فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹٤، شماره پیاپی ۱۱٦

حسین زارعان، دانشجوی دکترای آب و هوا شناسی، دانشگاه اصفهان — **H. Zarean**
حجت الله یزدان پناه، دانشیار دانشکده علوم جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان — **H.Yazdanpanah, Ph.D**
سعید موحدی، استادیار دانشکده علوم جغرافیا و برنامه ریزی ، دانشگاه اصفهان — **S. Movahedi, Ph.D**
حمید جلیلوند، دانشیار دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری — **H. Jalilvand, Ph.D**
مهدی مومنی، استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان — **M. Momeni, Ph.D**

شماره مقاله: ۱۰۰٦ صص: ۱٦٦-۱۵۳
وصول: ۹۲/۱۱/۲۸ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲

E-mail: Zarean-h-climate@ltr.ui.ac.ir

بازسازی بیش از یک قرن درجه حرارت سالیانه از روی حلقه‌های درختی بلوط ایرانی (Quercus persica) در جنگل های زاگرس (مطالعه موردی منطقه دنا)

چکیده

یکی از مهمترین چالش‌های مطالعات آب و هوایی در مناطق مختلف ایران، دسترسی نداشتن به داده‌های آب و هوایی مفید و دراز مدت است.از جمله این مناطق، منطقه دنا در قسمت زاگرس مرکزی ایران است که اطلاعات آب و هوایی آن کمتر از ۳۰ سال است. مطالعات نشان می‌دهد، به کمک دانش آب و هوا شناسی درختی می‌توان داده‌های پالئوکلیمایی را برای دوره های زمانی فاقد داده فراهم نمود. هدف ما در این مطالعه، بازسازی میانگین، میانگین حداکثر و حداقل دمای سالیانه، از روی پهنای حلقه‌های سالیانه درختی دو رویشگاه گونه بلوط ایرانی منطقه دنا با استفاده از دانش آب و هوا شناسی درختی است.پس از شمارش و اندازه‌گیری حلقه های رویشی توسط برنامه TSAP، گاه شناسی دو رویشگاه توسط نرم افزار ARSTAN تهیه و مشخص شد که طول گاه‌شناسی مشترک رویشگاه‌ها ۱۳۱ سال(۲۰۱۱-۱۸۸۱)است. در ادامه، با توجه به همبستگی قوی میان داده‌های آب و هوایی با پهنای حلقه‌های رویشی ($P<o.o1$) با ضریب اثر مثبت، اقدام به بازسازی متغیرهای مورد نظر با استفاده از تحلیل رگرسیونی ترکیبی خطی درجه یک و دو با پهنای حلقه های رویشی از سال ۱۸۸۱ تا ۲۰۱۱ نموده‌ایم. در مجموع، بر اساس نتایج این بازسازی، در طول سه دهه اخیر، میانگین، میانگین حداکثر و حداقل دمای سالیانه به ترتیب حدود ۲۴/. و ۳۸/. و ۰۸۴/. درجه، نسبت به یک قرن قبل از خود افزایش را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: گاه‌شناسی، آب و هواشناسی درختی، نمونه‌های رویشی، تحلیل رگرسیونی

مقدمه

بر اساس اصل یونی فرمی تاریانیسم، تأثیر آب و هوا در طبیعت به زمان بستگی ندارد. از روی تظاهرات معینی که امروز بر اثر عملکرد عوامل آب و هوایی ایجاد می‌شود و برای ما ثابت شده است، می‌توان به چگونگی آب و هوا در گذشته پی‌برد(کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۷: ۳۸۸). به دنبال آن، از روی داده‌های آب و هوا گذشته می‌توان به طبیعت آب

و هوا آینده آگاهی پیدا کرد (وایت[1]، ۲۰۰۷: ۱). یکی از این منابع، شواهد زیست شناختی است. محققان دریافته‌اند که با استفاده از حلقه‌های رویشی[2] تاریخ گذاری شده، مطالعه آب و هوا گذشته و حال امکان پذیر است(کنل و شواین گروبر[3]، ۲۰۰۱). طبق مطالعات انجام شده ،ثابت شده که انواع گونه های بلوط، گونه مناسبی برای مطالعات آب و هوا شناسی درختی است (پن[4] و همکاران، ۱۹۹۷: ۷۸).

در سطح جهان مطالعات گسترده ای در ارتباط با بازسازی متغیرهای آب و هوایی با استفاده از دانش آب و هوا شناسی درختی صورت گرفته است. در آمریکای شمالی بویژه در کوه های راکی و غرب آمریکا(ویلسون[5] و لاکمن ۲۰۰۲، فلاور و اسمیت[6] ۲۰۱۱) و نیز خشکسالی های محلی و منطقه ای در این ناحیه (فریتز[7]، ۱۹۶۲ و ۱۹۷۶، آریگو[8] و همکاران۱۹۹۹، جیمز[9] و رنچ ۲۰۱۰، گریفن[10] و همکاران،۲۰۱۱)، مطالعات زیادی انجام شده است.آنها توانسته‌اند دوره-های خشکسالی محلی، دماهای ماهانه، فصلی و سالانه را با استفاده از این دانش بازسازی نمایند. همچنین، تحقیقات متعددی در چین و فلات تبت ، در ارتباط با این موضوع انجام شده است که می توان به کارهای لیانگ[11] و همکاران(۲۰۰۷)، یانگ بلات و لاکمن[12] (۲۰۰۸)، فان[13] و همکاران (۲۰۱۰،۲۰۰۸)، لیو[14] و همکاران (۲۰۱۱)،های[15] و همکاران(۲۰۱۱) ، اشاره نمود. از جمله دستاوردهای آنها می توان به بازسازی دمای تابستان، برای حوضه رودخانه یانگ تسه در فلات تبت در یک دوره ۳۷۹ ساله، بازسازی دمای حداکثر ژوئن-جولای برای جنوب غرب یوکان، طی ۳۰۰ سال گذشته، بازسازی دمای سالانه در کوه‌های هنگدوان مرکزی چین از روی دوایر رویشی، اشاره نمود.وگنر[16] و همکاران،جوردن و وندرگاتن[17]،توچن[18] و همکاران(همگی، ۲۰۱۲) نیز، اقدام به بازسازی و مقایسه بارش و دمای ثبت شده با داده‌های به‌دست آمده از طریق شبکه‌ای از گاه‌شناسی[19] دوایر رویشی، در منطقه آلپ نموده اند و از روی حلقه-های درختی، زمان وقوع آتش سوزی های گذشته را بازسازی نمودند و یا کوسه[20] و همکاران(۲۰۱۱: ۴۳۸) موفق به بازسازی بارش می-ژوئن و محاسبه دوره‌های خشک و مرطوب در غرب آناتولی شدند.

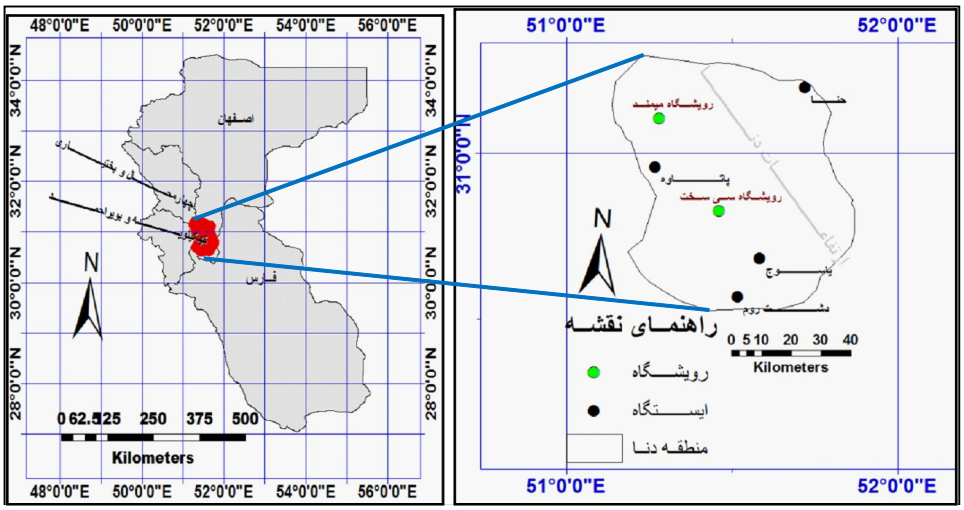
1- White
2- Tree Rings
3- Kaennel and Schweingruber
4- Pan
5 -Wilson
6 -Flower and Esper
7 -Fritts
8 -Arrigo
9 -James
10 -Griffin
11 -Liang
12 -Youngblut and Luckman
13 -Fan
14 -Liu
15 -Hai
16 -Wagner
17 -Jordan and Vander Gugten
18 -Touchan
19 -Chronology
20 -KÖse

با وجود تنوع رویشگاه ها و وجود گونه‌های درختی مناسب در مناطق مختلف ایران، تاکنون مطالعات برجسته ای در زمینه بازسازی پارامترهای آب و هوایی با استفاده از دانش آب و هوا شناسی درختی، صورت نگرفته است. از جمله کارهای انجام شده می‌توان از مطالعات کرم زاده و همکاران(۱۳۹۰)، عزیزی و همکاران(۱۳۹۱، ص۵۱) و ارسلانی و همکاران (۱۳۹۱، ص۱۰۷) نام برد. این مطالعات بیشتر در جنگل‌های زاگرس و جنگل های شمال کشور، صورت گرفته است. از دستاوردهای آنها می توان به بازسازی تغییرات بارش اکتبر-می استان کرمانشاه و اردیبهشت-تیر منطقه سراوان گیلان، با استفاده از حلقه های درختی بلوط مازودار[۲۱]،بازسازی تغییرات دما و بارندگی زاگرس میانی با استفاده از حلقه-های درختی بلوط اشاره کرد.آنان ضمن مشخص کردن دهه‌های خشک و مرطوب منطقه طی ۳۰۰ سال گذشته، به این نتیجه رسیدند که در دهه های پایانی قرن بیستم، بارش منطقه به‌طور محسوسی کاهش یافته و دمای حداکثر منطقه روندی صعودی داشته است.

عدم اطلاع کافی از وضعیت آب و هوا گذشته بزرگترین رویشگاه گونه بلوط ایرانی در منطقه دنا به علت در دست نداشتن داده های بلندمدت آب و هوایی، فقر مطالعات آب و هوا شناسی درختی، مطالعه گسترده و بازسازی پارامترهای آب و هوایی گذشته منطقه را می طلبد که این مطالعه در راستای این هدف است.

داده‌ها و روش پژوهش

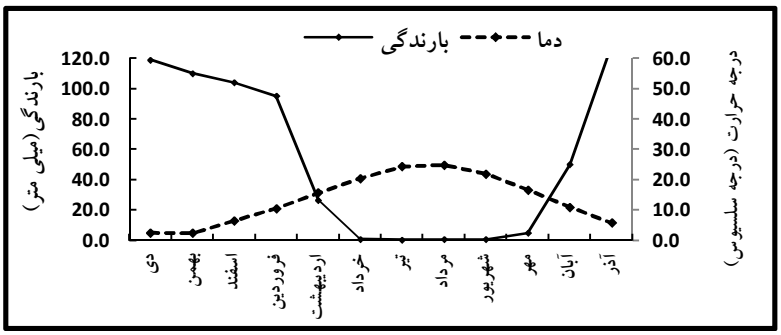
منطقهٔ دنا با موقعیت °۵۱/۱۲ تا° ۵۱/۸۸ طول شرقی و° ۳۰/۵۱ تا° ۳۱/۳۰ عرض شمالی با مساحتی حدود ۴۵۰۰ کیلومتر مربع، در قسمت زاگرس مرکزی، بخش‌هایی از استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری، فارس و استان کهکیلویه و بویراحمد را دربرگرفته است. هر چند این منطقه مرز سیاسی ندارد؛ ولی از لحاظ طبیعی یک ناحیهٔ مخصوص به خود است (شکل ۱).



شکل ۱) موقعیت منطقه دنا، ایستگاه‌های آب سنجی و رویشگاه‌های نمونه برداری

21 -*Quercus Infectoria*

پست ترین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۴۵ متر و بلندترین نقطه آن ۴۴۰۷ متر است. ارتفاع متوسط منطقه ۲۳۱۹ متر است. برای بازسازی میزان دما، تعداد ۴ ایستگاه آب سنجی در داخل منطقه انتخاب و میانگین داده‌های ۳۰ ساله(۲۰۱۱-۱۹۸۲) آنها تجزیه و تحلیل شده است. میانگین، میانگین بیشینه و کمینه دمای منطقه بر اساس محاسبه میانگین ۴ ایستگاه به ترتیب۱۴ ، ۲۳ و۵/۳ درجه سلسیوس و میانگین مجموع بارش ۳۰ ساله منطقه ۶۴۳ میلی متر است. در طبقه‌بندی دمارتن[22] و آمبرژه[23]، منطقه دنا جزو آب و هوا نیمه مرطوب و نیمه مرطوب سرد قرار می‌گیرد (شکل ۲). این مطالعه به دو بخش تقسیم شده است. در قسمت نخست واکنش حلقه های درختی به متغیرهای آب و هوایی بررسی شده و در بخش دوم اقدام به بازسازی دما، از روی حلقه های رویشی نموده‌ایم. با این هدف، دو رویشگاه غالب گونه بلوط در منطقه انتخاب(جدول ۱) و ۳۶ نمونه رویشی در دو جهت جغرافیایی جنوب غربی و شمال شرقی در قطر برابر سینه (۱/۳۰ سانتی متری) عمود بر تنه درخت با استفاده از مته سال سنج[24] در زمان حداکثر رشد و نمو گیاه، در تابستان ۱۳۹۱ استخراج شدند.



شکل ۲) منحنی آمبروترمیک منطقه دنا بر اساس میانگین داده‌های ۴ ایستگاه آب سنجی منطقه طی یک دوره ۳۰ ساله(۲۰۱۱-۱۹۸۲)

پس از اسکن نمونه‌ها، شمارش و اندازه‌گیری حلقه‌های سالیانه به کمک دستگاه اندازه‌گیری LINTAB5 که مجهز به نرم افزار TSAP است، با دقت 0.01 میلی متر از سمت پوست به مغز اندازه گیری شد. همخوانی زمانی[25] دو نمونه از هر درخت و تمامی درختان رویشگاه با استفاده از نرم افزار TSAP انجام شد.

جدول ۱) ویژگی های رویشگاهی و آمار گاه شناسی جنگل های بلوط ایرانی منطقه دنا

	رویشگاه سی سخت	رویشگاه میمند
کد رویشگاه	SSQU	MYQU
ارتفاع از سطح دریا	۲۰۲۵	۲۲۳۰
طول جغرافیایی(درجه اعشاری)	۵۱/۴۶۱-۵۱/۴۶۲	۵۱/۲۸۰۶-۵۱/۲۸۰۸
عرض جغرافیایی(درجه اعشاری)	۳۰/۸۲۵-۳۰/۸۲۶	۵۱/۱۰۴-۳۱/۱۰۵
جهت دامنه	SW	SW
درصد شیب	۵	۱۵

22- DeMartonne
23 -Emberger
24- Increment borer
25 -Cross dating

از آزمون علامت (GLK [۲۶]) برای ارزیابی تطابق زمانی نمونه‌های رویشی درختان به کمک رابطه (۱) استفاده شد(کوک، ۱۹۸۵):

$$GLK = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n=1}\left| G_{ix} + G_{iy} \right| \quad (۱$$

در اینجا GLK، درصد تطبیق واریانس، G_{ix} و G_{iy} علامت اختلاف بین مقادیر پهنای حلقه‌های رویشی در سال i نسبت به سال قبل خود در نمودار x و y.

رویش سالیانه حلقه‌های هر درخت علاوه بر آب و هوا، تحت تأثیر فاکتورهایی نظیر: سن درخت و عوامل غیرآب و هوایی دیگری نیز قرار دارد. بنابراین، برای حذف این گرایش‌های غیرآب و هوایی، حلقه‌های رویشی توسط برنامه ARSTAN استانداردسازی شدند(کوک، ۱۹۸۵). از بین چهار گاه‌شناسی (RES,STD,RAW,ARS)ساخته شده توسط برنامه مذکور، گاه‌شناسی باقیمانده(RES)، به‌کار گرفته شد. این گاه‌شناسی سیگنال های بسیار ضعیف را به خوبی در سری زمانی حلقه‌های رویشی، حفظ می‌کند و برای مطالعات آب و هوا شناسی درختی، مناسب است(کوک، ۱۹۸۵). کرونولوژی باقیمانده (RES)، میانگین باقیمانده مدل خودرگرسیونی سری های استاندارد شده است. همچنین، کرونولوژی باقیمانده، فاقد روندهای طولانی مدت ناشی از همبستگی درونی رویش سالانه است، به همین دلیل، در ارزیابی روابط رویش- آب و هوا از این گاه‌شناسی استفاده شده است. برای گاه‌شناسی ساخته شده، میانگین حساسیت(M.S.)، نسبت سیگنال به اغتشاش(SNR) و میزان سیگنال تجمعی(EPS [۲۷])، (لیو و همکاران، ۲۰۱۱) نیز با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد.

میانگین حساسیت از رابطه های(۲و ۳) محاسبه می شود:

$$S_{i+1} = \frac{(x_{i+1} - xi) * 2}{(x_{i+1} + xi)} \quad (۲$$

$$MS = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |S_{i+1}|}{n-1} \quad (۳$$

در اینجا:

S_{i+1} حساسیت حلقه سالیانه متعلق به سال i

MS میانگین حساسیت یک نمونه (در واقع، سنجشی است از تفاوت نسبی در پهنای بین دو حلقه مجاور)

x_i پهنای حلقه رویشی در سال i

مقدار SNR از رابطه ۴ محاسبه می شود :

$$SNR = t\,\frac{|r_{eff}|}{1-|r_{eff}|} \quad (۴$$

در اینجا

SNR نسبت سیگنال به اغتشاش

t تعداد درختان

r_{eff} میانگین ضریب همبستگی بین درختان رویشگاه

26- Gleichlaeufigkeit
27 -Expressed population signal

مقدار EPS از رابطه ۵ محاسبه می شود:

$$EPS_{(t)} = \frac{tr_{eff}}{tr_{eff} + (1 - r_{eff})} \quad (۵$$

در اینجا EPS تجمع سیگنال، t تعداد درختان و r_{eff} میانگین ضرایب همبستگی بین درختان است.

پس از تهیه گاه‌شناسی مناسب رویشگاه، در مرحله واسنجی با استفاده از نرم‌افزار SAS و با استفاده از همبستگی پیرسون، به رابطه میان گاه‌شناسی باقیمانده(RES) رویشگاه‌ها، با میانگین دمای ۴ ایستگاه آب سنجی منطقه، طی یک دوره مشترک ۳۰ ساله(۲۰۱۱-۱۹۸۲) پرداخته شد(جدول ۲). سپس با استفاده از یک تحلیل رگرسیونی خطی درجه یک و دو، حساسیت حلقه های رویشی به مهمترین متغیرهای آب و هوایی شناسایی و با توجه به میزان همبستگی متغیرهای آب و هوایی با پهنای دوایر رویشی، یک مدل رگرسیونی خطی ساده و درجه دو با روش گام به گام، بر داده ها برازش داده شد. منحنی کالیبراسیون[۲۸] مدل نهایی، با توجه به روش هوکینگ، روزنبلت و اسپیگلمن(جلیلوند، ۱۳۸۶: ۶۰۱) تهیه و با منحنی برآورد و واقعی مطابقت داده شد.

جدول ۲) مشخصات ایستگاه های آب سنجی مورد مطالعه در منطقه دنا

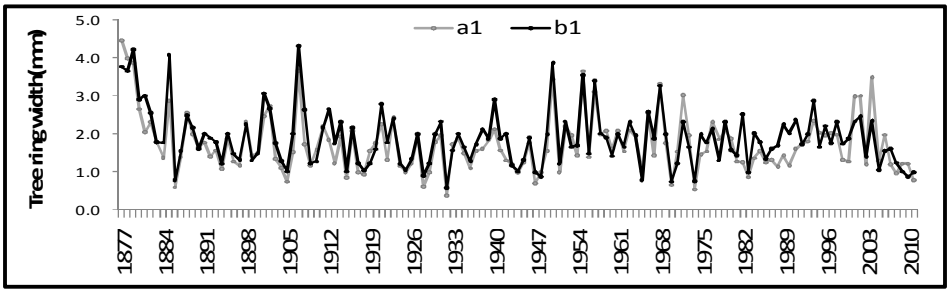
ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	کد ایستگاه
یاسوج	1821	51.584	30.682	Y
پاتاوه	1540	51.266	30.958	P
حنا	2329	51.720	31.198	H
دشت روم	2105	51.516	30.566	D

سپس با توجه به نتایج حاصله، بازسازی میزان درجه حرارت منطقه دنا با توجه به میانگین ۴ ایستگاه آب سنجی منطقه، صورت گرفت. آنالیزهای آماری در نرم افزارهایTSAP,ARSTAN, SAS,MATLAB,EXCEL ، انجام شده است.

یافته‌های پژوهش

پس از انجام فرایند تطابق زمانی برای دو نمونه از هر درخت و میانگین‌گیری از آنها، منحنی رویشی تمام درختان رویشگاه ها به دست آمد. تمامی درختان نمونه برداری شده، دارای همبستگی و تطابق زمانی مناسبی با همدیگر بودند. در شکل (۳) منحنی رویشی دو نمونه از یک درخت پس از تطابق زمانی، نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که منحنی‌های رویشی از تطابق زمانی خوبی برخوردارند.

28- Calibration



شکل ۳) نمایش دو نمونه از منحنی‌های رویشی یک درخت پس از مرحله تطابق زمانی آنها در رویشگاه سی سخت منطقه دنا در رشته کوه های زاگرس مرکزی ایران.

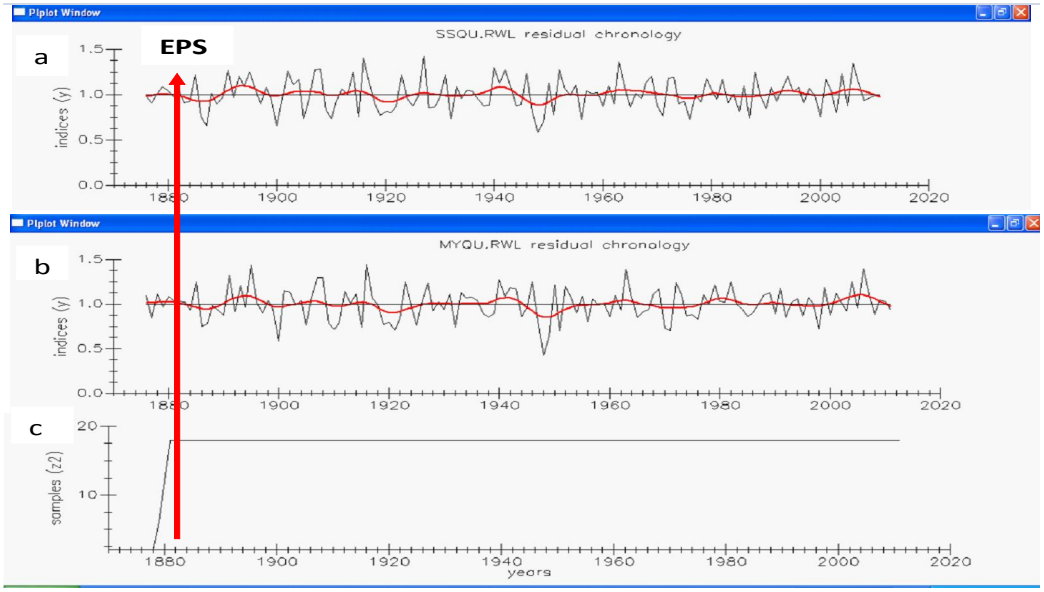
با استفاده از آزمون علامت (GLK)، درصد تطبیق واریانس بین نمونه‌ها محاسبه شد. توسط این آزمون میزان هماهنگی و تطابق زمانی بین منحنی‌های رویشی درختان رویشگاه، مشخص می شود. نتایج این آزمون در جدول (۳) نشان داده شده است. با توجه به نتایج این جدول چنین به نظر می رسد که نمونه های رویشی دو نمونه از هر درخت و تمامی درختان با یکدیگر از هماهنگی بسیار خوبی برخوردارند. این هماهنگی بین حداقل ۷۵/۴ تا حداکثر ۹۲/۶ درصد بوده است(75.4<=GLK<=92.6). هر چه مقدار این آماره بیشتر باشد، حکایت از هماهنگی بیشتر بین نمونه هاست. با استاندارد سازی منحنی های رویشی توسط نرم افزار ARSTAN ، اثرهای غیرآب و هوایی از سری زمانی حلقه های رویشی حذف شدند. شکل۴، گاه‌شناسی باقیمانده(RES) به همراه تعداد نمونه های استفاده شده در دو رویشگاه را نشان می‌دهد.

جدول ۳) محاسبه میزان هماهنگی و تطابق زمانی بین گاه شناسی رویشگاه‌های سی سخت(SSQU) و میمند(MYQU) و نمونه‌های استخراجی هر رویشگاه با استفاده از آزمون علامت(GLK)

رویشگاه میمند*				رویشگاه سی سخت*			
آزمون علامت ٪(GLK)	نمونه از جنوب غربی تنه	آزمون علامت ٪(GLK)	نمونه ازشمال شرقی تنه	آزمون علامت ٪(GLK)	نمونه از جنوب غربی تنه	آزمون علامت** ٪(GLK)	نمونه از شمال شرقی تنه
۸۴/۴	درخت ۱	۸۷	درخت ۱	۷۵/۴	درخت ۱	۷۹/۲	درخت ۱
۸۴/۵	درخت ۲	۸۲/۹	درخت ۲	۸۰/۲	درخت ۲	۸۴	درخت ۲
۸۲/۷	درخت ۳	۸۸/۱	درخت ۳	۸۳/۷	درخت ۳	۷۸/۳	درخت ۳
۸۵/۸	درخت ۴	۸۳/۶	درخت ۴	۷۸/۹	درخت ۴	۸۹/۱	درخت ۴
۸۶/۲	درخت ۵	۸۳/۸	درخت ۵	۸۰/۶	درخت ۵	۸۵/۵	درخت ۵
۸۰/۶	درخت ۶	۸۴/۵	درخت ۶	۹۰/۳	درخت ۶	۸۶/۹	درخت ۶
۸۴	درخت ۷	۸۱/۷	درخت ۷	۸۶/۵	درخت ۷	۸۶/۸	درخت ۷
۷۹/۶	درخت ۸	۸۲/۳	درخت ۸	۸۶/۸	درخت ۸	۸۳/۵	درخت ۸
۸۰/۶	درخت ۹	۸۴/۹	درخت ۹	۸۹/۹	درخت ۹	۹۲/۶	درخت ۹

*معنی دار در سطح ۰۱/. ، **مقدار عددی این آزمون بین ۰ تا ۱۰۰ است.

همچنین، در جدول (۴) آماره‌های گاه‌شناسی رویشگاه‌ها بر اساس رابطه‌های مربوطه آورده شده است.



شکل۴) نمایش گاه‌شناسی باقیمانده رویشگاه سی سخت (کدSSQU) و میمند،(کدMYQU) و تعداد نمونه‌های استفاده شده در مطالعه آب و هوا شناسی درختی منطقه دنا در رشته کوه‌های زاگرس مرکزی ایران توسط نرم افزار ARSTAN.

a و b گاه‌شناسی باقیمانده رویشگاه سی سخت و میمند از سال ۱۸۷۶ تا ۲۰۱۱ به مدت ۱۳۶ سال ، پیکان قرمز رنگ آستانه EPS را در سال ۱۸۸۱ نشان داده است.

c تعداد نمونه های استخراج شده(۱۸ نمونه رویشی) است که ۱۷ نمونهٔ آن در گیاه‌شناسی باقیمانده(RES) باقیمانده اند.

جدول۴) ویژگی‌ها و مشخصات آماری گاه‌شناسی باقیمانده(RES) گونه بلوط ایرانی رویشگاه سی سخت و میمند منطقه دنا در جنگل های زاگرس مرکزی ایران با استفاده از نرم افزار ARSTAN .

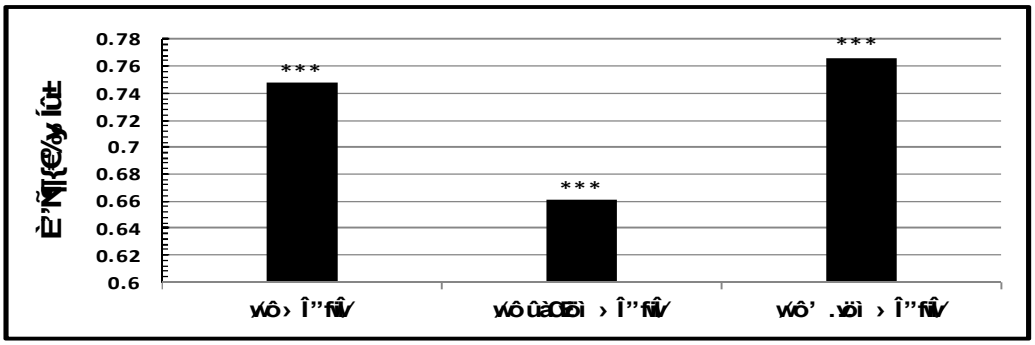
کد رویشگاه	تعداد درخت /نمونه	طول گاه شناسی	میانگین همبستگی بین نمونه ها	میانگین حساسیت	میانگین سیگنال تجمعی	انحراف معیار	خود همبستگی	نسبت سیگنال به اغتشاش
SSQU	۹/۱۷	۱۸۸۱-۲۰۱۱	./۵۲۹*	./۲۹۶*	./۹۰۵*	./۱۱۱	-./۱۰*	۹/۵۲*
MYQU	۹/۱۷	۱۸۸۱-۲۰۱۱	./۶۴۹*	./۳۴۵*	./۹۱۰*	./۳۰۳	./۰۴۲*	۱۰/۱۶*

*معنی دار در سطح ۰۱/.

همبستگی میان گاه‌شناسی رویشگاه‌ها و متغیرهای آب و هوایی سالیانه منطقه

بر اساس ضرایب همبستگی پیرسون[۲۹] که توسط نرم‌افزار SAS انجام شد، ارتباط بین گاه‌شناسی رویشگاه‌ها و متغیرهای آب و هوایی سالیانه طی دوره ۳۰ ساله(۲۰۱۱-۱۹۸۲) بررسی و مشخص شد که میان میانگین داده‌های آب و هوایی سالیانه ۴ ایستگاه آب سنجی منطقه و پهنای دوایر رویشی یک ارتباط معنی‌دار قوی وجود دارد که این همبستگی برای درجه حرارت با ضریب اثر مثبت بوده است (شکل۵).

29- Pearson Correlation Coefficient



*** معنی دار در سطح ۰۱/.

شکل۵) رابطه بین میانگین، میانگین بیشینه و کمینه سالانه دمای ۴ ایستگاه آب سنجی منطقه دنا با گاه‌شناسی رویشگاه‌های منطقه

برای پی بردن به اهمیت هر کدام از متغیرهای آب و هوایی در رشد حلقه های درختی، مدل رگرسیون خطی ترکیبی ساده و درجه ۲ بر روی داده های میانگین دو رویشگاه برازش داده شد که مشخصات آن در جدول (۵) نشان داده شده است.

بر اساس مشخصات مدل نهایی،آماره F، به همگونی واریانس های وضعیت خطاها بر متغیرهای پیش بین[۳۰] اشاره دارد. معنی‌دار بودن آزمون F، به معنای تحقق پیش فرض رگرسیون خطی ساده و درجه ۲ است. ضریب دوربین واتسون[۳۱](DW) به استقلال نسبی داده ها و مجموع مربعات باقیمانده های واقعی (SSR) و برآورد[۳۲](PRESS)، به نرمال بودن متغیرها اشاره دارد (جدول۵). انطباق منحنی های مقادیر واقعی، برآورد و کالیبراسیون(شکل ۶) بر روی یکدیگر بر صحت مدل اشاره دارند.

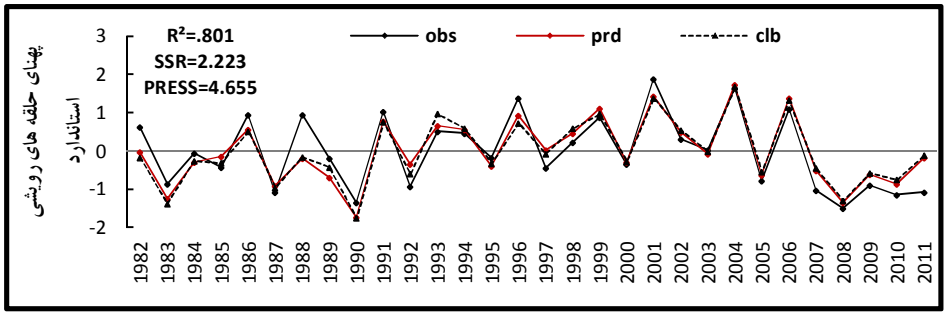
جدول۵) مشخصات مدل نهایی واکنش پهنای حلقه های رویشی به متغیرهای آب و هوایی با استفاده از رگرسیون ترکیبی خطی و درجه ۲ برای منطقه دنا(MeanSM)

PRESS	SSR	F value	DW	Pr>F	Adj R-sq	R-sq	RMSE	رویشگاه
4.655	2.223	25.17	1.32	<.0001	*0.770	*0.801	0.457	MeanSM

*معنی دار در سطح ۰۵/.

MeanSM ;میانگین پهنای حلقه‌های درختی رویشگاه ها ;RMSE , انحراف معیار خطا; SSR , مجموع مربعات باقیمانده ها ; PRESS , مجموع مربعات باقیمانده برآورد; DW , ضریب دوربین واتسون

30- predictor variables
31 -Durbin – Watson coefficient
32 -Sum of Square Predicted Residual



شکل ۶) برهم گذاری منحنی مقادیر واقعی(obs)، برآورد(prd) و کالیبراسیون(clb) برای گونه بلوط ایرانی منطقه دنا در طول ۳۰ سال اخیر(۲۰۱۱-۱۹۸۲)

با توجه به مشخصات ارائه شده، مدل نهایی واکنش حلقه‌های رویشی به متغیرهای آب و هوایی سالیانه برای منطقه دنا عبارت است از :

Dena region=0.0078+0.5174(AnnuP)+0.5323(AnnuTmi)-0.3307 (AnnuTma)+0.5007(AnnuTme).

بر اساس مدل نهایی، حلقه های رویشی بیشترین حساسیت را در درجه اول به مقدار بارندگی سالیانه(AnnuP) و سپس به ترتیب به مقدار حداقل های دمای سالیانه (AnnuTmi)، حداکثرهای دمای سالیانه(AnnuTma) و میانگین دمای سالیانه(AnnuTme) منطقه داشته‌اند.

در مجموع، بر اساس گاه‌شناسی باقیمانده دو رویشگاه و آماره‌های آن؛ بویژه درصد تطابق واریانس بین نمونه ها(GLK)، میانگین حساسیت(۲۹۶/. تا ۳۴۵/.)، نسبت سیگنال به اغتشاش(۹/۵۲ تا ۱۰/۱۶) و مقدار سیگنال جمعیت(EPS)(۹۰/. تا ۹۱/.)، ارزش و اعتبار نمونه های استخراجی برای مطالعات آب و هوا شناسی درختی ثابت شد. میزان انطباق منحنی های واقعی، برآورد و کالیبراسیون و مشخصات مدل نهایی رگرسیونی حکایت از آن داشتند که حساسیت حلقه های درختی به متغیرهای آب و هوایی زیاد است.

بر اساس ضریب همبستگی پیرسون، رابطه میان پهنای حلقه های رویشی با میزان درجه حرارت سالیانه، با ضریب اثر مثبت معنی دار شده است؛ یعنی با افزایش دمای سالیانه، پهنای حلقه های رویشی نیز افزایش پیدا کرده است. صفاری و همکاران(۱۳۸۹) شروع رشد گونه بلوط را با حداقل دمای ۱۰ درجه در ماه دانسته،که در حداکثر دمای حدود ۳۵ درجه نیز می تواند به رشد خود ادامه دهد. بر اساس داده های آب و هوایی ایستگاه آب سنجی منطقه، چنین به نظر می رسد که حداکثر دمای ماهانه در بیشتر ماه ها، کمتر از ۳۵ درجه بوده است. بنابر این، این مقدار دما، محدودیتی برای رشد نداشته و به همین دلیل یک رابطه مستقیم میان پهنای حلقه های درختی با مقدار دما وجود داشته است.

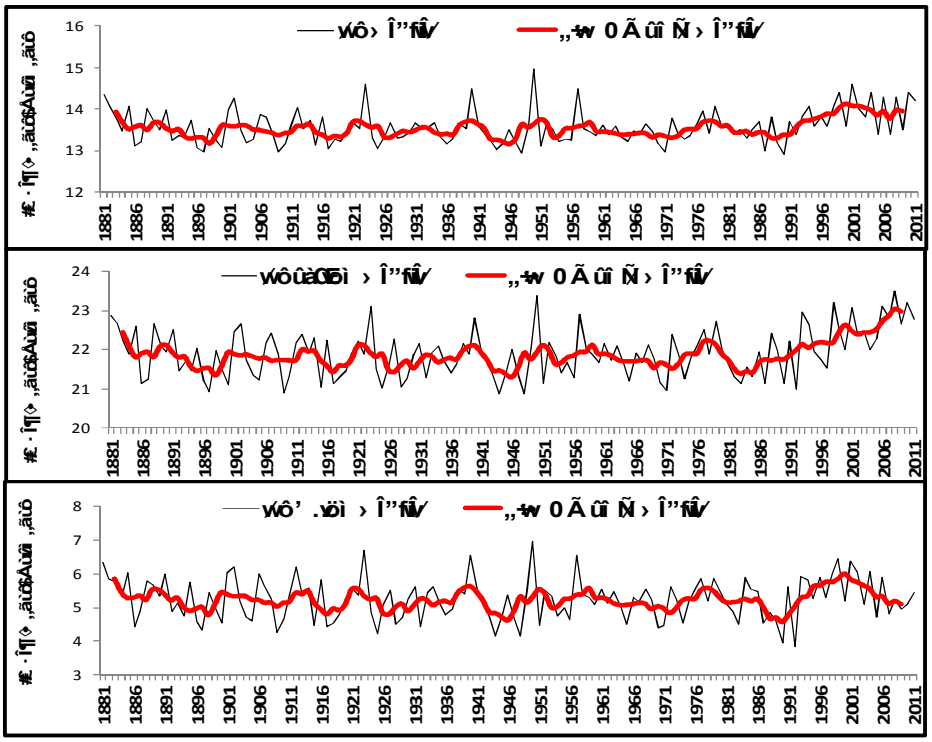
بازسازی[۳۳] درجه حرارت سالیانه از روی گاه‌شناسی باقیمانده رویشگاه‌ها

در آنالیز متغیرها با استفاده از دو مدل خطی و درجه ۲ رگرسیونی، میزان واریانس تبیین شده(R Sq) و واریانس تعدیل یافته (Adj R Sq)، به ترتیب ۸۰ و ۷۷ درصد واکنش پهنای دوایر رویشی را با متغیرهای آب و هوایی تفسیر

33 -Reconstruction

نموده‌اند. به عبارت دیگر، با ضرایب اطمینان حاصله، می‌توان تغییرات پهنای دوایر رویشی را توسط پارامترهای آب و هوایی، پیش‌بینی نمود. چون هدف ما بازسازی مقدار دما از روی پهنای حلقه های رویشی است، بنابراین، در این مرحله با انجام وارون عمل فوق در نرم افزار SAS و با استفاده از رگرسیون ترکیبی خطی ساده و درجه ۲، پارامترهای آب و هوایی به عنوان متغیر وابسته و پهنای دوایر رویشی به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و تمامی محاسبات مانند مراحل قبل، به انجام رسید.

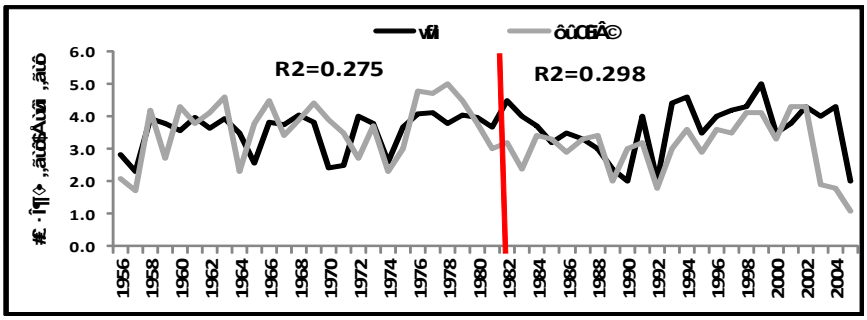
در نهایت، مقدار دمای سالانه بازسازی شده برای میانگین ۴ ایستگاه آب سنجی منطقه دنا در طول ۱۳۱ سال گذشته در شکل (۷)ترسیم شده است.



شکل۷) نمایش میانگین، میانگین حداکثر و میانگین حداقل دمای سالانه بازسازی شده طی ۱۳۱ سال گذشته همراه با میانگین متحرک ۵ ساله آنها، در منطقه دنا(۲۰۱۱-۱۸۸۱)

بر اساس نتایج داده‌های بازسازی شده دورهٔ۱۳۱ ساله، پایین‌ترین میانگین دما در سال‌های ۱۹۹۰(۱۲/۹ درجه) و ۱۹۴۸(۱۳ درجه) رخ داده است. بالاترین میانگین دما در سال های ۱۹۵۰(۱۵ درجه)، ۱۹۲۳ و ۲۰۰۱(۱۴/۶ درجه) برآورد شده است. پایین‌ترین حداکثرهای دما در سال ۱۹۴۸(۲۰/۹ درجه) و ۱۹۴۴(۲۰/۸ درجه) و بالاترین حداکثرهای دما در ۲۰۰۸(۲۳/۵ درجه)، ۱۹۵۰(۲۳/۴ درجه) و ۲۰۱۰(۲۳/۲ درجه) بوده است.کمینه دماهای حداقل در ۱۹۹۲(۳/۸ درجه)، ۱۹۹۰(۳/۹ درجه)، ۱۹۴۴(۴ درجه) و ۱۹۴۸(۴/۱درجه) و بیشینه حداقل های دما در ۱۹۵۰(۷ درجه) و ۱۹۲۳(۶/۷ درجه) رخ داده است.ارسلانی و همکاران(۱۳۹۱) در بازسازی حداکثرهای دمای شهر کرمانشاه نیز، سال ۲۰۰۸ را به عنوان یکی از سال های افزایش بیشینه دما برآورد نموده‌اند. در اینجا برای اعتبارسنجی مدل‌های بازسازی دما، مقایسه‌ای میان حداقل های دمای بازسازی شده ایستگاه حنا با داده‌های ایستگاه سینوپتیک شهرکرد که تقریباً از نظر شرایط آب و هوایی و توپوگرافی شباهت زیادی با منطقه دنا داشته و نسبت به منطقه دنا از داده‌های آب و هوایی بلند مدتی برخوردار است(به

عنوان ایستگاه شاهد)صورت گرفته که نتایج آن در شکل(۸) ارائه شده است. ملاحظه می شود که روند سالیانه دما برای هر دو ایستگاه، تقریباً دارای یک همبستگی نزدیک به یکدیگر است.



شکل۸) مقایسه حداقل‌های دمای واقعی و بازسازی شده ایستگاه حنا در منطقه دنا با حداقل‌های دمای واقعی ایستگاه سینوپتیک شهرکرد به عنوان ایستگاه شاهد طی ۴۹ سال گذشته(۲۰۰۵-۱۹۵۶)، داده‌های واقعی مشترک دو ایستگاه از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۵، داده‌های واقعی شهرکرد با داده های بازسازی شده ایستگاه حنا از سال ۱۹۵۶ تا ۱۹۸۱.

در مجموع، با توجه به موارد ذکر شده چنین به نظر می رسد که میانگین،میانگین حداکثر و حداقل دمای سه دهۀ اخیر به ترتیب حدود ۲۴/.(۱/۷٪) و ۳۸/.(۱/۷٪) و ۰۸۴/.(۱/۶٪) درجه، نسبت به یک قرن قبل از خود افزایش را نشان می‌دهد. دهه ۲۰۱۱-۲۰۰۱ از بالاترین میانگین، میانگین حداکثر و حداقل دمای سالیانه برخوردار بوده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه آماره های گاه شناسی باقیمانده رویشگاه‌ها؛ بویژه مقدار سیگنال جمعیت(EPS)، درصد تطابق واریانس بین نمونه ها(GLK)، نسبت سیگنال به اغتشاش و میانگین حساسیت نشان دادند که تعداد نمونه های استخراجی برای مطالعات آب و هواشناسی درختی منطقه کافی بوده و برای مطالعات آب و هواشناسی منطقه از اعتبار لازم برخوردارند. همچنین، ضرایب همبستگی پیرسون حکایت از آن داشتند که حلقه‌های درختی نسبت به مقدار درجه حرارت سالیانه حساسیت معنی دار و مستقیمی داشته، توسط آنها می‌توان مقدار دمای سالیانه منطقه را بازسازی نمود. نتایج بازسازی و مقایسه آنها با ایستگاه شاهد، نشان داد که در مجموع میزان درجه حرارت در سه دهه اخیر، نسبت به یک قرن قبل از خود روندی افزایشی داشته و این افزایش برای میانگین، میانگین حداکثر و حداقل دما، تقریباً مشابه بوده است و دهه ۲۰۱۱-۲۰۰۰ از بالاترین میزان دما در طول ۱۳۱ سال گذشته برخوردار بوده است. مطالعات نشان می‌دهد مساحت جنگل های منطقۀ مورد مطالعه، در چند دهۀ اخیر به شدّت کاهش یافته است که عنصر دما به علت داشتن رابطه مستقیم با پهنای حلقه های رویشی، به احتمال زیاد نمی‌تواند در این مسأله سهیم باشد. شاید مقدار بارش و یا دخالت‌های انسانی، شیوع انواع بیماری‌های گیاهی و عوامل ناشناخته دیگری در این امر سهیم باشند که نیاز به مطالعه بیشتر در زمینه-های فوق را می‌طلبد.

منابع

۱- ارسلانی محسن؛ عزیزی قاسم و خوش اخلاق، فرامرز .(۱۳۹۱). بازسازی تغییرات دمای حداکثر استان کرمانشاه با استفاده از حلقه‌های درختی، *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ش۱، صص ۹۷- ۱۱۰.

۲- جلیلوند حمید .(۱۳۸۶). واکنش رشد حلقه های رویشی زبان گنجشک (Fraxinus excelsior L) به متغیرهای اقلیمی در شمال ایران با استفاده از رگرسیون چندگانه، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال یازدهم، شماره چهل و دوم(ب)، زمستان ۱۳۸۶، صص ۵۹۷-۶۰۹.

۳- صفاری، محسن؛ ایوبی، ابراهیم؛ بخشی، رضا وکیائی، مجید .(۱۳۸۹). بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر حلقه‌های رویشی چوب گونه بلوط(Quercus Castaneaefolia)(مطالعه موردی طرح تلیم رود تنکابن)، *فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی*، سال ششم، شماره دوم، تابستان۱۳۹۰، صص ۱۰۵ - ۱۱۳.

۴- عزیزی، قاسم؛ ارسلانی، محسن و یمانی، مجتبی .(۱۳۹۱). بازسازی تغییرات بارش اکتبر- می شهر کرمانشاه طی دورهٔ ۲۰۱۰- ۱۷۰۵ با استفاده از حلقه‌های درختی، *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ش ۷۹، صص ۳۷-۵۳.

۵- کاویانی محمدرضا و علیجانی بهلول .(۱۳۷۷). *مبانی آب و هواشناسی*، تهران: سمت، چاپ پنجم، ۵۷۶ ص.

۶- کرم زاده، سرخوش؛ پوربابایی، حسن و ترکمن، جواد .(۱۳۹۰). اقلیم شناسی درختی (Dendroclimatology) بلند مازو در منطقه سراوان گیلان، *فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ج ۱۹، ش ۱، صص۱۵ -۲۶.

7- Arrigo, D., Jacoby, R.D., Free, G.C.M and Robock, A., 1999,Northern Hemisphere annual to decadal temperature variability for the past three centuries: Tree-ring and model estimates. *Clim Change* (42): P 663-675.

8- Cook E.R., 1985, A time series analysis approach to tree-ring standardization. Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, P. 171.

9- Fan, Ze- Xin., Brauning, A., Cao, Kun-Fang., 2008,Annual temperature reconstruction in the Central Hengduan Mountains, China, as deduced from tree rings. Dendrochronologia, v (26): P 97-106.

10- Fan, Ze-Xin., Brauning, A., Tian, Qin-Hua., Yang, Bao., Cao, Kun-Fang., 2010,Tree ring recorded May-August temperature variations since A.D.1585 in the Gaoligong Mountains, southeastern Tibetan Plateau. PALAEO, v (296): P 94-102.

11- Flower, A., Esmith, D.J., 2011,A dendroclimatic reconstruction of June-July means temperature in the northern Canadian Rocky Mountains. Dendrochronologia, v (29): P 55-63.

12- Fritts, H.C., 1976, Tree Rings and Climate. Academic Press, London, UK: 576PP.

13- Fritts, H.C., 1962, The relation of growth ring widths in American beech and white oak to variations in climate, Tree-Ring Broullentin (25(1-2)): P2-10.

14- Dendrochronologia (27)183-198.

15- Griffin,D., Meko, D.M., Touchan, R., Leavitt, S.W., Woodhouse, C.A., 2011,Latewood chronology development for summer-moisture reconstruction in the U.S. Southwest. Tree-Ring Research 67(2):87-101.

16- Hai,F.Z.,Xue,M,S.,Zhi,Y,Y.,Peng,X.,Yan,X.,Hua,T.,2011,August temperature variability in the southeastern Tibetan Plateau since A.D.1385 inferred from tree rings. PALAEO, v (5): P703.

17- James, S., Rentch.,2010, Relationship between treefall direction, slope-aspect, and wind in eight old-growth oak stands in the Central Hardwood Forest, USA, The Journal of the Torrey Botanical Society, Vol. 137, No. 4, pp. 391-400.

18- Jordan, D., Vander Gugten, K., 2012, Dendrochronological potential of Quercus garryana, Saltspring Island, British Columbia, Tree-Ring Research 68(1):PP. 51-58.

19- Kaennel, M., Schweingruber, F. H., 2001, Multilingual Glossary of Dendrochronology, Translated by: D. Parsapajouh, H.R. Taghiyari., M, FaeziPour, Tehran University Press.

20- 19-KÖse, N., Akkemik Ü., Dalfes, HN., Özeren, MS., 2011, Tree-ring reconstructions of May-June precipitation of Western Anatolia Quat Res (75): P438-450.
21- Liang, E., Xuemei, S., Ningsheng, Q., 2007, Tree - ring based summer temperature reconstruction for the source region of the Yangtze River on the Tibetan Plateau. Global and Planetary Change, v (16): P313-320.
22- Liu, J., Yang, B., Qin, C., 2011, A Tree-ring based annual precipitation reconstruction since AD 1480 in south central Tibet. Quaternary International 236, 75-81.
23- Pan, C., Tajchman, S.J and Kochenderfer, J. N., 1997, Dendroclimatoligical analysis of major forest species of the central Appalachians, Forest Ecology and Management (1): P77-88.
24- White,B.P.,2007,Denoudroclimatological Analysis of Oak Species in the Southern Appalachian Mountains, A Bachelir,s Honors Thesis The University of Tennessee, Knoxville, December 2007: 69PP.
25- Touchan, R., Baisan, C., Mitsopoulos, I.D., Dimitrakopoulos, A.P., 2012, Fire History in black pine (Pinus nigra Arn.) forests of the Valia Kalda, Pindus Mountains, Greece, Tree-Ring Research 68(1):45-50.
26- Wagner, R. J., Kaye, M.W., Abrams, M.D., Hanson, P.J., Martin, M., 2012, Tree-ring growth and wood chemistry response to manipulated precipitation for two temperate Quercus species. Tree-Ring Research 68(1):17-29.
27- Wilson, R.J.S., Luckman, B.H., 2002, Tree- ring reconstruction of maximum and minimum temperatures and the diurnal temperature rang in British Columbia, Canada Dendrochronologia, v (20/3): P1-12.
28- Youngblut, D., Luckman, B., 2008, Maximum June-July temperature in the Southwest Yukon over the last 300 years reconstructed from tree rings, Dendrochronologia, v (25): P153-166.