Archive of SID

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۳، صفحهٔ ٤٦٦-٤٥٢، (۱۳۹۲)

مدل سازی پهنای حلقه‌های رویشی گونه‌های دست کاشت توسکا ییلاقی، گردو، کاج بروسیا و متغیرهای اقلیمی (مطالعه موردی: جنگل دارابکلا ساری)

شهرام جعفرنیا[1*]، اصغر فلاح[2] و حمید جلیلوند[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور. پست‌الکترونیک: sh.jafarniya@gmail.com

۲- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۱۸

چکیده

در این مطالعه تأثیر متغیرهای اقلیمی بر روی پهنای حلقه‌های رویشی گونه‌های دست کاشت توسکا ییلاقی (۲۲ساله)، گردو (۲۱ ساله) و کاج بروسیا (۱۵ ساله) مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعات گاه‌شناسی ابتدا تطابق بین نمونه‌ها (۱۵ نمونه از هر گونه) بدست آمد و بعد مقادیر میانگین حساسیت هر گونه، همبستگی بین درختان، بیان سیگنال جمعیت و مقدار سیگنال به ناهنجاری محاسبه شد. هدف از این تحقیق، مدل‌سازی رگرسیونی تأثیر دما، بارندگی، تبخیر و تعرق واقعی، شاخص حرارتی تورنت‌ویت و رطوبت نسبی ماه‌ها و فصول مختلف سال و فصل رویشی روی رویش پهنای حلقه‌های سالانه، در جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی ساری بود. درمجموع ۱٦۲ متغیر اقلیمی مستقل (دما، بارندگی، تبخیر و تعرق و ...) و ٤٥ متغیر وابسته (پهنای حلقه‌های رویشی) مورد آزمون قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس بین سه گونه ارتباط معنی‌داری را از نظر همسانی عرض حلقه‌های رویشی نشان داد. با استفاده از روش‌های فیلتراسیون در رگرسیون چندگانه، مرحله به مرحله متغیرهایی که کمترین ضریب تغییرات و بیشترین ضریب تبیین را داشتند، انتخاب شدند. نتایج نشان داد که پهنای حلقه‌های رویشی گردو با بیشینه رطوبت تابستان دارای ارتباط مثبت، پهنای حلقه‌های رویشی توسکا با بیشینه دمای آذر و تبخیر و تعرق بهمن دارای ارتباط منفی و با بیشینه رطوبت تابستان دارای ارتباط مثبت و کاج بروسیا با بیشینه رطوبت بهمن دارای ارتباط منفی می‌باشند. این ارتباطات با محدودیت‌های بوم‌شناختی بین گونه‌ها تطابق دارد. در نهایت برای هر یک از گونه‌ها، مدل رگرسیون چندگانه بدست آمد که با توجه به نتایج کالیبراسیون مدل، صحت آن تأیید شد.

واژه‌های کلیدی: گاه‌شناسی، روش فیلتراسیون، رگرسیون، واکنش رشد، جنگل دست‌کاشت

مقدمه

گاه‌شناسی درختی (Dendrochronology) در ارتباط با تأثیر عامل‌های متعدد محیطی ازجمله متغیرهای اقلیمی که بر روی رویش درخت اثر می‌گذارند، بحث می‌کند (Garcia-Suarez *et al.*, 2009). در این علم پاسخ اکوسیستم به تغییرات محیطی بررسی می‌شود (Lo *et al.*, 2010). پهنای حلقه‌های رویشی به عوامل متعددی بستگی دارند که به دو بخش ۱) موقعیت مکانی درختان، سن و مدیریت جنگل و ۲) عامل‌های محیطی مانند دما، بارندگی و تابش آفتاب قابل تقسیم است (Garcia-Suarez *et al.*, 2009). گاه‌شناسی درختی علم تاریخ‌گذاری حلقه‌های رویشی است. این علم اطلاعات اقلیمی موجود را در ساختار حلقه‌های تاریخ‌گذاری شده بررسی می‌کند (Swetnam *et al.*, 1999). پهنای یک حلقه سالیانه، پهنای

www.SID.ir

Archive of SID

چوب بهاره و تابستانه مجموعه‌ای است از فرایندهایی که از طریق اقلیم در یک دوره‌ی طولانی، در طی فصل رویش جاری بر درخت تأثیر می‌گذارد (Devall *et al.*, 1995) اثرهای مثبت و منفی تغییرات اقلیمی بر رویش درختان جنگلی در نقاط مختلف جهان قابل مشاهده است (Martin-Benito *et al.*, 2011). مدل‌های برآورد کننده تغییر اقلیم نشان داده‌اند که از سال ۱۸۶۰ تاکنون متوسط درجه حرارت کره زمین حدود ۰/۵ تا ۰/۷ درجه سانتی-گراد گرم‌تر شده است. در صورتی که اگر گاز کربنیک جو با همین روند افزایش یابد، در قرن آینده میانگین درجه حرارت جهانی ممکن است بین ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (Anderson, 1992). روند افزایش درجه حرارت جهانی می‌تواند اثرهای شدید و قابل توجهی بر اکوسیستم‌های طبیعی جنگلی در نیمکره شمالی داشته باشد. تحقیق‌های اندکی در رابطه با تغییرات اقلیمی و تأثیری که متغیرهای اقلیمی روی گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری به جای می‌گذارند، انجام شده است (Szeincz & MacDonald, 1994). تأثیر متغیرهای اقلیمی بر روی رشد گونه‌های مختلف نشان می‌دهد که ساختار جنگل علاوه بر رقابت و دخالت، از اقلیم هم تأثیر فراوانی می-پذیرد (Piowesan *et al.*, 2005). در ایران به دلیل کمبود ایستگاه‌های هواشناسی، عدم وجود سوابق طولانی‌مدت داده‌های هواشناسی، عدم وجود درختان مناسب در ارتفاعات پایین و حضور آنها در مناطق سخت سبب گردیده تا چندان روابط بین حلقه‌های رویشی و پدیده-های طبیعی تأثیرگذار بر روی رویش درختان مورد توجه قرار نگیرد. جنگل‌های شمال به دلیل واقع شدن در ناحیه معتدل و به دلیل آن که هر یک از حلقه‌های رویشی درختان معرف یک سال رویشی می‌باشد، مطالعات اقلیم-نگاری درختی را ممکن ساخته است (Esmailpour & Jalilvand, 2008) بیشتر محققان از روش‌های رگرسیون چندگانه برای تجزیه روابط بین تغییرات اقلیمی و رویش حلقه‌ها استفاده می‌کنند. در این روش اثرگذاری هر یک از متغیرهای مستقل معنی‌دار از یکدیگر به شکل ضریب تعیین بخشی مشخص می‌شود که بعضی اثر مثبت و بعضی اثر منفی روی رشد می‌گذارند. متغیرها مرحله به مرحله با روش فیلتراسیون (روش کاهندگی تعداد متغیرهای اقلیمی از ساده به پیچیده) شناسایی و در نهایت بهترین مدل شناسایی و معرفی می‌شود. در مدل نهایی اثر هر یک از متغیرهای معنی‌دار باقیمانده، از یکدیگر تفکیک می‌شوند (Jalilvand, 1995). تأثیر این متغیرها هم به شکل خطی و هم به صورت درجه دوم در مدل نهایی ظاهر می‌شوند. در نهایت بهترین مدل ترکیبی از تمامی متغیرهای اقلیمی و سال اثرگذاری آنها در مدل نشان داده می‌شود. با توجه به مطالعات صورت گرفته، بررسی اثرات اقلیمی بر روی رویش درختان جنگلی می‌تواند در برنامه-ریزی و طرح‌های درازمدت کارساز باشد (Dang & lieffers, 1989; Ryan *et al.*, 1994).

در رابطه با تأثیر اقلیم و رقابت بر روی رشد گونه (*Juglans cinerea*) در جنوب ویرجینیا (Stacy *et al.*, 2008) دریافتند که ارتباط معنی‌داری بین تغییر اقلیم سالیانه، شاخص خشکی پالمر و پهنای حلقه‌های رویشی وجود دارد. محققان مختلفی ازجمله: Cedro (2002) و Kob0 & Yasue (2004) نشان دادند که بین حلقه‌های رویشی سالیانه درختان کاج جنگلی و گونه *Tsuga diversifolia* با دمای هوا و بارندگی همبستگی مثبتی وجود داشته است و ارتباط زیادی با شرایط حرارتی و رطوبتی در زمستان و ماه‌های بهار دارد و دمای بالا در تابستان اثر منفی در رویش داشته است. در تحقیقی واکنش رشد حلقه‌های رویشی گونه *Juniperus thurifera* نسبت به متغیرهای اقلیمی (بارندگی، بیشینه و کمینه درجه حرارت) بررسی شد که نتایج کار نشان داد بارندگی و رطوبت بهمن و اسفند ماه و کمینه درجه حرارت فروردین ماه تأثیر منفی بر روی رشد این گونه دارند (Rozas & Olano, 2013). در پارک جنگلی نور (Jalilvand, 2008) عامل‌های اقلیمی مؤثر بر رشد حلقه-

www.SID.ir

Archive of SID

های رویشی زبان‌گنجشک را در سال جاری رویشی و سال‌های قبل از آن توسط رگرسیون چندگانه، مورد بررسی قرار داد. نتایج مشخص کرد که گونه زبان‌گنجشک شرایط گرم‌تر را در انتها و اواسط فصل رشد و بارندگی در ماه‌های ابتدای فصل رویش را بیشتر می‌پسندد.

این تحقیقات نشان می‌دهند که پهنای حلقه‌های رویشی در ارتباط با وضعیت اقلیمی در فصل رویش و ماه‌های قبل از رویش بوده و دما، بارندگی و رطوبت نسبی تأثیر مستقیمی بر میزان رویش دارند. هدف از تحقیق حاضر، مدل‌سازی رگرسیونی تأثیر دما، بارندگی، تبخیر و تعرق واقعی، شاخص حرارتی تورنتویت و رطوبت نسبی ماه‌ها و فصول مختلف سال و فصل رویشی روی پهنا حلقه‌های رویشی گونه‌های توسکا ییلاقی، گردو و کاج بروسیا در جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی ساری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جنگل دارابکلا در جنوب شرقی شهرستان ساری بین طول‌های جغرافیایی ´٤١ °٥٢ تا ´١٣ °٥٢ و عرض جغرافیایی ´٣٣ °٢٦ تا ´٨٢ °٣٦ واقع شده است. جهت عمومی شیب شمال و شمال غربی است. میزان شیب حدود ٤٠٪ (کمینه ٥٪ تا بیشینه ٧٠٪) می‌باشد. کمینه ارتفاع از سطح دریا در این جنگل‌ها ١٨٠ و بیشینه آن کمتر از ٨٧٤ متر است. میانگین بارندگی ٧٠٠ تا ٧٥٠ میلی‌متر در سال برآورد شده است. همچنین در این منطقه پایه‌های دست‌کاشت پلت، شیردار، بلوط، گردو، توسکا، کاج بروسیا و زربین نیز در قطعات مختلف دیده می‌شود (Anonymous, 2006). سن توسکا ییلاقی، گردو و کاج بروسیا در منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ٢١، ٢٢ و ١٥ سال بود (جدول١). نمونه‌ها در آذرماه سال ١٣٨٨ برداشت شدند و از اطلاعات اقلیمی با توجه به سن جنگلکاری‌ها در طول ٢٢ سال اخیر استفاده شد. به‌منظور مطالعه دقیق‌تر، عامل جهت شیب دامنه (جهت شمالی دامنه) و ارتفاع از سطح دریا ثابت در نظر گرفته شد. روش نمونه‌برداری از نوع انتخابی بود (Jalilvand, 2008). در انتخاب نمونه‌ها، سعی شد از پایه‌هایی انتخاب شود که از شرایط کیفی و کمی بهتری برخوردار باشند. نمونه‌ها از درختان سالم، غالب و دارای تاج پوشش متقارن، بدون خمیدگی و عاری از چوب واکنشی برداشت شدند (Chiara Manetti, 2006). به این ترتیب ١٥ پایه برتر انتخاب و با مته رویش‌سنج یک نمونه در محل قطر برابر سینه در جهت شمالی- جنوبی گرفته شد. نمونه‌ها در داخل جنگل درون قاب‌های چوبی ناودانی شکل قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و بعد اقدام به سنباده‌زنی آنها در دو مرحله شد که ابتدا سنباده درشت و بعد سمباده نرم استفاده شد و برای وضوح بیشتر دوایر از یکدیگر به روغن جلا آغشته شدند. سپس نمونه‌ها در زیر بینوکولار با بزرگ‌نمایی ١٠x قرار گرفت و عملیات تاریخ‌گذاری تطبیقی و اندازه‌گیری پهنای دوایر رویشی انجام شد. برای دقیق‌تر شدن اندازه‌گیری‌ها نمونه‌های رویشی با اسکنر اسکن شدند و پهنای حلقه‌های رویشی با نرم‌افزار گرافیکی (CorelDraw Suite X3) با دقت ٠/٠٠١ میلی‌متر ثبت شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- اطلاعات مربوط به گونه‌های اندازه‌گیری شده

گونه	گردو	توسکا	کاج بروسیا
سال کاشت	۱۳٦۹	۱۳٦۹	۱۳۷٦
سال اندازه‌گیری	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸
فاصله کاشت	٤×٤	۳×۳	٤×٤
سن نهال هنگام کاشت	۳	۲	۳
سن درختان هنگام اندازه‌گیری	۲۲	۲۱	۱۵

اما بعد از انجام عملیات تاریخ‌گذاری حلقه‌ها برای حذف اثر گرایشات رویشی درخت، که بیشتر مربوط به سن درخت می‌باشد، می‌توان بر روی منحنی‌های رویشی درخت که به صورت نمایی است، خطی به صورت برازش رسم کرد که بهترین برازش، برازشی است که از حداقل مجذور مربعات خطا برخوردار باشد (Fritts & Swetnam, 1986) درختان در اوایل دوره رویش از سرعت رشد بالایی برخوردارند و به تدریج از سرعت رشدشان کاسته می‌شود و منحنی الگوی رویش آنها خطی می‌شود. این چنین منحنی‌های رشد توسط منحنی نمایی زیر برازش می‌شود.

$$Y_t = ae^{-bt} + k$$

که در آن مقادیر a، b و k در یک سری از داده‌ها با توجه به شیب خط و بهترین برازش با سری دیگر کاملاً متفاوت می‌باشد. t سن و Y_t پهنای حلقه‌های رویشی به میلی‌متر می‌باشد. پس از برازش، مقدار پهنای دوایر رویشی (مقدار واقعی) هر سال (Wt) با تقسیم بر مقدار تخمین زده شده (Yt) به یک نمایه (It) به یک مقدار استاندارد شده تبدیل می‌شود.

$$I_t=W_t / Yt$$

از این مرحله به بعد سری داده‌های پهنای دوایر رویشی عاری از هر نوع از گرایشات رویشی است و واریانس بسیار زیاد حاصل از سن به واریانس همگون و کم تبدیل شده است. بعد از این نمایه‌های رویشی سه گونه گردو، توسکا ییلاقی و کاج بروسیا در رویشگاه مورد مطالعه بعمل آمد و گاه‌شناسی هر کدام از این گونه-ها تهیه شد. تغییرات پهنای دوایر رویشی یک درخت، اطلاعاتی در مورد کل وقایع وارد شده بر آن درخت را برای ما مهیا می‌کند ولی متوسط پهنای حلقه‌های رویشی چند درخت پس از عملیات تاریخ گذاری تطبیقی قادر است اطلاعاتی از جامعه گیاهی آن رویشگاه را آماده کند (Fritts & Swetnam, 1986). در شکل۱ تصاویری از سطح مقطع هر یک از گونه‌ها مشاهده می‌شود. تاریخ-گذاری تطبیقی از حساس‌ترین و اساسی‌ترین مرحله مطالعات گاه‌شناسی درختی است. ازاین‌رو بدست آوردن حداکثر تطابق بین نمونه‌ها (بین درختان) ضروریست. با تهیه ٤٥ نمونه رویشی از گونه‌ها، تاریخ‌گذاری تطبیقی بین گاه‌شناسی فردی درختان با میانگین آنها انجام شد که نتیجه آن در جدول۲ ارائه شده است. به‌طوری‌که مقادیر GLK (Gleichläufigkeit' values) در سطح ۹۹/۹ درصد معنی‌دار بودند. بالا بودن مقادیر درصد واریانس تطبیقی دقت اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. ضریب حساسیت بالا نشان می‌دهد که این گونه به اقلیم حساس است. همان طور که ذکر شد مقدار بیان سیگنال جمعیت (EPS) (Expressed Population Signal) به تعداد نمونه‌ها و همبستگی بین آنها بستگی دارد. هرچقدر همبستگی بین نمونه‌ها بالا باشد می‌توان با تعداد کمی نمونه گاه‌شناسی گونه‌ای را تهیه کرد. اما در صورت پایین بودن همبستگی

www.SID.ir

Archive of SID

بین نمونه‌ها باید تعداد نمونه‌ها به اندازه‌ای باشد که سیگنال‌های اقلیمی به خوبی در گاه‌شناسی ایجاد شده نمایان شود. در این تحقیق مقدار برآوردی EPS، ۰/۸۸، ۰/۷۵ و ۰/۸۱ بود که گاه‌شناسی گونه‌های مورد نظر را تأیید می‌نماید (جدول۳). همچنین مقدار سیگنال به ناهنجاری (Signal-to-Noise Ratio) (SNR نیز اهمیت گاه‌شناسی ایجاد شده را در ارزیابی روابط رویش و اقلیم نشان داد. بنابراین هرچقدر این مقدار بالا باشد به همان اندازه رابطه‌ای قوی بین رویش سالانه و اقلیم ظاهر خواهد شد.

شکل۱- تصاویر سطح مقطع گونه کاج بروسیا، توسکا و گردو

جدول۲- مقادیر GLK بین گاه‌شناسی‌های فردی و گاه‌شناسی اصلی

گونه‌ها	درختان														
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥
GLK (Walnut)	۹۰	۷٦/٤	۷۳	۷٥/٥	۷۸	٦۹	۷۸/۳	۸۲	۷۸/٦	۸۲/۸	۷۳/۳	۸۲/۲	۷٦/٤	۸۸	٥۷
GLK (Alder)	۷۲/۲	۷۳	۸۲/۱	۷٥	۷٤/٦	۷۱	۷٦/۹	۸۰	۷۱/۷	۷۲/۱	۷۷/۷	۹۰	۷۳/۳	۷۸/۱	۷٤
GLK (Brutia Pine)	۷٥/۸	۸٦	۷٤/٥	۷٦/٦	۷۲	٦۳/٦	۷۷	۸۳/۳	۹۱	۷٦/٤	۷۹	۷٥/٥	۷۰	۷٦/۲	۸۲/۳

تمامی مقادیر در سطح ۹۹/۹ درصد معنی‌دار می‌باشند.

جدول۳- خلاصه آماری گاه‌شناسی سه گونه با استفاده از برنامه ARSTAN

کد گاه‌شناسی	نوع گاه‌شناسی	طول گاه‌شناسی	R_{bt}	MS	EPS	SNR
Walnut	Residual Chronology	۱۹۸۷-۲۰۰۸	۰/٥	۰/۲۰	۰/۸۸	٤/۱۱
Alder	Residual Chronology	۱۹۸۸-۲۰۰۸	۰/۷	۰/۲٤	۰/۷٥	۷/۱۲
Brutia Pine	Residual Chronology	۱۹۹٤-۲۰۰۸	۰/٥٥	۰/۱۸	۰/۸۱	٥/۰۲

R_{bt}: میانگین همبستگی بین نمونه‌ها (درختان)، MS: میانگین حساسیت بین نمونه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول٤ متغیرهای اقلیمی که از ایستگاه هواشناسی قراخیل (سینوپتیک) در طول سال‌های متناظر، با توجه به ماه‌ها، فصول و سال رویشی به‌منظور یافتن واکنش رشد این گونه‌ها نسبت به آنها به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد، مشاهده می‌شود. با روش فیلتراسیون مهمترین متغیرها گام به گام در بهترین مدل رگرسیون چندگانه شناسایی شد. آنالیزهای آماری در نرم‌افزار SPSS، SAS و Excel انجام شد. در هر مرحله آماره‌های مجموع مربعات برآورد باقی مانده، توزیع پخشیدگی((c(p)) و ابر نقاط باقی‌مانده در برابر مقدار واقعی برآورد مورد توجه قرار داده شد. به این ترتیب مدل‌ها طی دو مرحله در رگرسیون خطی و چندگانه مورد ارزیابی قرار گرفتند و مهمترین متغیرهای مستقلی که با پهنای حلقه‌های رویشی این سه گونه دارای بیشترین ارتباط معنی‌دار بودند انتخاب شدند. سپس برای ارزیابی صحت مدل‌های برازش شده نهایی، عامل‌های تورم واریانس (VIF)، مجموع مربعات باقیمانده (SSR) و مجموع مربعات باقیمانده برآورد (PRESS) بدست آمد. به این ترتیب مدل‌های نهایی برای سه گونه گردو، توسکا ییلاقی و کاج بروسیا بدست آمد.

جدول٤- تعداد و نوع متغیرهای اقلیمی به کار برده شده در مدل‌های رگرسیونی

متغیر	Tm	Tma	Tmi	P	Hm	Hma	Hmi	E	Im	جمع
سالانه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۹
ماه	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۰۸
فصول سال	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	۳٦
فصل رویشی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۹
جمع	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱٦۲

علائم: (Tm) میانگین دما، (Tma) بیشینه دما، (Tmi) مینیمم دما، (P) بارندگی، (Hma) بیشینه رطوبت نسبی، (Hmi) مینیمم، رطوبت نسبی، (Hm) متوسط رطوبت نسبی، (Im) شاخص حرارتی تورنتویت،(F,O,KH,T,M,SH,ME,AB.AZ,D,B,E)، ماه‌های سال به‌ترتیب از فروردین تا اردیبهشت، (SP,SU,FA,WI) چهار فصل سال

نتایج

در ابتدا برای میانگین رویش سه گونه آنالیز تجزیه واریانس با روش تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد که نتایج نشان داد بین سه گونه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در جدول۵ تجزیه واریانس سه گونه گردو، توسکا و کاج بروسیا مشاهده می‌شود. سپس برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون S-N-K (Student–Newman–Keuls) استفاده شد، نتایج نشان داد که گردو و توسکا با هم در دسته b قرار می‌گیرند و کاج بروسیا نیز در دسته a قرار می‌گیرد، اما تفاوت معنی‌داری بین دسته‌های مورد نظر وجود نداشت (شکل ۲).

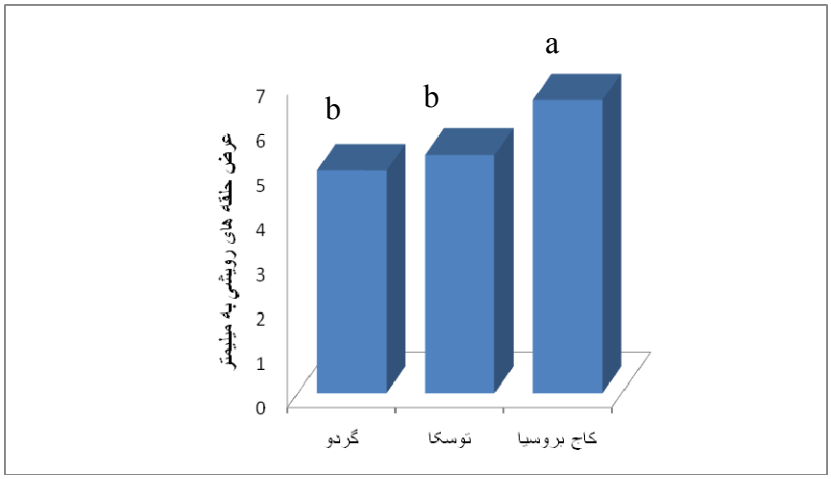
www.SID.ir

Archive of SID

جدول٥- جدول تجزیه واریانس ANOVA برای عرض حلقه‌های رویشی سه گونه

منابع تغییرات	سطح آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	٢	٦/٨٦٨	١٨/٢٧	٠/٠٠٠**
درون گروه‌ها	٤٢	٠/٣٧٦		
کل	٤٤			

**معنی‌داری در سطح ٩٩/٩ درصد



شکل ٢- مقایسه میانگین رویش سه گونه گردو، توسکا ییلاقی .و کاج بروسیا. با استفاده از آزمون S-N-K

با توجه به سن کاج که ١٥ سال بود؛ برای همسان سازی آنالیز، میانگین عرض حلقه‌های دو گونه توسکا و گردو با کاج بروسیا در ١٥ سال اخیر مقایسه شد که نتایج آن نیز همانند مقایسه میانگین حاصل با توجه به سن واقعی گونه‌ها تفاوتی معنی‌داری را نشان داد (جدول٦). در شکل٤ کرونولوژی تهیه شده مربوط به سه گونه مورد نظر را مشاهده می‌کنید.

خط افقی ستونهای جدول رسم شود.

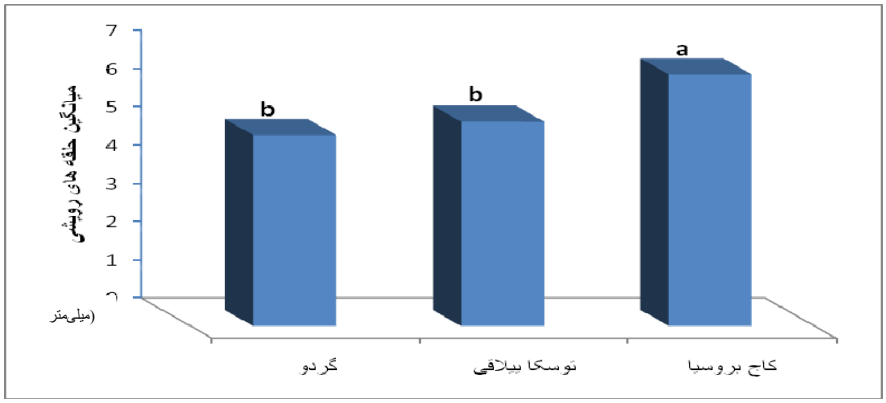
جدول٦- جدول تجزیه واریانس میانگین عرض حلقه‌های رویشی سه گونه با سن یکسان (١٥ سال)

منابع تغییرات	سطح آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	٢	٨/١٧٣	٧/٣٥٢	٠/٠٠٢**
درون گروه‌ها	٣٣	١/١١٢		
کل	٣٥			

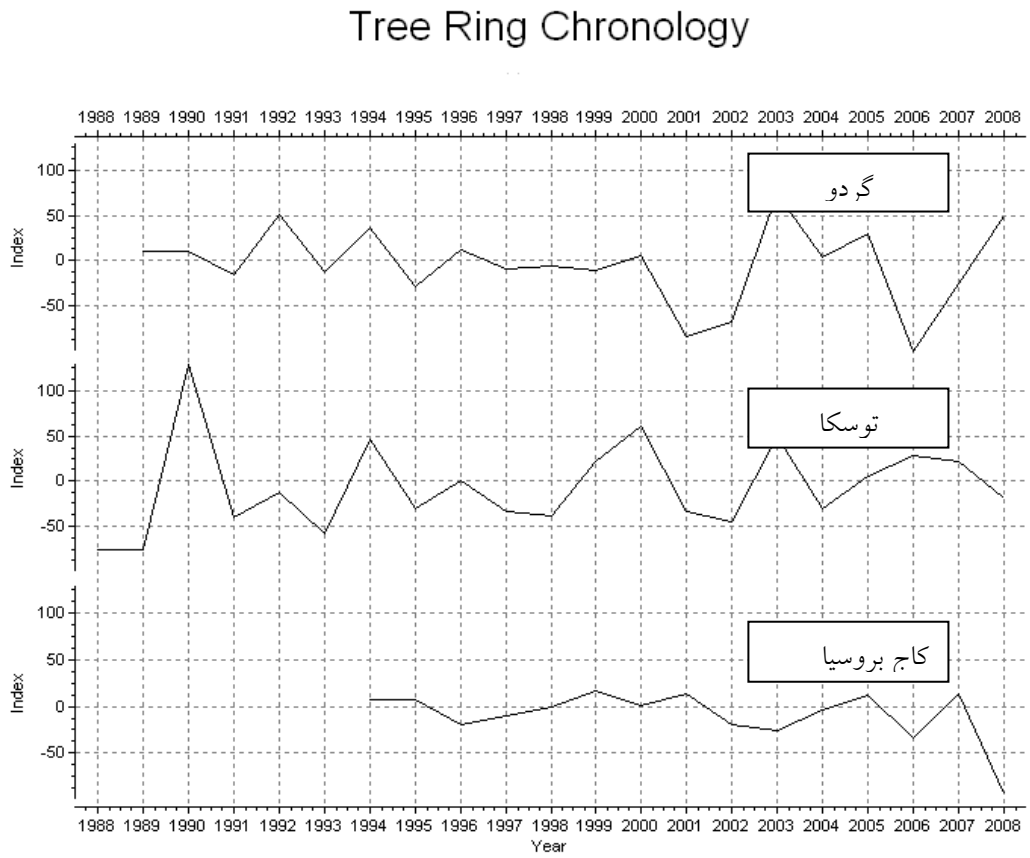
**معنی‌داری در سطح ٩٩/٩ درصد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقایسه میانگین سه گونه گردو، توسکا ییلاقی .و کاج بروسیا با سن یکسان (۱۵ سال) با استفاده از آزمون S-N-K



شکل ٤- کرونولوژی تهیه شده از سه گونه

از مجموع ۱٦۲ متغیر اقلیمی، ۱۲ متغیر با پهنای دوایر رویشی سالیانه گونه گردو، ۵ متغیر با پهنای دوایر رویشی توسکا و ٦ متغیر با پهنای دوایر رویشی کاج بروسیا ارتباط معنی‌داری نشان دادند. در این مرحله به منظور رابطه منطقی با توجه به معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین(R^2)، ضریب تبیین اصلاحی(R^2_{adj})، ضریب تغییرات (CV) مقدار ۲۰٪ و کمتر از ۲۰٪ فیلتراسیون انجام شد. در مرحله بعد از روش انتخاب متغیرهای مستقل در رگرسیون چندگانه استفاده شد. در آن روش ابتدا با استفاده از روش

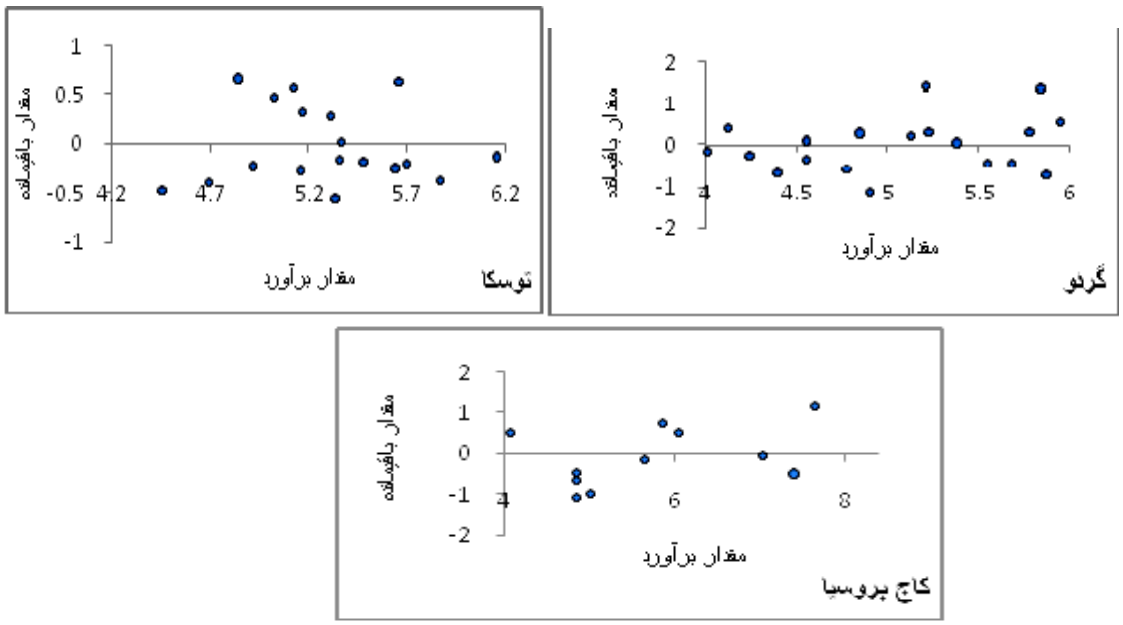
www.SID.ir

Archive of SID

پیشرو (Forward) متغیرهای مستقلی که بالاترین مقدار ضریب تعیین دارند، انتخاب می‌شوند. سپس با استفاده از روش پس رو (Backward) متغیرهای مستقلی که کمترین مقدار ضریب تعیین را دارند، حذف می‌شوند و در نهایت، در روش گام به گام (Stepwise) که ترکیبی از دو روش دیگر است، متغیرهای مستقل نهایی که با متغیرهای وابسته ارتباط معنی‌داری دارند انتخاب می‌شوند. طبق این روش در مدل رگرسیونی چندگانه نهایی در گونه گردو متغیر بیشینه رطوبت تابستان، در گونه توسکا متغیرهای بیشینه دمای آذر، بیشینه رطوبت تابستان و تبخیر و تعرق واقعی بهمن و در کاج بروسیا متغیر بیشینه رطوبت بهمن (جدول۷) بر روی پهنای حلقه‌های رویشی تأثیرگذار بودند. این مدل‌ها نسبت به مدل‌های مراحل قبل دارای ضریب تغییرات کمتر و کمترین مجموع مربعات باقی مانده بودند (شکل۵).

جدول۷- متغیرهای مستقل انتخاب شده در ارتباط با پهنای حلقه‌های رویشی گردو، توسکا ییلاقی و کاج در روش گام به گام

گونه	متغیرهای مستقل	ضریب تبیین مدل	ضریب تبیین جزئی	C(p) (توزیع پخشیدگی)	F Value	سطح معنی‌داری
گردو	بیشینه رطوبت تابستان	۰/۵٦٤٧	۰/۵٦٤٧	۱/٤٧	۹/۷٦	۰/۰۰٦۲
	بیشینه دمای آذر	۰/۳۱۵	۰/۳۱۵	۱٤/۹۳	٤/٦٦	۰/۰٤۵
توسکا ییلاقی	بیشینه رطوبت تابستان	۰/۵۸۰	۰/۲٦۵	٦/۸	۸/۱۹	۰/۰۱۱
	تبخیر و تعرق واقعی بهمن	۰/٦۹۳	۰/۱۱۳	٤/٤۸	٤/۱۹	۰/۰۵۸
کاج بروسیا	بیشینه رطوبت بهمن	۰/۷٦٤٦	۰/۷٦٤٦	۳/۱۹	۳۲/۵۰	۰/۰۰۰۲



شکل۵- ابر نقاط باقیمانده در برابر مقدار برآورد شده در حالت معمول متغیرهای اقلیمی خطی با توجه به اثر داده‌های اقلیمی در ارتباط با پهنای حلقه‌های رویشی گردو، توسکا و کاج در مدل‌های نهایی

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌های نهایی پهنای حلقه‌های رویشی گونه‌های گردو، توسکا و کاج بروسیا به شرح زیر تعیین شد.

$$Ring\ (Walnut) = 2.\ 934+0.038615(Hmasu) \qquad R^2=0.56\ [3]$$

Ring(Walnut): پهنای حلقه‌های رویشی گردو (میلی‌متر)، Hmasu : بیشینه رطوبت نسبی تابستان (درصد).

$$Ring\ (Alder) = 6.823+0.014127(Hmasu) -0.01383033(Tmaaz)-0.0000276(Eb) \qquad R^2=0.69\ [4]$$

Ring(Alder) : پهنای حلقه‌های رویشی توسکا (میلی‌متر)، Tmaaz : بیشینه دمای آذر (درجه سانتی‌گراد). Hmasu : بیشینه رطوبت نسبی تابستان (درصد)، Eb : تبخیر و تعرق واقعی بهمن (میلی‌متر).

$$Ring\ (Brutia\ Pine) = 5.921-0.5734\ (Hmaba) \qquad R^2=0.76\ [5]$$

Ring(Brutia Pine): پهنای حلقه‌های رویشی کاج بروسیا (میلی‌متر)، Hmaba : بیشینه رطوبت نسبی بهمن(درصد).

درستی مدل‌های برتر و تناسب برازش آنها بر حسب سال‌های مورد آزمون و مدل نهایی، مورد ارزیابی قرار گرفت که مدل نهایی مناسب‌ترین برازش را نشان داد. بدین ترتیب صحت مدل‌ها مورد تأیید قرار گرفت (جدول ۸).

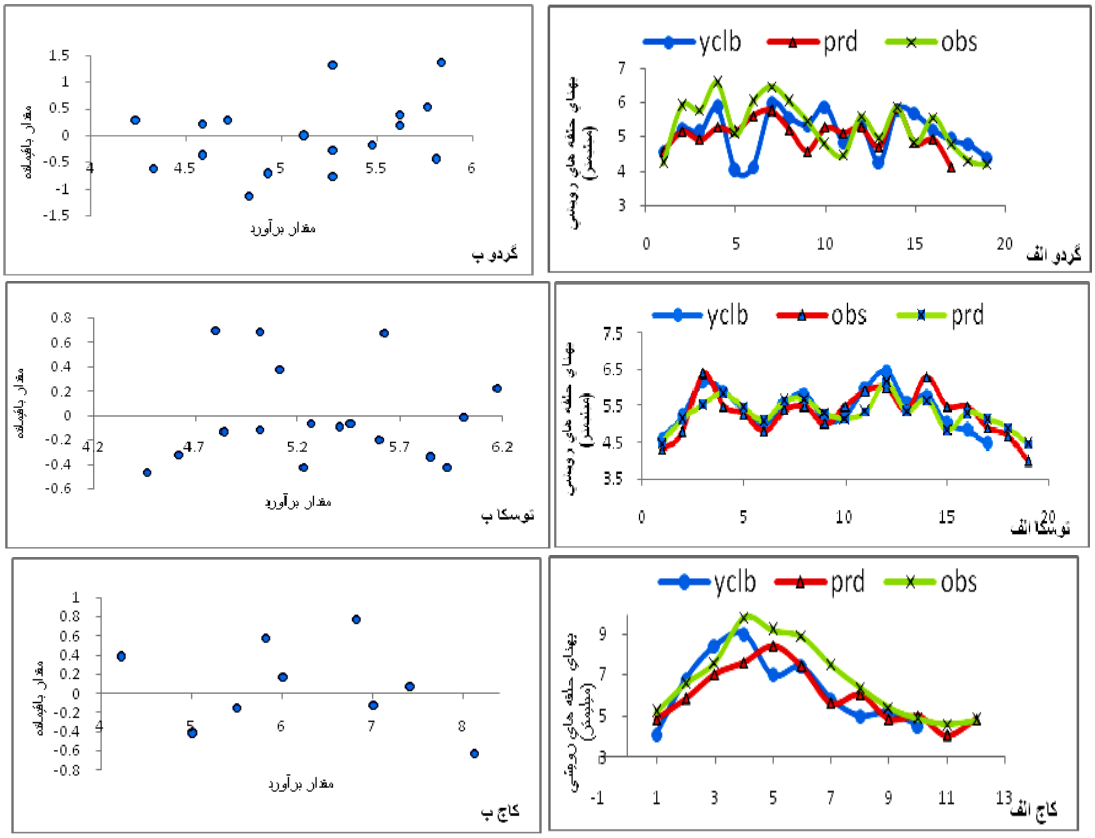
جدول۸- مشخصات درستی و تأیید مدل‌های برازش شده در مرحله رگرسیون خطی چندگانه

نوع مدل بر حسب متغیر وابسته	متغیرهای مستقل	VIF	SSR	PRESS
پهنای حلقه‌های رویشی گردو	بیشینه رطوبت تابستان	–	۰/۷٦٤	۰/۸۸۵
	بیشینه دمای آذر	۱.۰۲۷		
پهنای حلقه‌های رویشی توسکا	بیشینه رطوبت تابستان	۱.۰۳۳	۰/٦۹۱۵	۰/۳۸٦۲
	تبخیر و تعرق واقعی بهمن	۱.۰۲۹		
پهنای حلقه‌های رویشی کاج بروسیا	بیشینه رطوبت بهمن	–	۰/۸	۰/۷۳۵

فاکتور تورم واریانس؛VIF ، مجموع مربعات باقیمانده؛ SSR ، مجموع مربعات باقیمانده برآورد؛PRESS

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- مقادیر واقعی (obs)، برآورد (prd) و کالیبراسیون (yclb) در مدل‌های نهایی برای سه گونه گردو، توسکا ییلاقی و کاج بروسیا در طول سال‌های مورد نظر (الف) و مقدار باقی مانده کالیبراسیون در مقابل مشاهدات (ب)

بحث

بیشتر نتایج به‌دست آمده از مطالعه اثرات متغیرهای اقلیمی روی رشد درختان در گونه‌های مختلف نشان می‌دهند که عوامل اقلیمی بر حسب مکان و نوع اقلیم اثرهای متفاوتی روی رشد درختان با توجه به خواهش‌های بوم‌شناختی آنها دارند. حساسیت بالای رشد گیاهان نسبت به دما، بارندگی و رطوبت توسط محققان زیادی اثبات شده است (Raventos *et al.*, 2001; Stacy *et al.*, 2008; Garcia-Suarez *et al.*, 2009). وارد سازی دما، بارندگی، تبخیر و تعرق واقعی، شاخص حرارتی تورنتویت و رطوبت نسبی در مدل‌ها موجب اصلاح آنها در هر مرحله و به خصوص در مرحله نهایی گردید و مشخص شد که متغیرهای اقلیمی روی رشد اثر دارند. بنابراین باید همیشه شاخص‌های حرارتی و رطوبتی را در مدل‌های خطی رگرسیونی وارد کرد. همان طور که در جدول۸ نشان داده شد، ضریب تغییرات با روش فیلتراسیون به کار برده شده اصلاح شد و مرحله به مرحله از مقدار ضریب تغییرات کم و به مقدار ضریب تعیین افزوده گردید. الگوی مشابهی در برآورد مدل‌ها با اندازه‌گیری‌های واقعی وجود داشت که نشان‌دهنده برازش مناسب مدل‌های نهایی بود (شکل٦). ارتباطات بین حلقه‌های رویشی و متغیرهای اقلیمی با محدودیت‌های اکولوژیکی بین گونه‌ها تطابق دارد (Raddi *et al.*, 2009). گونه گردو به علت کوتاه بودن فصل رویشی، برای رشد مناسب در فصل رشد خود در تابستان به شرایط بوم‌شناختی مناسبی نیازمند است. رطوبت نسبی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در رشد گونه‌هایی است که در مناطق نیمه خشک و مرطوب جهان قرار دارند. خشکی تابستان

www.SID.ir

Archive of SID

در اثر تبخیر و تعرق بالا اتفاق می‌افتد و سبب می‌شود گیاه در طول دوره رویش خود به سرعت رطوبت خود را از دست بدهد و در این شرایط بالا بودن رطوبت نسبی هوا می‌تواند آب از دست رفته گیاه را جبران نماید (Hemery *et al.*, 2005). نتایج تحقیقات در مورد گونه‌های گردو در جنوب امریکا هم نشان داد که رطوبت و بارندگی در فصل تابستان عامل تأثیرگذارتری در رشد حلقه‌های رویشی می‌باشد (Stacy *et al.*, 2008). درختان توسکا به بیشینه رطوبت نسبی تابستان بیشترین همبستگی مثبت را نشان داده‌اند. ضمن اینکه به دمای بیشینه آذر و تبخیر و تعرق بهمن همبستگی منفی را نشان داده‌اند. توسکا یک گونه رطوبت‌پسند است (Hasanzad, 2006). دما هرچه بالاتر باشد، بارندگی‌ها کمتر و تبخیر و تعرق بیشتر صورت می‌گیرد و در نتیجه رطوبت نسبی هوا کاهش می‌یابد. این عوامل دارای اثرهای منفی بر روی رشد هستند. رطوبت نسبی بالای تابستان در گونه توسکا می‌تواند خشکی تابستان را جبران کند و تأثیر مثبتی بر روی رشد گونه توسکا در فصل رویش بگذارد. تبخیر و تعرق در بهمن نیز تأثیر منفی بر رشد حلقه‌های رویشی توسکا می‌گذارد که برای این موضوع دلیل منطقی پیدا نشد. در تحقیقی در منطقه مورد مطالعه (جنگل‌های شمال‌شرقی ساری) در رابطه با تأثیر متغیرهای اقلیمی بر روی رشد گونه بلندمازو (Balapour *et al.*, 2008) که بارندگی و رطوبت تابستان در منطقه مورد نظر عامل تأثیرگذاری بر روی رشد حلقه‌های رویشی این گونه می‌باشد. ضمن اینکه آنها نشان دادند که دمای پایین در زمستان رابطه معکوس با رشد حلقه‌های بلوط دارد. البته کاج‌ها در اقلیم گرم و مرطوب مدیترانه رشد خوبی دارد (Henderson & Grissino, 2009). کاج بروسیا نیازمند دمای بالا و رطوبت نسبی پایین در محیط بوده و در محیط طبیعی بندرت از یخبندان‌ها آسیب می‌بیند. رطوبت نسبی یکی از عوامل بوم‌شناختی تأثیرگذار بر کاج بروسیا در تابستان است، زیرا به علت خشکی تابستان خطر آتش‌سوزی در این جنگل‌ها افزایش می‌یابد که بالا بودن رطوبت نسبی هوا در تابستان این خطر را کاهش می‌دهد. در مناطق جلگه‌ای تجدید حیات و جوانه‌زنی بذرهای کاج بروسیا در بهمن ماه اتفاق می‌افتد. رطوبت نسبی بالا در این ماه به گونه‌هایی که در زیر اشکوب این گونه قرار دارند شرایط رشد را می‌دهد که این امر به نحوی در تجدید حیات و جوانه‌زنی بذر کاج بروسیا تأثیر منفی خواهد داشت. مشابه این نتایج در مطالعه‌ای که در مورد توده‌های دست کاشت *pinus pinea* (Raddi *et al.*, 2009) و *pinus palustris* (Henderson & Grissino, 2009) در سواحل جنوب امریکا انجام شد، بدست آمد. آنها نشان دادند که رطوبت و بارندگی در فصل تابستان و همچنین دمای ماه‌های فروردین و خرداد عامل تأثیرگذارتری در رشد کاج‌ها می‌باشند. همچنین در تحقیقی که بر روی گونه *Juniperus thurifera* انجام شد، رطوبت و بارندگی در بهمن ماه به‌عنوان یک عامل منفی در رویش این گونه محسوب می‌شود (Rozas & Olano, 2013).

متغیرهای اقلیمی با اهمیت در مدل نهایی، برآوردی که برای رشد محاسبه نمود، با مشاهدات مطابقت نشان داد و کالیبراسیون مدل، دقت و صحت مدل نهایی را تأیید کرد. در نتیجه الگوی تخمینی حلقه‌های رویشی توسط مناسب‌ترین مدل بدست‌آمده قابل توصیه و توسعه می‌باشد. مشابهت تغییرات و نوسان مدل‌ها با اندازه‌گیری واقعی حلقه‌های رویشی در طول تقریباً ۲۰ سال اخیر این سه گونه به خوبی واکنش رشد را نشان داد. معلوم شد که بر حسب سال رویش، با توجه به تغییر شرایط، واکنش رشد یکسان نیست، ولی در مجموع ماه‌های گرم‌تر در فصل رشد اثرهای خود را آشکار می‌سازند، هر چند که نیاز به تحقیقات گسترده‌تری احساس می‌شود. زیرا تعداد کمی از مدل‌های ساده در ابتدای ورود برای انجام مراحل بعد معنی‌دار شدند، که این خود در نتیجه‌گیری نهایی بی‌تأثیر نخواهد بود. مدل‌های نهایی اثر هر یک از متغیرهای

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار باقیمانده را مشخص کرد. اثرات متغیرها به شکل خطی در مدل نهایی ظاهر شدند. به‌طوری‌که مناسب‌ترین مدل‌ها از تمامی متغیرهای اقلیمی نشان داد که عامل‌های دما و رطوبت از اهمیت بالایی برخوردارند. روند کاهندگی رشد حلقه‌ها در سال‌های اخیر یک هشدار مهم محسوب می‌شود که اگر به همین حالت دمای هوا در ماه‌های گرم‌تر سال ادامه یابد، احتمال آسیب برای این جنگلکاری‌ها در منطقه وجود خواهد داشت. با مقایسه متغیرهای تأثیرگذار بر روی این سه گونه مشخص شد که عامل رطوبت نسبی در هر سه گونه ارتباط معنی‌داری را با رویش پهنای حلقه‌های رویشی نشان داده است. بنابراین می‌توان رطوبت نسبی تابستان را برای منطقه مورد بررسی در دوره ۱۰۰- ۸۰ سال گذشته بازسازی کرد. ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود تحقیقاتی در سطح وسیع‌تر و با در نظر گرفتن عوامل بوم‌شناختی مؤثر مانند نور، رقابت بین گونه‌ها، تغییر سنگ بستر، خصوصیات خاک و غیره بر حلقه‌های رویشی در مورد گونه‌های گردو، توسکا ییلاقی و کاج بروسیا انجام گیرد.

منابع مورد استفاده

References

- Anderson, J.M., 1992. Responses of soil to climate change. Advances in Ecological Research. 22(2): 20-41.
- Anonymous, 2006. Master Plan Appendix Report of Tajan Basin Resources Management under Sari Master Plan of Water and Soil Resources Management. General Office of Mazandaran Province Natural Resources, 202 p.
- Balapour, SH., Asadpour, H., Jalilvand, H. and Rainy, M., 2008. The effects of climatic variables on the annual growth in oak Neka Choob Forest Management. First International Symposium on Climate Changes and Dendrochronology in Caspian Ecosystem. Institute of Caspian ecosystem, 14-15 May 2008, SariT I.R. Iran: 35-47.
- Cedro, A., 2002. Record of recent climatic variations in radial growths of *pinus sylvestris* in extreme habitat conditions of the southern Baltic Coast. Dendrchology, Environmental change and Human History, 6th International Conference on Dendrochronology, 26 August 2002, Quebec, Canada: 59-66.
- Chiara Manetti, M., 2006. Tree-ring growth of silver fir (*Abies alba*) in to stands under different silvicultural systems in central Italy. Dendrochronologia, 23(2): 145-150.
- Dang, Q. L. and Lieffers, V.J., 1989. Climate and annual ring growth of black spruce in some Alberta peatlands. Canadian Journal of Forest Research, 67(1): 1885-1889.
-Devall, M.S., Parresol, B.R. and Wright, S.J., 1995. Dendroecological analysis of *Cordia alliodora*, *Pseudo bombax septenatum* and *Annona spraguei* in central Panama. IAWA Journal, 16(4): 411-424.
- EsmailPour, S. and Jalilvand, H. 2008. Modeling ring growth with climatic variable. First International Symposium on Climate Changes and Dendrochronology in Caspian Ecosystem. Institute of Caspian Ecosystem, 14-15 May 2008, Sari, I.R. Iran: 154-164.
-Fritts, H.C. and Swetnam, T.W., 1986. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. University of Arizona, Tuscon, 19: 111-188.
- Garcıa-Suarez, A.M., Butler, C.J. and Baillie, M.G., 2009. Climate signal in tree-ring chronologies in a temperate climate: A multi-species approach. Dendrochronologia, 27(4): 183–198.
- Hasanzad Navrodi, A., 2006. Quantitative and qualitative characteristics of tree *Alnus subcordata* in three regions of elevation Asalem Guilan Forests. Journal of Natural Resources, 59(1): 115-129.
- Hemery, G.E., Savill, P.S. and Thakut, A., 2005. Height growth and flushing in common walnut (*J. regia* L.): 5-year result from provenance trials in Great Britain. Forestry, 8(2): 121-123.
- Henderson, P., and Grissino, D., 2009. Climate–tree growth relationships of longleaf pine (*Pinus palustris Mill*) in the Southeastern Coastal Plain, USA. Dendrochronologia, 27(2): 31–43.
- Jalilvand, H. 1996. Tree growth response to past and future climatic variations. MSc. thesis, Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Canada, 90 p.
- Jalilvand, H., 2008. Response growth annual ring *Fraxinus excelsior L.* to climatic variables using multiple regression the north of Iran. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 42: 597 -609.
- Kubo, N. and Yasue, K., 2002. The effects of climatic factors on ring width and tree-ring densities of *Tsuga diversifolia* in Mt. senjo, central Japan. Dendrchology, Enviromental change and Human History, 6th International Conference on Dendrochronology, Québec, Canada, August 26: 199-200.
- Lo, Y.H., Blanco, J.A., Seely, B., Welham, C. and Kimmins, J.P., 2010. Relationships between climate and tree radial growth in interior British Columbia, Canada. Forest Ecology and Management, 259(5): 932–942.
- Martin-Benito, D., Kint, V., del Río, M. and Cañellas, I., 2011. Growth responses of West-Mediterranean

www.SID.ir

Archive of SID

Pinus nigra to climate change are modulated by competition and productivity: Past trends and future perspectives. Forest Ecology and Management, 262(6): 1030-1040.
- Piowesan, G., Difilippo, A., Alessandrin, A.I. and Schirone, F.B., 2005. Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth Fagus forest in the Apennines , Journal Vegetation Science, 16(2): 215 -230.
- Raddi, S., Cherubini, P., Lauteri, M. and Magnani, F., 2009. The impact of sea erosion on coastal *Pinus pinea* stands: A diachronic analysis combining tree-rings and ecological markers. Forest Ecology and Management, 257(5): 773–781.
- Raventos, J., De Luıs, M., Gras, M.J., Cufar, K., Gonza lez-Hidalgo, J.C., Bonet, A. and Sanchez, J.R., 2001. Growth of *Pinus pinea* and *Pinus halepensis* as affected by dryness, marine spray and land use changes in a Mediterranean semiarid ecosystem. Dendrochronologia, 19(2): 211–220.
- Rozas, V. and Olano, J.M., 2013. Environmental heterogeneity and neighborhood interference modulate the individual response of *Juniperus thurifera* tree-ring growth to climate. Dendrochronologia, 31(2):105-113.
- Ryan, D.A.J., Allen, O.B., McLaughlin D.L. and Gordon, A.M., 1994. Interpretation of sugar maple (*Acer sacharinum*) ring chronologies from central and southern Ontario using a mixed linear model. Journal of Forest Research, 2(1): 17-25.
- Stacy, C., Sunshine, B., Schlarbaumc, S. and Grissino-Maye, H., 2008. Dendrochronology of two butternut (*Juglans cinerea*) populations in the southeastern United States. Forest Ecology and Management, 255(5): 1772–1780.
- Swetnam, T.W., Allen, C.D. and Betancourt, J.L., 1999. Applied historical ecology using the past to manage for the future. Applied Ecology, 9(1): 1189-1206.
- Szeincz, J.M. and MacDonald, G.M., 1994. Age-dependent tree-ring growth responses of subarctic white spruce to climate. Canadian Journal Forest Research, 24(2): 120-132

www.SID.ir

Archive of SID

Modeling rings width of Alder, Walnut and Brutian Pine and some climatical variables (case study: Darabkola Forest)

Sh. Jafarniya[1*], A. Fallah[2] and H. Jalilvand[2]

1*- Corresponding author, PhD student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor, I.R. Iran. E-mail: sh.jafarniya@gmail.com

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agriculture & Natural Resources, Sari, I.R. Iran. E-mail: Fallaha2007@yahoo.com

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agriculture & Natural Resources, Sari, I.R. Iran. E-mail: hj-458-hj@yahoo.com.

Received: 29.05.2012 Accepted: 07.05.2013

Abstract

In this study effect of several environmental factors on growth rings width of three planted species, including: *Alnus subcordata* (22 year old), *Juglans regia* (21 year old) and *Pinus brutia* (15 year old) was investigated. In chronology studies, at first accordance among samples (15 samples for each species) was obtained then Average Species Sensitivity (ASS), Trees Correlation (TC), Expressed Population Signal (EPS), Signal-to-Noise Ratio (SNR)MS values were calculated. The purpose of this research was to develop a regression model in relation to effects of temperature, precipitation, actual evapotranspiration, Torentveit heat index, relative humidity (by month, season and growth period) on annual ring growth width in Educational and Experimental Forest of Sari Natural Resources Faculty. Overall, 162 independent climatical variables (temperature, precipitation, evapotranspiration, etc.) and 45 dependent variables (growth ring width) were analyzed. Results of variance analysis showed that there is a significant relationship between the three species in respect to their uniform growth ring width. Using filtration methods in multiple regression analysis, variables with lowest coefficient variation and highest coefficient indication were selected step by step. Results showed that growth rings width is positively correlated with summer maximum humidity in *J. regia*, but is negatively correlated with December maximum temperature and February evapotranspiration and is positively correlated with summer maximum humidity in *A. subcordata* whereas is negatively correlated with February humidity in *P. brutia*. These correlations are accordance with the ecological restrictions of the species. Finally, a multiple regression model was developed for each species and its accuracy was confirmed, based on model calibration results.

Keywords: Dendrocronology, Filtration method, Regression, response growth, Afforestation

www.SID.ir