

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۶۷، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۲۴

ص ۴۲۳-۴۳۵

## ارائه مدل‌های حجم، ارتفاع و تولید چوب در گونه راش بر

### اساس تغییرات حجمی و تعداد در یک دوره نه‌ساله

#### (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیرود)

- ❖ محمود بیات\*؛ دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ منوچهر نمیرانیان؛ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ محمود زبیری؛ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

#### چکیده

گونه راش شرقی حدود یک‌سوم از وسعت و به همین نسبت حجم سرپا را در توده‌های آمیخته و تا حدودی خالص جنگل‌های شمال ایران در بر می‌گیرد. برای اداره این جنگل‌ها و بهره‌برداری بهینه و پایدار از آن‌ها آگاهی از اطلاعات اساسی مانند موجودی جنگل (حجمی و تعداد)، تولید، پراکنش تعداد در طبقات قطری، رابطه قطر - ارتفاع، قطر - حجم، و مدل‌های تولید چوب ضروری است، در این تحقیق که در بخش گرازین انجام شد، با استفاده از قطعات نمونه دائم، رویش حجمی و تعداد درختان توده جنگلی اندازه‌گیری و محاسبه شد. همچنین، رابطه قطر - ارتفاع و قطر - حجم به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تعداد کل راش در کل بخش در سال ۱۳۸۲ برابر با ۷۰۷۷۷ اصله درخت، و در سال ۱۳۹۱ برابر با ۷۱۵۶۷ اصله درخت است. میانگین تعداد در هکتار گونه راش در کل بخش گرازین در سال ۱۳۸۲ برابر با ۹۲/۳ اصله و در سال ۱۳۹۱ برابر با ۹۳/۸ اصله در هکتار است. موجودی حجمی راش از ۱۹۲ سیلو در هکتار در سال ۱۳۸۲ به ۱۹۷ سیلو در هکتار در سال ۱۳۹۱ رسیده است. رویش تعداد کل بخش در طول دوره برابر با ۱۱۶۲/۳ اصله درخت و کل رویش حجمی سالانه در کل بخش برابر با ۱۱۵۳/۱ سیلو است. مدل پرودن مدلی مناسب برای رابطه قطر - ارتفاع است.

واژگان کلیدی: تعداد، حجم، راش، گرازین، معادلات آماری، منحنی پراکنش.

## مقدمه

با اینکه بیش از بیست سال از تغییر روش جنگل‌داری از دانه‌زاد همسال به دانه‌زاد ناهمسال در جنگل‌های شمال می‌گذرد، متأسفانه تاکنون بررسی‌های کاربردی برای سوق‌دادن عرصه‌ها به حالت متعادل و نرمال صورت نگرفته و بیشتر برداشت‌های انجام‌شده در طبیعت با محاسبه یک فرمول مشخص در تعیین حجم برداشت بوده و بدون توجه به وضعیت پراکنش تعداد درختان در طبقات قطری و به دلیل نداشتن یک الگوی مشخص، به‌عنوان حالت متعادل و ایده‌آل، غالباً نشانه‌گذاری‌های سلیقه‌ای صورت می‌گیرد [۱].

با توجه به مبهم‌بودن عوامل مؤثر در رویش و همچنین مشخص‌نبودن میزان رقابت در بین پایه‌های درختان ایجاد مدل برای پیش‌بینی‌های مورد نظر بیش از پیش ضروری به‌نظر می‌رسد [۲]. از مهم‌ترین عواملی که مدل‌سازی را توجیه می‌کند کاربرد مدل برای مدیریت بهتر جنگل است. مدل‌های ایجادشده میزان رویش و عوامل مؤثر بر آن را مشخص می‌کنند و بهترین گزینه را ارائه می‌دهند و در بعضی از مواقع می‌توان آینده جنگل را نیز به کمک آن‌ها پیش‌بینی کرد. تجزیه و تحلیل سیستمی رویکردی است که اندیشمندان از سه دهه پیش برای برخورد با مشکلات و پیش‌بینی حوادث از آن سود برده‌اند [۳].

از آنجا که منابع طبیعی و جنگل به‌منزله یک پدیده فراگیر تمام موارد زندگی را پوشش می‌دهند و خود به‌صورت یک نظام عمل می‌کنند و با چنین نظامی نمی‌توان با روش آزمون و خطا عمل کرد، باید سامانه‌هایی به‌صورت یک سیستم برای حل مشکلات آن ایجاد شود [۴]. نتیجه تجزیه و تحلیل سیستمی مدل‌سازی است که به‌علت تحول و تکامل روابط رگرسیونی توسط انسان و همچنین نسل رایانه‌ها، به‌ویژه از نسل چهارم خود، تحول زیادی پیدا کرده است؛ چه‌بسا امروزه در بسیاری از طرح‌ریزی‌ها و

سیاست‌ها بدون مدل‌سازی و شبیه‌سازی نمی‌توان به راه‌حل‌های منطقی دست یافت. آماربرداری‌های جنگل شرایط فعلی جنگل را با استفاده از روش‌های آماربرداری صد در صد یا آماربرداری با قطعات نمونه دائم یا قطعات نمونه ثابت ارزیابی می‌کند [۵، ۶]. این اطلاعات با ترکیب با مدل‌های رویشی جنگل برای پیش‌بینی توسعه آینده جنگل (رویش حجمی و غیره) و همچنین برای جلوگیری از بهره‌برداری بیش از حد و دنبال‌کردن توسعه پایدار جنگل مهم‌اند. گونه راش شرقی حدود یک‌سوم از وسعت و به همین نسبت حجم سرپا را در توده‌های آمیخته و تا حدودی خالص جنگل‌های شمال ایران در بر می‌گیرد [۷]. هم‌اکنون بیشتر جنگل‌های راش تحت مدیریت طرح‌های جنگل‌داری قرار گرفته‌اند و با رویکرد جدید جنگل‌شناسی مبتنی بر پرورش گروه‌ها و پایه‌ها اداره می‌شوند. این گونه به شرایط طبیعی و شبه‌کلیماکس وابستگی شدیدی دارد و به تغییراتی که در محیط ایجاد می‌شود حساس است. از این رو، هر دخالتی در این توده‌ها باید مبتنی بر شناخت ویژگی‌های این گونه در دو مقیاس محلی و عمومی باشد [۸].

رویشگاه راش در جنگل‌های شمال ایران بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ تا ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ تا ۵۸ درجه شرقی از ابتدای جنگل‌های آستارا تا خاتمه آن در شرق استان گرگان قرار دارد. از نظر ارتفاع از سطح دریا، راش گونه ارتفاعات البرز است و رویشگاه انبوه و طبیعی آن از ۱۰۰۰ متر به بالاتر قرار دارد، ولی بسته به شرایط محلی و متری به‌صورت دسته‌ها و گروه‌های کوچک نیز وجود دارد و به‌صورت تک‌درخت حتی در ارتفاع ۱۱۰ متری از سطح دریا نیز دیده شده است. درخت راش سایه‌پسند است و تاج انبوه و نهال‌های بسیار سایه‌پسند دارد که بسیاری از گونه‌های دیگر تحمل

جامعه، و... الزامی است [۱۱]. رویش حجمی توده‌های جنگلی اساس تعیین میزان یا برش سالانه در برنامه‌ریزی و مدیریت بهره‌برداری چوب از جنگل به حساب می‌آید. رویش حجمی یک توده جنگلی عبارت است از مقدار حجم چوبی که درختان یک جنگل در طی یک زمان معین تولید می‌کنند [۵، ۶]. بنابراین، باید اطلاعات دقیقی از وضعیت کمی و کیفی توده‌های جنگلی در هنگام برنامه‌ریزی داشت. علم و فن آماربرداری جنگل اطلاعات مناسبی را برای اجرای یک جنگل‌شناسی همگام با طبیعت در اختیار می‌گذارد [۵، ۱۲]. با توجه به اینکه برای تعیین ساختار واقعی توده‌های جنگلی، پراکنش درختان در طبقات قطری، محاسبه میزان رویش پس از ده سال، و اجرای نشانه‌گذاری در شیوه تک‌گزینی، آماربرداری با استفاده از قطعات نمونه دائم لازم است، اجرای این روش آماربرداری و اندازه‌گیری و محاسبه رویش حجمی و قطری توده جنگلی به طریقه مستقیم و با استفاده از قطعات نمونه دائمی روشی مناسب است [۱۱]. در این روش قطر برابر سینه درختان در اول و آخر دوره در قطعات نمونه اندازه‌گیری می‌شود و رویش حجمی درختانی که در هر دو آماربرداری سرپا هستند و حجم درختانی که در طول دوره از حد شمارش گذشته و در آخر دوره اندازه‌گیری شده‌اند جمعاً رویش حجمی توده جنگلی را تشکیل می‌دهند. در این تحقیق مدل‌های قطر - ارتفاع و قطر - حجم بررسی شدند و در نهایت بهترین مدل قطر - ارتفاع برای جنگل‌های راش، که بهترین برازش را برای داده‌های قطر - ارتفاع به همراه خواهد داشت، انتخاب شد. همچنین، در این تحقیق سعی شد مدل‌های تولید چوب (گرده‌بینه و کاتین) برای راش ارائه شود. این مدل‌ها، به‌عنوان راهنما، در برنامه‌ریزی امور قطع و تبدیل و بهره‌برداری جنگل کمک ارزنده‌ای می‌کنند. این معادلات در کار محاسبات

چنین شرایطی را ندارند. میزان رویش راش در مراحل گوناگون زندگی متغیر است. در جوانی کندرشد بوده؛ به طوری که بلندی نهال‌های پنج ساله آن به‌ندرت از ۸۰ سانتی‌متر تجاوز می‌کند. از ۱۵ سالگی به بعد، در دوران جوانی رویش آن سریع می‌شود و در ۸۰ تا ۱۰۰ سالگی درخت رشد کامل خود را کرده و به حداکثر ارتفاع می‌رسد. درختان راش در جنگل‌های شمال ایران در ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از سطح دریا، بلندترین درختان را از نظر ارتفاع غالب تشکیل می‌دهند و کوتاه‌ترین درختان راش در ارتفاعات ۱۶۰۰ متری به بالا هستند [۸]. تجدید حیات این گونه در طبیعت و در جنگل‌های دست‌نخورده به صورت گروهی است [۹]. نور از عوامل مهمی است که بر خصوصیات کمی و کیفی نهال‌های راش تأثیر دارد. طبق مطالعات صورت‌گرفته، حفره‌ها یا لکه‌های خالی در تاج‌پوشش درختان راشی که قطر آن‌ها ۲۰ متر باشد، بهترین زادآوری را در جنگل راش تأمین می‌کنند [۱۰]. از نظر میزان بارندگی، جنگل‌های راش اسالم در غربی‌ترین بخش‌های جنگل خزری، جزء پرباران‌ترین جنگل‌های راش کشور محسوب می‌شوند که به تدریج به سمت شرق از میزان بارندگی کاسته می‌شود؛ به طوری که در گرگان حتی به نصف این مقدار باران کاهش می‌یابد. درختان راش شرقی و ممرز ۵۴ درصد سطح و ۶۰ درصد حجم سرپای جنگل‌های شمال ایران را به خود اختصاص داده‌اند [۱۰]. به‌طور کلی، برای اداره جنگل‌های راش و بهره‌برداری بهینه و پایدار از آن‌ها، آگاهی و اطلاع از میزان موجودی (حجمی و تعداد) جنگل و تولید آن ضروری است. در واقع، برنامه‌ریزی آینده بر اساس آمار و اطلاعاتی است که از جنگل به دست می‌آید. بنابراین، در یک برنامه‌ریزی دقیق، دانستن حجم موجودی سرپا، پراکنش تعداد در طبقات قطری، ساختار گونه‌ای

به دلیل نبود تعداد پایه کافی در واحد سطح، به ویژه در اولین رده قطری، و به طور کلی نبود اطلاعات کافی برای استفاده از روش شوتز امکان به دست آوردن خم تعادل میسر نشده است.

اهداف این تحقیق عبارت‌اند از: ۱. بررسی تغییرات اندازه‌ای توده راش در یک دوره نه‌ساله در این بخش از جنگل‌های شمال کشور به روش مستقیم به کمک نمونه‌برداری با قطعات نمونه دائم. ۲. ارائه روابط آلومتری راش شامل مدل‌های حجم، ارتفاع، و تولید چوب در جنگل‌شناسی همگام با طبیعت به خصوص در شیوه تک‌گزینی برای شناخت دقیق وضعیت ساختار قطری و وضعیت زادآوری طبیعی. و ۳. کسب اطلاعات در مورد قطر هدف مقدار قابل برداشت و پایش دقیق تغییرات توده‌های جنگلی راش از جمله تغییر در حجم توده و تعداد در طبقات قطری.

## مواد و روش‌ها

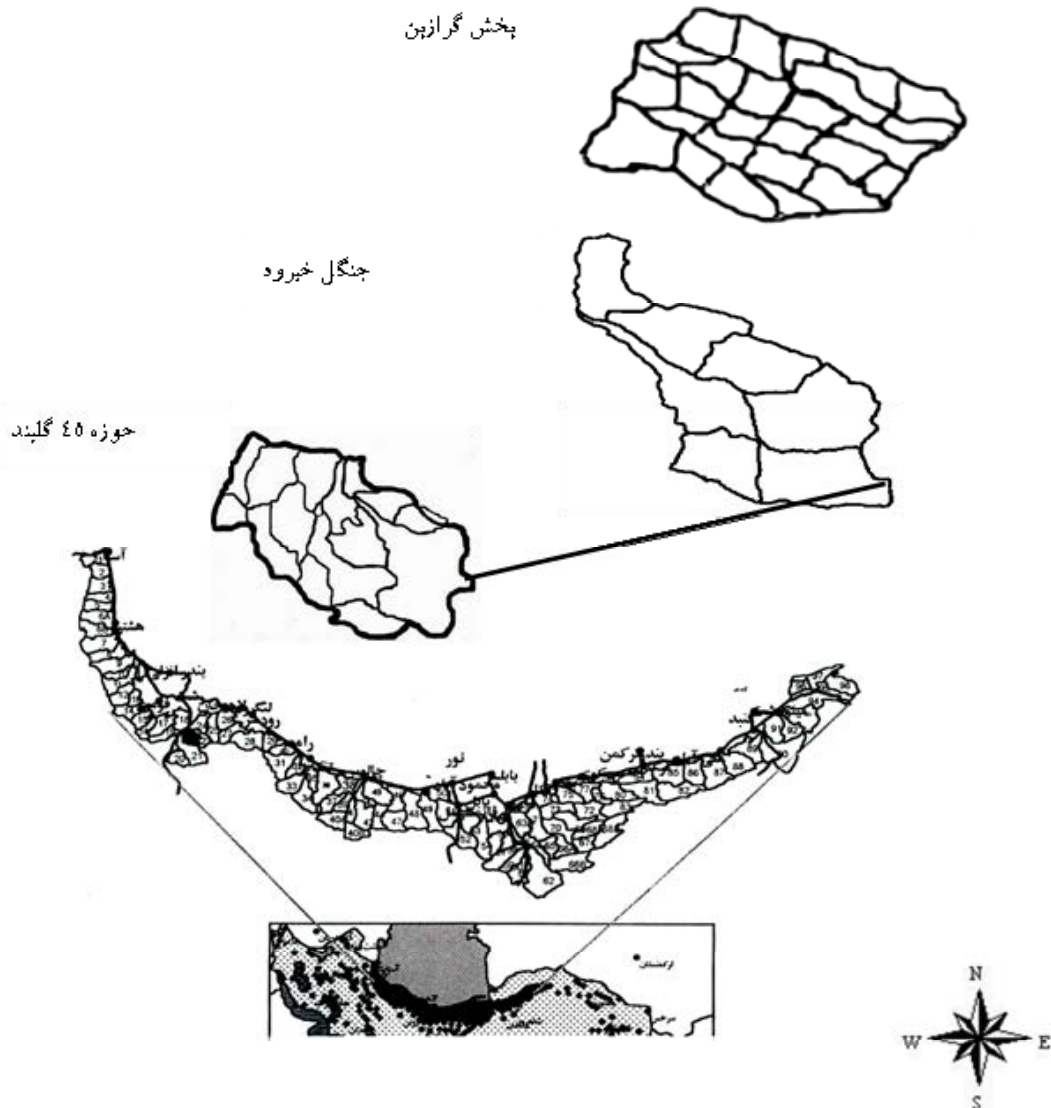
### منطقه مورد مطالعه

بخش گرازین به وسعت ۹۳۴/۲۴ هکتار، سومین بخش از مجموعه جنگل‌های تحت مدیریت دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران است که در هفت کیلومتری شرق نوشهر قرار دارد. از لحاظ زمین‌شناسی سنگ مادر بخش گرازین، آهکی و طبق نقشه وزارت نفت متعلق به دوران ژوراسیک علیا بوده است و در بعضی نقاط از طبقات سخت شکاف‌دار و طبقات نرم و به‌طور متناوب روی هم قرار گرفته‌اند. در بعضی از نقاط به علت بیرون‌زدگی سنگ مادر و پدیده‌های کارستیک اکثر آب حاصله از بارندگی در خاک نفوذ می‌کند و به‌صورت زهکش طبیعی به رودخانه خیرود می‌ریزد و بدین ترتیب قسمت اعظم جنگل، به‌خصوص خاک سطحی آن، در تابستان دچار کمبود آب و خشکی می‌شود که

اولیه درآمدها و هزینه‌ها و تعادل امور مالی و برنامه‌ریزی امور بهره‌برداری کارایی بسیار بالایی دارند [۱۳]. با اندازه‌گیری ۱۰۵ اصله درخت راش، ضمن برآورد رابطه بین قطر برابر سینه و سن آن‌ها در بخش پاتم، سن بهره‌برداری راش در جنگل‌های پایین‌بند شمال کشور تعیین شده است. در این پژوهش قطر مناسب برداشت درختان معادل ۴۴ سانتی‌متر برآورد شد که در حدود ۱۲۰ سالگی اتفاق می‌افتد [۱۴]. در مقاله‌ای از سه توزیع بتا، وایبول، و دوجمله‌ای منفی برای برازش داده‌های قطر برابر سینه جمع‌آوری شده برای تهیه طرح جنگل‌داری بخش گرازین جنگل خیرود استفاده شده است [۱۵]. مقایسه نکویی برازش توسط آزمون‌های خی دو و کولموگروف - اسمیرنوف انجام شده و نتایج حاصل از این دو آزمون معلوم کرد که توزیع وایبول و بتا دقت لازم را برای نمایش توزیع فراوانی قطر دارند، ولی توزیع دوجمله‌ای منفی این دقت را ندارد. در مطالعه‌ای با هدف یافتن مدلی برای توزیع درختان در رده‌های قطری، از اطلاعات توده‌های ناهمسال راش جنگل‌های سنگده و شست کلاته استفاده شده است [۱۶]. در این مطالعه، از پنج مدل رگرسیونی برای برازش داده‌های مربوط به توزیع فراوانی قطر استفاده شده است. برای مقایسه مقادیر حاصل از مدل‌ها با مقادیر مشاهدات، از آزمون خی دو استفاده شده است. نکته مهم این است که تمامی پنج مدل مورد استفاده مدل‌های رگرسیونی‌اند نه توزیع‌های آماری. در مطالعه‌ای مناسب‌ترین فراوانی درختان راش در رده قطری برای استفاده از کلیه عوامل رویشگاه در راستای حداکثر شدن تولید سالانه در منطقه نکا - ظالمروود تعیین شده است [۱]. این بررسی از داده‌های شش قطعه نمونه یک‌هکتاری بهره برده و با توجه به روش و فرمول شوتز سعی در رسیدن به خم تعادل برای راشستان‌های منطقه مورد مطالعه داشته، اما

برای تشریح وضعیت اقلیم منطقه از ضریب آمبرژه ( $Q_2$ ) استفاده شد که این ضریب برای منطقه مورد بررسی برابر با ۲۰۳ است و با مراجعه به میانگین درجه حرارت حداقل در سردترین ماه سال ( $m = -3/5$ ) و اقلیم‌نگار آمبرژه اقلیم منطقه مورد بررسی مرطوب سرد تعیین شد. در سیستم اقلیمی دومارتون، بخش گرازبن با داشتن ضریب خشکی معادل ۸۲/۶، اقلیم «مرطوب نوع ب سرد» دارد [۱۸].

در نهایت موجب کندی رویش درختان در این فصل می‌شود. خاک این بخش در تقسیم‌بندی کلی جزء خاک‌های قهوه‌ای جنگلی است. قسمت شرقی و جنوب شرقی این بخش که مشرف به رودخانه خیرود است اکثراً پرشیب است و امروزه و در این دوره با در نظر گرفتن امکانات فعلی قابل بهره‌برداری نیست. به همین سبب، تمام این قسمت شامل پارسل‌های ۳۰۱ تا ۳۰۳ به مساحت کلی ۱۶۵/۸۵ هکتار جنگل حمایتی در نظر گرفته شده است [۱۷].



شکل ۱. موقعیت بخش گرازبن جنگل خیرود در حوضه‌های آبخیز شمال کشور

زنده که در ارتفاع برابر سینه، قطری بزرگ‌تر از ۷/۵ سانتی‌متر داشتند به کمک خط‌کش دو بازو اندازه‌گیری و مقادیر آن‌ها در طبقات یک سانتی‌متری در فرم‌های آماربرداری به تفکیک گونه یادداشت شد. محل اندازه‌گیری قطر برابر سینه درختان با رنگ قرمز مشخص شد و زاویه هریک از درختان از طبقه قطری ۵ سانتی‌متری به بالا نسبت به مرکز قطعه نمونه برداشت شد. با توجه به ناهمسالی بودن قسمت اعظم توده‌های این بخش، برای تهیه منحنی ارتفاع، در هر قطعه نمونه قطورترین و نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه نمونه انتخاب و قطر برابر سینه و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری و یادداشت شد. در مرکز و چهار جهت خارجی هر قطعه نمونه، قطعات نمونه دیگری به مساحت ۴ متر مربع تعیین و اطلاعات زادآوری آن‌ها برداشت شد. این عملیات پس از نه سال مجدداً تکرار شد و پس از اتمام کار محاسبات لازم انجام و در نهایت میزان واقعی رویش محاسبه شد. لازم به تأکید است که آماربرداری با قطعات نمونه دائم ابتدا در سال ۱۳۸۲ انجام شد و در سال ۱۳۹۱ در بخش گرازین نیز تکرار شد، و با استفاده از فرمول  $Iv = V_2 - V_1 + Nv$  میزان دقیق رویش حجمی این بخش در هر پارسل به‌طور جداگانه برای گونه راش تعیین شد [۵، ۱۲]. در این فرمول،  $V_2$  حجم جنگل در سال ۱۳۹۱ و  $V_1$  حجم آن در سال ۱۳۸۲،  $Nv$  میزان حجمی که در طول این نه سال از جنگل برداشت شده، و سرانجام  $Iv$  میزان رویش حجمی جنگل در نه سال بر حسب سیلو است.

### ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها

بعد از پایان آماربرداری، عملیات ثبت و تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شد. آماربرداری در هر پارسل جداگانه اجرا شد و محاسبات لازم نیز ابتدا به تفکیک هر پارسل صورت گرفت. از مجموع نتایج به‌دست‌آمده موجودی و رویش حجمی و قطری گونه

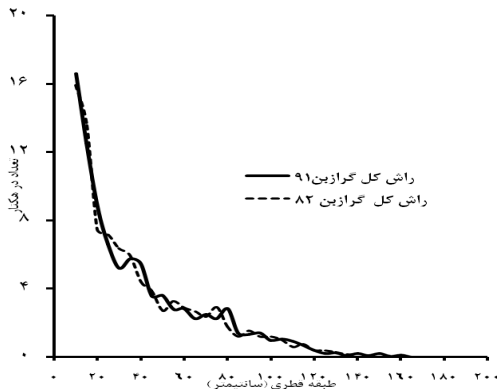
بخش گرازین جنگل خیرود در محدوده راشستان‌های هیرکانی<sup>۱</sup> واقع شده است که به‌علت دخالت‌های بی‌رویه و مستمر گذشته فراوانی ممرز در توده‌های راش در آن به‌وفور مشاهده می‌شود و جوامع طبیعی راش در قسمت‌هایی در واقع به یک تیپ گذرای راش - ممرز تغییر یافته است که چنانچه دخالت انسانی در آن صورت نگیرد، این تیپ دوباره به سمت راشستان تحول خواهد یافت. شکل ۱ موقعیت بخش گرازین جنگل خیرود در حوضه‌های آبخیز شمال کشور را نشان می‌دهد.

### نحوه پراکنش و اندازه‌گیری در قطعات

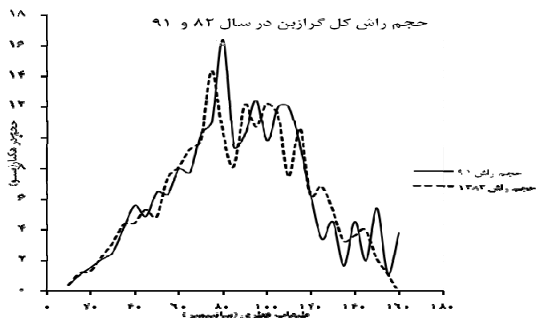
#### نمونه دائم

در سال ۱۳۸۲ به کمک یک شبکه آماربرداری مستطیلی ۲۰۰×۱۵۰ متر (الگوی دستگاه اجرایی)، با یک شروع تصادفی تعداد ۲۵۸ قطعه نمونه دائمی دایره‌ای شکل به مساحت ۱۰ آر، به‌طور سیستماتیک در سطح بخش پراکنده شدند. جهت اصلی شبکه به‌علت اینکه باید به کمک قطب‌نما در طبیعت پیاده شود، به مقدار سه درجه نسبت به شمال جغرافیایی نقشه (انحراف مغناطیسی محل) بر روی نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ در جهت شمال و جنوب (با در نظر گرفتن جهت اصلی پستی و بلندی) پیاده شد. با توجه به جهت، شیب، و تغییر ارتفاع عمومی منطقه مورد نظر، عرض شبکه در جهت شرق - غرب و طول آن در جهت شمال - جنوب در نظر گرفته شد. پس از مشخص شدن مرکز قطعه نمونه در طبیعت ابعاد، در جهت حداکثر خط شیب در دو جهت کلی قطعه نمونه، شبکه به‌طور افقی پیاده شد. همچنین، شیب اصلی قطعه نمونه مشخص و به کمک جدول تصحیح شیب، شعاع مناسب تعیین شد. در داخل قطعه نمونه، قطر برابر سینه تمام درختان

حجمی در هکتار راش در طبقات قطری را در بخش گرازین در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ نشان می‌دهد.



شکل ۲. منحنی پراکنش تعداد در طبقات قطری



شکل ۳. منحنی پراکنش حجم در هکتار (سیلو) در طبقات قطری

چنانکه از منحنی پراکنش تعداد در طبقات قطری (شکل ۲) برمی‌آید، جنگل‌های راش منطقه مورد مطالعه جنگل‌های ناهمسال و تقریباً منظم و یکنواخت‌اند. نمودار پراکنش تقریباً یکنواخت است که در طبقات قطری میانی، با افزایش قطر، از تعداد درختان در طبقات قطری کاسته می‌شود. به طور کلی، نمودار از سه بخش تشکیل شده است. قسمت راست بیانگر درختان مسن و تعداد آن‌ها بوده که حالت منظمی را نشان می‌دهد ولی همانند جنگل‌های ناهمسال فراوانی در آن کم است. قسمت میانی حالت نیمه‌زنگوله‌ای دارد که ممکن است به دلیل دخالت انسان و دام و عوامل طبیعی باشد و فراوانی زیاد در طبقات قطری کم نمایانگر وجود زادآوری بالاست. منحنی موجودی حجمی (شکل ۳) در طول دوره

راش برای کل بخش و پارسل‌های گرازین تعیین شد. در این مطالعه، برای واردسازی و ذخیره و تجزیه و تحلیل آماری و رسم اشکال از نرم‌افزار آماری SPSS و Excel استفاده شد. در مدل قطر ارتفاع، به کمک نرم‌افزار آماری SPSS، ابتدا ابرنقاط ترسیم شد و سپس نقاط خارج از پراکنش کلی ابرنقاط، کنار گذاشته شد (با توجه به تعداد آن‌ها) و بهترین مدل با توجه به ضریب تبیین، مقدار باقی‌مانده‌ها، میانگین مربعات خطا (RMSE)، و درنهایت روابط منطقی ضرایب مدل برازش داده شد. قبل از ساخت مدل ارتفاع به‌طور تصادفی از داده‌های مربوط استفاده شد. بهترین مدل برازش داده‌شده، مدل پرودن برای راش بود. مدل‌های دیگر از قبیل مدل ناسلونده به‌علت دارا بودن ضریب همبستگی پایین‌تر انتخاب نشدند. این مدل‌ها برای جنگل‌های ناهمسال کاربرد دارند [۱۹]. برای برآورد ضرایب مدل از روش حداقل مربعات استفاده شد. برای احراز اعتبار در مدل‌های گونه راش، ۳ درصد مشاهدات کنار گذاشته شد. همچنین RMSE برای هریک از مدل‌های راش محاسبه شد.

## نتایج و بحث

در مجموع، ۲۵۸ قطعه نمونه دائم دو بار در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ در قسمت قابل بهره‌برداری بخش گرازین آماربرداری شد. رویش، تعداد، و حجم در هکتار برای گونه راش و سایر گونه‌ها در طبقات قطری برای پارسل‌های ۳۰۴ تا ۳۲۷ و همچنین برای کل بخش گرازین محاسبه شد. همچنین روابط آلومتری حجم و ارتفاع ارائه شد.

## تعداد در هکتار و حجم در هکتار راش در کل بخش

شکل‌های ۲ و ۳ منحنی پراکنش تعداد درختان راش بر حسب طبقات قطری و منحنی پراکنش موجودی

تعداد پایه‌های راش نسبت به سایر گونه‌ها، از ۳۳ درصد در سال ۱۳۸۲ به ۳۷ درصد در سال ۱۳۹۱ رسیده است. حجم راش از ۱۹۲ سیلو در هکتار در سال ۱۳۸۲ به ۱۹۷ سیلو در هکتار در سال ۱۳۹۱ رسیده که شاهد رشد ۵ سیلو در هکتار برای گونه راش بوده‌ایم. گونه راش در بخش گرازین ۳۳ درصد تعداد پایه‌ها و ۵۷ درصد حجم را به خود اختصاص داده که نتایج این تحقیق با نتایج ساقب و همکاران [۱۰] و همچنین مطالعه مشابه در بخش گرازین جنگل خیرود که در سطح معادل ۷۵ هکتار انجام شد [۲۰] همخوانی دارد.

جدول ۲ تعداد کل درختان راش در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱، حجم کل راش در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱، و رویش تعداد و رویش حجمی در پارسل‌های ۳۲۷ تا ۳۰۴ و کل بخش گرازین را نشان می‌دهد.

حالت زنگوله‌ای دارد که حجم در طبقات میانی بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. میانگین تعداد در هکتار گونه راش در کل بخش گرازین در سال ۱۳۸۲ برابر با ۹۲/۳ اصله و در سال ۱۳۹۱ برابر با ۹۳/۸ اصله در هکتار است. موجودی حجمی راش از ۱۹۲ سیلو در هکتار در سال ۱۳۸۲ به ۱۹۷ سیلو در هکتار در سال ۱۳۹۱ رسیده است. حجم در هکتار راش (سیلو) و میزان تعداد در هکتار و درصد آن در کل بخش گرازین در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که از جدول‌های ۱ و ۲ برمی‌آید، گونه راش در طول دوره نه‌ساله چه از نظر حجم سرپا و چه از نظر تعداد روندی مثبت و رو به رشد دارد؛ به‌طوری که میانگین تعداد در هکتار گونه راش در کل بخش گرازین در سال ۱۳۸۲ برابر با ۹۲/۳ اصله و در سال ۱۳۹۱ برابر با ۹۳/۸ اصله در هکتار است. به‌طوری که درصد

جدول ۱. تعداد در هکتار و درصد تعداد راش و حجم در هکتار و درصد موجودی حجمی راش (سیلو) در کل بخش گرازین در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱

تعداد در هکتار	تعداد در هکتار	حجم (سیلو) در هکتار	حجم (سیلو) در هکتار	گونه
راش در سال ۱۳۸۲	راش در سال ۱۳۹۱	راش در سال ۱۳۸۲	راش در سال ۱۳۹۱	
۹۲/۳	۹۳/۴	۱۹۲	۱۹۷	تعداد در هکتار
۳۳	۳۷/۳	۵۷/۵	۵۷/۶	درصد نسبت به کل گونه‌ها

جدول ۲. تعداد کل درختان راش در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱، حجم کل راش در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱، و رویش تعداد و رویش حجمی در پارسل و بخش گرازین.

تعداد درختان، حجم کل، رویش تعداد، و رویش حجمی در کل پارسل						
شماره پارسل	تعداد کل راش در سال	حجم کل راش در سال ۱۳۸۲ (سیلو)	حجم کل راش در سال ۱۳۹۱ (سیلو)	رویش تعداد در دوره نه‌ساله (سیلو)	رویش حجمی در دوره نه‌ساله (سیلو)	تعداد کل راش در سال
۳۰۴	۲۶۰	۲۶۲۱/۳۹	۷۲۰/۹	۰	۱۵۸	۱۷/۶
۳۰۵	۱۲۱۲	۲۸۲۶/۶	۲۹۷۰/۸	-۲۱۳	۱۴۴/۲	۱۶



ادامه جدول ۲. تعداد کل درختان راش در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱، حجم کل راش در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱، و رویش تعداد و رویش حجمی در پارسل و بخش گرازبن.

تعداد درختان، حجم کل، رویش تعداد، و رویش حجمی در کل پارسل							
شماره پارسل	تعداد کل راش در سال ۱۳۸۲	تعداد راش در سال ۱۳۹۱	حجم کل راش در سال ۱۳۸۲ (سیلو)	حجم کل راش در سال ۱۳۹۱ (سیلو)	رویش تعداد در دوره نه‌ساله	رویش حجمی در دوره نه‌ساله (سیلو)	رویش حجمی راش (سیلو)
۳۰۶	۲۷۷	۱۷۰	۴۹۷/۳	۶۵۳	-۱۰۶/۳	۱۵۶/۰۳	۱۷/۳
۳۰۷	۶۲۵	۵۴۷	۲۲۰/۱/۸	۲۵۰۹/۸	-۱۰۸/۹	۳۰/۸	۳۴/۲
۳۰۸	۷۷۴	۹۶۸	۲۷۷۵/۴	۳۳۱۴/۳	۱۹۳/۵	۵۳۸/۹	۵۹/۹
۳۰۹	۱۷۰۰	۲۷۲۱	۷۳۳۱/۴	۷۶۴۶	۳۱۴/۶	۳۱۴/۶	۳۵
۳۱۰	۱۷۹۷	۱۶۶۶	۵۲۵۷/۸	۶۳۰۳/۳	۱۰۴۵/۵	۱۰۴۵/۵	۱۱۶/۲
۳۱۱	۲۱۹	۴۱۰	۱۲۹۵/۲	۱۵۵۶/۱	۱۹۱/۴	۲۶۰/۸	۲۹
۳۱۲	۱۹۸۳	۲۰۱۱	۶۲۷۴/۹	۴۹۴۳/۲	۲۷/۹	-۱۳۳۱	-۱۴۸
۳۱۳	۲۲۳۵	۲۴۵۲	۷۹۷۶/۲	۷۵۰۷/۳	۲۱۷/۳	-۴۶۰/۱	-۵۱/۱
۳۱۴	۱۰۵۱	۱۱۵۱	۳۷۳۴/۹	۳۷۰۲/۸	۱۰۰	-۴۵/۱	-۵
۳۱۵	۱۴۷۷	۱۶۱۷	۴۹۸۱/۱	۵۳۸۰/۹	۱۴۰/۶	۳۹۹/۸	۴۴/۴
۳۱۶	۳۸۳۷	۳۴۵۰	۵۱۴۳/۶	۴۷۹۰/۲	-۳۸۶/۹	-۳۵۳/۴	-۳۹/۳
۳۱۷	۲۰۹۹	۲۳۸۱	۷۴۹۸/۷	۹۴۱۲/۲	۲۸۱/۹	۱۹۱۳/۵	۲۱۲/۶
۳۱۸	۵۰۴۹	۴۷۳۲	۷۶۳۱/۷	۸۲۰/۸	-۳۱۷/۳	۵۷۵/۵	۶۳/۹
۳۱۹	۷۱۰۸	۷۰۱۴	۱۲۱۲۶/۷	۱۳۱۳۷/۶	-۹۴/۴	۱۰۱۰/۹	۱۱۲/۳
۳۲۰	۵۰۶۴	۵۱۰۶	۸۹۱۴/۷	۱۰۲۸۲	۸۳	۲۷۳۱/۴	۳۰۳/۵
۳۲۱	۶۵۴۰	۶۸۷۷	۱۵۰۱۹/۸	۱۵۱۸۳/۵	۳۳۶/۵	۷۹۳/۷	۸۸/۲
۳۲۲	۲۴۲۵	۲۴۹۹	۴۶۴۱/۲	۵۲۳۸	۷۵	۵۹۶/۸	۶۶/۳
۳۲۳	۲۷۸۵	۳۰۷۲	۶۸۵۶/۴	۸۵۴۷/۹	۳۲۷/۵	۱۶۹۱/۶	۱۸۸
۳۲۴	۳۲۰۶	۳۲۰۶	۸۲۱۲/۷	۷۸۸۳/۹	۰	-۳۲۸/۸	-۳۶/۵
۳۲۵	۳۳۳	۲۷۳	۶۸۶	۲۸۱۷	-۶۰/۶	۱۳۱/۲	۱۴/۶
۳۲۶	۱۱۴۴۹	۱۱۱۳۶	۱۵۸۵۲/۱	۱۵۵۷۰/۲	-۲۳۱۳	-۲۸۱/۹	-۳۱/۳
۳۲۷	۷۲۷۲	۶۷۰۰	۷۵۸۱/۴	۷۷۰۵/۴	-۵۷۱/۸	۱۲۴	۱۳/۸
مجموع	۷۰۷۷۷	۷۱۵۶۷	۱۴۷۹۴۳	۱۵۴۶۱۳/۷	۱۱۶۲/۳	۱۰۰۹۴/۱	۱۱۵۳/۱

## ارائه مدل‌های حجم و ارتفاع گونه راش

## ترسیم منحنی و مدل قطر - ارتفاع

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در هر قطعه نمونه علاوه بر قطر برابر سینه همه درختان، ارتفاع قطورترین و نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه نمونه اندازه‌گیری شد. از مدل پرودن برای راش استفاده شد. مدل‌های دیگر از قبیل مدل ناسلونند به علت دارا بودن ضریب همبستگی پایین تر انتخاب نشدند. برای برآورد ضرایب مدل از روش حداقل مربعات استفاده شد. میانگین مربعات خطا (RMSE) ۴/۶۸ متر است.

## مدل قطر و ارتفاع راش

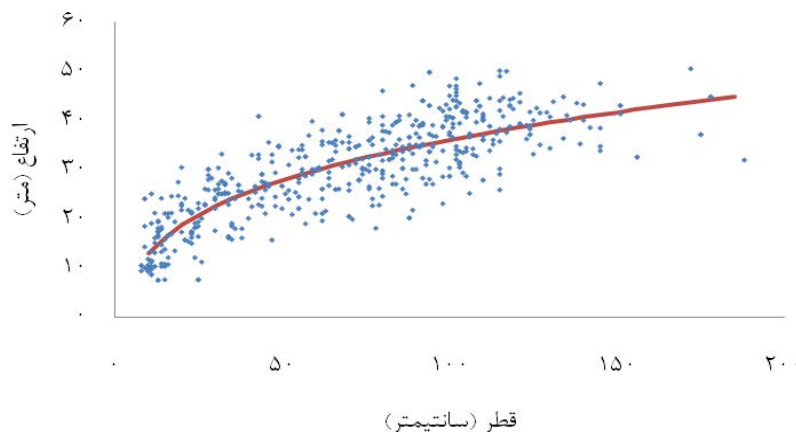
$$\hat{h} = \frac{d^2}{-2/72499 + 0.017969 \times d^2 + 1/0.21489 \times d} \quad (1)$$

$$Rsq = 0.945$$

جدول ۳ آماره‌های توصیفی گونه راش برای کل بخش گرازین را نشان می‌دهد. همان‌طور که پیداست تعداد کل راش در کل بخش در سال ۱۳۸۲ برابر با ۷۰۷۷۷ اصله درخت است که بیشترین اصله درخت در پارسل ۳۲۶ برابر با ۱۱۴۴۹ و کمترین آن ۲۱۹ اصله در پارسل ۳۱۹ است. در سال ۱۳۹۱ تعداد کل راش برابر با ۷۱۵۶۷ اصله درخت است که بیشترین اصله درخت در پارسل ۳۲۶ برابر با ۱۱۱۳۶ و کمترین آن ۱۷۰ اصله در پارسل ۳۰۶ است. رویش تعداد کل بخش در طول دوره برابر با ۱۱۶۲/۳ اصله درخت است. کل رویش حجمی سالانه در کل بخش برابر با ۱۱۵۳/۱ سیلوس، که بیشترین رویش برای پارسل ۳۲۰ و به مقدار ۳۰۳/۵ سیلو، و کمترین مقدار رویش ۱۴۸- برای پارسل ۳۱۲ است. سایر آماره‌های توصیفی در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. آماره‌های توصیفی گونه راش برای کل بخش گرازین در سطح پارسل

آماره‌های توصیفی گونه راش						
متغیر	تعداد کل راش (۱۳۸۲)	تعداد کل راش (۱۳۹۱)	حجم کل راش (۱۳۸۲) (سیلو)	حجم کل راش (۱۳۹۱) (سیلو)	رویش حجمی در دوره نه‌ساله (سیلو)	رویش حجمی در سالانه راش (سیلو)
تعداد پارسل	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴
میانگین	۰۴۲۹۴۹	۲۹۸۱/۹	۶۱۶۴/۹	۶۴۴۲/۲	۴۸/۴۲	۴۶/۷۳
مدیان	۲۰۴۱	۲۴۱۶	۵۷۶۶/۳	۵۸۴۲/۱	۵۱/۴	۳۱/۶
اشتباه معیار	۲۸۲۶/۹	۲۷۲۷/۰۲	۴۰۵۸/۰۸	۴۳۱۱/۱۵۳	۳۲۰/۱	۹۳/۴
واریانس	۷۹۹۱۶۲۴/۲	۷۴۳۶۶۹۲/۵۶۳	۱۶۴۶۸۰۷۴/۸	۱۸۵۸۶۰۴۱	۱۰۲۴۶۵	۸۷۴۲/۲
چولگی	۱/۴۹	۱/۴	۰/۸۴۸	۰/۶۸۰	۰/۹۱۵	۰/۸۵۴
حداقل	۲۱۹	۱۷۰	۴۹۷/۳	۶۵۳	-۵۷۱	-۱۴۸
حداکثر	۱۱۴۴۹	۱۱۱۳۶	۱۵۸۵۲/۱	۱۵۸۱۳/۵	۱۰۴۵	۳۰۳/۵



شکل ۴. منحنی قطر ارتفاع برای کل بخش گرازبن

جدول ۴. برآورد ضرایب مدل قطر - ارتفاع

ضرایب	برآورد	انحراف معیار	حد اطمینان (۰.۹۵)	
			حد پایین	حد بالا
a	۰/۷۰۵	۰/۲۸۸	۰/۱۳۹	۱/۲۷۲
۱a	۰/۳۶۰	۰/۰۳۹	۰/۲۸۳	۰/۴۳۶
۲a	۲/۳۳۶	۰/۰۴۳	۲/۲۵۲	۲/۴۲۱

جدول ۵. جدول تجزیه واریانس مدل قطر - ارتفاع

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
رگرسیون	۳	۵۰۳۸۹۹/۷۵۸	۱۶۷۹۶۶/۵۸۶
باقی مانده	۵۲۱	۱۵۷۷۴/۸۱۲	۳۰/۲۷۲
مجموع ناصحیح	۵۲۴	۵۱۹۶۷۱/۵۷۰	
مجموع صحیح	۵۲۳	۴۹۹۳۵/۷۲۴	

متغیر وابسته: ارتفاع

(d) و حجم (v)، رابطه بین قطر و حجم برای گونه راش (رابطه ۲) به دست آمد. میانگین مربعات خطا (RMSE) ۱/۳۷ متر مکعب است.

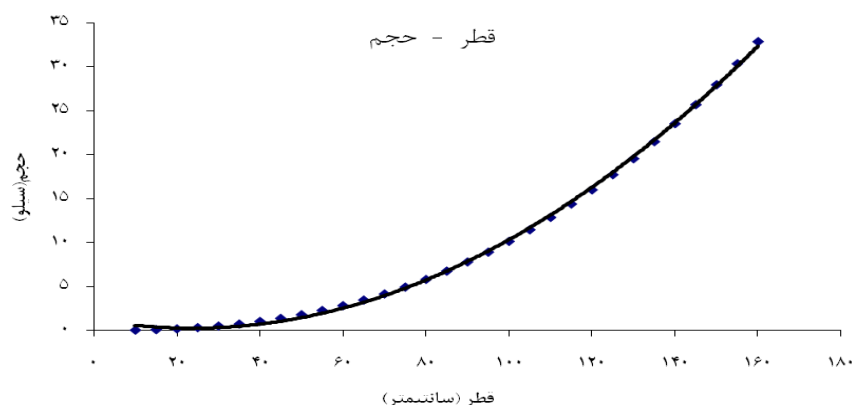
(۲) قطر برابر سینه (d) (سانتی‌متر)

حجم (v) (سیلو)  $V = 0.0001 \times d^{2.029}$

$Rsq = 0.995$

### ترسیم منحنی و مدل قطر - حجم در بخش گرازبن

با توجه به قطر و ارتفاع هریک از درختان اندازه‌گیری شده، حجم مربوط از جدول حجم گونه‌های جنگلی شمال کشور که از سوی دفتر فنی جنگل‌داری در اردیبهشت ۱۳۶۴ تهیه شده بود استخراج شد و با توجه به داشتن اعداد مربوط به قطر



شکل ۵. منحنی قطر - حجم برای کل بخش گرازین

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق مدل‌های قطر - ارتفاع و قطر - حجم ارائه شد که بهترین مدل قطر - ارتفاع برای جنگل‌های راش که ناهمسال‌اند مدل پرودن بود که بهترین برازش را برای داده‌های قطر ارتفاع به‌همراه داشت. این مدل‌ها، به‌عنوان راهنما، کمک بسیار ارزنده‌ای برای برنامه‌ریزی امور قطع و تبدیل و بهره‌برداری جنگل‌اند. این معادلات در محاسبات اولیه درآمدها و هزینه‌ها و تعادل امور مالی و برنامه‌ریزی امور بهره‌برداری کارایی بسیار بالایی دارند [۱۳]. در طول دوره به‌نظر می‌رسد جنگل به کلیماکس خود نزدیک‌تر شده است. وجود پایه‌های قطورتر و افزایش تعداد درختان راش و کاهش تعداد درختان ممرز نشان می‌دهد که کلیماکس جنگل‌های ایران جنگل‌های راش است. وجود درختان قطور در

ترکیب توده‌های جنگلی از دیگر مشخصات اصلی این جنگل است [۱۲]. از ویژگی‌های اصلی توده‌های راش در مرحله تکاملی حجم کاهی است که نشان حضور توده‌های جنگلی راش در فاز کهن‌رست است [۲۰]. درنهایت، باید بر این نکته تأکید کرد که استفاده از این مدل در برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل معایب و محاسنی دارد که با آگاهی از آن می‌توان تصمیمات صحیح و منطقی گرفت. برای مثال، از محاسن آن، کاربردهای مدل‌های رویشی در بررسی روش‌های گوناگون مدیریت جنگل، تغییرات اقلیمی، بررسی آثار تغییرات اقلیم بر رویش و ترکیب گونه‌ای، و غیره است که خود گویای اهمیت این مدل‌هاست. از معایب آن نیاز به تخصص و تبحر فراوان در اجرا و استفاده از آن‌هاست.

## References

- [1]. Eslami, A. (2008). Investigation of Possible to achieve a balance of *Fagetum hyrcanum* curves with Uneven aged Structure. PHD thesis of forestry, Department of Agriculture and Natural resource, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. 124 p.
- [2]. Zeid Nour Mohammadi, M. (2008). Development diameter increment of *Acer velutinum*. Natural Resources Faculty, University of Sari, Sari, Iran.
- [3]. Hokka, H., and Gort, A. (2002). An individual tree basal area growth model for black spruce in second Growth peatland stand. *Silva Fennica*, 1:121-144
- [4]. Bayat, M., Namiranian, M., Zobeiry, and M., Fathi, J. (2013). Determining the growing volume and number of trees in the forest using permanent sample plots. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21: 428-438.
- [5]. Namiranian. M. (2010). *Tree Measurement and Forest Bioinventory*. University of Tehran Press. 574p
- [6]. Zobeiri, M. (2008). *Forest Biometry*. University of Tehran Press. 407p.
- [7]. Forests, Rangelands and Watershed Organization. (1985), Volume table of fagus in the provinces of Mazandaran,
- [8]. Marvie-Mohadjer, M. (1977). Investigation of quantity of fagus in northern of Iran. *Journal of Natural Resources* 24(1): 27-40.
- [9]. Marvie-Mohadjer, M., Zobeiri, M., Etemad, V., and Jour gholami, M. (2010). Performing of the single selection method at compartment level and necessity for full inventory of tree species (Case study: Gorazbon District in Kheyroud Forest, North of Iran). *Journal of Natural Resources*, 61(4): 889-908.
- [10]. Sagheb Talbi, KH., Sajedi, T., and Yazdian, F. (2004). Review of the Forest of Iran. 35p
- [11]. Bayat, M., Pukkala, T., Namiranian, M., and Zobeiry, M. (2013b). Productivity and optimal management of the uneven-aged hardwood forests of Hyrcania. *European Journal Forest Research*, 132(5-6): 851-864.
- [12]. Marvie-Mohadjer, M.R. (2012). *Silviculture*. University of Tehran Press. 400p.
- [13]. Sarikhani, N. (2000). *Forest Utilization*, University of Tehran Press. 4728p
- [14]. Namiramiam, M. (1978). Determining of the appropriate diameter and age for fagus. *Journal of Natural Resources*, 35(1): 35-49.
- [15]. Namiramiam, M. (1990). Measured indices of fagus in Gorazbon section in kheyroud forest. *Journal of Natural Resources*, 53(1): 35-49.
- [16]. Falah, A. (2005). Provide a suitable model for the distribution of diameter classes for uneven aged and natural forest northern Iran. *Journal of Natural Resources*, 58(4): 88-100.
- [17]. Forest management project of Gorazbon section 2009, University of Tehran's kheyroud experimental forest in northern Iran. 500p
- [18]. Etemad, V. (2002). Quantity and quality investigation seed of fagus the forests of Mazandaran province, PHD thesis of forestry. Natural Resources Faculty, University of Tehran, 258p
- [19]. Bare, B.B., and Opalach, D. (1987). Optimizing species composition in uneven-aged forest stands. *Forest Science*, 33, 958-970.
- [20]. Sefidi, K. (2012). Late successional stage dynamics in mixed beech stands, Ph.D dissertation, University of Tehran, 215p.