (رستمی و حیدری، ۱۳۸۷).

- روش تحقیق

در این بررسی ۳۷ قطعه نمونه به‌صورت منظم-تصادفی با ابعاد شبکه آماربرداری 100×100 متر برداشت شد. روش نمونه‌برداری به‌صورت خط نمونه با طول ثابت ۵۰ متر انتخاب شد. در این روش، خط نمونه‌ها در جهت شمال و در امتداد شبکه آماربرداری اندازه‌گیری شد. درختانی که این خط را قطع می‌کردند اندازه‌گیری شدند (زیبری، ۱۳۸۶). علت انتخاب این روش نمونه‌برداری این بود که خط نمونه‌ها در جهت افزایش شیب منطقه بودند و در نتیجه تغییرات درختان بهتر نشان داده می‌شد. در مجموع قطر برابرسینه ۲۰۹ درخت اندازه‌گیری شد.

توزیع فراوانی یا همان توزیع احتمال، نحوه پراکنش افراد در طبقه‌های مختلف را نشان می‌دهد. نحوه توزیع پدیده‌های دنیای واقعی، متفاوت و متنوع است. از این رو برای توزیع احتمال، تاکنون مدل‌های تئوریک متعددی به‌نام توابع توزیع احتمال معرفی شده است. در این تحقیق از چهار توزیع آماری بتا، گاما، نرمال و لگ‌نرمال که پرکاربردترین توزیع‌ها در رابطه با مشخصه قطر برابرسینه درختان هستند استفاده شد که در جدول ۱ ارائه شده است (محمدعلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ Johnson *et al.*, 1994; Zwillinger and Kokoska, 2000). در هر رابطه، X نشان‌دهنده متغیر قطر، و حروف یونانی معرف پارامترهای تابع چگالی احتمال است.

استفاده کردند. نتایج برآزش توابع بررسی‌شده برای گونه‌های مختلف نشان داد که توزیع بتا بهترین تابع توزیع احتمال برای مدلسازی توزیع در طبقات قطری گونه‌های بلوط است. (Nanang (1998) در مطالعه‌ای در کشور غنا برای برآزش داده‌های مربوط به گونه چریش از سه توزیع وایبول، نرمال و لگ‌نرمال استفاده کرد. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برتری توزیع لگ‌نرمال را برای برآزش داده‌ها نشان داد. (Nord-Larson and Cao (2006) با استفاده از توزیع وایبول مدلی را برای قطر درختان ایجاد کردند. (Fallahchai and Hashemi (2011) توزیع قطر برابرسینه را با استفاده از توابع نرمال و نمایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که توزیع نرمال قابلیت بهتری در تشریح توزیع قطر درختان دارد. Sheykholeslami *et al.* (2011) برای بررسی توزیع درختان در طبقات قطری در جنگل‌های شمال ایران، توابع توزیع نرمال، لگ‌نرمال، نمایی، گاما و وایبول را با استفاده از آزمون‌های کای‌دو و کولموگروف-اسمیرنوف ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تنها توزیع لگ‌نرمال می‌تواند توزیع قطر درختان را تعیین کند. هدف از این تحقیق، مقایسه مدل‌های آماری توزیع درختان در طبقات قطری به‌منظور انتخاب تابع توزیع مناسب برای مدلسازی نحوه پراکنش قطری درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های دالاب ایلام و نیز تعیین مناسب‌ترین تابع توزیع قطری است.

مواد و روش‌ها

جنگل‌های منطقه دالاب ایلام به‌مساحت ۳۰۰۰ هکتار در شمال‌غربی آن قرار گرفته است. پس از جنگل‌گردشی، ۳۷/۲ هکتار از جنگل‌ها که معرف جنگل‌های این منطقه بود، انتخاب شد. این منطقه از نظر مختصات جغرافیایی در طول $46^{\circ} 22' 40''$ تا $46^{\circ} 23' 30''$ شرقی و در عرض $33^{\circ} 42' 05''$ تا $33^{\circ} 42'$ شمالی واقع شده است. تیپ‌های شناسایی‌شده در جنگل‌های دالاب تیپ بلوط ایرانی،

جدول ۱- توابع توزیع احتمال مورد بررسی و مشخصه‌های آنها

توزیع	تابع توزیع احتمال	مشخصه‌های تابع
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
گاما	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{(-x/\beta)}$	α مشخصه شکل، β مشخصه موقعیت
نرمال	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]}$	σ مشخصه مقیاس، μ مشخصه موقعیت
لگ‌نرمال	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[-(\ln x - \mu)^2/2\sigma^2]}$	σ مشخصه مقیاس، μ مشخصه موقعیت

- روش آماری

روش‌های گوناگونی برای برآورد پارامترها وجود دارد. برخی از روش‌های کلی یا عمومی عبارتند از روش گشتاورها، روش کمترین توان‌های دوم، روش بیشینه درست‌نمایی، روش کمینه کای دو و روش کمینه فاصله (محمدعلی زاده و همکاران، ۱۳۸۸). در این تحقیق برای برآورد پارامترهای مربوط به توزیع‌ها از روش بیشینه درست‌نمایی استفاده شده است. روش بیشینه درست‌نمایی به‌طور معمول دارای محاسبات پیچیده‌ای است و به روش‌های عددی منجر می‌شود (محمدعلی زاده و همکاران، ۱۳۸۸). به‌طوری که در آمار کلاسیک برآوردگرهای بیشینه درست‌نمایی، مطلوب‌ترین برآوردگرها شناخته می‌شوند. برای بررسی نیکویی برازش هم روش‌های مختلفی وجود دارد. در این تحقیق برای مقایسه پراکنش در طبقات قطری مشاهده‌شده با مورد انتظار، از آزمون‌های نیکویی برازش کای دو (X^2) و کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای تعیین بهترین تابع توزیع احتمال به‌روش گرافیکی، از نمودارهای احتمالی P-P استفاده شد. نمودارهای P-P نشان می‌دهند که چقدر توزیع آماری انتخاب‌شده بر داده‌های مشاهده‌ای منطبق است. در این نمودارها، مقادیر توزیع تجربی بر روی

محور طول‌ها و با عنوان P(Empirical)، و مقادیر تابع توزیع مدل بر روی محور عرض‌ها و با عنوان P(Model)، قرار می‌گیرند. محاسبه پارامترهای مختلف و همچنین نیکویی برازش توزیع‌ها در نرم‌افزار آماری Easy Fit Professional Version 5.5 انجام گرفت.

نتایج

در مجموع، پراکنش ۲۰۹ اصله درخت از گونه بلوط ایرانی در طبقات قطری بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده از محاسبات مقدماتی و همچنین شاخص‌های توصیفی غیروابسته به نوع توزیع‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. براساس جدول میانگین قطر برابرینه درختان ۴۹/۸۸ سانتی‌متر است. نتایج نشان می‌دهد که داده‌های قطر برابرینه بین دو مقدار ۲۰ و ۸۸ توزیع یافته است. از طرفی دیگر مقدار میانگین و میانه به هم نزدیک است و این نزدیکی نشان از انباشتگی داده‌ها در اطراف میانگین دارد. همچنین داده‌ها مقدار کمی چولگی به‌سمت راست دارند و ضریب کشیدگی داده‌ها منفی است (۰/۱۶۱۹) و (۰/۹۸۹۸-).

جدول ۲- آماره‌های توصیفی مربوط به قطر برابرسینه درختان (سانتی‌متر)

آماره	مقدار	آماره	مقدار
تعداد	۲۰۹	کمینه	۲۰
میانگین	۴۹/۸۸	چارک اول	۳۶
خطای معیار میانگین	۱/۱۷	میانه	۴۸
انحراف معیار	۱۶/۹۷	چارک سوم	۶۴
واریانس	۲۸۸/۲	بیشینه	۸۸
ضریب تغییرات	۰/۳۴	دامنه تغییرات	۶۸
ضریب چولگی	۰/۱۶۱۹	ضریب کشیدگی	- ۰/۹۸۹۸

بر اساس آزمون کای‌دو، بهترین توابع برای توزیع احتمال قطر برابرسینه به ترتیب بتا، نرمال و گاما هستند (جدول ۴).

نمودارهای P-P مربوط به توزیع‌های احتمال بررسی شده در این تحقیق در شکل‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود انطباق توزیع‌های بتا و نرمال نسبت به دو توزیع گاما و لگ‌نرمال بر داده‌های مشاهده شده بیشتر است.

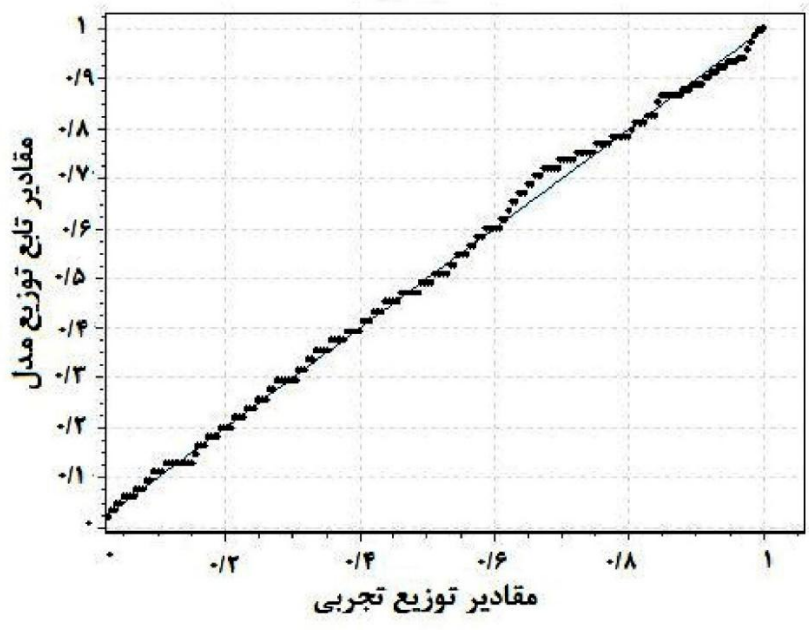
مقادیر برآوردشده پارامترهای مربوط به توزیع‌های بتا، گاما، نرمال، لگ‌نرمال و نمایی در جدول ۳ ارائه شده است (جدول ۳). نتایج آزمون نیکویی برازش برای بررسی تابع توزیع احتمال مناسب قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی براساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان می‌دهد که بهترین توابع به ترتیب بتا و نرمال هستند. نتیجه این آزمون اختلاف معنی‌داری بین توزیع احتمال مشاهده شده با توزیع احتمال مورد انتظار برای توابع گاما، لگ‌نرمال و نمایی نشان داد؛ اما

جدول ۳- مقادیر پارامترهای برآوردشده توزیع‌ها

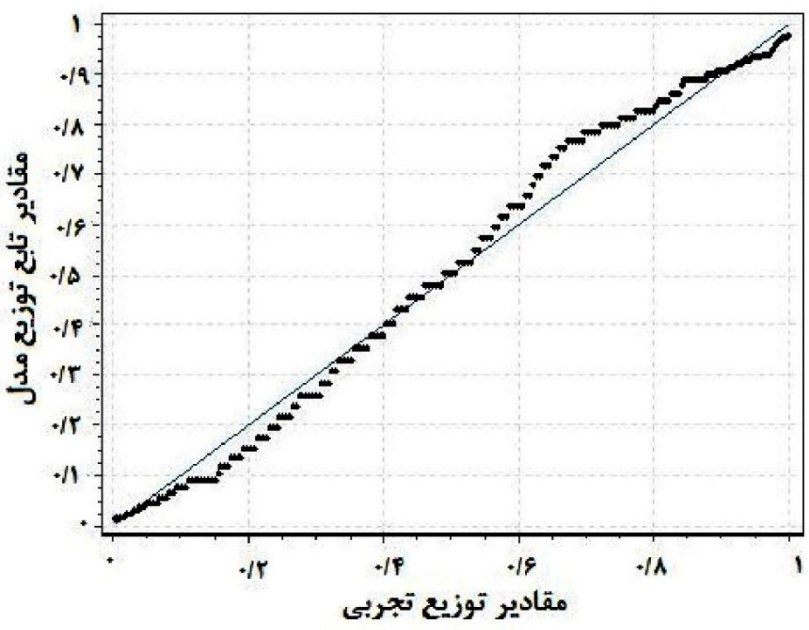
تابع توزیع	مقادیر مشخصه‌های توابع
بتا	$\hat{a} = ۱۹/۸$, $\hat{b} = ۸۹/۳۱$, $\hat{\alpha}_1 = ۱/۳۳$, $\hat{\alpha}_2 = ۱/۷۵$
گاما	$\hat{\beta} = ۵/۷۷$, $\hat{\alpha} = ۸/۶۳$
نرمال	$\hat{\mu} = ۴۹/۸۸$, $\hat{\sigma} = ۱۶/۹۷$
لگ‌نرمال	$\hat{\mu} = ۳/۸۴$, $\hat{\sigma} = ۰/۳۶$

جدول ۴- مقادیر مربوط به آماره آزمون‌های نیکویی برازش

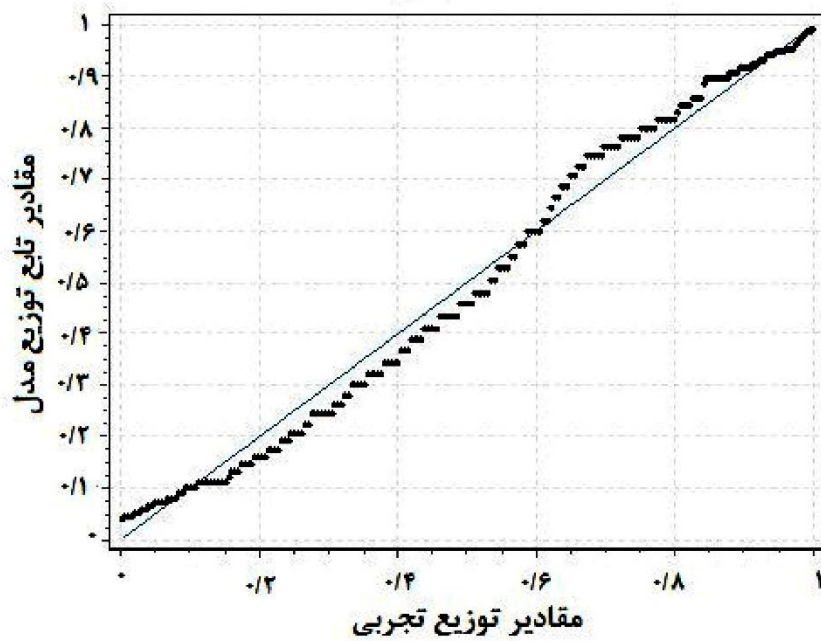
تابع توزیع	K.S		X ²	
	آماره	معنی‌داری	آماره	معنی‌داری
بتا	۰/۰۴۱۶	ns	۳/۹۱۴	ns
گاما	۰/۰۹۵۴	*	۱۳/۴۹۹	ns
نرمال	۰/۰۴۹۸	ns	۱۰/۹۶۵	ns
لگ‌نرمال	۰/۰۹۶	*	۱۷/۵۵۳	*



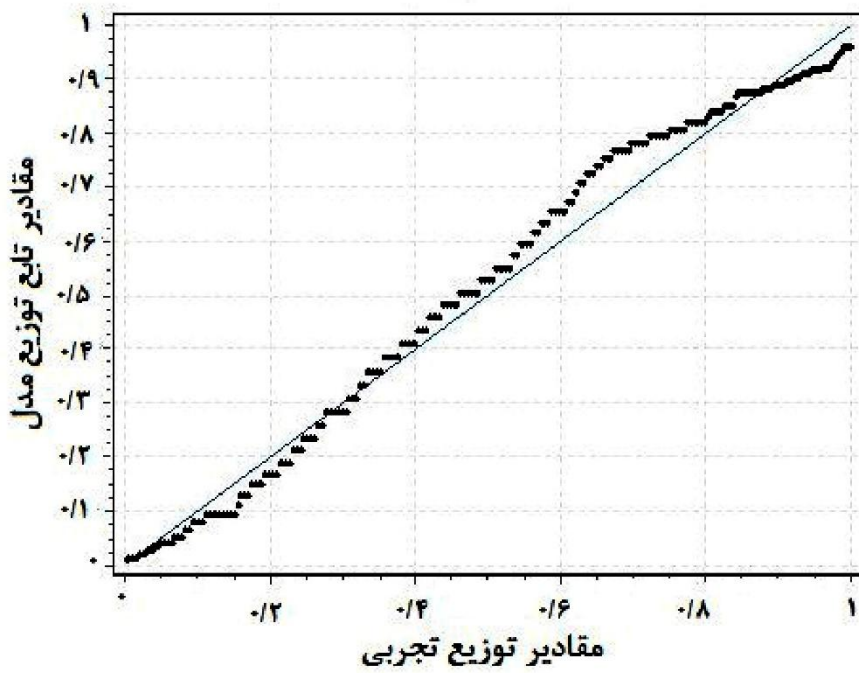
شکل ۱- نمودار P-P توزیع بتا



شکل ۲- نمودار P-P توزیع گاما



شکل ۳- نمودار P-P توزیع نرمال



شکل ۴- نمودار P-P توزیع لگ‌نرمال

بحث

توزیع قطر و مدل آماری مربوط به آن می‌تواند نقش مهمی در برخی مباحث علوم جنگل از جمله جنگل‌شناسی و جنگلداری داشته باشد. علاوه بر بافت‌نگار به‌عنوان یک ابزار گرافیکی، اصلی‌ترین ابزار ریاضی که از آن برای مطالعه توزیع قطر درختان استفاده می‌شود، توزیع‌های آماری هستند. نتایج آزمون‌های نیکویی برازش نشان داد که دو توزیع بتا و نرمال، مناسب‌ترین توزیع‌ها برای مدلسازی پراکنش درختان در طبقات قطر برابر سینه‌اند (جدول ۴). همچنین نتایج آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و کای دو نشان داد که دو توزیع گاما و لگ‌نرمال توزیع‌های آماری مناسبی برای مدلسازی توزیع قطر برابر سینه درختان منطقه دالاب نیستند (جدول ۴) که می‌توان علت آن را انعطاف‌پذیری کم این توزیع‌ها در مقایسه با دو توزیع بتا و نرمال دانست. به عبارت دیگر، توزیع گاما و لگ‌نرمال به مقدار زیادی به سمت راست چولگی دارند، در حالی که داده‌های بررسی شده در این تحقیق مقدار کمی به سمت راست چولگی دارند (جدول ۲). نمودار احتمال از تکنیک‌های ترسیمی است که به بررسی رفتار متغیر مورد مطالعه و نحوه پراکندگی آن در جامعه می‌پردازد. نتایج نمودارهای P-P که در شکل‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است نشان می‌دهد که توزیع‌های بتا و نرمال به ترتیب توانایی برازش درختان در طبقات قطری مختلف را دارند، در حالی که دو توزیع گاما و لگ‌نرمال برای مدلسازی توزیع قطر برابر سینه درختان مناسب نیستند. بنابراین نمودارهای P-P توزیع‌های بررسی شده در این تحقیق نیز تأییدکننده نتایج آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و کای دو است. محمدعلی زاده و همکاران (۱۳۸۸) توزیع گاما را توزیع مناسب‌تری که قابلیت تبیین توزیع قطر برابر سینه درختان در جنگل‌های خیرودکنار نوشهر را دارد، معرفی کردند. نتایج تحقیق آنان به این دلیل که مناطق مورد بررسی و همچنین نوع گونه‌های اندازه‌گیری شده متفاوت است، با نتایج

این تحقیق همخوانی ندارد. (Nanang 1998) توزیع لگ‌نرمال را مناسب‌ترین توزیع برای برازش داده‌های مربوط به گونه چریش معرفی کرد که با نتایج این تحقیق به علت نوع گونه‌های بررسی شده همخوانی ندارد. (Sheykholeslami et al. 2011) در جنگل‌های شمال ایران نشان دادند که توزیع لگ‌نرمال مناسب‌ترین توزیع برای برازش قطر درختان است که با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد. علت این اختلاف ممکن است تفاوت نوع جنگل‌ها و ساختار و تراکم این جنگل‌ها باشد؛ زیرا جنگل‌های شمال کشور نسبت به جنگل‌های منطقه بررسی شده در این تحقیق از تراکم و انبوهی بیشتری برخوردارند و همچنین نوع گونه‌ها در این جنگل‌ها نیز ممکن است تأثیرگذار باشد. سهرابی و طاهری سرتشنیزی (۱۳۹۱) در جنگل‌های زاگرس شمالی نشان دادند که توزیع بتا بهترین توزیع احتمال برای مدلسازی توزیع طبقات قطری درختان منطقه است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین (Fallahchai and Hashemi 2011) در جنگل‌های غرب گیلان نشان دادند که توزیع نرمال قابلیت بهتری در تشریح توزیع قطر برابر سینه درختان دارد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. ذکر این نکته ضروری است که هیچ توزیع آماری نمی‌تواند دقیقاً بر داده‌های مشاهده‌ای برازش خوبی داشته باشد و انتخاب یکی به‌عنوان بهترین توزیع با توجه به مقایسه نسبت به سایر توزیع‌ها انتخاب می‌شود. بنابراین با توجه به این توضیحات، مناسب‌ترین توزیع‌های آماری برای مدلسازی توزیع طبقات قطری درختان در جنگل‌های دالاب ایلام از بین توزیع‌های بررسی شده در این تحقیق، به ترتیب توزیع‌های بتا و نرمال هستند.

منابع

رستمی، علی و حشمت‌الله حیدری، ۱۳۸۷. تیپولوژی توده‌های جنگلی و بررسی وضعیت کلی آنها در جنگل‌های طبیعی منطقه دالاب استان ایلام، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵ (۶): ۲۷۴-۲۷۷.

- Fallachai, M.M., and S.A. Hashemi, 2011. The application of some probability distributions in order to fit the trees diameter in north of Iran, *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1 (10):397-400.
- Gorgoso-Varela, J.J., A. Rojo-Alboreca, E. Afif-Khoury, and M. Barrio-Anta, 2008. Modelling diameter distributions of birch (*Betula alba* L.) and pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands in northwest Spain with the beta distribution, *Investigation Agraria: Sistemasy Recursos Forestales*, 17(3): 271-281.
- Johnson, N.L., S. Kotz, and N. Balakrishnan, 1994. Continuous univariate distributions (2nd ed.), John Wiley and Sons Press, New York, 784 pp.
- Kangas, A.S., 1998. Uncertainty in growth and yield projections due to annual variation of diameter growth, *Forest Ecology and Management*, 108: 223-230.
- Kangas, A.S., L. Mehtatalo, and M. Maltamo, 2007. Modeling percentile based area weighted diameter distribution, *Silva Fennica*, 41(4): 425-440.
- Knobel, B.R., and H.E. Burkhart, 1991. A bivariate distribution approach to modeling forest diameter distribution at two points in time, *Biometrics*, 47: 241-253.
- Nanang, D.M, 1998. Suitability of the Normal, Lognormal and Weibull distributions for fitting diameter distributions of neem plantations in northern Ghana, *Forest Ecology and Management*, 103:1-7.
- Nord-Larson, T., and Q.V. Cao, 2006. A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark, *Forest Ecology and Management*, 231: 218-225.
- Sheykhholeslami, A., Kh. Kia Pasha, 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.
- Zwillinger, D., and S. Kokoska, 2000. CRC Standard probability and statistics table and formulae, Chapman and Hall/CRC, London, 554 pp.
- زبیری، محمود، ۱۳۸۶. زیست‌سنجی (بیومتری) جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۵ ص.
- سهرابی، هرمز و محمدجواد طاهری سرتشنیزی، ۱۳۹۱. برازش توابع توزیع احتمال برای مدلسازی توزیع قطری گونه‌های بلوط در جنگل‌های گل‌زنی شده زاگرس شمالی، مطالعه موردی: آرمرده-بانه، مجله جنگل ایران، ۴ (۴): ۳۳۳-۳۴۳.
- فلاح، اصغر، محمود زبیری و محمدرضا مروی مهاجر. ۱۳۸۴. ارائه مدل مناسب پراکنش تعداد در طبقات قطری توده‌های طبیعی و ناهمسال راش شمال ایران (جنگل‌های سنگده و شصت کلاته)، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۴): ۸۱۳-۸۲۱.
- متاجی، اسدالله، سیدمحمد حجتی و منوچهر نمیرانیان، ۱۳۷۹. مطالعه پراکنش تعداد در طبقات قطری در جنگل‌های طبیعی با کاربرد توزیع‌های احتمالی، سری گرازبن خیرودکنار نوشهر، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۳ (۲): ۱۶۵-۱۷۲.
- محمدعلی‌زاده، خسرو، محمود زبیری، عبدالحسین هورفر و محمدرضا مروی‌مهاجر، ۱۳۸۸. برازش توزیع فراوانی قطر برابرسینه با به‌کارگیری برخی مدل‌های (توزیع‌های آماری، مطالعه موردی: جنگل خیرودکنار نوشهر، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷ (۱): ۱۱۶-۱۲۴.
- محمدعلی‌زاده، خسرو، منوچهر نمیرانیان، محمود زبیری، عبدالحسین هورفر و محمدرضا مروی‌مهاجر، ۱۳۹۲. مدلسازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان در توده‌های ناهمسال، مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود، نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۶ (۲): ۱۵۵-۱۶۵.
- نمیرانیان، منوچهر، ۱۳۶۹. کاربرد تئوری احتمالات در تعیین پراکنش درختان در طبقات قطری مختلف، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۴: ۹۳-۱۰۸.
- Brooks, J.R., and H.V. Wiant, 2004. A simple technique for estimating cubic foot volume yields, *Forest Ecology and Management*, 203: 373-380.

Diameter distribution modeling of *Quercus persica* using probability distribution functions in open forests (Case study: Dalab of Ilam province)

M. Mirzaei^{1*}, and A.E. Bonyad²

¹Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, I. R. Iran

²Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, I. R. Iran

(Received: 18 November 2013, Accepted: 9 August 2014)

Abstract

The diameter at breast height of tree is one of the important characteristics in forest measurements. Diameter structure of forest stands can be determined based on diameter distribution. The distribution of diameter classes is the most important structural characteristics of forest stands. The aim of this study was to evaluate the DBH probability distribution of *Quercus persica* trees in Dalab open forests of Ilam province. For this purpose, 37 transects with fixed length (50 m) were measured and trees distribution in diameter classes for 209 trees were fitted. The probability distribution functions including: Beta, Gamma, Normal and Log-normal were fitted to the DBH distribution of oak trees. The maximum likelihood estimator was used to evaluate the distribution functions parameters. Expected probability and probability derived from functions were compared using Kolmogorov-Smirnov and Chi-square tests. Results of fitting tests and P-P plots showed that Beta and Normal distributions were the best probability for diameter distribution modeling in Dalab open forests of Ilam province.

Keywords: Diameter distribution, Dalab forests, *Quercus persica*, Probability distribution.

* Corresponding author

Tel: +989187429259

Email: mehrdadmirzaei28@gmail.com