Archive Of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دورهٔ ٦٩، شمارهٔ ٢، تابستان ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۱۵

ص ۲۹۹-۳۱۲

مطالعهٔ شاخص‌های مهم اندازه‌ای تودهٔ همسال ون آمیخته (مطالعهٔ موردی: بخش چلیر جنگل خیرود)

❖ **سمیرا ساسانی‌فر*؛** دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
❖ **منوچهر نمیرانیان؛** استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **نصرت‌الله ضرغام؛** دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

به‌دست آوردن مشخصات اندازه‌ای درختان به‌منظور تعیین حجم یا سایر مشخصه‌های آماری و ایجاد روابط ریاضی-آماری بین این مشخصه‌ها، به‌منظور مدیریت جنگل امری مهم و ضروری است. در بخش چلیر جنگل آموزشی پژوهشی خیرود مشخصه‌های قطر برابرسینه و ارتفاع کل ۵۲۹ اصله درخت موجود در یک تودهٔ تقریباً همسال ون در سال‌های ۱۳۸٤ و ۱۳۹۱ اندازه‌گیری و تجزیه وتحلیل شدند. نتایج نشان می‌دهد که بین مشخصه‌های قطر برابرسینه و ارتفاع کل درختان دو دوره، همبستگی آماری وجود دارد که با توجه به آنها می‌توان روابط ریاضی-آماری را بین اندازه‌های این مشخصه‌ها تعیین کرد. این روابط ابتدا برای همهٔ درختان توده به‌عنوان یک تودهٔ همسال و سپس برای درختان ون موجود در توده برآورد شد. بین قطر برابرسینهٔ همهٔ درختان توده در دو دوره و همچنین بین ارتفاع کل درختان توده در دو دوره رابطه توانی افزاینده وجود دارد، به‌نحوی که با در دست داشتن این رابطه می‌توان رویش قطری و ارتفاعی درختان توده را در دورهٔ آینده پیش‌بینی کرد. این روابط در مورد درختان ون موجود در توده نیز به‌دست آمدند. بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان توده در دورهٔ اول رابطهٔ $h/d = 1/475e^{-0/014dbh}$ و بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان در دورهٔ دوم رابطهٔ $h/d = 1/210e^{-0/006dbh}$ وجود دارد. منحنی درصد زنده‌مانی درختان توده در کلاسه‌های قطری رسم شد و رویش قطری درخت ون در منطقهٔ تحقیق ۳ میلی‌متر در سال به‌دست آمد. پژوهش در توده‌های جنگلی و بررسی تغییرات آنها در طول یک دوره، نشان دهندهٔ مسیر و روش مناسب مدیریت همگام با طبیعت توده‌های جنگلی جهت تولید حداکثر و پایدار خواهد بود.

واژگان کلیدی: تودهٔ‌همسال، رابطهٔ توانی، ضریب قدکشیدگی، همبستگی آماری.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۷۴۸۳۴۲۹۳
Email: s.sasanifar@yahoo.com

www.SID.ir

Archive Of SID

مقدمه

جنگل‌های ایران در طول دهه‌های اخیر توسط دخالت‌های انسانی با تعرض مواجه شده است. دسترسی آسان، فراوانی و تنوع محصولات جنگلی باارزش، به افزایش تراکم جمعیت، ایجاد مناطق مسکونی جدید و فعالیت‌های جنگل‌زدایی منجر شده است [۱، ۲]. براساس آمار منتشر شدهٔ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور سطح جنگل‌های شمال در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۳٤تا ۱۳٤٦، ٤/۷ درصد و در فاصلهٔ سال‌های ۱۳٤٦ تا ۱۳۷۳، ۷/۱ درصد کاهش داشته است [۳]. جنگل‌ها به‌عنوان بخش مهمی از منابع تجدیدشونده، در رشد اقتصادی و توسعهٔ پایدار هر کشور تأثیر مهمی دارند. اجرای برنامه‌های صحیح که لازمهٔ آنها شناخت کافی این منابع است، استعدادهای بالقوهٔ جنگل‌ها را به فعل در می‌آورد. طی دهه‌های اخیر، جنگلداری نوین با هدف پایداری اکولوژیکی توسعه یافته و درحال حاضر نیز به‌سرعت در حال تکامل است [٤]، بنابراین حفظ تنوع توده‌های جنگلی از اهداف اصلی جنگلداری نوین محسوب می‌شود [۵]. برای رسیدن به این اهداف جنگلداری نوین، مطالعهٔ گونه‌های مختلف جنگلی در شرایط مختلف و تعیین چگونگی رشد و رابطهٔ بین اندازه‌های مختلف گونه‌ها، موضوعی کاربردی و ضروری محسوب می‌شود. بررسی تغییرات توده‌های همسال در طول یک دوره، مشخص‌کنندهٔ روند بهبود یا تخریب توده خواهد بود، بنابراین با استفاده از نتایج چنین بررسی‌هایی می‌توان در زمینهٔ مدیریت توده تصمیم‌گیری‌های درستی داشت. این بررسی از طریق داشتن اطلاعات توده در دورهٔ گذشته میسر خواهد بود. از بررسی تغیرات و پویایی این اطلاعات در طول یک دوره می‌توان به‌منظور تدوین مدل‌های رویشی برای تودهٔ مورد نظر استفاده کرد. مدل‌های رویشی روابط بین شاخص‌های مختلف و تغییرات آنها را در طول زمان، بررسی می‌کنند و نمایشی از پویایی طبیعی تودهٔ جنگلی بوده و شامل رشد، مرگ و میر و تغییرات دیگر در ترکیب و ساختار توده‌اند. دقت مدل‌ها بستگی شدیدی به دقت اندازه‌گیری و نوع آنها دارد. انتخاب و استفاده از این مدل‌ها به دقت لازم برای پیش‌بینی، قدرت برازندگی مدل، هزینه‌ها و روش‌های نمونه‌برداری وابسته است، بنابراین آماربرداری و برداشت دقیق داده‌ها از توده‌های جنگلی در اول و آخر یک دوره برای تعیین روند تغییرات توده و همچنین تدوین مدل‌های رویشی بسیار مهم است. در یک بررسی، ۳۰ اصله درخت راش در کلاسه‌های قطری مختلف در جنگل هفت‌خال ساری قطع و در ارتفاع برابرسینهٔ هر یک از آنها، دیسک به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر تهیه شد. بعد از اندازه‌گیری پهنای حلقه‌ها، رابطهٔ سن با تغییرات رویش شعاعی درختان را به‌صورت مدل ریاضی ارائه دادند [٦]. در منطقهٔ امین‌آباد فیروزکوه رابطهٔ بین ارتفاع درخت و قطر برابرسینهٔ تودهٔ ارس را به‌صورت $h = ۱/۵۱۳۰۴۹۸ + ۱/۱۴۷۲۹۲۶ \log(D)$ به‌دست آوردند [۷]. در پژوهشی بر روی اندازه‌های ۱۱٦ اصله درخت ون، رابطهٔ بین ضریب قدکشیدگی با قطر برابرسینهٔ این درختان را کاهش‌یابنده به‌دست آورده‌اند [۸]. در مطالعه‌ای، ضریب قدکشیدگی پنج گونهٔ مهم درختی راش، ممرز، پلت، توسکا ییلاقی و بلندمازو را در جنگل خیرودکنار نوشهر با اندازه‌گیری قطر برابرسینه و ارتفاع کل ۱۳۷۹درخت، بررسی کرده و نتیجه گرفتند که بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان این جنگل رابطهٔ کاهشی از نوع نمایی وجود دارد. بیشترین ضریب قدکشیدگی در درختان واقع در دره‌ها و در

www.SID.ir

Archive Of SID

جهت‌های شمالی و کمترین در دولین‌ها و در جهت‌های جنوبی دیده شده است. در این بررسی رابطهٔ معنی‌داری بین ضریب قدکشیدگی با تراکم توده به‌دست نیامد [۹]. همچنین در جنگل‌های آمیختهٔ بوره‌آل کانادا میزان ضریب قدکشیدگی در سه گونهٔ سوزنی‌برگ (*picea mariana, pinuscontorta, picea glauca*) و دوگونهٔ پهن‌برگ (*populous Tremuloides, populous balsamera*) بررسی و رابطهٔ آنها با قطر برابرسینه و سایر مشخصه‌های درخت تعیین شد [۱۰]، نتایج این پژوهش نشان داد که در دو گونهٔ پهن‌برگ با افزایش حجم و ارتفاع توده، ضریب قدکشیدگی کاهش می‌یابد، اما برای سه گونهٔ سوزنی‌برگ دیگر، این نتایج معکوس بود. علت این تفاوت را باید در سرشت نورپسندی یا سایه‌پسندی گونه‌ها یا تفاوت الگوی رشد ارتفاعی پهن‌برگان و سوزنی‌برگان جست‌وجو کرد. در مطالعه‌ای در تودهٔ کاج در آلبرتای کانادا مشخص شد که تنک کردن، سبب افزایش قطر و کاهش ضریب قدکشیدگی درختان در تودهٔ دخالت شده در مقایسه با تودهٔ شاهد شده است [۱۱]، همچنین در تودهٔ کاج در آلبرتای کانادا نتیجه‌گیری شد که ضریب قدکشیدگی با میزان بسته بودن تاج رابطهٔ عکس دارد [۱۲]. در جنگل‌های زاگرس در سامان عرفی روستای هواره خول رویش قطری درختان وی‌ول (*Quercus libani*) با اندازه‌گیری ۳٤ جفت نمونهٔ رویشی به وسیلهٔ متهٔ سال‌سنج و قطع ۱۱ اصله درخت، ۳/۵ میلی‌متر در سال به‌دست آمد [۱۳]. در ارتفاعات استان گلستان، ساختار توده‌های اوری (*Quercus macranthera*) را در سه رویشگاه با بررسی نمودارهای توزیع فراوانی افراد در طبقات قطری به‌صورت ناهمسال منظم اعلام کردند [۱٤]. در استان چهارمحال و بختیاری، میزان رویش قطری درختان دانه‌زاد بلوط ایرانی با ٤۵ نمونهٔ رویشی به‌وسیله متهٔ سال‌سنج برداشت شد. میانگین رویش شعاعی این درختان را (در طی ده سال آخر) ۲/٦۵ سانتی‌متر، میانگین رویش قطری با پوست را ۵/٦ میلی‌متر در سال و میانگین رویش قطری بدون پوست را ۵/۳ میلی‌متر در سال برآورد کردند [۱۵]. در مطالعه‌ای مدل‌های رشد قطری درختان شاخه‌زاد *Quercus pyrenaica Willd* را در منطقهٔ شمال غربی اسپانیا بررسی کردند [۱٦]. مدل‌های رویش قطری و رویش ارتفاعی و مدل زنده‌مانی در بخش گرازبن جنگل خیرود برای جنگل‌های پهن‌برگ آمیخته و ناهمسال ارائه شده است [۱۷]. روند رشد در همهٔ توده‌های همسال، تقریباً یکسان و به یک شکل است، بنابراین پژوهش و تحقیق در مورد چنین توده‌هایی و بررسی روابط ریاضی–آماری بین مشخصه‌های درختان توده، موجب کمک به بهبود پیش‌بینی رویش و روند تکامل توده و مدیریت هرچه بهتر آن به‌منظور تولید حداکثر و پایدار می‌شود. در این راستا هدف این تحقیق، بررسی تغییرات تودهٔ همسال در طول زمان و تغییرات روابط بین مشخصه‌های توده و تغییرات آنها در طول زمان و تعیین اندازهٔ رویش قطری ون در منطقهٔ تحقیق است.

مواد و روش‌ها

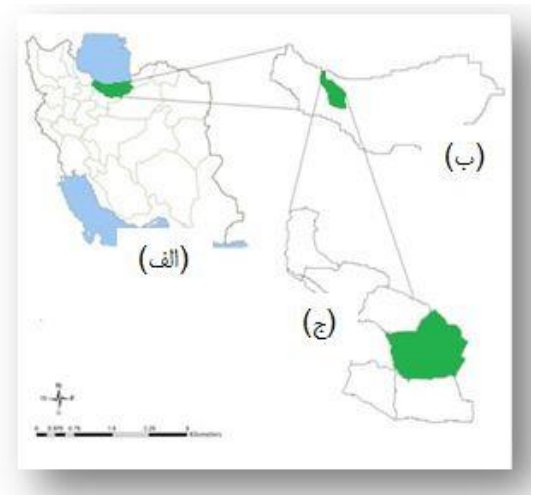
منطقهٔ تحقیق

جنگل آموزشی پژوهشی خیرود در ۷ کیلومتری شرق نوشهر بین ۳٦درجه و ۲۷ دقیقه تا ۳٦ درجه و ٤۰ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ٤۳ دقیقهٔ طول شرقی واقع شده که از شمال به نوار ساحلی و روستای خیرود و از جنوب به ییلاقات و روستای کلیک محدود می‌شود. رودخانهٔ خیرود زهکش اصلی این حوضه به‌شمار می‌آید. این

www.SID.ir

Archive Of SID

جنگل شامل هفت بخش است که مطالعهٔ حاضر در بخش چلیر در تودهٔ طبیعی و دست نخوردهٔ ون آمیخته تقریباً همسال به وسعت تقریبی یک هکتار در این بخش انجام گرفته است.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق در ایران (الف)، استان مازندران (ب) و جنگل خیرود و سری چلیر (ج)

روش پژوهش

داده‌های اولیهٔ این توده در سال ۱۳۸٤ به روش آماربرداری صددرصد برداشت شد. در این دوره از آماربرداری، ۵۳۲ اصله درخت از توده اندازه‌گیری شدند. مشخصه‌های قطر برابرسینه با استفاده از خط‌کش دوبازوی فنلاندی (کالیپر) در طبقهٔ قطری یک سانتی‌متری و ارتفاع کل درخت (بن درخت تا نوک درخت) با استفاده از شیب‌سنج سونتو تا دقت دسی‌متر اندازه‌گیری شد. داده‌های اندازه‌گیری شده در عرصه، به‌منظور تجزیه و تحلیل وارد محیط نرم‌افزار آماری اکسل شد و اندازهٔ ارتفاع کل به‌دست آمد. از آنجا که همهٔ درختان اندازه‌گیری شده در توده در دورهٔ اول آماربرداری شماره‌گذاری شده بودند، داده‌های دورهٔ دوم از درختان این توده در تابستان ۱۳۹۱ برداشت مجدد شده و مشخصات قطر برابرسینه و ارتفاع کل درختان اندازه‌گیری شد و تجزیه و تحلیل اولیه به‌منظور محاسبهٔ ارتفاع کل و قطر برابرسینه انجام گرفت. شایان ذکر است که اندازه‌گیری قطر برابرسینه در هر دو دوره در ارتفاع ۱/۳۰ متری از سطح زمین و در دورهٔ دوم با استفاده از متر نواری با دقت میلی‌متر انجام گرفت. اندازه‌گیری ارتفاع کل درخت در دورهٔ دوم آماربرداری نیز با استفاده از شیب‌سنج‌سونتو تا دقت دسی‌متر انجام شد. در حالت کلی ۸۷ اصله درخت در توده در طول دوره هشت ساله خشک شدند و تعداد درختان باقی‌مانده به‌منظور انجام محاسبات ٤٤۲ اصله است که ۲۲ اصله از آنها (تا حدود ۵ درصد از داده‌ها) به‌دلایل نامشخص بودن تاج درخت، شکسته بودن تاج و قطر بسیار زیاد که ممکن است ناشی از اشتباه اندازه‌گیری باشد و سبب نامتعادل شدن پراکنش داده‌ها می‌شوند و نیز دیگر مواردی که داده‌های غیرمعمول محسوب می‌شدند، به‌عنوان داده‌های پرت از محاسبات حذف شدند.

داده‌ها برای تجزیه و تحلیل اولیه وارد محیط نرم‌افزار آماری اس‌پی‌اس‌اس ۱٦شد و نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف بررسی شد. ضریب همبستگی پیرسون بین مشخصه‌ها به‌منظور بررسی معنی‌داری همبستگی بین آنها محاسبه و مشاهده شد که بین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده از نظر آماری همبستگی معنی‌داری وجود دارد. مدل‌های مختلف رگرسیونی با توجه به نحوهٔ پراکنش ابر نقاط بین متغیرها، برازش داده شده‌اند. این کار ابتدا برای همهٔ درختان توده و سپس برای گونهٔ ون در هر دو دورهٔ اول و دوم آماربرداری انجام گرفت. مدل رگرسیونی بین قطر برابرسینه و

www.SID.ir

Archive Of SID

ضریب قدکشیدگی با توجه به نحوهٔ پراکنش ابر نقاط بین این دو متغیر، برای همهٔ درختان توده و درختان ون توده برازش داده شد. در مواردی تفاوت در وسایل و محل اندازه‌گیری و همچنین تفاوت در اشخاص آماربرداری در دو دوره، سبب صفر یا منفی شدن رویش شده است. بنابراین به‌منظور برازش مدل مناسب و تعیین رویش این داده‌ها از محاسبات این مرحله حذف شدند. درصد زنده‌مانی درختان توده در بین دو دوره محاسبه شد (رابطهٔ ۱).

$$\text{درصد زنده درمانی کلاس قطری مشخص} = \left(\frac{\text{تعداد درختان در کلاس قطری مشخص در پایان دوره}}{\text{تعداد درختان در کلاس قطری مشخص در آغاز دوره}}\right) \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

برای محاسبه رویش قطری درختان ون موجود در توده، قطر برابرسینهٔ دورهٔ اول درختان ون از قطر برابرسینه دورهٔ دوم تفریق شد و میانگین اختلاف قطرهای دو دوره محاسبه و این میانگین به طول سال‌های دوره (هشت سال) تقسیم شد و رویش قطری درختان ون به‌دست آمد.

اعتبارسنجی مدل‌ها

برای ارزیابی کارایی مدل‌های مختلف رگرسیونی و انتخاب بهترین مدل، از تکنیک اعتبارسنجی ریشهٔ دوم میانگین مربع خطا[1] و ضریب همبستگی استفاده شده است. در این روش، یک‌پنجم داده‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و از محاسبات کنار گذاشته شده و پس از تعیین ضرایب مدل برای بررسی اختلاف بین مقادیر واقعی و برآورد شده، استفاده شدند. RMSE شاخصی مهم است که به‌طور گسترده برای بررسی دقت تجزیه و تحلیل‌های مکانی و مدل‌های رگرسیونی در مطالعات مختلف استفاده شده است [۱۸]. معیار انتخاب مناسب‌ترین مدل کمترین مقدار RMSE است که محاسبهٔ اندازهٔ آن به‌کمک رابطهٔ ۲ امکان‌پذیر است:

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{\sum_{i=۱}^{n}\left[Z(x_i) - Z(x_i)\right]^۲}{n}} \qquad (۲)$$

معیار انتخاب مناسب‌ترین مدل، داشتن بیشترین مقدار ضریب تعیین تعدیل شده[2] و ضریب همبستگی و کمترین خطای باقی‌ماندهٔ استاندارد شده[3] و خطای RMSE است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به ضریب همبستگی بین قطر برابرسینهٔ دو دوره و ارتفاع کل دو دورهٔ همهٔ درختان توده در جدول ۱ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۱ مشخص می‌شود که بین ارتفاع کل دوره‌های اول و دوم و بین قطر برابرسینهٔ دوره‌های اول و دوم همهٔ درختان توده، همبستگی معنی‌دار آماری وجود دارد. رگرسیون بین قطر برابرسینهٔ دو دورهٔ همهٔ درختان توده در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

1. RMSE (Root Mean Squared Error)

2. Adjusted R Square
3. Std.Error of the Estimate (See)

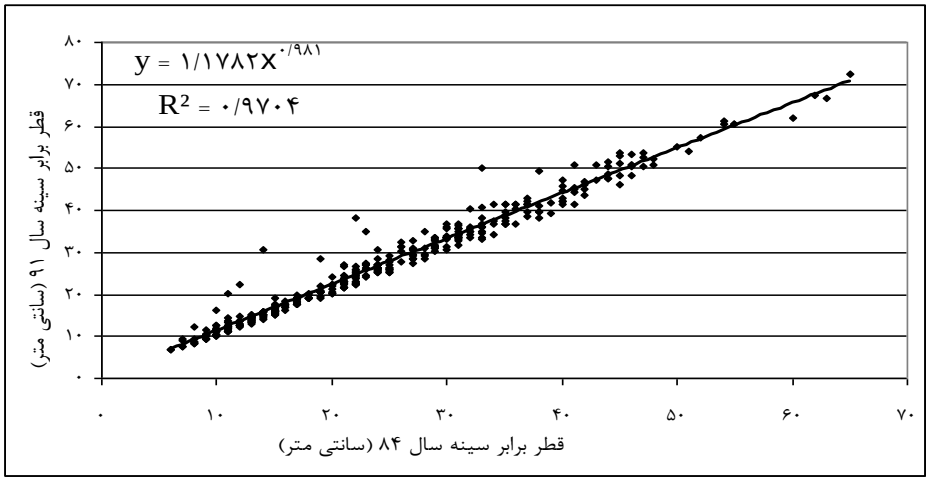
www.SID.ir

Archive Of SID

جدول ۱. ضریب همبستگی پیرسون بین قطر برابرسینه و ارتفاع کل همهٔ درختان در دوره‌های اول و دوم آماربرداری

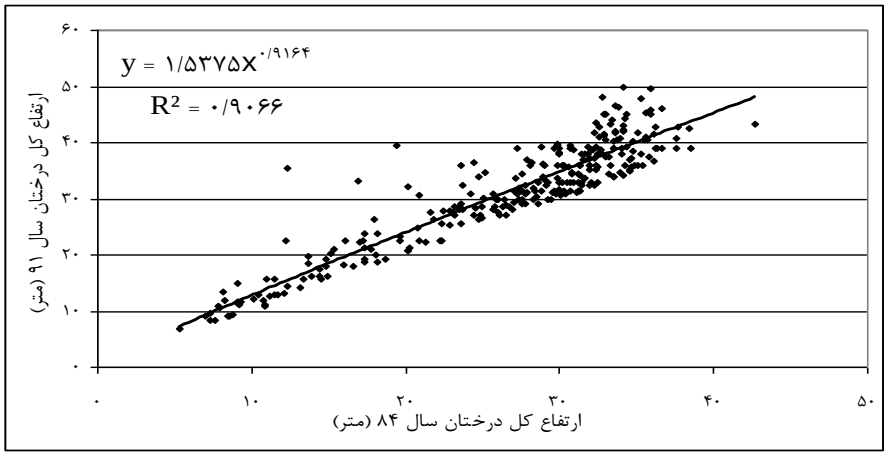
متغیر	(a)	(b)	(c)	(d)
قطر برابرسینهٔ دورهٔ دوم به سانتی‌متر (a)	۱	۰/۹۵۱**	۰/۸۰۰**	۰/۷۷۷**
قطر برابرسینهٔ دورهٔ اول به سانتی‌متر (b)	۰/۹۵۱**	۱	.۰/۷۷۰**	۰/۷۶۲**
ارتفاع کل دورهٔ دوم به سانتی‌متر (c)	۰/۸۰۰**	.۰/۷۷۰**	۱	۰/۹۲۷**
ارتفاع کل دورهٔ اول به سانتی‌متر (d)	۰/۷۷۷**	۰/۷۶۲**	۰/۹۲۷**	۱

** نشان‌دهندهٔ همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد



شکل ۲. رگرسیون بین قطر برابرسینهٔ سال ۱۳۸٤ و سال ۱۳۹۱ همهٔ درختان توده

مناسب‌ترین مدل به‌دست آمده بین دو قطر دوره‌های اول و دوم برای کل درختان توده با توجه به مقادیر $\hat{r}=۰/۹۸۵$، $\hat{R}^{۲}=۰/۹۷۰$ و $See=۰/۰۸۷$ به‌صورت $d_{۹۱}=۱/۱۷۸\times d_{۸۴}^{۰/۹۸۱}$ به‌دست آمد. مدل توانی نسبت به مدل‌های درجه ۲، درجه ۳ و خطی، دارای کمترین خطای معیار برآورد رگرسیون و بیشترین ضریب تعیین تعدیل شده است. رگرسیون بین ارتفاع کل دو دورهٔ همهٔ درختان توده در شکل ۳ مشاهده می‌شود.



شکل۳. رگرسیون بین ارتفاع کل سال ۱۳۸٤ و سال ۱۳۹۱کلیهٔ درختان توده

www.SID.ir

Archive Of SID

مناسب‌ترین مدل به‌دست آمده بین دو ارتفاع کل ۱۳۸٤ و ۱۳۹۱ برای همهٔ درختان توده با توجه به مقادیر $\hat{r}=۰/۹۵۲$، $\hat{R}^{۲}=۰/۹۰۶$ و $See=۰/۱۲۳$ به‌صورت $d_{۹۱}=۱/۵۳۷\times h_{۸۴}^{۰/۹۱۶}$ به‌دست آمد. مدل توانی نسبت به مدل درجه ۲ و خطی دارای کمترین خطای معیار برآورد رگرسیون و بیشترین ضریب تعیین تعدیل شده است.

نتایج مربوط به ضریب همبستگی بین قطر برابرسینهٔ دو دوره و ارتفاع کل دو دورهٔ درختان ون موجود در توده در جدول ۲ ارائه شده است.

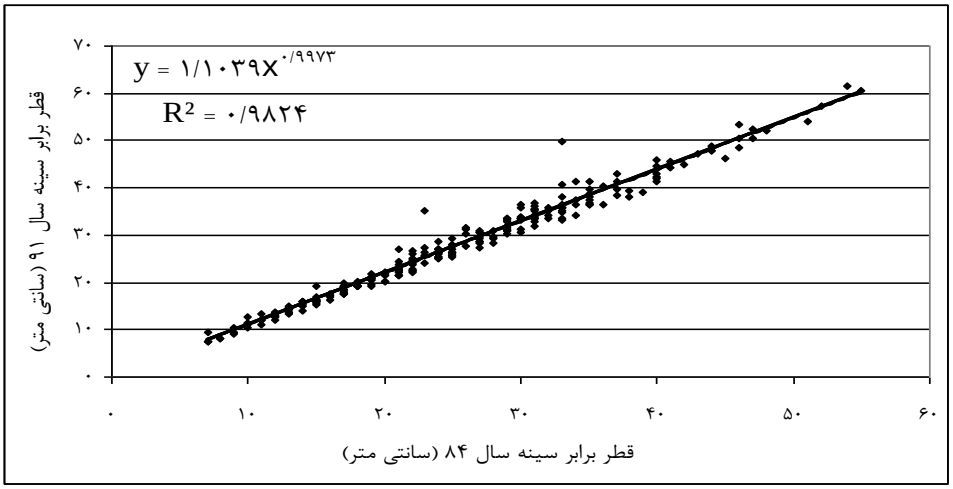
با توجه به جدول ۲ مشخص می‌شود که بین ارتفاع کل دوره‌های اول و دوم و بین قطر برابرسینهٔ دوره‌های اول و دوم همهٔ درختان ون موجود در توده، همبستگی معنی‌دار آماری وجود دارد. رگرسیون بین قطر برابرسینهٔ دو دورهٔ همهٔ درختان ون موجود در توده در شکل ٤ مشاهده می‌شود.

مناسب‌ترین مدل به‌دست آمده بین دو قطر دوره‌های اول و دوم برای درختان ون موجود در توده با توجه به مقادیر $\hat{r}=۰/۹۹۱$، $\hat{R}^{۲}=۰/۹۸۲$ و $See=۰/۰۵۸$ به‌صورت $d_{۹۱}=۱/۱۰۴\times h_{۸۴}^{۰/۹۹۷}$ به‌دست آمد. مدل توانی نسبت به مدل درجه ۲ و درجه ۳ و خطی دارای کمترین خطای معیار برآورد رگرسیون و بیشترین ضریب تعیین تعدیل‌شده است. رگرسیون بین ارتفاع کل دو دورهٔ همهٔ درختان ون موجود در توده در شکل ۵ مشاهده می‌شود.

جدول ۲.ضریب همبستگی پیرسون بین قطر برابرسینه و ارتفاع کل درختان ون موجود در توده در دوره‌های اول و دوم

متغیر	(a)	(b)	(c)	(d)
قطر برابرسینهٔ دورهٔ دوم به سانتی‌متر (a)	۱	۰/۹۸۸**	۰/۳۴۰**	۰/۱۳۱
قطر برابرسینهٔ دورهٔ اول به سانتی‌متر (b)	۰/۹۸۸**	۱	۰/۲۹۹**	۰/۱۲۳
ارتفاع کل دورهٔ دوم به سانتی‌متر (c)	۰/۳۴۰**	۰/۲۹۹**	۱	۰/۸۸۰**
ارتفاع کل دورهٔ اول به سانتی‌متر (d)	۰/۱۳۱	۰/۱۲۳	۰/۸۸۰**	۱

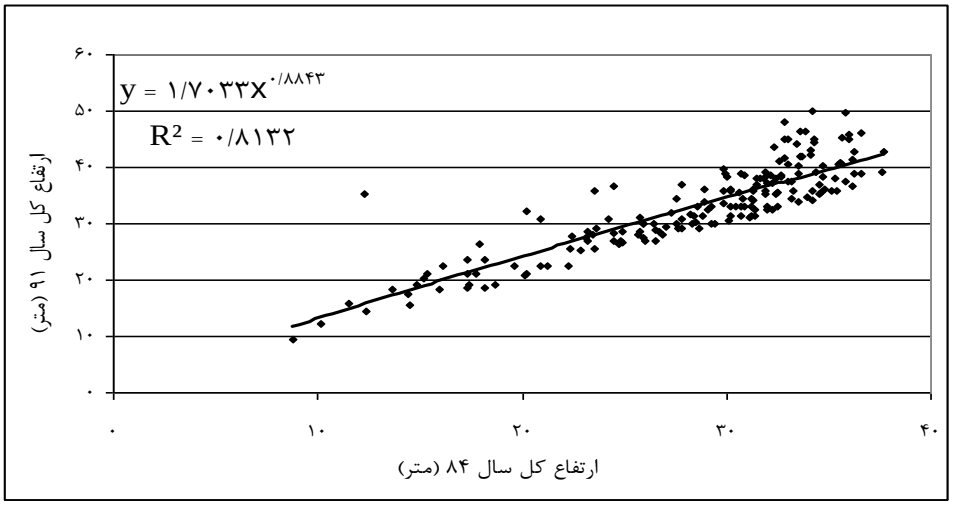
** نشان دهندهٔ همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد



شکل٤. رگرسیون بین قطر برابرسینهٔ سال ۱۳۸٤ و سال ۱۳۹۱ کلیهٔ درختان ون موجود در توده

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل۵. رگرسیون بین ارتفاع کل سال ۸٤ و سال ۹۱ کلیهٔ درختان ون موجود در توده

مناسب‌ترین مدل به‌دست آمده بین دو ارتفاع کل ۱۳۸٤و ۱۳۹۱ برای درختان ون توده با توجه به مقادیر $\hat{r}=۰/۹۰۲$، $\hat{R}^{۲}=۰/۸۱۲$ و $See=۰/۱۱۸$ به‌صورت $d_{۹۱}=۱/۷۰۳\times h_{۸۴}^{۰/۸۸۴}$ به‌دست آمد. مدل توانی نسبت به مدل درجه ۲ و خطی دارای کمترین خطای معیار برآورد رگرسیون و بیشترین ضریب تعیین تعدیل شده است.

نتایج اعتبارسنجی روابط به‌دست آمده بین مشخصه‌های همهٔ درختان توده و درختان ون توده در دو دوره نشان داد که خطای برآورد مدل‌های به‌دست آمده بین دو متغیر قطر برابرسینهٔ دوره‌های اول و دوم کمتر است (جدول ۳). رابطهٔ بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ اول آماربرداری بررسی شد. ضریب همبستگی پیرسون بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ اول آماربرداری در جدول ٤ ارائه شده است.

جدول۳. اعتبارسنجی مدل‌های مختلف رگرسیونی برازش داده شده برای درختان ون موجود در توده در دوره‌های اول و دوم

	مدل رگرسیونی	معیار ارزیابی	
		RMSE	ضریب تعیین
همهٔ درختان	توانی (قطر برابرسینهٔ دورهٔ اول و قطر برابرسینهٔ دورهٔ دوم)	۴/۸۳	۰/۹۰۷
	توانی (ارتفاع کل دورهٔاول و ارتفاع کل دورهٔ دوم)	۱۱/۱۳	۰/۰۶۲
درختان ون	توانی (قطر برابرسینهٔ دورهٔ اول و قطر برابرسینهٔ دورهٔ دوم)	۳/۰۴	۰/۹۸۲
	توانی (ارتفاع کل دورهٔ اول و ارتفاع کل دورهٔ دوم)	۱۳/۶۷	۰/۸۱۳

جدول ٤. ضریب همبستگی پیرسون بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان در دورهٔ اول

متغیر	ضریب قدکشیدگی
قطر برابرسینه به سانتی‌متر	-۰/۵۵۲**

** نشان‌دهندهٔ همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد

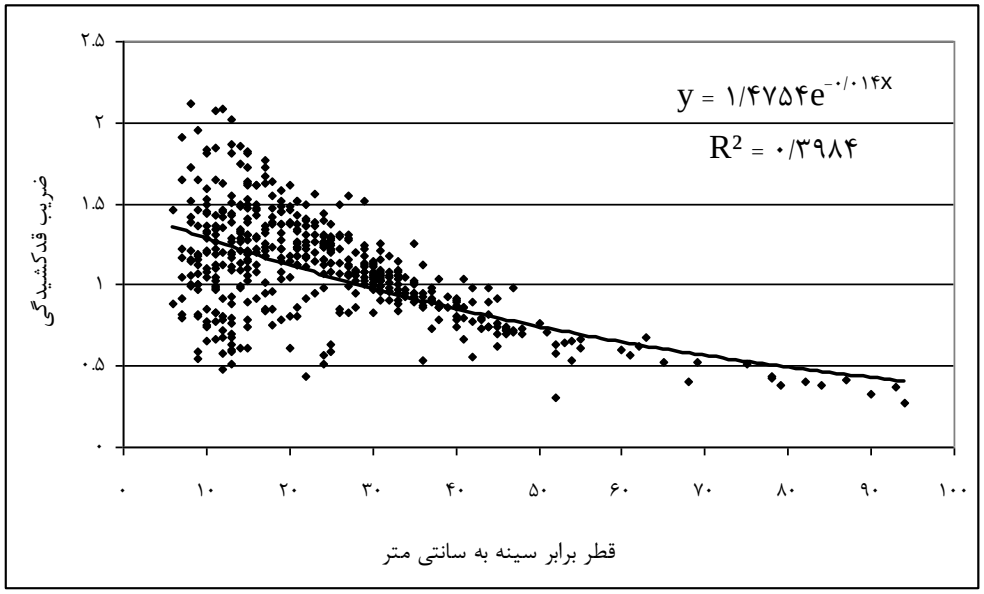
www.SID.ir

Archive Of SID

با توجه به جدول ٤ مشخص می‌شود که بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان در دورهٔ اول آماربرداری، همبستگی معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد وجود دارد. رگرسیون برازش شده بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ اول آماربرداری در شکل ٦ مشاهده می‌شود.

رابطهٔ بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ اول آماربرداری با توجه به مقادیر $\hat{r} = ۰/۶۳۱$، $\hat{R}^2 = ۰/۳۹۷$ و $See = ۰/۲۵۲$ به‌صورت $h/d = ۱/۴۷۵e^{-0/014\text{-}dbh}$ به‌دست آمد. رابطهٔ بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ دوم آماربرداری بررسی شد. ضریب همبستگی پیرسون بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ دوم در جدول ۵ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۵ مشخص می‌شود که بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان در دورهٔ دوم آماربرداری، همبستگی معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد وجود دارد. رگرسیون برازش شده بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ دوم آماربرداری در شکل ۷ مشاهده می‌شود.



شکل٦. رگرسیون بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان در دورهٔ اول

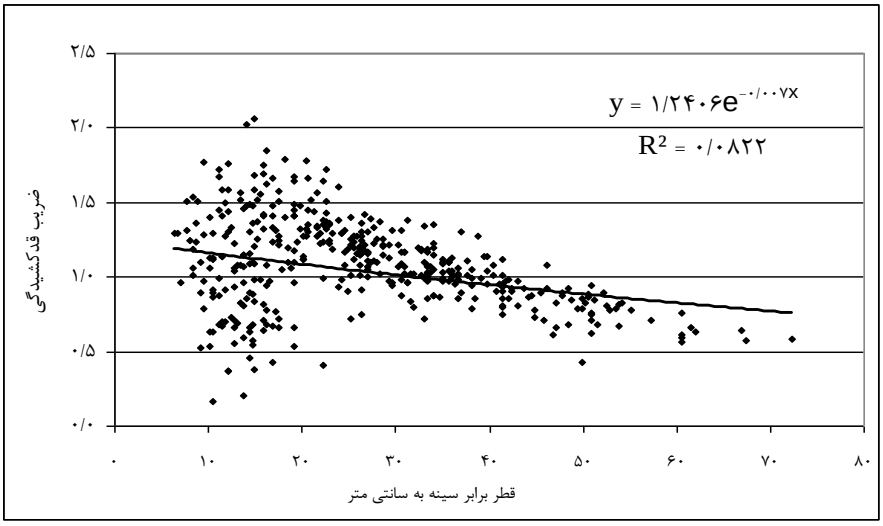
جدول ۵. ضریب همبستگی پیرسون بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان در دورهٔ دوم

متغیر	ضریب قدکشیدگی
قطر برابرسینه به سانتی‌متر	-۰/۳۲۵**

** نشان‌دهندهٔ همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد

www.SID.ir

Archive Of SID



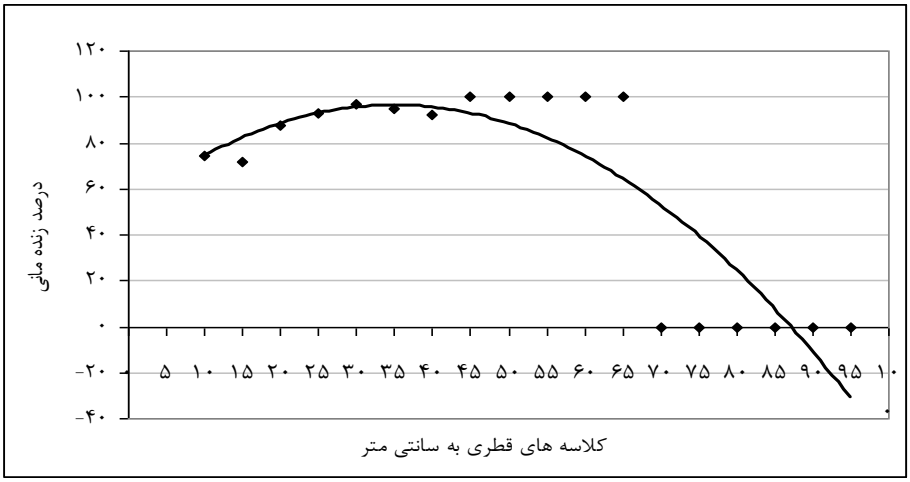
شکل۷. رگرسیون بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان در دورهٔ دوم

رابطهٔ بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دورهٔ دوم آماربرداری با توجه به مقادیر $r=۰/۲۴۸$، $\hat{R}^2=۰/۰۸۲$ و $See=۰/۳۱۳$ به‌صورت $h/d=۱/۲۴۰e^{-۰/۰۰۶dbh}$ به‌دست آمد.

نتایج اعتبارسنجی روابط به‌دست آمده بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی همهٔ درختان توده در دوره‌های اول و دوم نشان داد که این روابط دارای قدرت برآورد بسیار مناسبی‌اند (جدول ٦). درصد زنده‌مانی درختان توده محاسبه و در شکل ۸ ارائه شده است.

جدول٦. نتایج اعتبارسنجی مدل‌های مختلف رگرسیونی برازش داده شده برای توده در دوره‌های اول و دوم

	مدل رگرسیونی	معیار ارزیابی	
		RMSE	ضریب تعیین
دورهٔ اول	نمایی (قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی)	۰/۰۶	۰/۳۹۸
دورهٔ دوم	نمایی (قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی)	۰/۰۷	۰/۰۶۲



شکل۸. منحنی درصد زنده‌مانی در ارتباط با کلاسه‌های قطری به سانتی‌متر

www.SID.ir

Archive Of SID

نتیجه‌گیری

مشاهده شد که رابطهٔ ایجاد شده بین قطر برابرسینهٔ دورهٔ اول و دوم همهٔ درختان و درختان ون و بعد از آن رابطهٔ ایجاد شده بین ارتفاع کل همهٔ درختان و درختان ون دو دوره، دارای قدرت برآورد زیادی هستند. دلیل آن، دقت زیاد اندازه‌گیری قطر برابرسینه نسبت به ارتفاع کل است که نشان‌دهندهٔ لزوم دقت بسیار زیاد داده‌برداری به‌منظور برازش مدل بین مشخصه‌های اندازه‌ای درختان است. همچنین نتایج اعتبارسنجی روابط نیز نشان داد که معادلاتی که دارای ضریب تعیین[1] زیاد هستند، خطای کمتری در پیش‌بینی داده‌های دورهٔ آینده دارند. با استفاده از روابط ایجاد شده می‌توان رویش قطری و ارتفاعی تودهٔ مورد نظر را برای هشت سال آینده پیش‌بینی کرد که در تعیین تصمیمات لازم به‌منظور مدیریت هرچه بهتر تودهٔ مورد مطالعه در آینده مانند تنک کردن به‌منظور تولید حداکثر و پایدار، بسیار کاربردی است. با اندازه‌گیری و تعیین ارتفاع کل درختان در دوره‌های آینده می‌توان منحنی ارتفاع توده را به‌دست آورد که در تعیین درجهٔ حاصلخیزی و جدول‌های حجم بسیار مهم است. بررسی روابط ایجادشده بین قطر برابرسینهٔ دوره‌های اول و دوم با ضریب قدکشیدگی درختان توده [۸] نشان دهندهٔ این مطلب است که با افزایش میانگین قطر برابرسینهٔ توده، پایداری توده مورد نظر افزایش می‌یابد [۱۰]. چنانکه ملاحظه شد درختان با قطرهای ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر در دورهٔ دوم، ضریب قدکشیدگی کمتری نسبت به درختان با همین قطر در دورهٔ اول دارند (شکل‌های ٦ و ۷) که حاکی از رویش قطری درختان توده در دورهٔ دوم نیز است و با نتایج [٦] مطابقت دارد. از ضریب قدکشیدگی درخت به‌عنوان شاخص مقاومت در برابر بادافتادگی و برف و همچنین به‌عنوان شاخص رقابت در توده و راهنمای عملیات تنک کردن استفاده می‌شود که این عوامل از جمله دلایل برآورد رابطهٔ بین قطر برابرسینه و ضریب قدکشیدگی درختان است. روابط بین قطر برابرسینه و بین ارتفاع کل درختان توده در دوره‌های اول و دوم آماربرداری، نشان‌دهندهٔ مرحله جوانی و رو به رشد بودن توده است [۱۷]. با استفاده از تجزیهٔ واریانس آنوا مشخص شد که تمامی روابط ایجاد شده در سطح احتمال ۹۹ درصد از لحاظ آماری معنی‌دارند. همچنین باید توجه کرد که از همهٔ روابط به‌دست‌آمده تنها می‌توان در مورد توده یا گونه‌های مورد مطالعه و در زمانی که به اطلاعات کلی در مدت محدود از تودهٔ مورد مطالعه یا گونه‌های ون، ممرز و افرا در شرایط مشابه نیاز داریم، بهره برد. بررسی پراکنش ابر نقاط درصد زنده‌مانی درختان توده نشان می‌دهد که درصد زنده‌مانی درختان در کلاسه‌های قطری پایین (کلاسه‌های ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) و کلاسه‌های بالا (۷۰ تا ۹۵ سانتی‌متر) کمتر از درصد زنده‌مانی درختان در کلاسه‌های قطری میانی است که لازمهٔ دخالت در توده و مدیریت آن را اثبات می‌کند. عدم مدیریت به‌موقع توده و تنک نکردن سبب از بین رفتن درختان در قطرهای زیاد و اتلاف حجم چوب می‌شود و در قطرهای کم نیز درختان تحت فشار آشکوب بالا قرار می‌گیرند و از ادامهٔ زندگی باز می‌مانند و آیندهٔ توده دچار مخاطره می‌شود. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها برای بررسی رویش ون نشان می‌دهد میانگین رویش هر درخت ون در تودهٔ

1. R Square

www.SID.ir

Archive Of SID

بررسی‌شده ۳ میلی‌متر در سال است که این رویش ممکن است تحت تأثیر عوامل رویشگاهی قرار گیرد و با توجه به اینکه خاک منطقهٔ تحقیق آهکی است و رطوبت زیادی دارد محیط مناسبی برای رشد گونهٔ ون ایجاد کرده است.

www.SID.ir

Archive Of SID

References

[1]. Khatibi, N.D. (2004). The northern ancient forests in valedictory situation. Enteshar Company Publisher, First Edition, 150p.

[2].Ghanbari, F., and Shataee, Sh. (2011). Investigation on Forest Extend Changes Using Aerial Photos and ASTER Imagery (Case Study: Border Forests in South and Southwest of Gorgan City), Journal of Wood & Forest Science and Technology, 17(4): 1-18.

[3]. Rafieyan, O., Darvishsefat, A. A., and Namiranian, M. (2006). The Area Change Detection in the Northern Forests of Iran Using ETM + Data, JWSS - Isfahan University of Technology, 10 (3): 277-287.

[4]. Spence, J.R. (2001). The new boreal forestry: adjusting timber management to accommodate biodiversity. Trends in Ecology & Evolution, 16(11): 591-593.

[5]. Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structures, Forestry, Pages 305-324.

[6].Amini, M. and Namiranian, M., Sagheb Tlebi, Kh. and Amini, R. (2009).Investigation on The Homogenity of Diameter Increment Models in *Fagus orientalis* L. Trees. Wood & Forest Science and Technology, 16(4): 1-23.

[7]. Ramin, M. Shataei, Sh. Habashi, H., and Khoshnevis, M. (2012). Investigation on some quantitative and qualitative characteristics of Juniper stands in Aminabad of Firouzkoh**.** Wood & Forest Science and Technology, 19(3): 21-40.

[8].Namiranian, M. (2005). An Investigation of the Ash species inventory at Gorazbon District in the Educational and Research Forests of Kheiroodkenar. Iranian Journal of Natural Resource, 57 (4): 689-702.

[9]. Akhavan, R., and Namiranian, M. (2007). Slenderness coefficient of five major tree species in the Hyrcanian forest of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(2): 165-180.

[10]. Wang, Y., Titus, S.J, and LeMay, V.M. (1998). Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests.Canadian Journal of Forest Research, 28(8): 1171-1183.

[11]. Liu, X., Silinus, U., Lieffers, V.J., and Man, R. (2003). Stem hydraulic properties andgrowth in lodgepole pine stands following thinning and sway treatment,Canadian Journal of Forest Research, 33(7): 1295-1303.

[12]. Rudnicki, M., Silinus, U., and Lieffers, V.J. (2004). Crown cover is correlated with relative density, tree slenderness and tree height in lodgepole pine. Forest Science, 50(3): 356-363.

[13]. Gazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Marvi Mohadjer., M.R., and Pourtahmasi, K. (2005). An Estimation of Tree Diameter Growth of Lebanon Oak (Quercus libani) in Northern Zagross Forests (Case Study, Havareh khole). Iranian Journal of Natural Resources, 57(4):649-662.

[14]. Mahdiani, A.R., Heydari, H., Rahmani, R., and Azadfar, D. (2012). Structure of Oak (Quercus macranthera) Forest Stands in the Golestan Province. Journal of *Wood & Forest Science and Technology*, 2(19): 23-42.

[15]. Jahanbazi Gojani, H., Mirbdin, A., and Talebi, SM. (2001).Determination of diameter growth of *Quercus brantii Lindl* in Chahar mahal bakhtiyari.Iranian Journal of Forest and Poplar Research, (254): 1-32.

www.SID.ir

Archive Of SID

[16]. Adame, P., Hynynen, J., Canellas, I., Del Rìo, M. (2008). Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (Quercus pyrenaica Willd.) coppices. Forest Ecology and Management, (255): 1011-1022.

[17]. Bayat, M., Namiranian, M., Zobeiri, M., Omid, M., and Pukkala, T. (2014). Growth and yield models for uneven – aged and mixed broadleaf forest (Case study: Gorazbon District in Kheyroud Forest, North of Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research 1(22): 39-50.

[18]. Siska, P.P., and Hung, I.K. (2001). Assessment of Kriging Accuracy in the GIS Environment,The 21st Annual ESRI International User Conference, San Diego, CA.

www.SID.ir