Archive of SID

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۶، شماره ۴، صفحه ۶۰۷-۵۹۳، (۱۳۹۹)

تأثیر متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) بر خصوصیات رویشی درختان (بررسی موردی: جنگل فریم)

سیده کوثر حمیدی*[۱]، اصغر فلاح[۲]، محمود بیات[۳]، مارتین دی‌لوئیس[٤]

۱- دانش‌آموخته دکتری جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (k.hamidi86@yahoo.com)
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (fallaha2007@yahoo.com)
۳- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (mbayat1983@alumni.ut.ac.ir)
٤- دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشگاه ساراگوسا، ساراگوسا، اسپانیا. (mdla@unizar.es)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰٤/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۷

چکیده

در این پژوهش تأثیر متغیرهای اقلیم (دما و بارش) بر رویش قطری، سطح مقطع و حجم درختان در سطح قطعات نمونه ثابت در جنگل شمال ایران بررسی شده است. ۳۱۳ قطعه‌نمونه ثابت برای ایجاد رابطه همبستگی مورد استفاده قرار گرفت. این قطعات نمونه واقع در بخش جوجاده جنگل فریم هستند. با استفاده از اطلاعات آماربرداری که در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ در این بخش انجام شد، مدل‌های رویشی طی یک دوره ۱۰ ساله در قطعات نمونه ثابت به‌دست آمد. از متوسط قطر برابرسینه و سطح مقطع برابرسینه و حجم به‌عنوان متغیرهای مرتبط با مدل استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل رویش قطری، سطح مقطع و حجمی به‌ترتیب با ۸۳ درصد، ۹٤ درصد و ۹۰ درصد همبستگی، دقت مناسبی دارد. همچنین قطر برابرسینه، سطح مقطع برابرسینه، سطح مقطع قطورترین درختان، حجم و عوامل اقلیمی مهم‌ترین مشخصه‌ها در تغییرات رویش در سطح قطعه‌نمونه بودند. درآخر، نتایج نشان داد با استفاده از مدل‌های رویشی می‌توان با دقت مناسبی، رویش درختان و عوامل تأثیرگذار بر آن را تعیین کرد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، جنگل فریم، قطعات نمونه ثابت، مدل رویشی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۵٦۹۰٦۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پدیده گرمایش زمین و به‌تبع آن تغییرات اقلیم اثرهای شدیدی روی اکوسیستم‌های کرهٔ زمین داشته و خواهد داشت (Ramezani *et al*., 2018). بر طبق گزارش مجمع بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC forth Assessment Report, 2007) الگوی گرمایش سالهاست آغاز شده و در آینده نیز ادامه خواهد داشت. بسیار با اهمیت است که بدانیم اکوسیستم‌ها در مقابل این تغییرات چگونه پاسخگو هستند و در آینده چه تغییراتی می‌کنند. اثرهای گرمایش زمین روی اکوسیستم‌ها، به‌دلیل کمبود اطلاعات موجود، با شک و تردید روبروست. همچنین اطلاعات کافی در مورد واکنش مشخصه رویش در گونه‌های مختلف درختان نسبت به دما وجود ندارد (Loehle and LeBlanc, 1996). در حالی‌که نشان داده شده است که دما عامل بسیار مهمی در رشد درختان در اکوسیستم‌های جنگلی به‌شمار می‌رود (Pederson *et al*., 2004). روند افزایش درجه حرارت جهانی می‌تواند اثرهای شدید و قابل توجهی بر اکوسیستم‌های طبیعی داشته باشد. تأثیر متغیرهای اقلیمی بر روی رشد گونه‌های مختلف نشان می‌دهد که ساختار جنگل علاوه بر رقابت و دخالت، از اقلیم هم تأثیر فراوانی می‌پذیرد (Piowesan *et al*., 2005). همچنین اقلیم بر روی شرایط زیستی و اکولوژیکی جوامع گیاهان نیز تأثیرگذار است. امروزه با به وقوع پیوستن این تغییرات، اکوسیستم‌های سطح کره زمین در حال تغییر وضعیت و نابودی قرار گرفته‌اند. به‌دلیل حساسیت درختان و گیاهان نسبت به تغییرات اقلیمی، اکوسیستم‌های جنگلی نیز تحت تأثیر این تغییرات قرار می‌گیرند (Ramezani *et al*., 2018). به‌همین دلیل امروزه پژوهش بر روی روند اقلیمی گذشته جنگل‌ها و برآورد آن در آینده از ضروریات است. با توجه به اینکه درختان به‌عنوان بایگانی از تغییرات آب و هوایی هستند و این اثرهای را در خود حفظ کرده‌اند، می‌توانند مورد پژوهش و بررسی قرار گیرند. با پژوهش تغییرات اقلیمی از روی مدل‌های رویشی می‌توان اطلاعات ارزشمندی را در این راستا به‌دست آورد. پژوهش‌های اندکی در رابطه با تغییرات اقلیمی و تأثیری که متغیرهای اقلیمی روی گونه‌های مختلف گیاهی به‌جای می‌گذارند، انجام شده است (Szeincz and MacDonald, 1994)؛ که در اینجا به مواردی اشاره می‌کنیم: Bortouzzi (2004) اثر شرایط اقلیمی بر رویش *Picea Abies* را در منطقه Aloin ایتالیا در چند طبقه ارتفاعی بررسی کرد. برای تعیین همبستگی رویش با شرایط آب و هوایی اطلاعات مربوطه را جمع‌آوری و نتایج این بررسی نشان داد که در مقیاس بزرگ، همبستگی زیادی بین اقلیم و رویش سوزنی‌برگان وجود ندارد. Pederson و همکاران (2004) در تحقیقی که انجام دادند اثر دمای زمستان را بر روی ٦ گونهٔ مختلف درختی در درهٔ رودخانهٔ هودسون (Hudson River Valley) در شمال آمریکا تعیین کردند. آن‌ها بیان کردند که دمای ماه ژانویه بیشترین محدودیت را در رشد درختان اعمال می‌کند. محققان دیگری مانند: Cedro (2002) و Yasue and Kobo (2002) نشان دادند که بین رویش 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. Lopatin و همکاران (2007) در پژوهشی اثرهای تغییر اقلیم بر روی حلقه‌های رشد سالانه در گونهٔ پیسهآ (*Siberian spruce*) و کاج اسکاتلندی (*Scots pine*) را در شمال‌شرقی سیبری بررسی و یک الگوی دراز مدت در افزایش دما و بارش را شناسایی کردند. در طی ۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

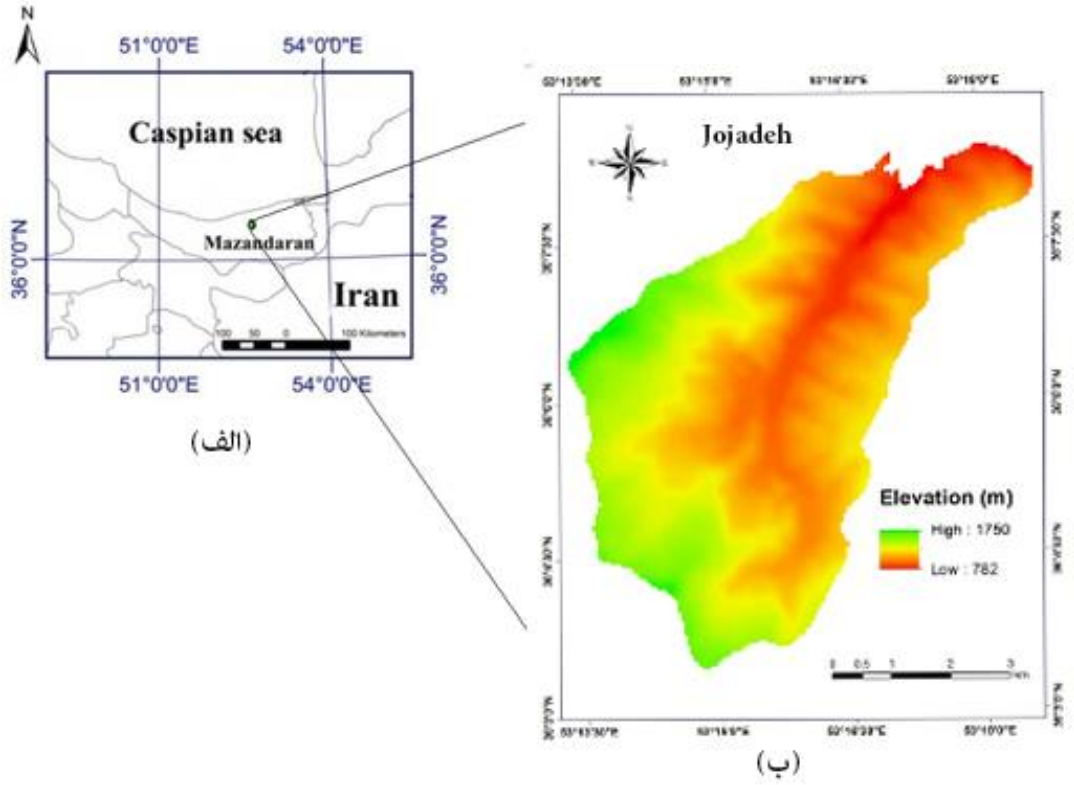
سال گذشته همهٔ ایستگاه‌های هواشناسی در منطقهٔ مورد بررسی افزایش دما و طی ٤٠ سال گذشته افزایش بارش را نشان دادند. بر طبق این پژوهش، تغییر اقلیم می‌تواند قسمتی از افزایش تولید را در جنگل توجیه کند. در رابطه با تأثیر اقلیم و رقابت بر روی رشد گونه (*Juglans Cinerea*) در جنوب ویرجینیا Stacy و همکاران (2008) دریافتند که ارتباط معنی‌داری بین تغییر اقلیم سالیانه، شاخص خشکی پالمر و پهنای حلقه‌های رویشی وجود دارد. بررسی-های Hoshino و همکاران (2008) بر روی تغییرات رویش راش در ژاپن نشان داد که اندازه رشد سالیانه درختان به دمای بالای میانگین در تابستان قبل وابسته است. در پژوهشی دیگر 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 and Olano, 2013). Naseri و همکاران (2016) در پژوهشی اثر تغییر اقلیم را روی رویش سالیانه بلوط ایرانی بررسی کردند. در این پژوهش داده‌های بارندگی و دما از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی منطقه تهیه و تأثیر آن‌ها بر روی حلقه‌های رویش سالیانه درختان با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین رویش شعاعی درختان بلوط با متوسط درجه حرارت ماهانه در ماه‌های بهمن و تیر وجود داشت. همچنین همبستگی منفی بین رویش شعاعی و متوسط بارندگی در بیشتر ماه‌های سال به‌جز ماه اسفند وجود داشت که این همبستگی در تمام ماه-های سال غیر معنی‌دار بوده است. وجود رابطه مثبت بین رویش شعاعی با دو عامل بارندگی و درجه حرارت نشان‌دهنده این است که هر دو عامل در آغاز فصل رویش می‌توانند به افزایش رویش کمک کنند؛ بنابراین تغییر اقلیم با متغیرهایی مانند دما و بارش بر رویش تأثیرگذار است و از طرفی کشور ما نیز از اثرهای ناشی از این پدیده مصون نبوده و با توجه به قرار گرفتن در عرض‌های پایین، بیشترین تبعات منفی این پدیده را متحمل خواهد شد، بنابراین ضروری است اثرهای این پدیده بر مولفه‌های مهم و تأثیرگذار همچون اکوسیستم‌های جنگلی و رویش درختان شناسایی شود هدف از این پژوهش نیز همین مهم است که با استفاده از مدل‌های رویش تأثیر تغییر اقلیم بر رویش اکوسیستم‌های جنگلی بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش در بخش جوجاده با مساحت ۳۵۵۰/۲ هکتار، یکی از پنج بخش تحت پوشش طرح جنگلداری توسعه و عمران در استان مازندران منطقه فریم است که در جنوب شهرستان ساری و در دامنه و امتداد شمالی سلسله جبال البرز، در منطقه دودانگه واقع شده است. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۷۸۲ متر و حداکثر آن ۱۷۵۰ متر است. اقلیم منطقه در طبقه مرطوب جنگلی و شرایط آب و هوایی مطلوب نشان از گذر اقلیم‌های مدیترانه‌ای از غرب و سیبری و خزری از شمال به منطقه طرح دارد. اندازه بارندگی سالانه بر اساس داده‌های آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه، میانگین بارش سالانه را ۸۳۲/۹ میلی‌متر نشان می‌دهد. همچنین درجه حرارت متوسط سالانه ۱۱/۲ سانتی‌گراد است (Hamidi *et al.*, 2019). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد پژوهش را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی الف) نقشه ایران و استان مازندران ب) بخش جوجاده

Figure 1. Location of the studied area A) Iran Map and Mazandaran Province B) Jojadeh District

روش پژوهش

در سال ۱۳۸۲ به کمک یک شبکه آماربرداری (مربع مستطیل ۲۰۰ ×۱۵۰ متر) با شروع تصادفی تعداد ۳۱۳ قطعه نمونه دائمی دایره‌ای شکل به مساحت ۱۰ آر، به‌طور منظم در عرصه‌های قابل کار بخش جوجاده در مساحت ۲۸۰۳ هکتار پیاده شد. پس از مشخص شدن مراکز قطعات نمونه در طبیعت، شیب قطعه نمونه اندازه‌گیری و به کمک جدول تصحیح شیب، شعاع قطعه نمونه مشخص شد. در داخل قطعه‌نمونه، قطر برابرسینه تمام درختان زنده که در ارتفاع برابرسینه، قطر بیشتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر داشتند به کمک خط‌کش دوبازو اندازه‌گیری و مقادیر آنها در فرم‌های آماربرداری به تفکیک گونه یادداشت شد. درختانی که در اول دوره اندازه‌گیری شده‌اند دوباره در آخر دوره اندازه‌گیری شده و تعداد درختانی که از حد شمارش گذشته‌اند نیز مشخص شد، به این منظور، هر اصله درخت با علامتی مشخص، اندازه‌گیری و در فرم‌های مربوطه یادداشت شد (Bayat *et al*., 2013) در آخر دوره، قطعات نمونه مجدد بازیابی و اندازه‌گیری‌ها همانند اول دوره تکرار شد، عملیات پس از گذشت ۱۰ سال در سال ۱۳۹۲ در بخش جوجاده تکرار و پس از اتمام کار نسبت به انجام محاسبات لازم اقدام شد و در آخر میزان رویش جنگل و مدل‌های رویشی محاسبه شد. در این بررسی برای تعیین رویش قطری تک‌درخت، قطر درختان در طی دو مقطع زمانی به فاصله ۱۰ سال (۱۳۸۲-۱۳۹۲) اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از متغیرهای مستقل رابطه همبستگی با روش رگرسیون اثر آمیخته (Mixed Effect Regression) ایجاد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

در این پژوهش از روش مدل‌سازی رویش قطری تک‌درخت که برای جنگل‌های آمیخته و ناهمسال کاربرد فراوانی دارد، استفاده شده است، در این روش اثرهای آمیختگی گونه‌ها قابل برآورد و شاخص رویشگاه که مختص جنگل‌های همسال است حذف شده است و از نرم‌افزار R برای تجزیه تحلیل و مدل-سازی استفاده شد.

داده‌های اقلیمی

در این پژوهش از داده‌های اقلیمی سه ایستگاه هواشناسی نزدیک به شهر فریم به‌همراه داده‌های اقلیمی شهر فریم به‌نحوی استفاده شده است که تغییرات ارتفاع از سطح دریا مدنظر قرار گیرد. درجه حرارت یکی از عامل‌های محیطی متغیری است که در طول و یا قبل از فصل رویش بر روی درختان به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیر دارد. درختان در یک دامنه دمایی مشخص دارای رویش بهینه هستند. دما، انرژی لازم را برای شروع رشد و بارش رطوبت لازم را برای رویش سالانه درختان در فصل رویش و بعد از آن فراهم می‌سازد (Jalilvand and Balapoor, 2013)، در این پژوهش از میانگین درجه حرارت و بارندگی در فصل رویش به‌عنوان شاخصی از درجه حرارت و بارش در بلندمدت استفاده شد.

نتایج

مدل رویشی

برای مدل‌سازی مشخصه رویش قطری از مدل خطی اثر آمیخته در نرم‌افزار R استفاده شد. مدل محاسبه شده در رابطه ۱ آورده شده است.

$$Idij = 1.5927 + uj + 0.0595232\ (DBH) + 0.3215855(BA) - 0.0049161\ (BAL) + 0.503\ (Faguse) + 0.405\ (carpinus) + 0.697195\ (Qurcuse) + 0.866\ (Alnus) + 0.796\ (Acer\ Velutinum) + eij$$

رابطهٔ (۱)

که در این رابطه: Id اندازه رویش قطری در یک دوره ۱۰ ساله و uj~N(0,σu2) عامل اثر تصادفی، DBH: قطر برابرسینه به سانتی‌متر، BA: سطح مقطع برابرسینه به مترمربع در هکتار و BAL: سطح مقطع قطورترین درختان در قطعه‌نمونه به مترمربع در هکتار است. اندازه انحراف‌معیار برای عامل تصادفی ۰/۰۳۲ و اندازه انحراف‌معیار برای باقی‌مانده‌ها ۰/۲۵ سانتی-متر و میانگین مربعات خطا ۳ سانتی‌متر به‌دست آمد.

رابطه مدل‌های رویشی و عوامل اقلیمی (دما و بارندگی)

مدل رویش قطری

نتایج مربوط به مدل رویش قطری تحت عوامل اقلیمی منطقه در رابطه ۲ ذکر شد.

$$ID = 7.04 + uj + 0.04\ (DBH) - 0.04\ (BAL) + 0.14\ (TEMP) + 0.086\ (PCP) - 0.0062\ (TEMP: PCP)$$

رابطهٔ (۲)

که در این رابطه: TEMP: اندازه دمای ماهانه به سانتی‌گراد، PCP: میانگین بارندگی ماهانه به میلی‌متر و TEMP:PCP: نسبت اندازه دما به بارش است. اندازه انحراف‌معیار برای عامل تصادفی ۰/۰۹۰ و اندازه انحراف‌معیار برای باقی‌مانده‌ها ۰/۷۳ سانتی‌متر و میانگین مربعات خطا ۲/۵ سانتی‌متر، اندازه همبستگی ۰/۸۳ و اندازه AIC و BIC به‌ترتیب ۲۳۷٤/۳ و ۲۳۹۱ به‌دست آمد.

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که در رویش قطری درختان منطقه، قطر برابرسینه درختان، سطح مقطع قطورترین درختان، دما و بارندگی تأثیر معنی‌داری در مدل دارند و نسبت دما به بارندگی اثری در مدل ندارد.

وجود رابطه منفی بین رویش قطری و سطح مقطع قطورترین درختان در هکتار نشان‌دهنده تأثیر منفی رقابت بین پایه‌ها بر رویش قطری است (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

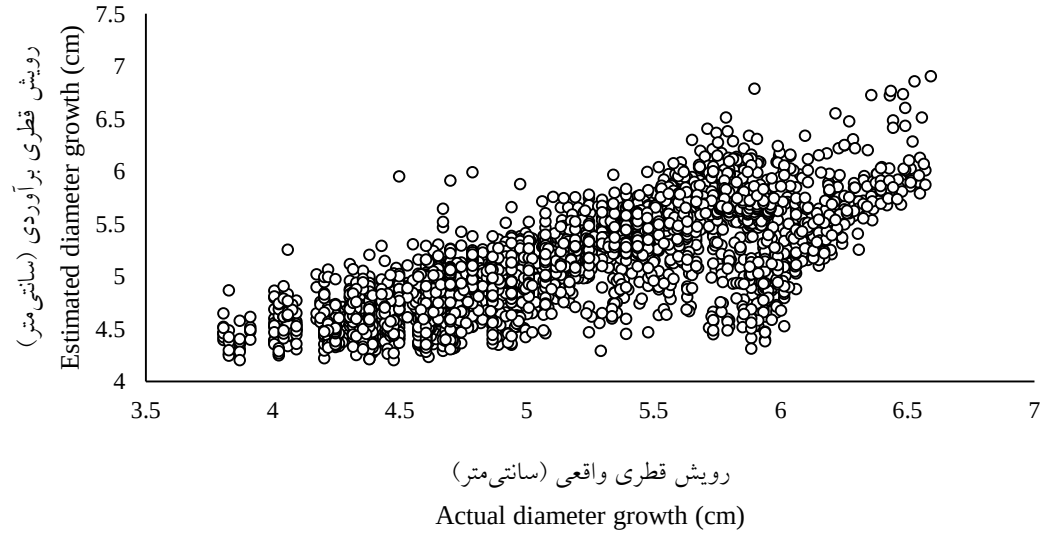
جدول ۱- ضرایب متغیرهای تأثیرگذار و معنی‌داری آنها بر رویش قطری

Table 1.The coefficients of their effective and significant variables on the diameter growth

متغیر Variable	ضریب Coefficient	اشتباه معیار Standard Error	آماره z z statistics	سطح معنی‌داری Significance level
عدد ثابت Constant	7.04	0.283	24.86	<2e-16***
قطر برابر سینه DBH	0.0044	0.0020	21.29	<2e-16***
سطح مقطع قطورترین درختان BAL	-0.0095	0.0020	-4.69	2.67e-06***
دما Temperature	0.14	0.046	3.060	0.00222**
بارندگی Precipitation	0.086	0.018	4.71	2.48e-06***
نسبت دما به بارندگی Ratio Temperature to Precipitation	-0.0062	0.003	-1.82	0.067730

: معنی‌داری در سطح یک درصد، *: معنی‌داری در سطح یک هزارم درصد.

: Significance at the one percent level, *: Significance at the 0.001 level.



شکل ۲- ابر نقاط بین رویش قطری واقعی به رویش قطری برآوردی تحت تأثیر عوامل اقلیمی

Figure 2. Points Cloud between actual diameter growths to estimated diameter growth under the influence of climatic factors

مدل رویش سطح مقطع

نتایج مربوط به بهترین مدل در برآورد رویش سطح مقطع در رابطه ۳ آورده شده است.

$$BAI = 9.1487 + uj + 0.056\,(BA) - 0.004\,(BAL) + 0.04\,(TEMP) + 0.02\,(PCP) - 0.002\,(TEMP{:}PCP) \quad \text{رابطهٔ (۳)}$$

اندازه انحراف معیار برای عامل تصادفی ۰/۰۲۸ و اندازه انحراف‌معیار برای باقی‌مانده‌ها ۰/۲۵ سانتی‌متر و میانگین مربعات خطا ۲ سانتی‌متر، اندازه همبستگی ۰/۹٤ و اندازه AIC و BIC به‌ترتیب ۱٦۲٤/٤ و ۱٦٤۱ به‌دست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول ۳ ضرایب متغیرهای اثرگذار و معنی-دارای آنها ذکر شده است. نتایج نشان داده که در رویش سطح مقطع درختان منطقه، سطح مقطع درختان و سطح مقطع قطورترین درختان و بارندگی اثرهای معنی‌داری در مدل رویش دارند.

جدول ۲- بررسی همبستگی بین تمام متغیرهای تأثیرگذار بر رویش قطری

Table 2. Investigation of correlation between all variables affecting diameter growth

متغیر Variable	عدد ثابت Constant	قطر برابر سینه DBH	سطح مقطع قطورترین درختان Basal Area Large	دما Temperature	بارندگی Precipitation
قطر برابر سینه DBH	0.086	1.000			
سطح مقطع قطورترین درختان BAL	-0.198	0.360	1.000		
دما Temperature	-0.877	0.132	0.188	1.000	
بارندگی Precipitation	-0.977	0.085	0.218	0.943	1.000
نسبت دما به بارندگی Ratio Temperature to Precipitation	0.743	0.120	-0.187	-0.968	-0.855

جدول ۳- ضرایب متغیرهای تأثیرگذار و معنی‌داری آن‌ها بر رویش سطح مقطع

Table 3.The coefficients of their effective and significant variables on the basal area growth

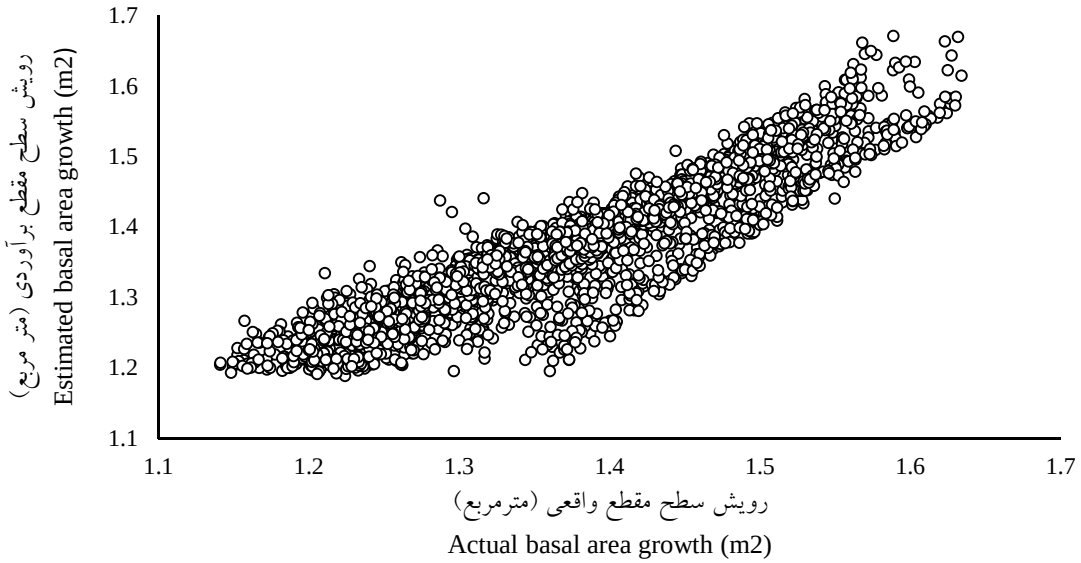
متغیر Variable	ضریب Coefficient	اشتباه معیار Standard Error	آماره z z statistics	سطح معنی‌داری Significance level
عدد ثابت Constant	9.14	0.142	64.05	<2e-16***
سطح مقطع برابر سینه Basal area	0.056	0.0012	43.68	<2e-16***
سطح مقطع قطورترین درختان BAL	-0.0042	0.0012	-3.037	0.000758***
دما Temperature	0.044	0.0260	1.70	0.08914
بارندگی Precipitation	0.022	0.0095	2.38	0.017138*
نسبت دما به بارندگی Ratio Temperature to Precipitation	-0.002	0.0019	-1.25	0.2113

: معنی‌داری در سطح یک درصد، *: معنی‌داری در سطح یک هزارم درصد.

: Significance at the one percent level, *: Significance at the 0.001 level.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- ابر نقاط بین رویش سطح مقطع واقعی به رویش سطح مقطع برآوردی تحت تأثیر عوامل اقلیمی

Figure 3. Points Cloud between actual Basal area growths to estimated Basal area growth under the influence of climatic factors

در جدول ٤ همبستگی بین تمام متغیرهای به‌کار گرفته شده، بررسی شد که تأثیر مهمی در فهم روابط بین متغیرها دارد. وجود همبستگی یا عدم وجود همبستگی بین متغیرها در بررسی و اندازه‌گیری هر یک از متغیرهایی که اندازه‌گیری آنها مشکل است کمک فراوانی می‌کند. ارزش‌های روی محور قطر جدول نشان‌دهنده همبستگی بین دو متغیر یکسان است که برابر با ۱ است.

جدول ٤- بررسی همبستگی بین تمام متغیرهای تأثیرگذار بر رویش سطح مقطع

Table 4. Investigation of correlation between all variables affecting basal area growth

بارندگی Precipitation	دما Temperature	سطح مقطع قطورترین درختان Basal Area Large	سطح مقطع Basal Area	عدد ثابت Constant	متغیر Variable
			1.000	0.31	سطح مقطع Basal area
		1.000	0.368	-0.143	سطح مقطع قطورترین درختان BAL
	1.000	0.132	0.163	-0.909	دما Temperature
1.000	0.956	0.158	0.127	-0.981	بارندگی Precipitation
0.901	0.978	0.136	0.147	0.818	نسبت دما به بارندگی Ratio Temperature to Precipitation

www.SID.ir

Archive of SID

مدل رویش حجمی

نتایج مرتبط با مدل رویش حجمی در رابطه ٤ بیان شد.

رابطهٔ (٤) $IV = 10.033 + uj + 0.022\ (VOL) - 0.002\ (BAL) + 0.016\ (TEMP) + 0.007\ (PCP) - 0.0009\ (TEMP: PCP)$

که در این رابطه IV: اندازه رویش حجمی در یک دوره ۱۰ ساله و VOL: حجم درختان به سیلو در هکتار است. اندازه انحراف معیار برای عامل تصادفی ۰/۰۱۳ و اندازه انحراف معیار برای باقی‌مانده‌ها ۰/۱۵ سانتی‌متر و میانگین مربعات خطا ۲/۵ سانتی‌متر، اندازه همبستگی ۰/۹۰ و اندازه AIC و BIC به‌ترتیب ۱۳۷۷/٤ و ۱۳۹٤ به‌دست آمد.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که در رویش حجمی درختان منطقه، حجم درختان و سطح مقطع قطورترین درختان تأثیرمعنی‌داری در مدل دارند و عوامل اقلیمی اثر معنی‌داری در مدل ندارد.

جدول ۵- ضرایب متغیرهای تأثیرگذار و معنی‌داری آن‌ها بر رویش حجمی

Table 5.The coefficients of their effective and significant variables on the volume growth

متغیر Variable	ضریب Coefficient	اشتباه معیار Standard Error	zآماره z statistics	سطح معنی‌داری Significance level
عدد ثابت Constant	10.033	0.088	113.63	<2e-16***
حجم Volume	0.022	0.0009	23.70	<2e-16***
سطح مقطع قطورترین درختان BAL	-0.002	0.0008	-2.63	0.0086 **
دما Temperature	0.016	0.017	0.94	0.3473
بارندگی Precipitation	0.077	0.0059	1.30	0.1942
نسبت دما به بارندگی Ratio Temperature to Precipitation	-0.0009	0.0012	-0.73	0.4652

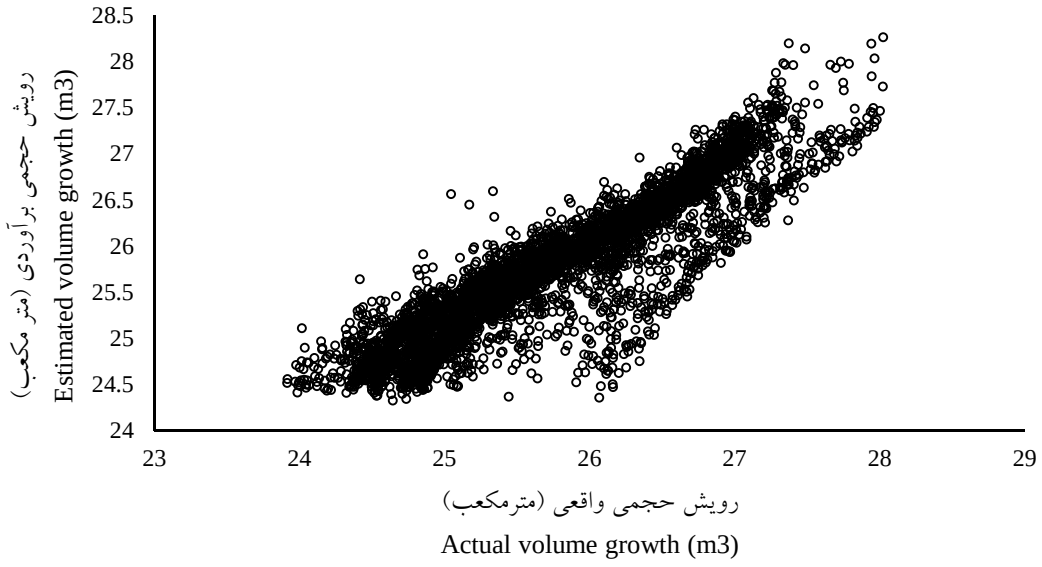
: معنی‌داری در سطح یک درصد، *: معنی‌داری در سطح یک هزارم درصد.

: Significance at the one percent level, *: Significance at the 0.001 level.

در جدول ٦ همبستگی بین تمام متغیرهای به‌کار گرفته شده در مدل حجمی درختان منطقه، بررسی شد که نشان‌دهنده اثر منفی بین حجم درختان و عوامل اقلیمی و رقابت پایه‌های درختی است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- ابر نقاط بین رویش حجمی واقعی به رویش حجمی برآوردی تحت تأثیر عوامل اقلیمی

Figure 4. Points Cloud between actual Volume growths to estimated Volume growth under the influence of climatic factors

جدول ٦- بررسی همبستگی بین تمام متغیرهای تأثیرگذار بر رویش حجمی

Table 6. Investigation of correlation between all variables affecting volume growth

بارندگی Precipitation	دما Temperature	سطح مقطع قطورترین درختان Basal Area Large	حجم Volume	عدد ثابت Constant	متغیر Variable
			1.000	0.167	حجم Volume
		1.000	0.357	-0.093	سطح مقطع قطورترین درختان BAL
	1.000	0.082	-0.186	-0.931	دما Temperature
1.000	0.965	0.104	-0.161	-0.985	بارندگی Precipitation
0.928	-0.984	-0.087	0.171	0.864	نسبت دما به بارندگی Ratio Temperature to Precipitation

بحث

تعیین رویش جنگل و عوامل مؤثر بر آن یکی از مهم-ترین چالش‌ها در جنگل است (Bang *et al*., 2010). رویش قطری و حجمی توده‌های جنگلی اساس تعیین اندازه یا برش سالانه در برنامه‌ریزی و مدیریت بهره-برداری چوب از جنگل به‌حساب آمده است (Tabari *et al*., 2007). به‌عبارتی پیش‌بینی رشد و عملکرد توده، یک پیش‌نیاز اساسی برای برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل در هر سطح است (Zhang *et al*., 2014) و از طرفی تغییرات اقلیمی یکی از مسائلی است که بشر از دیرباز با آن مواجه بوده و برای مقابله یا سازگاری با آن برنامه‌ریزی می‌کند. آگاهی از چگونگی این تغییرات سبب ایجاد راهبردهایی برای برنامه‌ریزی بهینه در این زمینه است. در اکوسیستم‌های جنگلی

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات عوامل و عناصر اقلیمی ممکن است اثرهای منفی و مثبتی در رشد درختان جنگلی داشته باشد. یکی از راهکارهایی که در این زمینه وجود دارد بررسی رابطه بین متغیرهای جوی به‌خصوص دما و بارش با رویش درختان است. در این پژوهش اثرهای دما و بارش بر روی رویش قطری، سطح مقطع و حجم درختان در منطقه مورد پژوهش بررسی شد. با توجه به رابطه ۲ که مدل رگرسیونی متغیرهای اقلیمی تأثیرگذار بر رویش قطری را بیان می‌کند. مجذور میانگین مربعات خطای مدل برابر ۲/۵ سانتی‌متر است که نشان‌دهنده دقت مناسب مدل در برآورد رویش قطری تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی است. نتایج این مدل نشان داد که قطر برابرسینه درختان، سطح مقطع قطورترین درختان، دما و بارندگی اثرهای معنی‌داری در مدل دارند که هر یک می‌تواند تأثیر به‌سزایی بر رویش قطری در جنگل بگذارند و رویش قطری را در سطح قطعه نمونه تعریف می‌کنند (جدول ۱). ابر نقاط حاصل از رویش واقعی و مدل به‌دست آمده حاصل از عملکرد مشخصه‌های اقلیمی با همبستگی ۸۳ درصد حاکی از دقت مناسب این مدل است (شکل ۲). وجود رابطه منفی بین رویش قطری و مجموع سطح مقطع قطورترین درختان نشان‌دهنده تأثیر منفی رقابت پایه‌ها بر رویش قطری است، در نتیجه با افزایش سطح مقطع قطورترین درختان، رویش کاهش می‌یابد (جدول ۲). همچنان که (Bourque and Bayat, 2015، Fan *et al.*, 2017، Bayat *et al.*, 2017) نیز در بررسی خود به ارتباط منفی میان سطح مقطع و رویش درختان دست یافتند. نتایج در رابطه ۳ و جدول ۳ و ٤ نشان می‌دهد در برآورد رویش سطح مقطع، سطح مقطع درختان و سطح مقطع قطورترین درختان و بارندگی اثرگذار است. ابر نقاط حاصل از این مدل نشان‌دهنده همبستگی بیشتری (۹٤ درصد) نسبت به دیگر مدل‌ها است (شکل ۳). در این راستا Pokharel and Froese (2009) در پژوهشی در ارتباط با اقلیم و رویشگاه گزارش کردند که مشخصه‌های اقلیمی به‌اندازه رویشگاه در معادلات مربوط به رویش سطح مقطع درختان مؤثر است. در مدل حجمی درختان، حجم درختان و سطح مقطع قطورترین درختان اثرهای معنی‌داری در مدل دارند و عوامل اقلیمی اثر معنی-داری در مدل ندارد (جدول ۵). در مدل حجمی درختان منطقه، مشاهده شد که اثر منفی بین حجم درختان و عوامل اقلیمی و رقابت پایه‌های درختی وجود دارد (جدول ٦). همبستگی منفی حاکی از رابطه عکس میان این دو متغیر بوده است که با پژوهش‌های Balapour and Kazemi (2012) همسو است که به این نتیجه رسیدند دما روی رویش تأثیری ندارد. همچنین در این راستا پژوهش‌های گسترده‌ای در ارتباط با متغیرهای اقلیمی انجام شده مانند پژوهش Flower and Esper (2011) در غرب آمریکا که نتایج نشان داد مناطقی که در حداقل دمای پایین هستند، با پهنای دوایر رویشی همبستگی مثبت دارند. همچنین در سطح جهانی تحقیقات متعددی در چین و فلات تبت در این ارتباط انجام شده است که می‌توان به کارهای Liang و همکاران (2007)، Youngblut and Luckman (2008)، Fan و همکاران (2008, 2010)، Liu و همکاران (2010, 2011) و Zhu و همکاران (2011) اشاره کرد. از دستاوردهای آن‌ها می‌توان به بررسی رابطه دما و بارش بر روی رویش درختان و همچنین با انجام یک تحلیل رگرسیونی اقدام به بازسازی بارش و دما در دوره‌های خشک و مرطوب کردند. از کارهای انجام شده در ایران می‌توان به تحقیقات Portahmasi و همکاران (2009) اشاره کرد که با استفاده از یک تحلیل رگرسیونی و ضرایب همبستگی پیرسون اقدام به پژوهش رویش قطری و

www.SID.ir

Archive of SID

حجمی درختان و تأثیر دما و بارش پرداختند. همچنین پژوهش‌های Safari و همکاران (2011) در منطقه تلیم‌رود تنکابن اشاره کرد که با استفاده از ضرایب همبستگی پیرسون اقدام به بررسی اثر متغیرهای اقلیمی به‌ویژه بارندگی و دما و رطوبت نسبی بر رویش گونه بلوط پرداختند. آن‌ها عقیده داشتند که بارش در آذر ماه و دمای دی، بهمن و اسفند با پهنای دوایر رویشی یک رابطه معنی‌دار منفی وجود دارد؛ اما Karamzadeh و همکاران (2012) در منطقه سراوان گیلان به یک رابطه معنی‌دار مثبت بین دما و بارش و رویش درختان بلوط رسیده‌اند.

نتایج این تحقیقات و دیگر پژوهش‌های مشابه نشان می‌دهد که شاخص‌های اقلیمی بر حسب مکان و نوع اقلیم اثرهای متفاوتی روی رویش درختان دارند. همچنین انتخاب بازه زمانی مناسب برای ارتباط دادن عوامل اقلیمی با رویش، بسته به هدف پژوهش متفاوت است؛ برای یافتن اثر اقلیمی غالب، بازه‌های بلند مدت‌تر (سالیانه) توصیه شده، در حالی که بازه‌های ماهیانه، جزئیات بیشتر و در عین حال پیچیده‌تر و مبهم‌تری از این نحوه ارتباط به‌دست می‌دهند. در کشوری مانند ایران، نبود داده‌های درازمدت هواشناسی، کمبود ایستگاه‌های هواشناسی، نبود درختان مناسب در ارتفاعات پایین و حضور آن در مناطق با دسترسی دشوار سبب شد تا روابط بین رویش درختان و پدیده‌های طبیعی تأثیرگذار بر رویش درختان به اندازه کافی بررسی نشود (Karamzadeh *et al.*, 2011). از آنجایی که تغییرات اقلیم یکی از عوامل مهم در رشد درختان محسوب می‌شود، انجام چنین پژوهش‌هایی برای شناخت تغییرات توده‌های جنگلی تحت تأثیر این پدیده و کاربرد آن در مدیریت و برنامه‌ریزی جنگل و پرورش آن بسیار راهگشاست. در این راستا باید به چند نکته مهم اشاره کرد چرا که متغیرهای اقلیمی به‌عنوان معیاری اثرگذار در رویشگاه‌های جنگلی هستند، این نکات عبارتند از: وقایع هواشناسی کوتاه مدت شاید بیشتر از میانگین‌های اقلیمی بلند مدت در رویشگاه تأثیرگذار باشند؛ اقلیم به شدت از دوره‌ای به دوره دیگر تغییر می‌کند؛ متغیرهای اقلیمی به شدت نسبت به هم وابسته‌اند که این امر نشان‌دهنده این است که یافتن مؤثرترین متغیر نیز به دقت بالایی نیاز دارد. جنگل‌های شمال ایران با درختان کهنسال متنوع پهن‌برگ، امکان تجزیه و تحلیل مدل‌های رویشی را برای اهداف مختلف فراهم می‌کند؛ بنابراین آگاهی دقیق‌تر از تغییرات اقلیمی بر رویش درختان جنگلی، در برنامه‌ریزی و طرح‌های درازمدت مدیریت جنگل کارساز خواهد بود و می‌توان مدیریتی مناسب برای جنگل‌های ناهمسال و آمیخته درنظر گرفت.

References

- Balapour, S. & S. M. Kazemi, 2012. Effects of climate variables (temperature and precipitation) on annual growth of *Zelkova carpinifolia*, *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 27(1): 69-80. (In Persian)
- Bang, C., J. L. Sabo & S. H. Faeth. 2010. Reduced wind speed improves plant growth in a desert city, *PLoS One*, 5(6): e11061.
- Bayat, M., F. Gorzin & M. Hasani, 2017. Analysis of the effect of environmental factors on the diameter of the beech (*Fagus orientalis* lipsky) using artificial neural networks, in the forests of Mazandaran province, Natural Environment, *Iranian Natural Resources Journal*, 70(4): 783-797. (In Persian)
- Bayat, M., M. Namiranian, M. Zobeiri & J. Fathi, 2013. Determining growth increment and density of trees in forest, using permanent sample plots (case study: Gorazbon district of Kheyroud Forest), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 21(3): 424-438. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

- Bourque, Ch. & M. Bayat, 2015. Landscape Variation in Tree Species Richness in Northern Iran Forests, *PLoS One*, 10(4): e0121172.
- 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, Proceedings of 6th International Conference on Dendrochronology, Quebec, Canada, pp. 59-66.
- Fan, C., L. Tan, P. Zhang, J. Liang, C. Zhang, J. Wang, X. Zhao & K. Gadow, 2017. Determinants of mortality in a mixed broad-leaved Korean pine forest in northeastern China, *European Journal Forest Research*, 136(3): 457-469.
- Flower, A. & D. J. Esper, 2011. A dendroclimatic reconstruction of June-July means temperature in the northern Canadian Rocky Mountains, *Dendrochronologia*, 29(1): 55-63.
- Zhu, H. F., X. M. Shao, Z. Y. Yin, P. Xu, Y. Xu & H. Tian, 2011. August temperature variability in the southeastern Tibetan Plateau since A.D.1385 inferred from tree rings, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 305(1-4): 84-92.
- Hamidi, K., A. Fallah, M. Bayat & S. A. Hosseini yekani, 2019. Individual Tree Growth Models for Uneven aged and Mixed Hyrcanian Forests Management (Case Study: Farim Forest), *Iranian Journal of Forest*, 11(3): 373-386. (In Persian)
- Hoshino, Y., H. Yonenobu, K. Yasue, Y. Nobori & T. Mitsutani, 2008. On the radial-growth variations of Japanese beech (Fagus crenata) on the northernmost part of Honshu Island, Japan, *Journal of Wood Science*, 54(3): 183-189.
- IPCC, Climate Change, 2007. The Physical Science Basis. Contribution of I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.
- Karamzadeh, S., H. Pourbabaii & J. Torkman, 2012. Dendroclimatology of Quercus castaneifolia (C.A.Mey) in Saravan forests of Guilan, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(1): 15-26 (In Persian).
- Kubo, N. & K. Yasue, 2004. 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, Proceedings of 6th International Conference on Dendrochronology, Québec, Canada, pp. 199-200.
- Liang, E., S. Xuemei & Q. Ningsheng, 2007. Tree - ring based summer temperature reconstruction for the source region of the Yangtze River on the Tibetan Plateau, *Global and Planetary Change*, (16): 313-320.
- Liu, J., B. Yang & C. Qin, 2011. A Tree-ring based annual precipitation reconstruction since AD 1480 in south central Tibet, *Quaternary International*, 236(1-2): 75-81.
- Liu, J., B. Yang & Q. Chun, 2010. Tree-ring Based Annual precipitation Reconstruction of Since AD 1480 in south central Tibet, *Quaternary Research*, 3(75): 438-450.
- Loehle, C. & D. LeBlanc, 1996. Model-based assessments of climate change effects on forests: a critical review, *Ecological Modeling*, 90(1): 1-31.
- Lopatin, E., T. Kolstrom & H. Spiecker, 2007. Impact of climate change on radial growth of *Siberian spruce* and *Scots pin*e in northwestern Russia, *Forest*, 4(1): 28-41.
- Naseri Karimvand, S., L. Poursartip, M. Moradi & J. Soosani, 2016. Dynamic Effects of climate variables (temperature and precipitation) on the annual diameter growth of Iranian oak (Quercus brantti Lindl), *Journal of Forest Research and Development*, 2(1): 63-71 (In Persian).
- Pedrson, N., E. R. Cook, G. C. Jacoby, D. M. Peteet & K. L. Griffin, 2004. Influence of winter temperatures on the annual radial growth of six northern range margin tree species, *Dendrochronologia*, 22(2004): 7-29.
- Piowesan, G., A. Difilippo, A. I. Alessandrin & F. B. Schirone, 2005. Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth *Fagus* forest in the Apennines, *Journal Vegetation Science*, 16(2): 215 -230.
- Pokharel, B. & R. E. Froese, 2009. Representing site productivity in the basal area increment model for FVS-Ontario, *Forest Ecology and Management*, 258(5): 666-675.
- Portahmasi, K., D. Parsapazhoh, M. Mohajer & A. Sodabeh, 2009. Evaluation of Radial Growth of Juniperus Polycarpos C.Koch in Three Areas of Iran Using Tree Chronology,

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Forest and Poplar Researches Iran, 16(2): 327-342. (In Persian).
- Ramezani, S., H. R. Naji & A. Mahdavi, 2018. The effects of climate change and dust on forest ecosystems. Proceedings of Second International Dust Conservation Conference. Fifth to 7th May, 6p (In Persian).
- Rozas, V. & J. M. Olano, 2013. Environmental heterogeneity and neighborhood interference modulate the individual response of *Juniperus thurifera* tree-ring growth to climate, *Dendrochronologia*, 31(2):105-113.
- Stacy, C., B. Sunshine, S. Schlarbaumc & H. Grissino-Maye, 2008. Dendrochronology of two butternut (*Juglans cinerea*) populations in the southeastern United States, *Forest Ecology and Management*, 255(5): 1772-1780.
- Szeincz, J. M. & G. M. MacDonald, 1994. Age-dependent tree-ring growth responses of subarctic white spruce to climate, *Canadian Journal Forest Research,* 24(2): 120-132.
- Tabari, M., K. Espahbodi & M. R. Pourmajidian, 2007. Composition and structure of a Fagus orientalis-dominated forest managed with shelter wood aim: a case study in the Caspian forests, northern Iran, *Caspian Journal of Environmental Sciences,* 5(1): 35-40 (In Persian).
- Youngblut, D. & B. Luckman, 2008. Maximum June-July temperature in the Southwest Yukon over the last 300 years reconstructed from tree rings, *Dendrochronologia*, 25(3): 153-166.

www.SID.ir

Archive of SID

The effects of climate variables (temperature and precipitation) on growth characteristics of trees (case study: Farim forest)

S. K. Hamidi[*1], A. Fallah[2], M. Bayat[3] and M. de Luis[4]

1- PhD of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture sciences and Natural Resource University, Sari, Mazandaran, I. R. Iran. (k.hamidi86@yahoo.com)
2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture sciences and Natural Resource University, Sari, Mazandaran, I. R. Iran. (fallaha2007@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Forest Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (mbayat1983@alumni.ut.ac.ir)
4- Associate Professor, Department of Geography and Territorial Planning, Zaragoza University, Zaragoza, Spain. (mdla@unizar.es)

Received: 01.07.2019 Accepted: 28.12.2019

Abstract

In this study, the effect of climate variables (temperature and precipitation) on diameter growth, basal area and volume of trees on the surface of Permanent sample plots in North of Iran were investigated. In this research, 313 permanent sample plots were used for correlation modeling. These sample units are located in the Jojadeh district, farim Forest. Using growth data obtained during 2003 and 2013 in this section, the growth model was obtained during a ten-year period in permanent sample plots, Also, the mean diameter, basal area and volume were used as variables related to the model. The results of this research showed that the model of growth, diameter basal area and volume with 83%, 94% and 90% correlation, respectively, have good accuracy. In addition, diameter at breast height, basal area at breast height, basal area of the thickest trees, volume and climatic factors were the most important characteristics in the variation of growth in the plot area of the specimen. Finally, the results showed that by using growth models, we could determine tree growth and its effective factors with proper accuracy.

Keywords: Climate change, Farim forest, Permanent sample plots, Growth model.

[*] Corresponding author Tel: +989113569068

www.SID.ir