

اثر پذیری ساختار و زی توده روی زمینی جنگل های ماسال استان گیلان از عامل حفاظت

فرشته مرادیان فرد^۱، کامبیز طاهری آبکنار^{۲*}، یعقوب ایران منش^۳ و ابوذر حیدری صفری کوچی^۴

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

پست الکترونیک: Taherikambiz@yahoo.com

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

۴- دانش آموخته دکتری، جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵

چکیده

با ثبت جنگل های هیرکانی در یونسکو و افزایش حساسیت های محیط زیستی، این جنگل ها در وضعیت حفاظتی قرار گرفته اند. پژوهش پیش رو با هدف بررسی اثر حفاظت بر ساختار، زی توده و پراکنش قطری جنگل های راش آمیخته اسالم در استان گیلان انجام شد. دو قطعه حفاظت شده و حفاظت نشده در مجموعه پنج حوزة ۱۲ انتخاب، در هر منطقه ۵۰ قطعه نمونه ۱۰۰۰ متر مربعی با روش تصادفی- منظم اجرا و قطر و ارتفاع تمام درختان در قطعات اندازه گیری شد. پس از محاسبه شاخص های کمی متداول، زی توده روی زمینی درختان در دو توده با استفاده از روابط آلومتریک برآورد شد. همچنین، پراکنش قطری درختان در دو منطقه با استفاده از هشت تابع توزیع احتمال مدل سازی شد. براساس نتایج، میانگین تعداد در هکتار، رویه زمینی و حجم درختان در توده حفاظت نشده به شکل معنی داری کمتر از توده حفاظت شده بود. زی توده منطقه حفاظت نشده نیز ۷۵/۲۵ تن در هکتار کمتر از منطقه حفاظت شده به دست آمد. از میان توابع توزیع مورد استفاده، توابع جانسون و بتا در توده حفاظت شده و جانسون و گاما در توده حفاظت نشده بهترین برازش را با پراکنش قطری درختان نشان دادند. نتایج این پژوهش نشان داد، حفاظت بر ساختار زی توده و پراکنش قطری درختان مؤثر است و نبود حفاظت بیشترین اثر منفی را بر درختان کم قطر داشته است.

واژه های کلیدی: پراکنش قطری، توابع توزیع، توده حفاظت شده، جنگل های هیرکانی، روابط آلومتریک.

مقدمه

و کیفی جنگل، در شرایطی که در جنگل دخالت روی داده، با شرایطی که جنگل مورد حفاظت بوده، شرایط متفاوتی خواهند داشت (Svátek & Matiola, 2015). از جمله ویژگی های اثرپذیر از آشفتگی های طبیعی و انسانی می توان ساختار جنگل را نام برد. ساختار جنگل، نظم مکانی افقی و عمودی درختان در بازه ای از زمان است که تمامیت و ثبات بوم شناختی جنگل را تا حد زیادی تعیین

همگام با تغییر نگرش جامعه جهانی نسبت به جنگل های طبیعی، توسعه دانسته ها در مورد ساختار و وضعیت کمی و کیفی این توده ها مورد توجه پژوهشگران و متولیان جنگل در سراسر جهان قرار گرفته و اهمیت حفاظت از جنگل ها را برجسته تر کرده است (Angelstam et al., 2018; Nüchel et al., 2020). آنچه مسلم است، شاخص های مختلف کمی

برآوردی مانند استفاده از معادلات رگرسیونی با عنوان معادلات آلومتریک اندازه‌گیری یا برآورد می‌شود (Oliveira *et al.*, 2018).

همسو با موضوع پژوهش پیش‌رو، مطالعاتی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. از جمله Chen و همکاران (۲۰۱۹) به مدل‌سازی توزیع قطری گونه *Cunninghamia lanceolata* در جنگل‌های کشور چین با استفاده از دو مدل وایبول و مدل حداکثر آنتروپی (Maximum Entropy) پرداختند. نتایج آنان نشان داد که دقت مدل حداکثر آنتروپی نسبت به مدل وایبول بیشتر است. در مطالعه‌ای دیگر، Bouriaud و همکاران (۲۰۱۹) با مقایسه زی‌توده روی‌زمینی در جنگل‌های حفاظت‌شده و مدیریت‌شده رومانی دریافتند که مجموع زی‌توده جنگل‌های مدیریت‌شده به شکل معنی‌داری بیشتر از توده‌های حفاظت‌شده است. همچنین، Negahdar Saber و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر قرق بر ساختار جنگلی دو منطقه حفاظت‌شده و حفاظت‌نشده در منطقه ده‌کهنه سپیدان فارس پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد، قرق جنگل ده‌کهنه به مدت نزدیک به نیم قرن موجب بهبود کیفیت و کمیت ساختاری جنگل شده است. Ghanbari و همکاران (۲۰۱۸) ویژگی‌های کمی و ساختار گونه‌های درختی را در دو وضعیت متفاوت حفاظتی در جنگل‌های ارسباران بررسی کردند. براساس نتایج مطالعه آنان، حفاظت بلندمدت موجب افزایش دامنه طبقات قطری در این مناطق شده بود. Alijani و همکاران (۲۰۲۰) مدل‌های قطر و ارتفاع را در مراحل تحولی مختلف جنگل‌های مدیریت‌نشده راش خیرود بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان‌دهنده مناسب بودن مدل‌های تابع نسبی و وایبول در مرحله اولیه، نمایی اصلاح شده در مرحله بلوغ و گومپرتز و ریچارد در مرحله پوسیدگی بود.

با ثبت جهانی جنگل‌های هیرکانی در یونسکو بر اهمیت شناخت ویژگی‌های کمی و کیفی این جنگل‌ها افزوده شده است. براساس گزارش Mirakhorlou و Akhavan (۲۰۱۷) بخش مهمی از جنگل‌های هیرکانی، برابر ۴۹۸۸۰۴ هکتار جنگل در استان گیلان واقع شده است. با توجه به روند

می‌کند (Kuusinen *et al.*, 2016; Svátek & Matiola, 2015). ساختار جنگل علاوه بر این که بر پویایی، رشد و محصول‌دهی توده اثر می‌گذارد، از مداخله انسانی آثار تأثیر می‌پذیرد (Farhadi & Soosani, 2019). گونه‌های مختلف با توجه به سرشت بوم‌شناختی خود، الگوهای رشد متفاوتی را نشان می‌دهند که در شکل‌گیری ساختار جنگل نقش اساسی دارند (Abera *et al.*, 2019). همچنین، ساختار جنگل به‌نحوی از توزیع قطری درختان اثر می‌پذیرد و بررسی پراکنش قطری درختان نیز خود با استفاده از توابع توزیع احتمال بررسی می‌شود. 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 گیاهیست (Heidari *et al.*, 2020). در نتیجه انتخاب تابع برتر، تعیین بهترین توزیع آماری و برآورد پارامترهای آن از مهمترین مباحث در استفاده از توابع توزیع احتمال در علوم جنگل است (Sedighi *et al.*, 2021). کاربردهای گوناگونی برای این نوع مدل‌سازی‌ها قابل تصور است. از جمله به‌دست آوردن منحنی تعادل، بررسی تغییرات ساختار توده در اثر دخالت‌های انسانی یا طبیعی، شبیه‌سازی به کمک اعداد تصادفی و اجرای آزمون مونت‌کارلو و تعیین تابع چگالی احتمال از کاربردهای این مدل‌سازی‌هاست (Johnson, 2010; Chen *et al.*, 2019).

علاوه بر ساختار و پراکنش قطری درختان، شاخص‌های مهم دیگری نیز وجود دارند که در ارزش‌گذاری و تقویت جنبه‌های حفاظتی و حمایتی جنگل اثرگذار هستند. یکی از مهمترین این شاخص‌ها زی‌توده جنگل است که با توجه به تغییرات اقلیمی رخ داده در دهه‌های اخیر و نقش زی‌توده جنگل‌ها در برآورد ترسیب کربن اتمسفری به‌عنوان عامل اصلی تغییرات یادشده، مورد توجه ویژه قرار گرفته است (Iranmanesh *et al.*, 2019). امروزه برآورد زی‌توده به‌عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی رویشگاه‌های جنگلی از نظر زیست‌شناختی و اقتصادی در نظر گرفته شده و با روش‌های مخربی مانند قطع کامل درختان، یا روش‌های

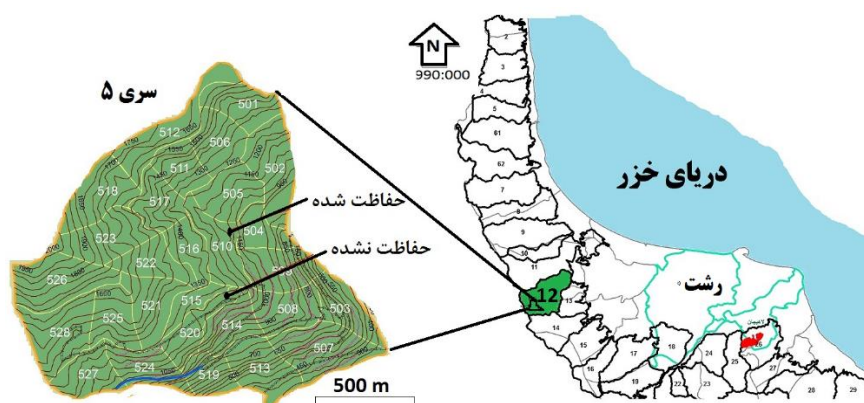
متوسط بارندگی سالانه منطقه، ۱۰۰۳/۱۷ میلی متر و میانگین دمای سالانه، ۱۴/۶ درجه سانتی گراد و متأثر از اقلیم خزری است. ساخت زمین شناسی منطقه را سنگ های آهکی و توده های خروجی بازیک تشکیل می دهد و تیپ خاک هر دو منطقه، قهوه ای آهکی با افق کلسیک و بافت لومی تا لومی - شنی است. دو پارسل در مجاورت یکدیگر و از نظر فیزیوگرافی شرایط مشابهی دارند. پوشش درختی غالب هر دو منطقه راش (*Fagus orientalis* Lipsky) است، پس از آن بیشترین تراکم درختی مربوط به گونه های ممرز و توسکا است. توده حفاظت شده از اوایل دهه ۸۰ به طور کامل با سیم خاردار محصور و حفاظت شده است. همچنین، نظارت میدانی و نگهبانی از این منطقه انجام شده است (Ebrahimi & Pourbabaei, 2013).

حفاظتی کنونی این جنگل ها، هدف از پژوهش پیش رو بررسی اثر حفاظت بر ویژگی های ساختاری و زی توده روی زمینی در جنگل های غرب منطقه ماسال است که منجر به یک تحلیل کمی دقیق از نقش حفاظت بر عملکرد این توده های جنگلی خواهد شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش رو در دو پارسل ۵۱۰ (حفاظت شده) و پارسل ۵۲۰ (حفاظت نشده) از سری ۵ ماسال با مختصات ۴۹ درجه و ۲ دقیقه و ۱ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه و ۱۹ ثانیه طول جغرافیایی شرقی و ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه و ۲۰ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۱۴ دقیقه و ۱ ثانیه عرض جغرافیایی شمالی واقع در استان گیلان انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در جنگل های ماسال استان گیلان

روش پژوهش

از توده های مورد مطالعه به روش تصادفی - منظم با قطعات نمونه دایره ای شکل ۱۰۰۰ متر مربعی و با شبکه ای به ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر در منطقه حفاظت نشده و ۱۳۰ × ۱۰۰ متر در منطقه حفاظت شده نمونه برداری شد. در هر منطقه، ۵۰ قطعه نمونه پیاده شد و در آنها قطر برابر سینه و ارتفاع کل درختان اندازه گیری و در فرم های آماربرداری

ثبت شد.

برای دستیابی به مهمترین شاخص های کمی توصیف کننده توده های مورد بررسی، میانگین تعداد در هکتار، قطر رویه زمینی متوسط، رویه زمینی و حجم در هکتار درختان مورد بررسی با استفاده از روابط مندرج در جدول (۱) محاسبه و مقایسه شد.

جدول ۱- روابط مورد استفاده در محاسبه شاخص‌های کمی درختان در توده‌های مورد مطالعه (Zobeiri, 2002)

مشخصه	رابطه	مؤلفه‌های رابطه
تعداد در هکتار	$N = \frac{h}{a} \times c$	N: تعداد در هکتار، h: یک هکتار، a: سطح قطعه نمونه به هکتار و c: تعداد درختان شمارش شده در قطعه نمونه
قطر رویه زمینی متوسط (cm)	$d\bar{g} = \sqrt{\frac{4 \times \bar{g}}{\pi}}$	d \bar{g} : قطر رویه زمینی متوسط، \bar{g} : رویه زمینی متوسط به سانتی متر مربع
میانگین ارتفاع (m)	$\bar{h} = \sum \frac{hi}{n}$	\bar{h} : میانگین ارتفاع توده، hi: ارتفاع هر درخت بر حسب متر، n: تعداد درختان
میانگین رویه زمینی (m ²)	$G = \sum f_i g_i = \frac{\pi}{4} \sum f_i d_i^2$	G: رویه زمینی توده به مترمربع، gi: رویه زمینی هر درخت به سانتی متر مربع di: قطر برابر سینه هر درخت به سانتی متر، عدد π برابر با ۳/۱۴
میانگین حجم (m ³)	$V = \sum g * h * f$	V: حجم درختان در توده g: رویه زمینی، h: ارتفاع درخت و f ضریب شکل تنه درخت (۰/۴۸ برای راش (Amini et al., 2007) و ۰/۵ برای سایر گونه‌ها)

با استفاده از روابط مندرج در جدول ۲، زی توده روی زمینی گونه‌های مورد مطالعه در سطح قطعات نمونه برآورد و به هکتار تعمیم داده شد. در مورد سایر گونه‌ها که درصد ناچیزی از درختان را تشکیل می‌دادند، به دلیل محدود بودن تعداد و نبود معادلات مرتبط، از رابطه عمومی زی توده که در مورد بیشتر گونه‌های درختی با دقت متوسط به بالا عمل می‌کند، استفاده شد (Kargar & Sohrabi, 2019).

برای تعیین موقعیت توده‌های حفاظت شده و حفاظت نشده، ابتدا درختان از نظر قطر به سه طبقه کم قطر (قطر برابر سینه کمتر از ۳۵ سانتی متر)، میان قطر (قطر برابر سینه بین ۳۵ تا ۵۵ سانتی متر) و قطور (قطر برابر سینه بیشتر از ۵۵ سانتی متر) تفکیک و درصد هر طبقه محاسبه شد (Viellard, 2000). برآورد زی توده روی زمینی

جدول ۲- روابط مورد استفاده در محاسبه زی توده درختان در توده‌های مورد مطالعه

گونه	رابطه آلومتریک	توضیحات	منبع
راش	$ABG = 0.353(DBH)^{2.191}$	AGB: زی توده روی زمینی	(Shahrokhzadeh, 2015)
ممرز	$ABG = 4.046(DBH)^{1.599}$		(Shahrokhzadeh, 2015)
توسکا	$ABG = -3.09 + 1.32 \ln DBH$	DBH: قطر برابر سینه	(Ochal, 2013)
سایر گونه‌ها	$ABG = 0.3 (DBH)^{2.33}$		(Kargar & Sohrabi, 2019)

پرکاربردترین توابع توزیع احتمال شامل گاما، بتا، جانسون، لجستیک، نرمال، لگ نرمال، نمایی و وایبول انجام شد (جدول ۳).

مدل‌سازی پراکنش قطری درختان در ادامه، مدل‌سازی پراکنش قطری درختان در مناطق حفاظت شده و حفاظت نشده با به کارگیری

جدول ۳- توابع توزیع احتمال مورد بررسی و مشخصه های آنها

مؤلفه های رابطه	رابطه	تابع
پارامتر پیوسته شکل α : پارامتر پیوسته β : مقیاس	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right]$	وایبول
پارامتر α_1 و α_2 : پیوسته شکل پارامتر پیوسته a و b : مرزی	$f(x) = \frac{(x-a)^{\alpha_1-1} (b-x)^{\alpha_2-1}}{\beta(\alpha_1, \alpha_2)(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}}$	بتا
پارامتر پیوسته مکان γ : پارامتر δ ($\delta > 0$): پیوسته شکل	$f(x) = \frac{\delta \lambda}{\sqrt{2\pi(x-\xi)(\xi+\lambda-x)}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \ln\left(\frac{x-\xi}{\xi+\lambda-x}\right)\right]^2\right\}$	جانسون
پارامتر پیوسته شکل α : پارامتر پیوسته β : مقیاس	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)$	گاما
پارامتر پیوسته σ : مقیاس پارامتر پیوسته مکان μ :	$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad -\infty < x < \infty \quad -\infty < \mu < \infty \quad \sigma > 0$	نرمال
پارامترهای شکل σ, μ : پیوسته	$f(x) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-\gamma)-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}{(x-\gamma)\sigma\sqrt{2\pi}}$	لگ نرمال
پارامتر پیوسته λ : مقیاس معکوس	$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x}{\lambda}}, \quad 0 \leq x < \infty$	نمایی
پارامتر پیوسته α, β : شکل و مقیاس پارامتر پیوسته مکان γ :	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right)^{-2}$	لجستیک

قطری درختان از نرم افزار Easy Fit Professional 5.5 استفاده شد. محاسبات مربوط به زی توده و رسم نمودارها در فضای نرم افزار Excel و مقایسه های آماری پژوهش در محیط نرم افزار SPSS22 انجام شد.

نتایج

شاخص های کمی توده

آمار توصیفی شاخص های کمی توده های مورد بررسی نشان دهنده بیشتر بودن تعداد در هکتار، میانگین رویه زمینی و میانگین حجم در هکتار توده حفاظت شده نسبت به توده حفاظت نشده بود. همچنین، اختلاف معنی داری بین قطر رویه زمینی متوسط و ارتفاع درختان بین توده های مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۴).

در نهایت، بررسی نیکویی برازش توابع توزیع مورد استفاده با استفاده از آزمون های مربع کای (X^2)، اندرسون-دارلینگ (A.D) و کولموگروف-اسمیرنوف (K.S) انجام شد و توابع از نظر نیکویی برازش با پراکنش قطری درختان رتبه بندی شدند.

تجزیه و تحلیل داده ها

نرمال بودن داده ها و همگنی واریانس آنها به ترتیب با آزمون های کولموگروف-اسمیرنوف و لون (Leven) سنجیده شد و با توجه به نرمال بودن داده ها از آزمون t مستقل برای مقایسه معنی داری اختلاف میانگین تمامی مشخصه های کمی درختان در دو توده حفاظت شده و حفاظت نشده استفاده شد. همچنین، برای مدل سازی پراکنش

جدول ۴- آمار توصیفی مهمترین شاخص های کمی توده های مورد بررسی

توده	مشخصه	میانگین	انحراف معیار	اشتباه معیار
حفاظت شده	تعداد در هکتار	۲۰۸ ^a	± ۶۲/۷۶	± ۸/۸۷
	قطر رویه زمینی متوسط (cm)	۵۰/۲۵ ^a	± ۱۱/۸۳	± ۱/۶۸
	ارتفاع (m)	۲۲/۳۵ ^a	± ۳/۵۷	± ۰/۴۸
	رویه زمینی (m ²)	۳۹/۶۸ ^a	± ۱۹/۴۸	± ۲/۷۵
	حجم (m ³)	۵۳۰/۲۵ ^a	± ۲۷۵/۵۸	± ۳۸/۹۷
حفاظت نشده	تعداد در هکتار	۱۲۹ ^b	± ۲۶/۷۷	± ۳/۷۸
	قطر رویه زمینی متوسط (cm)	۵۵/۰۳ ^a	± ۹/۳۱	± ۱/۳۲
	ارتفاع (m)	۲۱/۱۶ ^a	± ۳/۴۱	± ۰/۲۵
	رویه زمینی (m ²)	۳۰/۷۶ ^b	± ۱۰/۱۶	± ۱/۴۳
	حجم (m ³)	۴۱۱/۳۲ ^b	± ۱۷۴/۸۴	± ۲۴/۷۲

حروف انگلیسی متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین های دو توده است.

طبقات ساختاری

نتایج طبقه بندی قطری درختان در توده های مورد مطالعه به سه گروه کم قطر، میان قطر و قطور نشان دهنده کاهش درصد درختان طبقه کم قطر و افزایش درصد درختان طبقه

قطور در توده حفاظت نشده بود. از نظر درصد درختان میان قطر، بین دو توده اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۵).

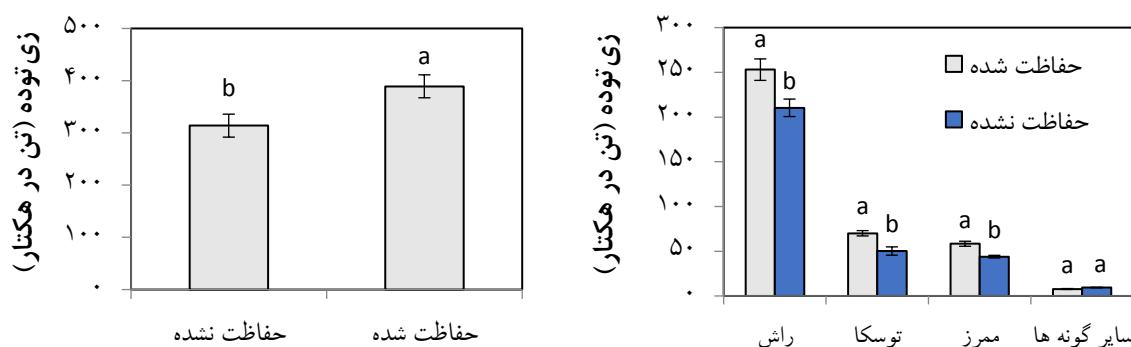
جدول ۵- طبقه بندی قطری درختان در توده های مورد مطالعه به سه گروه کم قطر، میان قطر و قطور

فراوانی (درصد)			
توده	کم قطر (<۳۵ سانتی متر)	میان قطر (۳۵-۵۰ سانتی متر)	قطور (>۵۵ سانتی متر)
حفاظت شده	۴۱/۴۰ ^a	۲۹/۵۳ ^a	۲۹/۰۵ ^a
حفاظت نشده	۳۳/۴۳ ^b	۲۹/۴۱ ^a	۳۷/۱۵ ^b

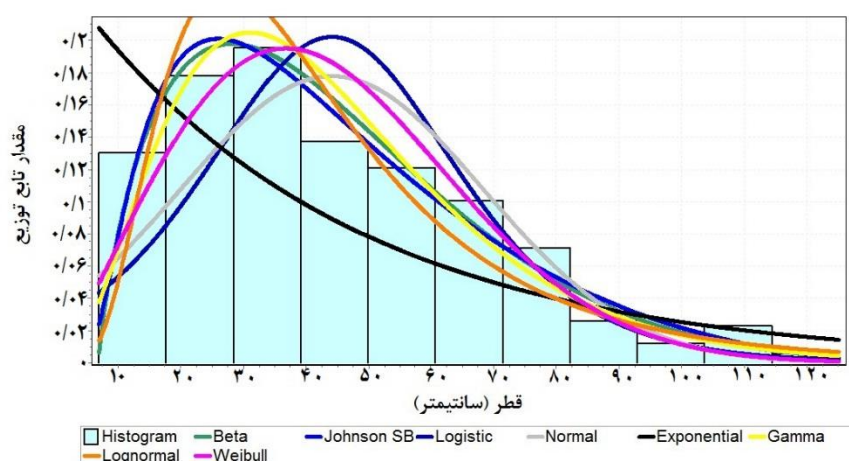
زی توده

براساس نتایج، زی توده روی زمینی کل درختان در توده حفاظت شده ۳۸۹/۲۱ تن در هکتار و در توده حفاظت نشده ۳۱۳/۹۵ تن در هکتار برآورد شد که از نظر آماری این اختلاف معنی دار بود (شکل ۲). همچنین، برآورد زی توده روی زمینی مناطق مورد مطالعه به تفکیک گونه های درختی

نشان داد، راش به ترتیب با ۲۵۲/۹۸ و ۲۱۰/۵۴ تن در هکتار، بیشترین زی توده روی زمینی را در مناطق حفاظت شده و حفاظت نشده داشت. پس از راش، بیشترین زی توده روی زمینی مربوط به گونه های توسکا و ممرز بود و سایر گونه ها کمتر از ۵ درصد زی توده کل روی زمینی دو منطقه را به خود اختصاص داده بودند (شکل ۲).



شکل ۲- میانگین زی توده برآورد شده برای دو توده مورد بررسی با استفاده از معادلات آلومتریک (راست) و زی توده روی زمینی مناطق مورد مطالعه به تفکیک گونه (چپ)



شکل ۳- برازش پراکنش قطری درختان در توده حفاظت شده با استفاده از توابع توزیع احتمال

پراکنش قطری

نمودار برازش پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌شده با استفاده از توابع توزیع احتمال، نشان‌دهنده تطابق بهتر نمودارهای چوله به راست با پراکنش قطری درختان در توده مورد مطالعه بود (شکل ۳).

همچنین، با توجه به نتایج آزمون‌های مختلف نیکویی برازش، توابع جانسون و بتا، بهترین برازش را با پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌شده نشان دادند. تابع نمایی ضعیف‌ترین نتایج را در برازش پراکنش قطری درختان در این توده نشان داد (جدول ۶).

نمودار برازش پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌نشده

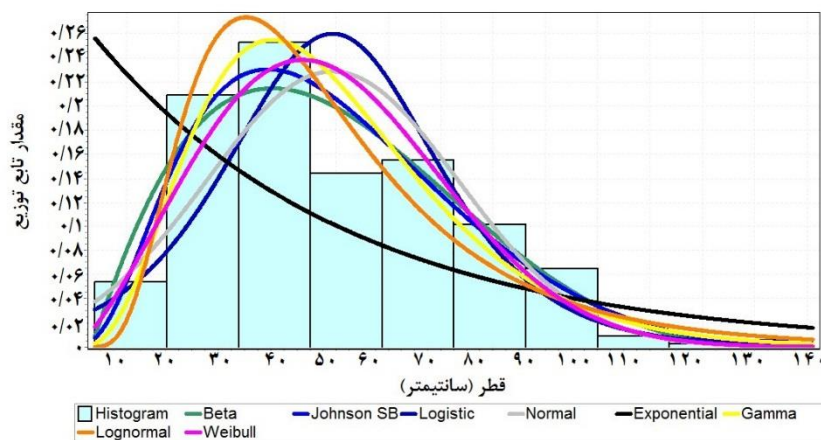
نیز با استفاده از توابع توزیع احتمال نشان‌دهنده تطابق بهتر نمودارهای چوله به راست با پراکنش قطری درختان بود، اما این منحنی نسبت به توده حفاظت‌شده کشیدگی کمتری را نشان داد (شکل ۴).

همچنین، با توجه به نتایج آزمون‌های مختلف نیکویی برازش، توابع جانسون، گاما و بتا به ترتیب بهترین برازش را با پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌نشده نشان دادند. تابع نمایی و لجستیک ضعیف‌ترین نتایج را در برازش پراکنش قطری درختان در این توده نشان دادند (جدول ۷).

جدول ۶- نتایج آزمون نیکویی برازش پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌شده

شماره	تابع	کولموگروف-اسمیرنوف		اندرسون-دارلینگ		مریع‌کای	
		رتبه	آماره	رتبه	آماره	رتبه	آماره
۱	بتا	۲	۰/۰۵۵۹۵ ^{ns}	۲	۲/۸۰۶۷ ^{ns}	۲	۵۱/۲۵۳ ^{ns}
۲	نمایی	۸	۰/۲۴۸۲۶ ^{**}	۸	۹۸/۷۹۹ ^{**}	۸	۴۰۹/۹۷ ^{**}
۳	گاما	۴	۰/۰۶۵۳۹ ^{ns}	۴	۴/۲۹۹۳ ^{ns}	۴	۶۸/۵۰۷ [*]
۴	جانسون	۱	۰/۰۴۷۸۳ ^{ns}	۱	۲/۴۰۶۲ ^{ns}	۱	۲۸/۰۴۶ ^{ns}
۵	لجستیک	۷	۰/۱۱۲۹۸ [*]	۷	۱۸/۵۵۵ [*]	۷	۷۶/۷۷۲ [*]
۶	لگ نرمال	۳	۰/۰۶۳۵۹ ^{ns}	۴	۶/۹۹۵۱ ^{ns}	۴	۹۳/۴۹۵ [*]
۷	نرمال	۶	۰/۰۹۹۹۸ [*]	۶	۱۵/۸۳۳ [*]	۶	۷۵/۹۸۹ [*]
۸	وایبول	۵	۰/۰۷۳۳۳ ^{ns}	۵	۹/۰۷۱۱ [*]	۵	۵۶/۲۹۶ ^{ns}

** : اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * : اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ^{ns} : غیر معنی‌دار



شکل ۴- برازش پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌نشده با استفاده از توابع توزیع احتمال

مؤلفه‌های مربوط به توابع توزیع مورد استفاده به خلاصه شده است. تفکیک مناطق حفاظت شده و حفاظت نشده در جدول ۸

جدول ۷- نتایج آزمون نیکویی برازش پراکنش قطری درختان در توده حفاظت نشده

مربع کای		اندرسون- دارلینگ		کولموگروف- اسمیرنوف		تابع توزیع	شماره
رتبه	آماره	رتبه	آماره	رتبه	آماره		
۲	۲۰/۹۸۵ ^{ns}	۳	۴/۲۵۵۲ ^{ns}	۴	۰/۰۷۶۶۵ ^{ns}	بتا	۱
۸	۳۹۲/۸۲ ^{**}	۸	۷۶/۳۷۴ ^{**}	۸	۰/۲۵۳۶۹ ^{**}	نمایی	۲
۳	۲۷/۰۶ ^{ns}	۲	۳/۷۴۴۸ ^{ns}	۱	۰/۰۵۰۲ ^{ns}	گاما	۳
۱	۱۲/۷۵۵ ^{ns}	۱	۱/۸۹۹۸ ^{ns}	۲	۰/۰۵۵۳۹ ^{ns}	جانسون	۴
۷	۶۵/۷۴۴ [*]	۷	۱۰/۹۳۶ [*]	۷	۰/۱۰۰۶۲ [*]	لجستیک	۵
۶	۶۰/۹۰۸ [*]	۴	۴/۶۸۰۶ ^{ns}	۵	۰/۰۸۲۵۸ ^{ns}	لگ نرمال	۶
۵	۵۹/۲۳۴ [*]	۶	۷/۲۴۷ [*]	۶	۰/۰۹۰۲۳ [*]	نرمال	۷
۴	۴۲/۰۲۱ ^{ns}	۵	۴/۷۴۲۹ ^{ns}	۳	۰/۰۷۰۴ ^{ns}	وایبول	۸

** : اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * : اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ^{ns} : غیر معنی دار

جدول ۸- مؤلفه‌های توابع توزیع مورد استفاده به تفکیک مناطق حفاظت شده و حفاظت نشده

مؤلفه‌های توزیع		تابع توزیع	شماره
حفاظت نشده	حفاظت شده		
$\alpha_1=۲/۰۷۵۳$ $\alpha_2=۴/۱۹۴۱$ $a=۳/۲$ $b=۱۴۱/۰$ $\lambda=۰/۰۲۰۲۶$	$\alpha_1=۱/۸۱۶۵$ $\alpha_2=۷/۶۴۱۴$ $a=۶/۸۷۳۱$ $b=۲۰۱/۲۴$ $\lambda=۰/۰۲۲۶۵$	بتا	۱
$\alpha=۴/۲۵۹۵$ $\beta=۱۱/۵۸۶$ $\gamma=۱/۱۹۹۳$ $\delta=۱/۳۵۹۸$ $\lambda=۱۶۵/۲۹$ $\xi=-۲/۲۵۶$	$\alpha=۳/۳۶۳۷$ $\beta=۱۳/۱۲۸$ $\gamma=۱/۲۵۷$ $\delta=۱/۰۹۴۹$ $\lambda=۱۴۸/۸۴$ $\xi=۳/۵۸۴۹$	گاما	۳
$\sigma=۱۳/۱۸۳$ $\mu=۴۹/۳۵$	$\sigma=۱۳/۲۷۴$ $\mu=۴۴/۱۵۹$	جانسون	۴
$\sigma=۰/۵۳۰۱۴$ $\mu=۳/۷۷۰۳$	$\sigma=۰/۵۷۲۶$ $\mu=۳/۶۳۳$	لجستیک	۵
$\sigma=۲۳/۹۱۱$ $\mu=۴۹/۳۵$	$\sigma=۲۴/۰۷۷$ $\mu=۴۴/۱۵۹$	لگ نرمال	۶
$\alpha=۲/۳۴۷$ $\beta=۵۵/۲۹۹$	$\alpha=۲/۱۳۹۶$ $\beta=۴۹/۴۲۳$	نرمال	۷
		وایبول	۸

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان‌دهنده آثار به‌نسبت محسوس حفاظت بر شاخص‌های کمی جنگل‌های منطقه مورد مطالعه بود. آمار توصیفی توده‌های مورد بررسی نشان‌دهنده بیشتر بودن تعداد در هکتار، میانگین رویه زمینی و میانگین حجم در هکتار توده حفاظت‌شده نسبت به توده حفاظت‌نشده بود. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین قطر رویه زمینی متوسط و ارتفاع درختان بین توده‌های مورد بررسی مشاهده نشد. در نتیجه می‌توان گفت دست‌اندازی‌های انسانی در منطقه حفاظت‌نشده که باعث کاهش تعداد در هکتار و موجودی حجمی آن شده، قابل استنباط است (Naqinezhad *et al.*, 2010)، هرچند که به‌نظر می‌رسد ۲۰ سال حفاظت به‌اندازه‌ای نیست که بتواند ساختار توده را کاملاً تحت تأثیر قرار دهد و برای مشاهده تفاوت‌های بارز، مدت زمان حفاظت باید بیشتر شود. میانگین ارتفاع درختان معمولاً از تغییرات ترکیب توده اثر نمی‌پذیرد و کاهش درختان کم‌قطر در توده حفاظت‌نشده باعث افزایش درصد درختان قطور و افزایش قطر رویه زمینی متوسط این توده شد که با نتایج مطالعه Rezaei Sangdehi (۲۰۱۶) در استان مازندران مطابقت دارد. همچنین، کاهش تراکم درختان کم‌قطر در توده حفاظت‌نشده باعث شده که این توده در طبقه کم‌قطر - قطور قرار گرفته و توده حفاظت‌نشده در طبقه نامنظم قرار گیرد. براین‌اساس، توده حفاظت‌نشده از نظر مراحل تکاملی توده یک مرحله به جنگل کهن‌سال (قطور) نزدیک شده است، در حالی که کاهش تراکم درختان کم‌قطر، آینده این توده را با خطر مواجه کرده است. در این مورد، Abera و همکاران (۲۰۱۹) در جنگل‌های آفریقا به نتایج مشابهی دست یافتند. مطابق با نتایج مطالعه Rezvani و Hashemzadeh (۲۰۱۳) عدم حفاظت از جنگل به‌طور عمومی موجب چرای مؤثر دام و از بین رفتن نهال‌ها می‌شود که چرای دام در این مطالعه نیز موجب از بین رفتن نهال‌ها و کاهش درختان کم‌قطر در جنگل شده است. علاوه‌براین، قطع و برداشت درختان توسط روستاییان و سوداگران چوب بر شدت این موضوع افزوده است که با نتایج مطالعه Svátek و Matiola

(۲۰۱۵) همخوانی دارد. نتایج مطالعات Negahdar Saber و همکاران (۲۰۱۷) آثار مثبت حفاظت از جنگل‌های گل‌ابی وحشی سپیدان استان فارس در افزایش تعداد در هکتار و سایر شاخص‌های کمی این جنگل‌ها را نسبت به مناطق حفاظت‌نشده اثبات کرد که با نتایج پژوهش پیش‌رو مطابقت دارد. همچنین، در مطالعه Fallahchai و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی آثار حفاظت بر ساختار جنگل‌های ناو اسالم پرداخته شد که براساس نتایج آنان تعداد در هکتار، رویه زمینی، موجودی حجمی و تراکم زادآوری در توده حفاظت‌نشده به شکل معنی‌داری کمتر از توده حفاظت‌شده بود که دلیل آن دخالت انسانی و حضور دام اعلام شد.

براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، زی‌توده روی زمینی کل درختان در توده حفاظت‌شده ۳۸۹/۲۱ تن در هکتار و در توده حفاظت‌نشده با ۳۱۳/۹۵ تن در هکتار برآورد شد. این موضوع نشان‌دهنده آثار مثبت حفاظت بر حفظ زی‌توده روی زمینی است که با نتایج مطالعه Oliveira و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. با توجه به نتایج مطالعه Iranmanesh و همکاران (۲۰۱۹) نزدیک به ۵۰ درصد زی‌توده چوب را کربن تشکیل می‌دهد. بنابراین، کاهش زی‌توده حفاظت‌نشده را می‌توان به‌مثابه انتشار کربن دانست. این اختلاف هم می‌تواند ناشی از کاهش تعداد در هکتار و هم ناشی از کاهش قطری درختان باشد (Sedighi *et al.*, 2021). با توجه به عدم اختلاف محسوس در میانگین قطر رویه زمینی و باقی ماندن درصد بیشتری از درختان قطور در توده حفاظت‌نشده، کاهش تعداد در هکتار را می‌توان عامل اصلی کاهش زی‌توده منطقه حفاظت‌نشده دانست. Bragg (۲۰۱۱) با بررسی زی‌توده کاج تدا در آرکانزاس ایالات‌متحده دریافت که میانگین زی‌توده درختان در طبقه قطری ۳۵ سانتی‌متر بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم برای هر درخت است و با توجه به شدت تنک کردن یا برداشت درختان زی‌توده این گونه کاهش می‌یابد. همچنین، در پژوهش پیش‌رو، در بین گونه‌های مورد مطالعه، راش با ۲۵۲ تن در هکتار بیشترین زی‌توده را به خود اختصاص داد و پس از آن گونه‌های توسکا و ممرز قرار داشتند که

منابع مورد استفاده

- Abera, T.A., Heiskanen, J., Pellikka, P., Rautiainen, M. and Maeda, E.E., 2019. Clarifying the role of radiative mechanisms in the spatio-temporal changes of land surface temperature across the horn of Africa. *Remote Sensing Enviroment*, 221: 210-224.
- Alijani, V., Namiranian, M., Feghhi, J., Bozorg-Haddad, O. and Etemad, V., 2020. Investigation of Height-Diameter Models in Different Development Stages of Unmanaged Beech Forest (Case Study: Educational and research forest of Kheirud). *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(12): 125-134.
- Amanzadeh, B., Sagheb-Talebi, K., Fadaei Khoshkebijari, F., Khanjani Shiraz, B. and Hemmati, A., 2011. Evaluation of different statistical distributions for estimation of diameter distribution within forest development stages in Shafaroud beech stands. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(2): 267-254.
- Amini, M., Namiranian, M., Sagheb Talebi Kh., Parsapajouh, D. and Amini, R., 2007. Trunk morphology of beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) on biometrical and silvicultural criteria (Case study: Haftkhal forest, Sari, north of Iran). *Iranian journal Natural Resources*, 60(3): 843-858.
- Angelstam, P., Naumov, V., Elbakidze, M., Manton, M., Priednieks, J. and Rendenieks, Z., 2018. Wood production and biodiversity conservation are rival forestry objectives in Europe's Baltic Sea Region. *Ecosphere*, 9: 1-26.
- Bouriaud, O., Don, A., Janssens, I.A., Marin, G. and Schulze, ED., 2019. Effects of forest management on biomass stocks in Romanian beech forests. *Forest Ecosystems*, 6: 19.
- Bragg. D.C., 2011. Modeling loblolly pine aboveground live biomass in a mature pine-hardwood stand: A cautionary tale. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 65: 31-38.
- Chen, Y., Wu, B. and Min, Zh., 2019. Stand diameter distribution modeling and prediction based on maximum entropy principle. *Forests*, 10(859): 1-18.
- Ebrahimi, S.S. and Pourbabaei, H., 2013. Effect of conservation on spatial pattern of dominant trees in beech (*Fagus Orientalis* Lipsky) communities, (Case study: Masal, Guilan). *Iranian Journal of Apply Ecology*, 2(4): 13-24.
- Fallahchai, M.M., Kalantari Cherodeh, KH. and Payam, H., 2011. Comparison of quantitative characteristics of natural forest stands in conserved and non-conserved areas (Case study in the forests of Nav-Asalem). *Biological Science*, 5(4): 113-121.
- Farhadi, P. and Soosani, J., 2019. Analysis of different type's structure in Nave Asalem-Gilan forests by
- براساس نتایج مطالعه Vahedi (۲۰۱۶) دلیل آن احتمالاً به غالب بودن راش و دانسیته بیشتر چوب این گونه مربوط است.
- براساس آزمون‌های مختلف نیکویی برازش، توابع جانسون و بتا بهترین برازش را با پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌شده و توابع جانسون، گاما و بتا بهترین برازش را با پراکنش قطری درختان در توده حفاظت‌نشده نشان دادند. براساس گزارش Wang و Rennolls (۲۰۰۵)، دلیل جایگزینی تابع گاما به جای بتا در توده حفاظت‌نشده را می‌توان به کاهش درختان کم‌قطر و کشیدگی عمودی بیشتر نمودار توزیع قطری درختان در توده حفاظت‌نشده مربوط دانست. تابع جانسون در هر دو مورد برازش مناسبی با پراکنش قطری درختان نشان داد که با نتایج مطالعه Mateus و Tome (۲۰۱۱) در کشور پرتغال مطابقت دارد. Amanzadeh و همکاران (۲۰۱۱) توزیع‌های مختلف آماری برای برآورد پراکنش قطری توده‌های جنگلی راش شفارود را بررسی و بیان کردند، در مرحله میان‌قطر توابع توزیع جانسون و بتا برازش مناسبی با پراکنش قطری توده‌های آمیخته راش دارند که با نتایج پژوهش پیش‌رو مطابقت دارد.
- در مجموع، نتایج پژوهش پیش‌رو نشان‌دهنده افت شاخص‌های کمی جنگل حفاظت‌نشده در منطقه ماسال بود. عدم حفاظت توده سبب تغییر ساختار جنگل در اثر از بین رفتن درختان کم‌قطر و به خطر افتادن آینده جنگل می‌شود. در اثر این تغییر، زی توده روی زمینی توده حفاظت‌نشده نیز کاهش معنی‌داری داشته و پراکنش قطری این توده دچار اختلال شده بود. با توجه به اینکه این فرایند در یک دوره ۲۰ ساله اتفاق افتاده است، تقویت حفاظت از این جنگل‌ها شرایط را برای بازگشت توده مورد بررسی به حالت طبیعی خود فراهم می‌کند که در مورد کل جنگل‌های هیرکانی نیز صدق می‌کند. با توجه به روند حفاظتی این جنگل‌ها در دوره تنفس جنگل، امید به احیای این توده‌ها در این بازه وجود خواهد داشت.

- pressure interact to shape the distribution of tree cover in China. *Applied Geography*, 103: 40-55.
- Ochal, W., 2013. The aboveground biomass of tree in young black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerin.) stands. *Acta Agraria et Silvicultura*, 51: 75-89.
- Oliveira, N., Rodríguez-Soalleiro, R., Pérez-Cruzado, C., Cañellas, I., Sixto H. and Ceulemans, R., 2018. Above- and below-ground carbon accumulation and biomass allocation in poplar short rotation plantations under Mediterranean conditions. *Forest Ecology and Management*, 428: 57-65.
- Rezaei Sangdehi, S., Moslemi, S. and Tafazoli, M., 2016. Comparing the forest quantitative and qualitative characteristics following a period of forestry plan implementation (Case study: Watershed 65, Jojadeh zone of Farim Company, Mazandaran province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(4): 723-713.
- Rezvani, M. and hashemzadeh, F., 2013. Investigating the effective factors on forest degradation and impact of removing livestock from district 14 of the northern forests of Iran: an environmental and economic perspective (Fuman). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 20(3): 125-138.
- 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.
- Shahrokhzadeh, Y., 2015. Estimation of annual aboveground biomass and carbon increment of *Fagus orientalis*, *Quercus castaneifolia* and *Carpinus betulus* at tree and stand level using dendrochronology. M.Sc. Thesis, Department of Forestry, Tarbiat Modares University, Tehran, 70p.
- Sváték, M. and Matula, R., 2015. Fine-scale spatial patterns in oak sprouting and mortality in a newly restored coppice. *Forest Ecology and Management*, 348: 117-123.
- Vahedi, A., 2016. Simulating commercial biomass in the Hyrcanian mixed-beech stands. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3): 462-451.
- Viellard, G., 2000. *Conseil Regional de Franche-Comte, Typologie des Peuplements Feuillus Irreguliers de Franche-Comte*. SFFC, 32p.
- Wang M. and Rennolls, K., 2005. Tree diameter distribution modelling: introducing the logit-logistic distribution. *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 1305-1313.
- Zobeiri, M. 2002. *Forest biometry*. Tehran University Press, Tehran, 411p.
- using nearest neighbor indices. *Iranian Journal of Plant Research*, 32(1): 63-74.
- Ghanbari, S., Moradi, G. and Nasiri, V., 2018. Quantitative characteristics and structure of tree species in two different conservation situations in Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 32(3): 355-367.
- Heidari Safari Kouchi, A., Taheri Abkenar, K., Moradian Fard, F. and Iranmanesh, Y., 2020. Height and crown area distribution of *Cionura erecta* shrub lands in Chaharmahal and Bakhtiari province, using probability distribution functions. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 9(2): 61-71.
- Iranmanesh, Y., Sohrabi, H., Sagheb-Talebi, KH., Hosseini, S.M. and Heidari Safari Kouchi, A., 2019. Biomass, Biomass Expansion Factor (BEF) and carbon stock for brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests in west-Iran. *Annals of Silvicultural Research*, 43(1): 15-22.
- Johnson, E.W., 2010. *Forest sampling desk reference*. CRC Press LLC, Florida, 985p.
- Kargar, M. and Sohrabi, H., 2019. Using canopy height model derived from UAV images to tree height estimation in Sisangan forest. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(3): 106-119.
- Kuusinen, N., Stenberg, P., Korhonen, L., Rautiainen, M. and Tomppo, E., 2016. Structural factors driving boreal forest albedo in Finland. *Remote Sensing in Environment*, 175: 43-51.
- Mateus, A. and Tome, M., 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.
- Mirakhorlou, K. and Akhavan, R., 2017. Area changes of Hyrcanian forests during 2004 to 2016. *Iran Nature*, 2(3): 40-45.
- Naqinezhad, A., Hosseini, S., Rajamand, M. and Saeidi Mehrvarz, S., 2010. A floristic study on Mazibon and Sibon protected forests, Ramsar, across the altitudinal gradient (300-2300 m). *Taxonomy and Biosystematics*, 2(5): 93-114.
- Negahdar Saber, S., Taheri Abkenar, K., Pourbabaei, H. and Sagheb Talebi, Kh., 2017. Effects of protection on forest structure in protected and unprotected forest areas (Case study: Deh-Kohneh wild pear reserve). *Plant Ecosystem Conservation*, 4(9):1-16.
- Nüchel, J., Bøcher, P.K. and Svenning, J.C.H., 2020. Topographic slope steepness and anthropogenic

Impactability of structure and biomass of Masal forests of Guilan province from conservation

F. Moradianfard¹, K. Taheri Abkenar^{2*}, Y. Iranmanesh³ and A. Heidari Safari Kouchi¹

1- Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, Iran

2*- Corresponding author, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, Iran, E-mail: Taherikambiz@yahoo.com

3- Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research Center, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran

Received: 25.04.2021

Accepted: 04.09.2021

Abstract

With the registration of Hyrcanian forests in UNESCO and increasing the environmental sensitivities, these forests are in a state of conservation. The aim of current study is to investigate the effects of conservation on the structure, biomass and diameter distribution of mixed beech forests of Asalem in Guilan province. For this purpose, two protected and unprotected parcels were selected in a series five of Watershed-12. In each area, 50 sample plots were selected by randomized systematic method and the diameter and height of all trees in the plots were measured. After calculating the common quantitative indicators, aboveground biomass of trees in the two stands was estimated using allometric equations. Then, the diameter distribution of trees in the two regions was modeled using eight probability distribution functions. Based on the results, the average number per hectare, basal area and volume of trees in non-conserved stands were significantly lower than the conserved stand. The biomass of the non-conserved area was 75.25 tons per hectare less than the conserved area. Among the distribution functions used, Johnson and beta functions in the conserved stand and Johnson and gamma in the non-conserved stand showed the best fit with the diameter distribution of the trees. The results showed that conservation had a significant effect on the biomass structure and diameter distribution of trees and lack of conservation had the greatest negative effect on low-diameter trees.

Key words: Diameter distribution, distribution functions, conserved stand, Hyrcanian forest, allometric equations.