دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

برازش توابع توزیع احتمال ارتفاع درختان راش در توده‌های طبیعی غرب گیلان (مطالعه موردی: جنگل‌های ماسال)

ایرج حسن‌زاد ناوردی[۱] و اسماعیل مرادی امام قیسی[۲]

۱- دانشیار دانشگاه گیلان (نویسنده مسوول: iraj.hassanzad@gmail.com)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۲۱
صفحه: ۱ تا ۹

چکیده

در این تحقیق، مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان راش در توده‌های جنگل طبیعی غرب گیلان بررسی شد. بدین منظور تعداد ۳۰ قطعه نمونه دایره‌ای شکل با سطح ده آر انتخاب و به روش منظم تصادفی با ابعاد شبکه آماربرداری ۲۰۰ × ۱۵۰ متر اندازه‌گیری شد. در مجموع علاوه بر قطر در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع ۶۳۰ اصله درخت راش اندازه‌گیری شد. توابع توزیع احتمال مورد بررسی بتا، نرمال، وایبول، گاما و لگ‌نرمال بود. مشخصه‌های هر یک از توابع، با استفاده از روش بیشینه درست‌نمایی، برآورد شد. به‌منظور برازش توابع توزیع احتمال، از آزمون‌های کولموگراف-اسمیرنوف و اندرسون-دارلینگ استفاده شد. نتایج آزمون کولموگراف- اسمیرنوف نشان داد که از بین توزیع‌های احتمال مورد بررسی، تنها توزیع بتا قابلیت برازش توزیع فراوانی ارتفاع درختان راش را دارد، درحالی‌که آزمون اندرسون-دارلینگ نشان داد که سه توزیع احتمال وایبول، نرمال و بتا، قابلیت مناسبی برای تبیین توزیع فراوانی ارتفاع درختان راش را دارا می‌باشند. بنابراین توزیع بتا به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع احتمال برای مدل‌سازی توزیع فراوانی درختان راش در منطقه مورد مطالعه، انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، توده‌های طبیعی، راش، توزیع احتمال، ماسال

مقدمه

منطقه رویشی خزری شامل جنگل‌های انبوه دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های البرز است که از آستارا تا گلیداغی در شرق آن گسترش یافته است. توده‌های راش در ارتفاعات میان بند و بالابند جنگل‌های مذکور قرار دارند و جوامع خالص و آمیخته را تشکیل می‌دهند. راش یکی از گونه‌های با ارزش و مهم صنعتی است که بر اساس آمارهای منتشر شده، ۲۳/۶۳ درصد تعداد و ۳۰ درصد حجم کل جنگل‌های شمال ایران را تشکیل می‌دهد (۹). این موضوع باعث می‌شود که توجه بیشتری به توده‌های جنگلی راش معطوف شود. یکی از راه‌های رسیدن به یک الگوی مدیریت و شیوه مناسب برای هدایت هر یک از توده‌های جنگلی، تعیین ساختار و برنامه‌ریزی بر اساس وضع موجود می‌باشد. اندازه ارتفاع از مشخصه‌های مهم درختان جنگلی است که در برآورد موجودی حجمی سرپای توده جنگلی، ضریب شکل، ضریب قدکشیدگی، تعیین کیفیت و حاصل‌خیزی رویشگاه، ترسیم منحنی ارتفاع و در برخی موارد دیگر مانند تخمین محصول، رشد بالقوه، تعیین ویژگی‌های اقتصادی یک توده (۴،۱۳،۱۴)، شناخت وضعیت توده جنگلی (۱۶) و پیش‌بینی آیندهٔ توده برای برنامه‌ریزی و مدیریت کاربرد بسیاری دارد. نحوه پراکنش ارتفاع درختان تابع شرایط خاص محیطی است و معمولا از مدل یا مدل‌های خاصی پیروی می‌کند. در باره مدل‌سازی توزیع فراوانی متغیرهای درختان جنگلی، مطالعات زیادی انجام شده است. اولین مطالعه در باره مدل‌های توزیع توسط دولیکورت در سال ۱۸۹۸ انجام شد (۱۲). مایر (۲۴) در سال ۱۹۵۲ نیز تابع نمایی را برای مدل‌سازی داده‌ها ارائه کرد. از دههٔ شصت میلادی، استفاده از توزیع‌های آماری در پژوهش‌های جنگل متداول‌تر شد (۲۰). از مطالعات انجام شده می‌توان به استفاده از توابع توزیع نرمال (۲،۲۱)، بتا (۸،۱۶،۲۰،۲۸)، گاما (۲،۱۸،۲۲،۲۸)، لگ- نرمال (۳،۱۸،۲۱) و وایبول (۱،۵،۶،۸،۱۶،۲۱،۲۳،۲۸) اشاره کرد. شیخ‌الاسلامی و همکاران (۲۵) برای تعیین توزیع قطری، از پنج توزیع آماری استفاده کردند و حسین‌زاده و همکاران (۲۴) پراکنش در طبقات قطری جنگل‌های بلوط کمتر تخریب‌یافتهٔ استان ایلام را بررسی کردند. سهرابی و طاهری سرتشنیزی (۲۷) نیز برازش توابع توزیع احتمال بتا، گاما، نرمال، لگ-نرمال و وایبول برای مدل‌سازی توزیع قطری گونه‌های بلوط در جنگل‌های گلازنی‌شدهٔ زاگرس شمالی را بررسی کردند. نتیجهٔ برازش توابع بررسی شده برای گونه‌های مختلف، متفاوت بود. اما در مجموع توزیع بتا برای هر سه گونه مورد بررسی، برازش یافت. لازم به ذکر است که بیشتر تحقیقات انجام شده در باره توابع توزیع، مربوط به توزیع قطری درختان در توده‌های جنگلی است و در باره توزیع ارتفاعی درختان (که یکی از مهمترین متغیرهای مورفومتریک درختان جنگلی است)، مطالعات زیادی انجام نشده است. از تحقیقات انجام شده در باره توزیع ارتفاعی، می‌توان به مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان در توده‌های ناهمسال که در بخش گرازبن جنگل خیرود انجام شده (۱۹)، اشاره کرد. نتیجه این تحقیق نشان داد که توزیع لگ نرمال، مدل مناسبی برای مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان نیست و از سه توزیع دیگر، به ترتیب، توزیع‌های وایبول، گاما، و نرمال برای این کار مناسب‌ترند. قبل از این تحقیق، در اولین تحقیق انجام شده در ایران (۱۵)، از سه توزیع بتا، وایبول، و نرمال برای بررسی فراوانی درختان در طبقات ارتفاعی، استفاده شده بود. در این تحقیق، نتیجه دو آزمون مربع کای و کولموگروف‌اسمیرنوف مشخص کرد که هیچ یک از توزیع‌های فوق، مدل مناسبی برای این منظور

نبود. از مطالعات خارجی نیز می‌توان به تحقیق سیپیلهتو (۲۶) اشاره کرد که با هدف بررسی توزیع یا ساختار ارتفاعی توده‌های جوان کاج جنگلی در جنوب فنلاند انجام شده است. در این بررسی برای برازش داده‌ها از توزیع وایبول استفاده شد. آزمون کولموگروف اسمیرنوف نیز نتیجهٔ برازش را تأیید کرد. همان‌طورکه بیان شد در باره توزیع ارتفاعی درختان، مطالعات داخلی و خارجی زیادی انجام نشده و به‌عنوان پژوهش بنیادی لازم است به این موضوع در توده‌های مختلف جنگلی بیشتر پرداخته شود. مدل‌سازی ارتفاع بر اساس آماره‌های توزیع فراوانی این امکان را فراهم می‌کنند که بتوان بهترین و مناسب‌ترین مدل‌های ارتفاع را برای یک توده ناهمسال بدست آورد و به کمک این مدل‌ها، رفتار یک توده ناهمسال را برای آینده پیش‌بینی کرد. در این راستا، در مطالعهٔ حاضر به مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان راش با استفاده از توزیع‌های آماری پرداخته شده است. انتظار می‌رود نتیجه بدست آمده در منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه برای اهداف و کاربردهای ذکر شده، بکار گرفته شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر درجنگل‌های راش شهرستان ماسال انجام شده است. منطقه مورد مطالعه در پارسل‌های ۱۴ و ۱۵ سری ۵ حوزه ۱۲ ماسال (در منطقه دوشی) واقع شده (شکل ۱) که بدلیل داشتن توده‌های طبیعی کمتر دست‌خورده، انتخاب شدند. گونه غالب منطقه مورد مطالعه راش بوده و گونه‌های همراه آن ممرز، توسکا و شیردار است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۹۰ هکتار و ارتفاع آن از سطح دریا، ۱۰۵۰ تا ۱۳۰۰ متر است و بین طول جغرافیایی ''۲ ′۴۹ °۴۸ تا ''۱۴ ′۵۳ °۴۸ و عرض جغرافیایی ''۱۵ ′۲۰ °۳۷ تا ''۱۹ ′۳۱ °۳۷ قرار دارد. میزان بارندگی سالیانه براساس داده‌های اداره کل هواشناسی استان گیلان، ۹۶۰ میلی‌متر گزارش شده است. گرمترین ماه سال تیر با میانگین دمای سالانه ۱۹/۶ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال اسفند با میانگین دمای ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد است.

روش جمع‌آوری اطلاعات، محاسبات اولیه و انتخاب توزیع‌های آماری

برای جمع‌آوری اطلاعات، با استفاده از روش منظم تصادفی تعداد ۳۰ قطعه نمونه دایره‌ای شکل با سطح ده آر و ابعاد شبکه ۱۵۰×۲۰۰ انتخاب و اندازه‌گیری شد (شکل ۱). در داخل هر قطعه نمونه، علاوه بر قطر در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع تمامی درختان راش و در مجموع ۶۳۰ اصله درخت، با استفاده از دستگاه شیب‌سنج سونتو، اندازه‌گیری و محاسبه شد. برای بررسی ماهیت داده‌ها و شکل توزیع فراوانی داده‌ها، نمودارهای مربوطه ترسیم و آماره‌های توصیفی مانند میانگین، میانه، چارک‌ها، انحراف معیار، اشتباه معیار، دامنه تغییرات، ضریب تغییرات، ضریب چولگی و ضریب کشیدگی، محاسبه شد. در نهایت براساس دو معیار شکل بافت‌نگار و انعطاف‌پذیری توزیع‌ها، پنج توزیع وایبول، بتا، نرمال، گاما و لگ- نرمال برای مدل‌سازی توزیع فراوانی انتخاب شد (۱۰،۲۹).

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه شبکه آماربرداری بر روی پارسل‌های مورد بررسی
Figure 1. The location of the study area along with the sampling network on the studied parcells

توزیع وایبول

توزیعی پیوسته است که انعطاف‌پذیری بالایی دارد. این توزیع در مطالعات زیست‌سنجی جنگل، کاربرد بسیاری دارد. منحنی فراوانی این توزیع در بیشتر حالات، چوله به راست است. تابع چگالی این توزیع به قرار زیر است (رابطه ۱):

رابطه (۱): $f(X) = \frac{\alpha}{\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-(\frac{x}{\beta})^{\alpha}}$

$0 \le x < +\infty \qquad \alpha, \beta > 0$

دراین فرمول و فرمول‌های بعدی، x متغیر تصادفی، e عدد نپرین، f(x) تابع چگالی و حروف α و β پارامترند.

توزیع گاما

توزیعی پیوسته است که انعطاف‌پذیری خوبی دارد. منحنی فراوانی این توزیع نیز در تمامی حالات چوله به راست است. تابع چگالی این توزیع به صورت زیر است:

رابطه (۲): $f(X) = \frac{x}{\beta^{\alpha}\tau(\alpha)} e^{(-\frac{x}{\beta})} \quad 0 \le x < +\infty$

در این رابطه، x متغیر تصادفی، e عدد نپر، f(x) تابع چگالی و حروف α و β پارامترند. τ نماد تابع گاما است.

توزیع نرمال

را می‌توان اساسی‌ترین توزیع در آمارکلاسیک دانست، زیرا پایه بسیاری از روش‌های آمار کلاسیک بر این توزیع کم و تابع چگالی آن به صورت زیر است (رابطه ۳):

رابطه (۳): $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\wedge}[-(x-\mu^{\wedge}2/2\sigma^2]$

$-\infty \le x \quad \mu < +\infty \qquad \sigma > 0$

در این رابطه x متغیر تصادفی، e عدد نپر، f(x) تابع چگالی و حروف α و β پارامتر، μ نماد میانگین و σ نماد واریانس است.

توزیع لگ نرمال

نیز توزیعی پیوسته است. اگر متغیری تصادفی، توزیع لگ- نرمال داشته باشد، لگاریتم طبیعی آن دارای توزیع نرمال خواهد بود. منحنی فراوانی این توزیع نیز همچون توزیع گاما چوله به سمت راست است. تابع چگالی این توزیع بشرح زیر است (رابطه ۴):

رابطه (۴): $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\wedge}[-(\ln x-\mu^{\wedge}2/2\sigma^2]$

$x, \mu, \sigma > 0$

دراین رابطه، x متغیر تصادفی، e عدد نپر، f(x) تابع چگالی و حروف α و β پارامترند. τ نماد تابع گاما، μ نماد میانگین و σ نماد واریانس است.
ln، نماد لگاریتم طبیعی است.

توزیع بتا

نیز توزیعی پیوسته است که در بازه ۰ تا ۱ تعریف می‌شود و دارای دو پارامتر α و β است. تابع چگالی این توزیع بشرح زیر است (رابطه ۵):

رابطه (۵): $f(X) = \frac{(x-a)^{a_1-1}(b-x)^{a_2-1}}{B(\sigma_1,\sigma_2)(b-a)^{a_1+a_2-1}}$

در این رابطه، x متغیر تصادفی، f(x) تابع چگالی و حروف a و b مشخصه‌های کرانه‌ای و حروف a_1 و a_2 مشخصه‌های شکل است.

برازش توزیع‌ها و سنجش نکویی برازش

در مبحث برازش توزیع‌ها، روش‌ها یا برآوردگرهای گوناگون وجود دارد، مانند روش گشتاورها، روش ال‌گشتاورها، روش ماکزیمم درست‌نمایی، روش صدک‌ها و روش کمترین توان دوم. در این مطالعه از روش ماکزیمم درست‌نمایی برای برازش توابع توزیع فراوانی استفاده شده است.

به‌منظور بررسی نیکویی برازش از آزمون‌های کولموگراف-اسمیرنوف، اندرسون- دارلینگ و نمودار هیستوگرام، استفاده شد. در نمودار هیستوگرام، مقادیر تابع چگالی احتمال (فراوانی نسبی) بر روی محور طول‌ها و با عنوان Probability Density Function و مقادیر داده‌های یک متغیر بر روی محور عرض‌ها و با عنوان f(x) قرار می‌گیرند. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها به کمک نرم‌افزار EasyFit 5.5 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از محاسبات اولیه بر روی داده‌های ارتفاع در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طورکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین ارتفاع درختان ۲۲/۵۴ متر وکمترین و بیشترین مقدار به‌ترتیب ۱۲ و ۳۴ متر می‌باشد. مقدار میانگین و میانه به هم نزدیکند. این موضوع بیانگر انباشتگی داده‌ها حول میانگین است. مقدار واریانس بزرگ نیست و مقدار کمی چولگی به چپ است و کشیدگی در داده‌ها دیده می‌شود. مقادیر برآورد شده پارامترها در جدول ۲ دیده می‌شود. مقادیر آماره آزمون اندرسون- دارلینگ و کولموگراف- اسمیرنوف نیز در جدول ۳ درج شده است. مقایسه آماره کولموگراف- اسمیرنوف با مقادیر مربوط به آزمون اندرسون- دارلینگ نشان می‌دهند که در آزمون کولموگراف- اسمیرنوف در سطح ۹۵ درصد، توزیع بتا برای مدل‌سازی ارتفاع درختان مناسب می‌باشند. درحالی‌که در آزمون اندرسون- دارلینگ به ترتیب توزیع‌های بتا، وایبول و نرمال با اطمینان ۹۵ درصد، توزیعی مناسب برای مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان هستند (جدول ۳). البته شایان ذکر است که در هر دو آزمون کولموگراف- اسمیرنوف و اندرسون- دارلینگ، توزیع بتا بهترین توزیع برای مدل‌سازی ارتفاع درختان راش در منطقه مورد مطالعه است. در شکل‌های ۲ تا ۶ که مربوط به هیستوگرام داده‌های ارتفاع درختان راش می‌باشند، مشاهده می‌شود که هیستوگرام توزیع بتا، بهترین پراکنش را حول محور میانگین نشان می‌دهد. این موضوع بیانگر آن است که این توزیع، برای مدل‌سازی فراوانی ارتفاع درختان مناسب می‌باشد. در این نمودارها در محور عمودی فراوانی نسبی داده‌های مورد بررسی و در محور افقی مقادیر داده‌های یک متغیر در نظر گرفته می‌شود.

هنگامی که داده‌های مورد بررسی نرمال باشند، شکل هیستوگرام برای هریک از توابع توزیع احتمال از خط نرمال پیروی خواهد کرد.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی مربوط به ارتفاع درختان (متر)

Table 1. Descriptive statistics of tree's height (m)

آماره	مقدار	آماره	مقدار
میانگین	۲۲/۵۴	کمینه	۱۲
اشتباه معیار	۰/۳۵۲	چارک اول	۲۰
واریانس	۱۷/۳۸	میانه	۲۳
ضریب تغیرات	۰/۱۸۵	چارک سوم	۲۵
ضریب چولگی	-۰/۵۶۵	بیشینه	۳۴
ضریب کشیدگی	۰/۷۸	دامنه تغییرات	۲۲

جدول ۲- مقادیر پارامترهای برآوردشده توزیع‌ها

Table 2. Parameters of probability distribution

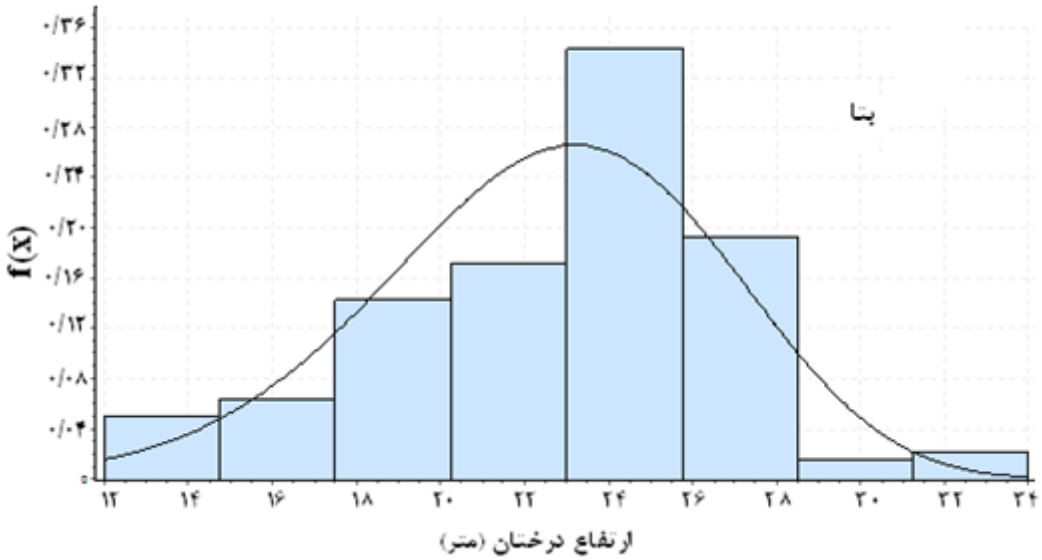
نوع توزیع	روش ماکسیمم درست نمایی
بتا	α_1= ۸/۰۱۴ α_2= ۲/۸۷۵ a= ۱/۴۹۵ b= ۲۹/۷۴۴
نرمال	σ = ۴/۱۶۹۹ μ = ۲۲/۵۰۷
وایبول	α = ۵/۸۴۶۸ β = ۲۴/۲۲۸
گاما	α = ۲۹/۱۳۳ β = ۰/۷۷۲۵۷
لگ‌نرمال	σ = ۰/۲۰۶۶۳ μ = ۳/۰۹۴۲

جدول ۳- مقادیر آماره آزمون‌های کولموگراف-اسمیرنوف و اندرسون-دارلینگ برای توزیع‌ها

Table 3. Statistical value of the Kolmogorov-Smirnov and Anderson-Darling tests for distributions

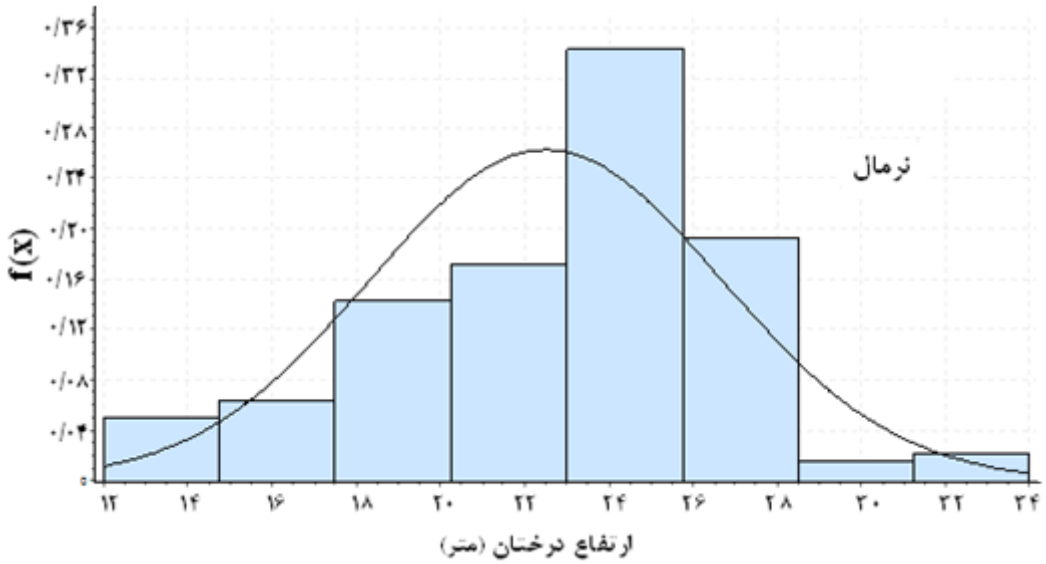
توزیع	کولموگراف-اسمیرنوف			اندرسون-دارلینگ		
	آماره	رتبه	سطح معنی داری	آماره	رتبه	سطح معنی‌داری
بتا	۰/۱۰۰۰	۱	*Ns*	۱/۶۵۸۳	۱	*Ns*
نرمال	۰/۱۱۸۴	۳	*	۲/۲۹۰۸	۳	*Ns*
وایبول	۰/۱۱۶۳	۲	*	۲/۰۲۱۳	۲	*Ns*
گاما	۰/۱۴۲۴	۴	*	۳/۶۹	۴	*
لگ نرمال	۰/۱۵۸۱	۵	*	۴/۸۳۷۱	۵	*

*: اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

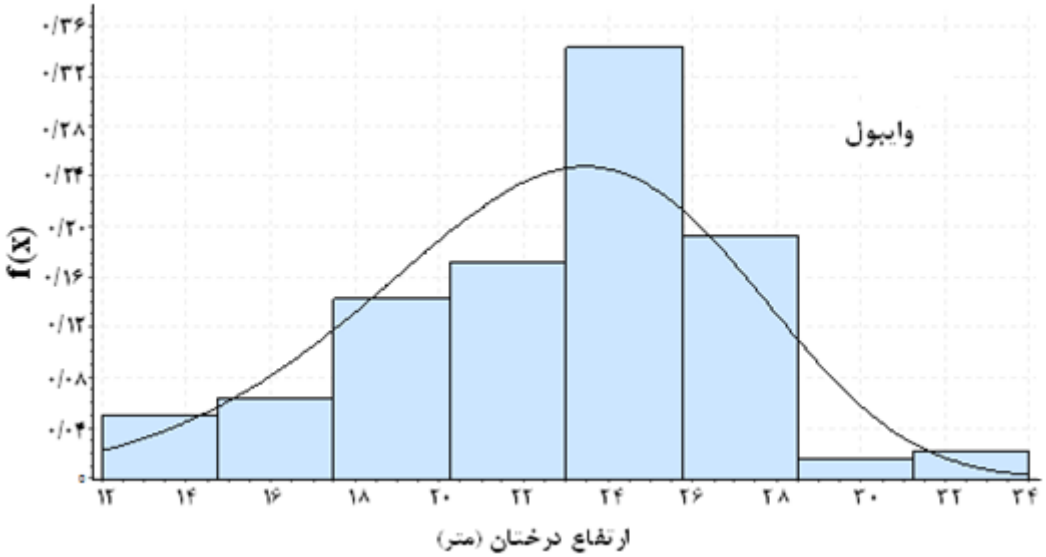


شکل ۲- هیستوگرام توزیع بتا

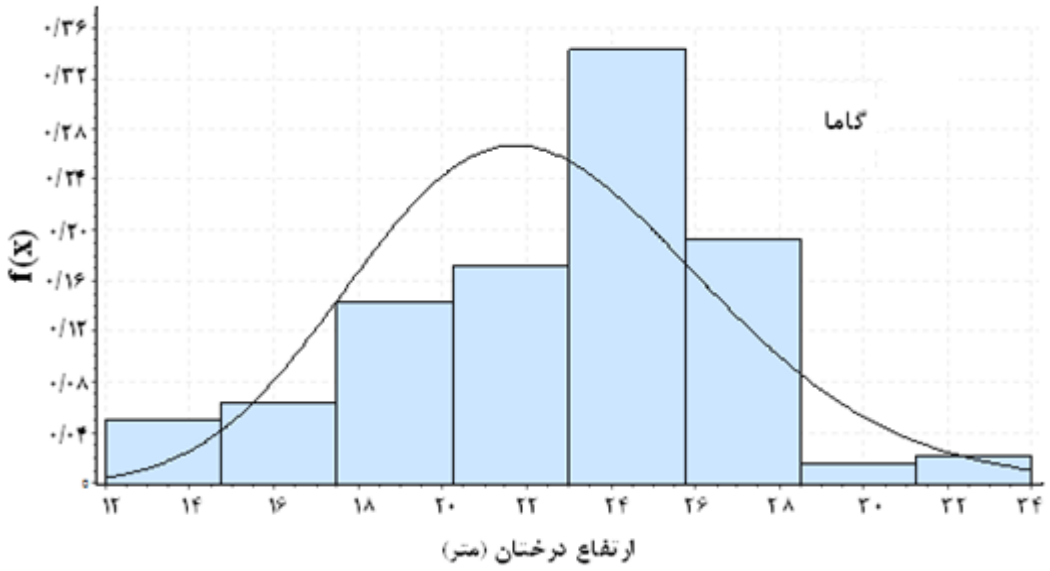
Figure 2. Histogram of the beta distribution



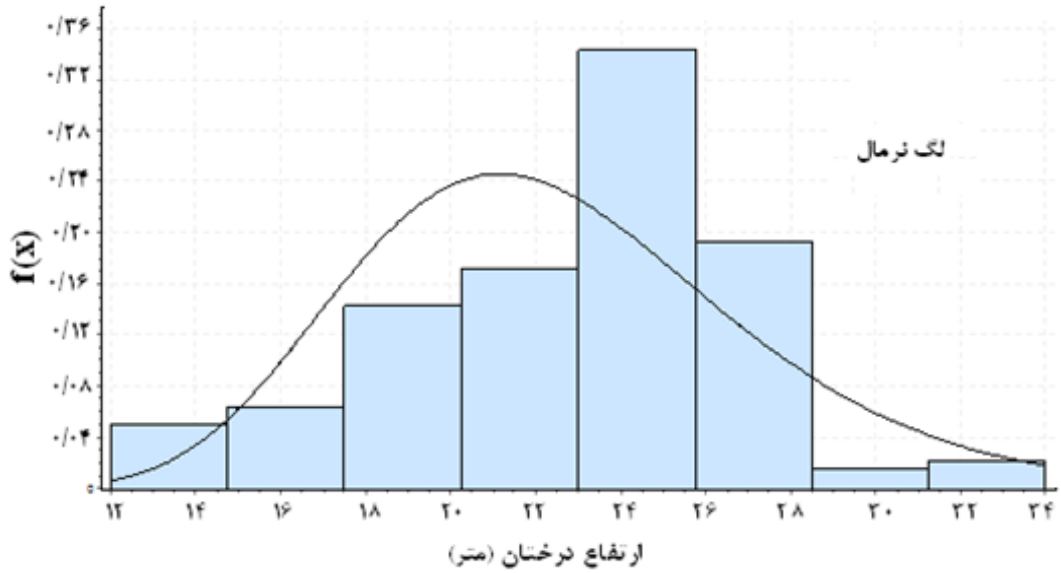
شکل ۳- هیستوگرام توزیع نرمال
Figure 3. Histogram of the normal distribution



شکل ۴- هیستوگرام توزیع وایبول
Figure 4. Histogram of the weibull distribution



شکل ۵- هیستوگرام توزیع گاما
Figure 5. Histogram of the gamma distribution



شکل ۶- هیستوگرام توزیع لگ نرمال
Figure 6. Histogram of the lognormal distribution

مدل‌های ریاضی ابزارهای کارآمدی برای مدل‌سازی پدیده‌های مختلف می‌باشند. در علوم جنگل نیز این مدل‌ها در بررسی توزیع فراوانی متغیرهای مختلف مورفومتریک درختان مانند نمایش شکل کلی توزیع فراوانی داده‌ها، مطالعهٔ ساختار توده، ساختن مدل‌های رویشی، شبیه‌سازی به کمک اعداد تصادفی، اجرای آزمون مونت‌کارلو و تعیین تابع چگالی احتمال مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۵). نتایج بدست آمده نشان داد که میانگین ارتفاع درختان راش برابر با ۲۲/۵۴ متر و مقدار میانه برابر با ۲۳ متر بود. مشابهت مقدار میانگین و میانه، بیانگر انباشتگی داده‌ها حول میانگین است. مقادیر بدست آمده از محاسبهٔ آماره‌های توصیفی، به‌ویژه ضریب چولگی (۰/۵۶۵-) و کشیدگی (۰/۷۸۲) نشان داد که مقداری چولگی به سمت چپ و کشیدگی در داده‌ها وجود دارد. علت این پدیده می‌تواند مربوط به رقابت درختان جوان برای رسیدن به اشکوب بالا و دسترسی به نور و فضای بیشتر باشد (۱۹). استفاده از توزیع‌های آماری در جنگل در حدود دو قرن، قدمت دارد (۲۳). دراین تحقیق، توابع مختلفی برای مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان راش درجنگل‌های ماسال (گیلان)

بررسی شد. مقایسه این توابع نشان داد که تابع توزیع بتا، قابلیت تبیین مناسبی برای مدل‌سازی توزیع ارتفاع درختان راش در منطقه مورد مطالعه دارد. در حالی که در مورد سایر توابع بررسی شده، تصمیم‌گیری مشکل بوده و این توابع احتمال، قابلیت برازش توزیع فراوانی ارتفاع درختان راش را ندارند. علت این امر را می‌توان انعطاف‌پذیری کم این توابع دانست. همچنین کم بودن مقدار چولگی نیز بی تاثیر نیست. زیرا سایر توزیع‌های مورد بررسی، به مقدار زیادی چوله به‌راست هستند، در حالی که داده‌های مورد بررسی، فقط اندکی به سمت راست چولگی داشتند. هیستوگرام‌های مربوط به توزیع‌های احتمال نیز، صحت این امر را تأیید می‌کنند (شکل‌های ۲ الی ۵). در اولین تحقیق انجام شده در ایران (۱۵)، که از سه توزیع بتا، وایبول و نرمال برای بررسی فراوانی درختان در طبقات ارتفاعی استفاده شده بود، هیچ یک از توزیع‌های فوق، مدل مناسبی برای تبیین توزیع فراوانی ارتفاع درختان نبودند. با این‌که توزیع بتا، انعطاف‌پذیری بالایی دارد ولی به دلیل این‌که داده‌ها دارای یک توزیع آمیخته بودند، حتی توزیع بتا هم نتوانست مدل مناسبی برای برازش این داده‌ها باشد. در تحقیق انجام شده توسط محمدعلیزاده و همکاران (۱۹) در باره مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان در توده‌های ناهمسال بخش گرازبن جنگل خیرود، از بین توزیع‌های بررسی شده، توزیع لگ نرمال، مدل مناسبی برای مدل‌سازی توزیع فراوانی ارتفاع درختان نبود. درحالی‌که از سه توزیع دیگر، به ترتیب، توزیع‌های وایبول، گاما و نرمال برای این کار مناسب‌تر بودند. در این تحقیق در باره توزیع بتا بررسی نشده است. همچنین نتیجه تحقیق سیپیلهتو (۲۶) با هدف بررسی توزیع وایبول برای برازش داده‌های ارتفاعی در توده‌های جوان کاج جنگلی در جنوب فنلاند، به تأیید برازش توزیع مورد بررسی توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، منجر شد. نتیجه تحقیق حاضر و مقایسه آن با معدود تحقیقات داخلی و خارجی انجام شده در باره برازش داده‌های مربوط به فراوانی ارتفاعی درختان (و نیز پراکنش قطری درختان)، نشان می‌دهد که بجز در موارد خاص، توزیع بتا قابلیت تبیین مناسبی برای مدل‌سازی توزیع ارتفاع درختان را دارد. در تحقیق حاضر نیز، علاوه بر نتیجه آزمون‌های مورد بررسی، نمودار هیستوگرام توزیع بتا، بهترین پراکنش را حول محور میانگین نشان داد و توزیع بتا به عنوان بهترین تابع توزیع احتمال، برای مدل‌سازی گونه راش در جنگل‌های گیلان (ماسال)، بدست آمد. نتیجه دیگری که از این تحقیق می‌توان استنباط کرد این است که در جنگل‌هایی که تحت دخالت‌های سنتی واقع شده‌اند، توزیع بتا برازش مناسب‌تری را نشان داده است. شاهد این ادعا علاوه بر تحقیق حاضر، برخی تحقیقات انجام شده، مانند برازش مناسب توزیع بتا در بررسی توابع احتمال گونه‌های بلوط در جنگل‌های گلازنی‌شدهٔ زاگرس شمالی (۲۷)، توده‌های طبیعی راش در ارتفاع ۱۲۰۰ متری دامنه جنوبی درفک گیلان واقع در حوزه ۲۱ (۷) و جنگل‌های تنک بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس (۱۷) می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که در باره این موضوع در تحقیقات آتی، بررسی‌های بیشتری انجام شود.

منابع

1. Bailey, R.L. and T.R. Dell. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function, Forest Science, 19: 97-104.
2. Bailey, L.R. 1980. Individual tree growth derived from diameter distribution models, Forest Science, 26: 626-632.
3. Bliss, C.I. and K.A. Reinker. 1964. A lognormal approach to diameter distributions in even-aged stands, Forest Science, 10: 350-360.
4. Brooks, J.R. and H.V. Wiant. 2004. A simple technique for estimating cubic foot volume yields, Forest Ecology and Management, 203: 373-380.
5. Bullock, B.P. and E.L. Boone. 2007. Deriving tree diameter distributions using Bayesian model averaging, Forest Ecology and Management, 242: 127-132.
6. Cao, Q.V. 2004. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. Forest Science, 50: 682-685.
7. Eslami, A.R., B. Karimi, H. Payam and O.K. Derakhshan. 2011. Investigation of the structure and distribution diameter classes models in beech forests of Northern Iran, African Journal of Agricultural Research, 6: 2157-2165.
8. Fallah, A., M. Zobeiri and M.R. Marvie Mohajer. 2006. An appropriate model for distribution of diameter classes of Natural Beech Stands in the Sangdeh & Shastkolateh Forests, Iranian Journal of Forest, 58: 813-821 (In Persian).
9. FAO. 2001. Global forest resources assessment 2000. Main Report. FAO Forestry Paper 140. Rome, 479 pp.
10. Hoorfar, A. 2007. Engineering statistics, course for Ph.D. students of irrigation, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, 120 pp (In Persian).
11. Hosseinzadeh, J., M. Namiranian, M.R. Marvi Mohajer and Gh. Zahedi Amiri. 2004. Structure of Less Degraded Oak Forests in Illam Province (Southwest Iran), Iranian Journal of Natural Resources, 57: 75-90 (In Persian).
12. Johnson, E. 2000. Forest Sampling Desk Reference, CRC Press LLC, 985 pp.
13. Kangas, A.S. 1998. Uncertainty in growth and yield projections due to annual variation of diameter growth, Forest Ecology and Management, 108: 223-230.

14. Knobel, B.R. and H.E. Burkhart. 1991. A bivariate distribution approach to modeling forest diameter distributions at two points in time, Biometrics, 47: 241-253.
15. Mataji, A. 1999. Study on tree distribution in height classes in natural forests. M.Sc. thesis in forestry, Faculty of Natural Recourses, University of Tehran, 76 pp (In Persian).
16. Mattaji, A., S.M. Hojjati and M. Namiranian. 2000. A study of tree distribution in diameter classes in natural forests using probability distributions. Iranian Journal of Natural Resources, 53: 165-173 (In Persian).
17. Mirzaei, M., J. Aziz, A. Mahdavi and A. Mohammad Rad. 2016. Modeling frequency distributions of tree height, diameter and crown area by six probability functions for open forests of *Quercus persica* in Iran, Journal of Forestry Research, 27: 901-906.
18. Mohammadalizadeh, Kh., M. Zobeiri, M. Namiranian, A. Hoorfar and M.R. Marvie Mohajer. 2009. Fitting of diameter distribution using some statistical models (distributions), Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17: 116-124 (In Persian).
19. Mohammadalizadeh, Kh., M. Zobeiri, M. Namiranian, A. Hoorfar and M.R. Marvie Mohajer. 2013. Modeling of height distribution of trees in uneven aged forest stands (Case Study: Gorazbon district of Kheyroud forest), Iranian Journal of Forest and Wood Product (Iranian Journal of Natural Resources), 66: 155-165 (In Persian).
20. Namiranian, M. 1990. Application of probability models in description of distribution of trees in diameter classes. Iranian Journal of Natural Resources, 44: 93-108 (In Persian).
21. 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.
22. Nelson, T.C. 1964. Diameter distribution and growth of loblolly pine, Forest Science, 10: 105-115.
23. 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.
24. Rubin, B.D., P.D. Manion and D.F. Langendoen. 2006. Diameter distributions and structural sustainability in forests, Forest Ecology and Management, 222: 427-438.
25. Sheykholeslami, 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: 283- 290.
26. Siipilehto, J. 2006. Height distribution of Scots pine sapling stands affected by retained tree and edge stand competition. Silva Fennica, 40: 473-486.
27. 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: 333-343 (In Persian).
28. Zheng, L. and X. Zhou. 2010. Diameter distribution of trees in natural stands managed on polycyclic cutting system. Forest studies in China, 12: 21-25.
29. Zwillinger, D. and S. Kokoska. 2000. CRC Standard probability and statistics table and formulae. Chapman & Hall/CRC, 554 pp.

Fitting Tree Height Distributions in Natural Beech Forest Stands of Guilan (Case Study: Masal)

Iraj Hassanzad Navroodi[1] and Ismaeil Moradi Emam Qeysi[2]

1- Associate Professor, University of Guilan (Corresponding author: iraj.hassanzad@gmail.com)
2- Graduated M.Sc. Student, University of Guilan
Received: January 7, 2017 Accepted: April 10, 2017

Abstract

In this research, modeling tree height distributions of beech in natural forests of Masal located in Guilan province, was investigated. Inventory was carried out using systematic random sampling with network dimensions of 150×200 m and area sample plot of 0.1 ha. DBH and heights of 630 beech trees in 30 sample plots were measured. Beta, Gamma, Normal, Log-normal and Weibull probability distribution function were surveyed. Characteristics of distribution functions were estimated by use of maximum likelihood method. Actual probability and probability derived from functions was compared using Kolmogorov-Smirnov and Anderson-Darling tests. Results of Kolmogorov-Smirnov test showed that only Beta probability distribution function was suitable for modeling height distribution of beech; while results of Anderson-Darling tests demonstrated probability distribution functions of Beta, Normal, and Weibull were fitted to the height distribution of trees. Therefore probability distribution function of Beta was selected for modeling height distribution of beech.

Keywords: Beech, Height, Natural forest stands, Masal, Probability distribution