



## بازسازی دمای میانگین ژانویه- مارس با پهنای دواير درختان ارس در شرق استان لرستان

مریم علیپور فرد<sup>۱</sup>، کامبیز پورطهماسی<sup>۲</sup>، محمود رائینی سرجاز<sup>۳</sup> و مهدی نادی<sup>۴\*</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

<sup>۳</sup> استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

<sup>۴</sup> استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱)

### چکیده

تحلیل نوسان‌های دمای هوا برای برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و بررسی‌های محیطی بسیار باارزش است. با توجه به گرمایش اخیر جهانی در مناطق مختلف، دسترسی به داده‌های درازمدت دما بیش از پیش دارای اهمیت است. اقلیم‌شناسی درختی از ابزارهای موجود برای بررسی درازمدت آب‌وهواست. در این پژوهش پس از توسعه گاه‌شناسی درختان ارس رویشگاه کیگوران (شهرستان الیگودرز، استان لرستان) میانگین دمای رویشگاه بازسازی شد. برای این منظور، همبستگی پهنای دواير سالانه درختان با داده‌های هواشناسی ایستگاهی بررسی شد. یافته‌های این پژوهش بیانگر همبستگی مثبت و معنادار میانگین دمای ژانویه- مارس با رشد حلقه‌های سالانه درختان است؛ از این رو میانگین دمای ژانویه- مارس بازه سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۱۰ میلادی برای این منطقه بازسازی شد. نتایج بیانگر رخداد سال‌های سرد در اوایل دهه ۱۹۱۰ تا نیمه نخست دهه ۱۹۶۰ است. دوره‌های گرم از نیمه دوم ۱۹۶۰ به بعد رخ داده‌اند. به‌طور کلی روند دما در سال‌های اخیر افزایشی بوده است. بررسی سال‌های نمادین مثبت و منفی نیز نشان می‌دهد که بیشتر سال‌های نمادین مثبت در نیمه دوم سده بیستم رخ داده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** اقلیم‌شناسی درختی، بازسازی دما، گرمایش جهانی، میانگین دما.

### مقدمه

این‌حال، تفسیر طولانی‌مدت روند گرمایشی دما و داوری دقیق درباره میزان این افزایش، نیازمند دسترسی به داده‌های درازمدت دماست. با توجه به دسترسی حداکثر ۶۰ ساله به داده‌های دمای ثبت‌شده در ایستگاه‌های هواشناسی، برای بازسازی آن می‌توان از روش‌ها و ابزارهای نوین کمک گرفت. چنین اطلاعاتی را می‌توان از بایگانی‌های طبیعی مانند پیشینه‌های تاریخی، حلقه‌های درخت، هسته‌های یخ، رسوبات دریایی و دریاچه‌های استخراج کرد (Jones et al., 2009). در دهه‌های اخیر برای بررسی تغییرات اقلیمی در مقیاس بزرگ از نشانگرهای سالانه و طولانی‌مدت حلقه‌های درخت

گرم شدن کره زمین و تغییرات آب‌وهوایی مرتبط با آن توجه زیادی را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است. برای نمونه تأثیر روند دمای هوا بر ساختار درخت، موقعیت و بوم‌سامانه مشهود است (Zhang et al., 2011; Liang et al., 2011). از نظر آماری روند کلی گرمایش جهانی در دهه‌های اخیر افزایش یافته است. پژوهشگران زیادی در سراسر جهان به بررسی افزایش دما در سال‌های اخیر پرداخته‌اند. این افزایش پیامدهایی مانند خشکسالی‌ها، سیلاب‌های شدید و ناگهانی، امواج هوای سرد و گرم و توفان‌های ویرانگر را به‌همراه داشته است. با

بازسازی دمای کمینه در ۴۱۳ سال اخیر پرداختند و دریافته‌اند که نوسان‌های دهه‌ای اقیانوس آتلانتیک و فعالیت‌های خورشیدی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر نوسان دمای کمینه در این منطقه بوده است. بازسازی متغیرهای آب‌وهوایی در مناطق خشک به دلیل محدودیت شرایط اقلیمی همواره با چالش روبه‌رو بوده است. در همین زمینه Peng et al. (2020) به بازسازی دمای میانگین مارس- آگوست در شرق کوه‌های تیان شان چین در منطقه خشک آسیای میانه از سال ۱۷۶۶ پرداختند و نشان دادند که در ۲/۵ قرن گذشته این منطقه شش دوره گرم و دو دوره سرد را تجربه کرده است. آنها همچنین با بررسی دوره‌های آب‌وهوایی بازسازی شده دریافتند که این منطقه در ۲۵۰ سال گذشته دوره‌های گرم و خشک و سرد و مرطوب را تجربه کرده است. البته ایشان یک روند قوی وقوع آب‌وهوای گرم و مرطوب را از سال ۱۹۸۰ در این منطقه کشف کردند. Esper et al. (2020) به بازسازی دمای تابستان (جولای- سپتامبر) در منطقه مرتفع کوهستانی اسکلیکاس در شرق مدیترانه پرداختند و دریافتند که دوره ۳۰ ساله ۲۰۱۴-۱۹۸۵ گرم‌ترین دوره ۳۰ ساله از قرن یازدهم تا کنون بوده است. همچنین ایشان سردترین دوره ۳۰ ساله را در سال‌های ۱۰۲۶-۹۹۷ بازسازی کردند. Köse et al. (2017) با بازسازی دماهای فصل بهار (مارس-آوریل) ترکیه از سال ۱۸۰۰ روند افزایشی دما در قرن بیستم را نتیجه گرفتند. همچنین نتایج ایشان همبستگی مثبت و معنادار دماهای بازسازی شده با شبکه دمایی بازسازی شده اروپایی در جنوب شرق اروپا و ترکیه نشان داد.

در ایران این شاخه از دانش جوان است، ولی بررسی‌های چندی در زمینه بازسازی اقلیم گذشته از روی حلقه‌های رویشی درختان انجام گرفته است. برای نمونه Azizi et al. (2013b) و Arsalani et al. (2014) با استفاده از گاه‌شناسی منطقه‌ای در غرب کشور داده‌های بارش و دمای بیشینه را برای ۲۰۱۰-۱۸۴۰ بازسازی کردند. همچنین Azizi et al.

استفاده می‌شود (Mann et al., 2009; Cook et al., 2010; Yang et al., 2010). دانش مطالعه اقلیم گذشته از روی حلقه‌های رویشی، اقلیم‌شناسی درختی خوانده می‌شود که یکی از شاخه‌های علم گاه‌شناسی درختی است. حلقه‌های درخت در بسیاری از موارد برای نشان دادن جنبه‌های گوناگون آب‌وهوای گذشته استفاده می‌شوند. درخت ارس با توجه به دیرزیستی اهمیت زیادی دارد. درختان مسن این گونه می‌توانند تا ۱۰۰۰ سال نیز سرپا بمانند. اطلاعات موجود در پهنای حلقه‌های رویشی این درختان منبع بارزشی در زمینه دیرینه‌اقلیم‌شناسی است. (Gou et al. 2007) پس از بازسازی ۴۲۵ ساله آب‌وهوای شمال شرق فلات تبت با استفاده از حلقه‌های رویشی درخت ارس، به این نتیجه رسیدند که تغییرات دمایی رخ داده در بیش از چهار سده گذشته اندک بوده و با آغاز گرمایش جهانی کنونی، روند این تغییرات از سال ۱۹۴۱ افزایشی شده است. آنها نشان دادند که در طول ۵۰ سال گذشته از سال ۱۹۴۱ تا ۱۹۹۰ کمینه دما در زمستان ۲/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و نتیجه گرفتند که این مقدار گرمایش نسبت به ۴۰۰ سال گذشته حساسیت زیاد شرق فلات تبت به گرمایش جهانی را نشان می‌دهد. (Jones et al. 1998) و (Mann et al. 1998) نیز با استفاده از حلقه‌های درخت به بازسازی دمای هزاران سال پیش، در هر دو منطقه شمالی و کل نیمکره شمالی، پرداختند. آنان از این یافته‌ها نتیجه گرفتند که گرمایش اقلیم در طی ۱۰۰ سال گذشته بی‌سابقه بوده است. در منطقه رودخانه یانگ‌تسه، (Liang et al. 2008) میانگین کمینه دمای تابستان (ژوئن تا آگوست) را برای ۳۹۷ سال گذشته براساس حلقه‌های درخت بازسازی کردند. این بازسازی تغییرات اقلیمی ناگهانی اخیر را با موفقیت ثبت کرد و به‌طور کلی با بازسازی دما در فلات تبت در زمان‌بندی‌های ده‌ساله همخوانی داشت. همچنین در پژوهشی دیگر در جنوب شرقی فلات تبت، (Keyimu et al. 2021) با استفاده از داده‌های ۲۲ سایت نمونه‌برداری حلقه درختی از ارتفاعات هنگدوان چین به

طولانی‌ترین خشکسالی به مدت هفت سال از ۱۹۲۹-۱۹۲۳ بازسازی شد. همچنین خشکسالی‌های بسیار شدید در دوره ۱۹۶۳-۱۹۶۰ و ۲۰۰۱-۱۹۹۹ بازسازی شدند. تا کنون پژوهشی در خصوص بازسازی دما از روی درختان ارس در زاگرس انجام نگرفته است، بنابراین در این پژوهش ضمن توسعه گاه‌شناسی جدید درختان ارس در جنوب شرقی استان لرستان و شناسایی پارامترهای آب‌وهوایی تأثیرگذار بر رویش حلقه‌های درختان منطقه، دمای گذشته منطقه بازسازی و نمایی کلی از تغییرات درازمدت دما در منطقه ترسیم می‌شود.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه پژوهش

در این پژوهش از گاه‌شناسی درختان ارس گونه *Juniperus polycarpus* K.Koch واقع در ذخیره‌گاه جنگلی کیگوران در منطقه شول‌آباد استفاده شد. این منطقه در بلندی‌های شهرستان الیگودرز در جنوب شرقی استان لرستان واقع شده است. این ناحیه کوهستانی آب‌وهوایی سرد دارد و از مناطق سردسیر ایران محسوب می‌شود. مقدار بارش متوسط منطقه برپایه اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در سال بوده و اقلیم آن از نوع نیمه‌خشک و سرد است. طول جغرافیایی منطقه در دامنه ۴۹°۲۲' تا ۴۹°۲۵' شرقی و عرض جغرافیایی آن از ۳۳°۰۷' تا ۳۳°۰۸' شمالی است (شکل ۱). از ویژگی‌های برجسته درختان ارس می‌توان به حساس بودن آنها در برابر تغییرات آب‌وهوایی اشاره کرد. این درختان در کوهستان‌های بلند می‌رویند و برای پژوهش‌های اقلیم‌شناسی درختی مناسب‌اند، زیرا در چنین بلندی‌هایی دستکاری‌های انسانی کمتر است و بهتر می‌توان پاسخ درختان به نوسان‌های اقلیم را به دست آورد.

Arsalani et al. (2012) و (2013a) به بازسازی دمای بیشینه در زاگرس میانی و استان کرمانشاه پرداختند. در تحقیقی دیگر (2021) Arsalani et al. بازسازی چندصدساله خشکسالی در جنوب غرب ایران را انجام دادند. در بوم‌سامانه خزری Pourtahmasi et al. (2009) به مقایسه رویش شعاعی گونه‌های ارس و بلوط در دو سمت شمالی و جنوبی رشته‌کوه البرز پرداختند. همچنین Kanani et al. (2018) نیز دریافتند که ارتفاع تأثیر معناداری در میانگین رشد درختان بلندمازو و راش در بخش البرز مرکزی دارد و درختان واقع در طبقات ارتفاعی مختلف واکنش‌های متفاوتی به دما و بارش دارند. در بحث بازسازی متغیرهای اقلیمی، Nadi et al. (2016b) به بازسازی دمای بیشینه در بخش مرکزی رشته‌کوه البرز در منطقه کلک نوشهر پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در دو سده گذشته در این منطقه سال‌های بسیار سرد بیش از سال‌های بسیار گرم بوده است همچنین دهه نخست سده بیستم و سال‌های ۱۹۷۰-۱۹۵۰ گرم‌ترین و دهه ۱۸۳۰ و سال‌های ۱۹۵۰-۱۹۳۰ سردترین دوره‌ها بوده‌اند. نتایج این تحقیق همچون تحقیقات انجام‌شده در شرق مدیترانه روند افزایشی دما در سال‌های اخیر را نشان نداد. به‌علاوه در تحقیقی دیگر توسط Nadi et al. (2016c) در بخش غربی رشته‌کوه البرز به بازسازی ۲۰۰ ساله دما با استفاده از درختان راش در ارتفاعات اسالم گیلان پرداخته شد. ایشان دریافتند که در دهه سوم قرن ۱۹ و دهه اول قرن ۲۰ دو دوره بسیار گرم و دهه پنجم قرن ۱۹ یک دوره سرد به وقوع پیوسته است. در تحقیقی دیگر Nadi et al. (2017) شاخص خشکسالی JDI را با استفاده از حلقه‌های رویشی درخت در منطقه جوانرود کرمانشاه بازسازی کردند. آنها بیان کردند که دوره‌های خشک‌سالی بازسازی‌شده به‌طور متوسط به مدت دو سال ادامه داشته است. در برخی موارد خشک‌سالی‌ها شدیدتر بوده و سه تا چهار سال ادامه داشته‌اند.

## شیوه اجرای پژوهش

### شیوه نمونه‌گیری و اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های

#### رویش و تهیه گاه‌شناسی

در این تحقیق از گاه‌شناسی توسعه‌یافته توسط Alipoor Fard et al. (2017) استفاده شد که اطلاعات تکمیلی درباره نحوه تطابق درختان و گاه‌شناسی به‌دست‌آمده در تحقیق ذکر شده وجود دارد. بر این اساس از بین درختان موجود در ذخیره‌گاه در ارتفاعات ۲۶۵۰ متری، ۲۲ درخت ارس به‌صورت گزینشی بر اساس سن و سلامت برگزیده شدند که سرانجام تنها ۱۰ درخت برای تهیه گاه‌شناسی به‌کار گرفته شد. نمونه‌برداری با استفاده از متد رویش‌سنج انجام گرفت و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها با کمک یک استریو میکروسکوپ<sup>۱</sup> حلقه‌ها به‌صورت ده‌تایی نشانه‌گذاری شدند. در مورد ۱۰ درخت باقی‌مانده باید اذعان داشت که رویشگاه کیگوران، رویشگاه متراکمی از درختان ارس نیست، بلکه تک‌درختان در گستره وسیعی به‌صورت پراکنده قرار گرفته‌اند و از یک‌سو دسترسی به آنها گاه سخت است و از سوی دیگر اغلب مشکل درون پوسیدگی داشتند که کار تهیه نمونه را مشکل‌ساز می‌کرد. اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی با استفاده از دستگاه LINTAB انجام گرفت. پس از اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی اطلاعات وارد برنامه تحلیل سری‌های زمانی (TSAP) شد تا با استفاده از آن همپوشانی زمانی<sup>۲</sup> نمونه‌ها انجام گیرد. بین رشد و نمو درخت و محیط پیرامون آن پیوندهای بسیار مهمی وجود دارد. از این‌رو تشکیل حلقه‌های رویشی تحت تأثیر عوامل غیراقلیمی (سن درخت، شرایط خاکی، جهت، شیب و ...) قرار می‌گیرد که سبب ایجاد روندهای طولانی‌مدت در پهنای حلقه‌های رویشی می‌شود. به‌طور معمول برای حذف این گرایش‌های غیراقلیمی و روندزایی استاندارد کردن

سری‌های زمانی از نرم‌افزار ARSTAN استفاده می‌شود. در این نرم‌افزار از روش استانداردسازی باقی‌مانده (Res) استفاده شد که در این روش نخست تابعی بر مقادیر پهنای رویشی اندازه‌گیری شده برازش می‌یابد. سپس از تقسیم مقدار اندازه‌گیری شده بر مقدار به‌دست‌آمده از منحنی برازش داده‌شده، مقدار گاه‌شناسی یا نمایه رویشی هر درخت به دست می‌آید. آن‌گاه با میانگین‌گیری از گاه‌شناسی‌های به‌دست‌آمده از درختان مختلف، گاه‌شناسی پهنای حلقه‌های رویشی سالانه درختان منطقه به دست می‌آید (Nadi et al., 2016a).

### محاسبه آماره‌های کمی گاه‌شناسی

اعتبار گاه‌شناسی به دو عامل بستگی دارد: تعداد درختان و همبستگی بین آنها. آماره EPS<sup>3</sup> یا «سیگنال اجتماع تفسیرشده» این دو را همزمان نشان می‌دهد. بزرگ بودن نسبت سیگنال جمعیتی گویای این است که تعداد نمونه‌های استخراج‌شده برای مطالعه اقلیم‌شناسی درختی منطقه کافی است. برای استفاده از گاه‌شناسی در بازسازی اقلیمی، حد قراردادی قابل قبول EPS مقدار ۰/۸۵ است، اما در مقادیر کمتر نیز می‌توان برای کارهایی مانند مقایسه سری‌ها با هم استفاده کرد. در آزمایش اطمینان گاه‌شناسی و قابل استفاده بودن با نبودن آن در آنالیزهای اقلیم‌شناسی درختی از این پارامتر استفاده می‌شود که در رابطه ۱ آورده شده است:

$$\text{EPS}_{(t)} = \frac{tr_{bt}}{tr_{bt} + (1 - r_{bt})} \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱ EPS سیگنال معرف جمعیت آماری، t تعداد گاه‌شناسی‌های انفرادی تشکیل‌دهنده گاه‌شناسی میانگین و  $r_{bt}$  میانگین ضرایب همبستگی بین تک‌تک گاه‌شناسی‌های تشکیل‌دهنده گاه‌شناسی میانگین است. به‌منظور نشان دادن میزان نوسان‌های رویشی در درختان از ضریب و میانگین حساسیت استفاده می‌شود. میانگین حساسیت هر نمونه،

1. Stereo Microscope  
2. Cross dating

3. Express Population Signal

### داده‌های هواشناسی

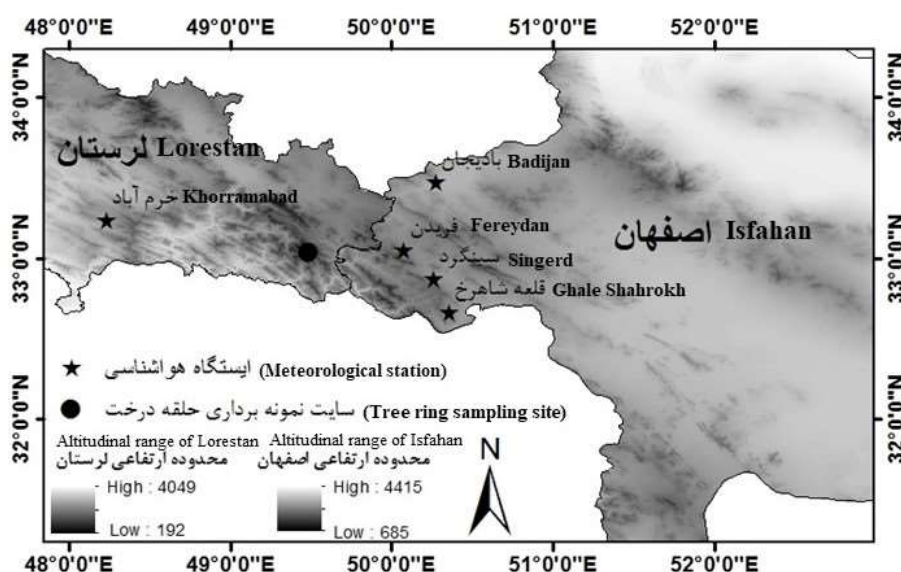
در بررسی روابط اقلیم-رشد، انتخاب ایستگاه هواشناسی مناسب در نزدیکی محل نمونه‌برداری حلقه‌های درختی ضرورت دارد. از این‌رو از داده‌های میانگین ماهانه دما و بارندگی پنج ایستگاه هواشناسی پیرامون محل رویشگاه استفاده شد. اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی و فاصله آنها از سایت نمونه برداری (برحسب کیلومتر) در جدول ۱ و موقعیت آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. داده‌های برداشت‌نشده ایستگاه‌ها براساس روش وزنی مربع عکس فاصله بازسازی شدند که در این روش داده‌های مفقود با میانگین‌گیری وزنی از ایستگاه‌های هواشناسی مجاور تخمین زده شده و مربع عکس فاصله ایستگاه‌های دارای داده واقعی از ایستگاه دارای داده مفقود، ضریب ایستگاه در نظر گرفته می‌شود (Nadi et al., 2013). برای شناسایی مؤثرترین متغیر هواشناسی بر رشد درختان ارس منطقه، همبستگی پهنای حلقه‌های رویشی سالانه درختان با متغیرهای هواشناسی ماهانه دما و بارش ایستگاهی و همچنین با میانگین منطقه‌ای آنها بررسی شد. پس از آن متغیر هواشناسی برگزیده در دوره آماری حلقه‌های موجود بازسازی شد.

سنجشی است از تفاوت نسبی در پهنای بین دو حلقه مجاور. حساسیت بیشتر نشان‌دهنده اهمیت گاه‌شناسی تهیه‌شده در پژوهش‌های اقلیم‌شناسی درختی و حساسیت گونه مورد نظر به متغیرهای اقلیمی است. به‌منظور نشان دادن میزان نوسان‌های رویشی در درختان از ضریب و میانگین حساسیت استفاده می‌شود. هرچه عوامل محدودکننده رشد درختان بیشتر باشند، نوسان‌های بیشتری در حلقه‌های رویشی درختان مشاهده می‌شود. ضریب حساسیت ( $S_i$ ) میزان تغییر در پهنای دواير سالانه را در سال  $i$  و میانگین حساسیت ( $ms_i$ ) میزان تغییر پهنای دواير سالانه در طول سری زمانی را بیان می‌کند (Cook & Kairiukstis, 1990) که فرمول این ضرایب به ترتیب در رابطه ۲ و رابطه ۳ نشان داده شده است.

$$S_i = \frac{2(x_i - x_{i-1})}{x_i + x_{i-1}} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$ms_i = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \left| \frac{2(x_i - x_{i-1})}{x_i + x_{i-1}} \right| \quad \text{رابطه ۳}$$

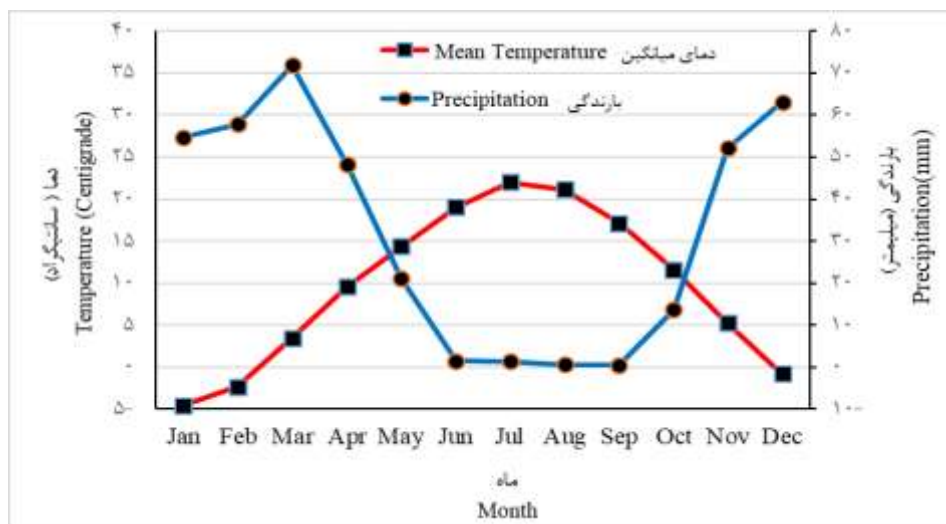
$X_i$  پهنای حلقه در سال  $i$ ،  $X_{i-1}$  پهنای حلقه در سال  $i-1$  و  $n$  تعداد حلقه‌های رویشی را بیان می‌کند.



شکل ۱- جایگاه نمونه‌برداری و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. The location of sampling site and meteorological stations in the study area

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی  
Table 1. Characteristics of the meteorological stations

فاصله از سایت Distance from site	دوره آماری Statistical period	ارتفاع Elevation	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ایستگاه هواشناسی Meteorological station
122.2	1951-2014	1147.8	48.17	33.26	Khorramabad
90.5	1976-2014	2359	50.29	33.1	Fereydan
108.5	1976-2014	2169	50.25	32.46	Singerd
102.5	1976-2014	2300	50.26	33.40	Badijan
117.6	1974-2014	2109	50.27	32.39	Ghale Shahrokh



شکل ۲- نمودار آمبروترمیک منطقه براساس داده‌های میانگین منطقه‌ای دما و بارش

Figure 2. Ambrothermic diagram of the region based on regional average temperature and precipitation data

داده‌های پیش‌بینی‌کننده و پیش‌بینی‌شونده با عنوان یک مجموعه وابسته، برای برآورد معادله یا مدل به کار می‌روند. سپس با استفاده از گاه‌شناسی حلقه‌های سالانه به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده، متغیر هواشناسی مدنظر بازسازی شد. به‌منظور بررسی معادله ارزیابی یا اعتبارسنجی، کل دوره آماری به دو دوره مساوی تقسیم شد (۱۹۹۴-۱۹۷۶ و ۲۰۱۴-۱۹۹۵) در یکی از دوره‌ها پارامترهای معادله بازسازی برآورد و سپس با استفاده از پارامترهای برآوردشده معادله بازسازی در دوره دیگر ارزیابی شد (Cook & Kairiukstis, 1990). بازسازی‌ها به روش ارزیابی متقاطع<sup>۱</sup> نیز در کل دوره ارزیابی شدند. آزمون‌های استفاده‌شده برای

به‌منظور درک بهتر وضعیت اقلیمی منطقه، نمودار آمبروترمیک بر اساس داده‌های میانگین منطقه‌ای دما و بارش ترسیم شد که در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس نمودار شکل ۲ دوره خشک منطقه منطبق بر ماه‌های می تا اکتبر است که در این ماه‌ها مقدار بارش (برحسب میلی‌متر) از دو برابر دما (برحسب درجه سانتی‌گراد) کمتر است و بقیه، ماه‌های مرطوب تلقی می‌شوند.

### واسنجی و ارزیابی معادله بازسازی دما

بازسازی دما با استفاده از رابطه رگرسیونی ساده بین داده‌های دما و پهنای حلقه‌های سالانه درختان انجام گرفت، اما پیش از آن باید کارایی معادله بازسازی ارزیابی شود. بدین ترتیب مجموعه‌ای از

1. Cross Validation

متغیرهای اقلیمی است. برای بازه سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۱۰ مقدار EPS بیش از ۰/۸۵ به دست آمد. این پارامتر همبستگی بین سری زمانی حلقه‌های درختی و تعداد نمونه‌ها را بیان می‌کند. این بدان معناست که بازسازی از سال ۱۹۱۰ به بعد قابل اعتماد است.

#### پیوند داده‌های اقلیمی با گاه‌شناسی حلقه‌های سالانه درختان ارس

از بین نزدیک‌ترین ایستگاه‌های اطراف محل نمونه‌برداری پنج ایستگاه هواشناسی با طول دوره آماری مناسب انتخاب شد. ضرایب همبستگی *ouipo* پهنای حلقه‌های رویشی درختان با متغیرهای میانگین دمای ماهانه، میانگین دمای کمینه، بیشینه و جمع بارش ماهانه این پنج ایستگاه محاسبه شد و جدول ۳ برای نمونه آورده شده است.

از بین ایستگاه‌های بررسی‌شده، به ترتیب داده‌های دمایی (میانگین، کمینه و بیشینه) ایستگاه‌های فریدن، سینگرد، باديجان و قلعه شاهرخ بهترین همبستگی را با رشد حلقه‌های سالانه درختان ارس این منطقه داشتند، بنابراین میانگین منطقه‌ای این چهار ایستگاه تعیین و برای مطالعات اقلیم‌شناسی درختی استفاده شد. بررسی نتایج نشان داد، همبستگی معنی‌داری بین پهنای دایره‌های سالانه رشد درختان ارس با بارش ماهانه وجود ندارد. البته به دلیل موقعیت مرتفع این رویشگاه و تأمین رطوبت در بلندی‌ها و همچنین به دلیل وقوع دماهای بسیار کم در منطقه این نتیجه دور از انتظار نبود. این موضوع در تحقیق Nadi et al. (2016b) نیز بیان شده است، وی نتیجه گرفت که درختان منطقه در سال‌های پربارش رشد کمتری داشته‌اند که منطقی به نظر نمی‌رسد، اما با توجه به همبستگی منفی و معنادار داده‌های بارش و دمای میانگین در سال‌های پربارش ایستگاه هواشناسی نوشهر این‌گونه استدلال شد که وقوع بارش بیش از حد سبب کاهش دما و در نتیجه کاهش رشد درختان می‌شود. از سوی دیگر همبستگی مثبت و معناداری بین دمای پیش از فصل رویش و رشد درختان ارس این رویشگاه وجود دارد. میانگین

ارزیابی معادله بازسازی شامل ضریب همبستگی پیرسون ( $r$ )، میانگین مربعات خطا (RMSE)، آزمون علامت<sup>۱</sup> (ST)، آماره ضریب کارایی<sup>۲</sup> (CE) و کاهش خطا<sup>۳</sup> (RE) بود (Fritts, 1976).

$$RE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_c)^2} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$CE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_v)^2} \quad \text{رابطه ۵}$$

در رابطه ۴ و رابطه ۵،  $x_i$  و  $\hat{x}_i$  به ترتیب مقادیر واقعی و برآوردی در سال  $i$  در دوره ارزیابی و  $\bar{x}_c$  و  $\bar{x}_v$  به ترتیب میانگین داده‌های واقعی در دوره واسنجی و ارزیابی است. نزدیک بودن این شاخص‌ها به عدد ۱، نشان‌دهنده قدرت زیاد معادله بازسازی است؛ البته هر مقدار مثبت این شاخص‌ها اعتبار کافی مدل را نشان می‌دهد. آزمون ST نشان‌دهنده تعداد برآوردهای درست به نادرست است که چنانچه تعداد برآوردهای نادرست از بیشینه مجاز آن در سطح ۵ درصد کمتر باشد، بازسازی‌ها قابل قبول است. شاخص RMSE نیز نشان‌دهنده مقدار متوسط خطای بازسازی است که اگر از انحراف استاندارد داده‌های واقعی کمتر باشد بازسازی‌ها پذیرفتنی است (Nadi et al., 2016a).

#### نتایج

##### گاه‌شناسی حلقه‌های درخت

گاه‌شناسی رویشگاه برای دوره ۲۰۱۴-۱۶۵۷ تهیه شد که ویژگی‌های آن در جدول ۲ نشان داده شده است. طول دوره گاه‌شناسی تهیه‌شده ۳۵۷ سال است. میانگین حساسیت سری زمانی حلقه‌های رویشی ۰/۳۴ به دست آمد که میزان تغییرات یک حلقه رویش به حلقه رویش بعدی را نشان می‌دهد. این مقدار بیانگر یک فاکتور محیطی سودمند برای مطالعه

1. Sign Test
2. Coefficient of Efficiency
3. Reduction Error

منطقه پتانسیل بسیار زیادی برای بازسازی دمای گذشته منطقه دارند. نمودار همبستگی پهنای حلقه‌های رویشی منطقه کیگوران و پارامترهای اقلیمی میانگین منطقه‌ای در شکل ۳ نشان داده شده است.

دمای سه‌ماهه اول سال میلادی که به‌صورت JFM (ژانویه، فوریه، مارس) نشان داده شده است، بیشترین همبستگی را با رشد حلقه‌های سالانه درختان ارس این رویشگاه دارد. بنابراین می‌توان گفت که دما عامل محدودکننده رشد است، از این‌رو درختان ارس این

جدول ۲- ویژگی‌های گاه‌شناسی تهیه‌شده برای رویشگاه کیگوران  
Table 2. Characteristics of prepared chronology for Keygoran habitat

EPS>0.85	میانگین حساسیت Mean Sensitivity	تعداد درخت/ تعداد کل نمونه‌ها Sample Nu. /Tree Nu.	طول دوره Length of period	طول گاه‌شناسی Chronology length
1910	0.34	10/16	1657-2014	358

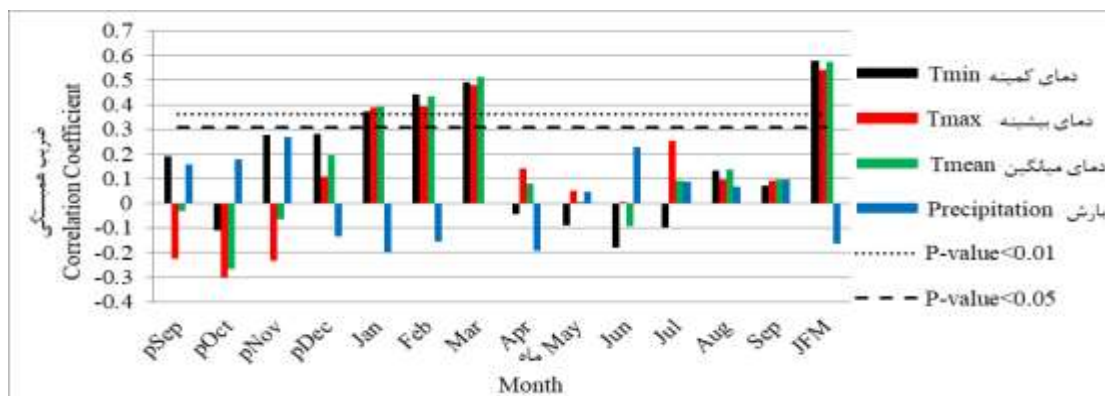
جدول ۳- ضرایب همبستگی بین پهنای حلقه‌های رویشی سالانه درختان ارس و پارامترهای دما و بارش سه‌ماهه اول سال (ژانویه- مارس) ایستگاه‌های هواشناسی

Table 3. Correlation coefficients of annual tree ring width of *Juniperus* trees and temperature and precipitation in January-March months of meteorological stations

Khorramabad	Ghale Shahrokh	Singerd	Badijan	Fereydan	Average of Jan-Mar
0.15	0.35**	0.53**	0.60**	0.56**	Maximum Temperature
0.08	0.63**	0.48**	0.26**	0.53**	Minimum Temperature
0.10	0.52**	0.53**	0.47**	0.57**	Mean Temperature
-0.11	-0.01	-0.14	-0.18	-0.23	Precipitation

\*, \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطوح ۹۵ و ۹۹ درصد

\*,\*\* Significant at 95 and 99% levels, respectively



شکل ۳- همبستگی حلقه‌های سالانه درختان ارس رویشگاه کیگوران با میانگین متغیرهای اقلیمی منطقه (خطوط افقی نقطه چین و خط چین به ترتیب معناداری در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد را نشان می‌دهند)

Figure 3. Correlation of the annual tree ring width of *Juniperus* trees in Keygoran habitat with the average climatic variables of the region (Horizontal lines of dotted line and dash line show significance at the 99% and 95% level, respectively)

درختان ارس منطقه ندارد و تنها بازه زمانی تأثیرگذار بر رویش حلقه‌های سالانه درختان این ناحیه مربوط به دمای سه ماهه آغازین سال جاری میلادی است

نتایج بررسی نمودار شکل ۳ نشان می‌دهد که متغیر بارش در ماه‌های قبل و بعد از شروع رشد تأثیر مشخص و معناداری بر رشد پهنای دواير سالانه



میانگین دمای ژانویه - مارس (JFM) است، میانگین منطقه‌ای دمای JFM در دوره آماری موجود (۲۰۱۴-۱۹۷۶) با استفاده از یک مدل رگرسیونی خطی ساده بازسازی شد. نتایج واسنجی و ارزیابی معادله بازسازی در جدول ۴ نشان داده شده است. بررسی این جدول نشان می‌دهد که همبستگی معادله در دوره اول (۱۹۷۶-۱۹۹۴) نسبت به دوره دوم (۲۰۱۴-۱۹۹۵) کمی بیشتر است. ولی در مجموع ارزیابی معادله بازسازی براساس داده‌های هر دو نیم‌دوره نتایج بسیار خوبی را نشان می‌دهند. بررسی آزمون علامت (ST) نشان داد که در همه دوره‌های تحت بررسی، تعداد توافق‌ها به‌طور معناداری (در سطح ۵ درصد) از تعداد عدم توافق‌ها بیشتر است. برای مثال در دوره ارزیابی ۱۹۷۶-۱۹۹۴، هفده سال توافق در مقابل دو سال عدم توافق وجود دارد. مقادیر مثبت ضریب کارایی (CE) و آماره کاهش خطا (RE) بیانگر کارایی خوب معادله بازسازی است. با توجه به اینکه مقدار شاخص RMSE در همه نیم‌دوره‌ها و همچنین در کل دوره از انحراف استاندارد داده‌های واقعی دما ( $1/78$ ) کمتر است، این معادله پتانسیل بازسازی شرایط آب‌وهوایی را دارد. همچنین در مجموع هر دو دوره مقدار آماره دوربین-واتسون معنادار نیست که نشان‌دهنده نبود خودهمبستگی مرتبه اول در داده‌های بازسازی است. نتایج ارزیابی معادله بازسازی براساس داده‌های کل دوره آماری ایستگاه به روش ارزیابی متقاطع کارایی خوب معادله را نشان می‌دهد که در آن آزمون علامت و آماره دوربین-واتسون معنادار نیستند. همچنین در مجموع می‌توان گفت این معادله دست کم ۴۰ درصد از واریانس داده‌های گذشته را به‌خوبی بازسازی می‌کند.

(تقریباً دو ماه قبل از شروع رشد به همراه ماه اول فصل رشد) که با افزایش دما، رویش حلقه‌ها نیز افزایش یافته است و پس از آن شاهد تأثیرات چشمگیر دما در روند رویشی درختان نیستیم. همچنین به‌دلیل تأثیرات مثبت دما در سه‌ماهه نخست پیش از شروع فصل رشد همبستگی درختان با میانگین دمای این سه ماه (ژانویه، فوریه و مارس) نیز محاسبه شد (JFM) که نتیجه آن تأثیر مثبت و معنادار و همچنین تأثیر چیره دمای میانگین این سه ماه بر رشد درختان ارس این منطقه است. مشابه نتایج این پژوهش، He et al. (2014) همبستگی مثبت رشد درختان ارس را با دمای ژانویه-دسامبر فلات مرکزی تبت نشان دادند. در ایران نیز Nadi et al. (2016b) برای نخستین بار به بازسازی درازمدت دما در اکوسیستم خزری پرداختند که نتایج آنان نیز تأثیر دمای بیشینه در دوره رشد درختان را نشان داد. در آن پژوهش میانگین بیشینه دمای مارس- سپتامبر ایستگاه هواشناسی نوشهر برای بازه دو‌ست‌ساله بازسازی شد. Attarod et al. (2021) نیز در تحقیقی به بررسی نوسان‌های بارندگی بر زوال جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس پرداختند و نتیجه گرفتند که در پی کاهش تعداد رخداد بارندگی به‌ویژه در دهه‌های اخیر و همچنین جابه‌جایی بارندگی‌های فصلی، می‌توان نوسان‌های بارندگی در ناحیه زاگرس را از دلایل مهم تسریع‌کننده بروز و گسترش زوال جنگل‌های زاگرس به‌شمار آورد.

#### بازسازی میانگین دمای JFM

با توجه به اینکه بیشترین همبستگی بین داده‌های آب‌وهوایی منطقه و سری حلقه‌های رویشی مربوط به

جدول ۴- نتایج واسنجی و ارزیابی معادله بازسازی بیشینه دمای JFM

Table 4. The results of calibration and evaluation of reconstruction equation of JFM maximum temperature

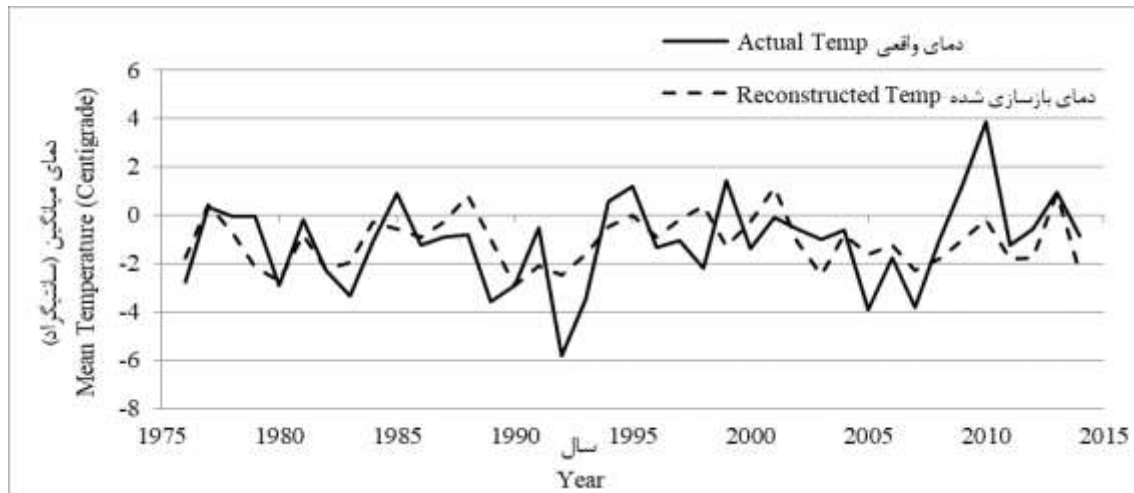
RE	CE	RMSE	DW	R	ST	Evaluation period	R <sup>2</sup>	r	Calibration period
0.36	0.16	1.57	1.61	0.50	15.5	1995-2014	0.48	0.69	1976-1994
0.47	0.30	1.41	1.59	0.71	17.2	1976-1994	0.28	0.53	1995-2014
---	---	1.46	1.77	0.56	30.9	1976-2014	0.40	0.63	1976-2014

بازسازی نهایی میانگین دمای JFM با معادله زیر (رابطه ۶) تعیین شد:

رابطه ۶

$$T_{JFM} = 7.32 * T_r - 8.38$$

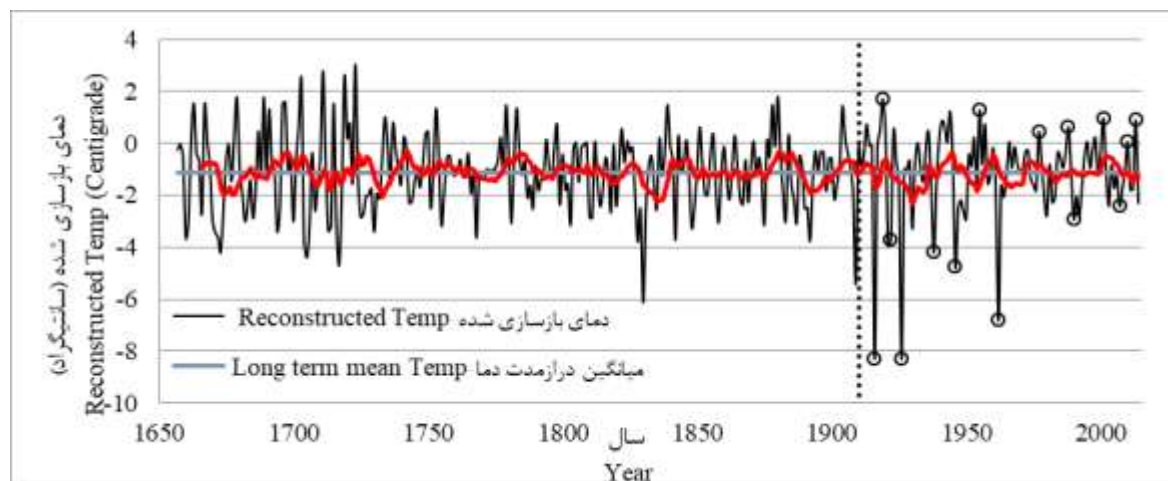
همچنین برای بررسی روند ظاهری نتایج، نمودار داده‌های واقعی و بازسازی شده در طول دوره آماری



شکل ۴- داده‌های واقعی و بازسازی شده میانگین دمای JFM در رویشگاه کیگوران  
Figure 4. Actual and reconstructed data of mean JFM temperature in Keygoran habitat

افزون بر این درختان این منطقه از سال ۱۹۱۹ تا اوایل دهه ۱۹۳۰ شاهد یک دوره به نسبت سرد طولانی بوده‌اند. همچنین از اواسط دهه ۱۹۴۰ تا اواسط دهه ۱۹۵۰ و نیز در دهه ۱۹۶۰ دوره‌های به نسبت سردی برقرار بوده است. سال‌های نمادین مثبت (بسیار گرم) در این منطقه عبارت‌اند از: ۱۹۱۹، ۱۹۵۵، ۱۹۷۷، ۱۹۸۸، ۲۰۰۱، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳. از نتایج معلوم می‌شود که بیشتر سال‌های نمادین مثبت در نیمه دوم قرن اخیر رخ داده‌اند. همچنین بررسی سال‌های نمادین منفی (بسیار سرد) نیز بیان می‌کند که در نیمه دوم قرن حاضر کمترین سال‌های نمادین سرد برقرار بوده که عبارت‌اند از: ۱۹۱۷، ۱۹۲۲، ۱۹۲۶، ۱۹۳۹، ۱۹۴۷، ۱۹۶۲، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۷. سال‌های نمادین گرم و سرد بازسازی شده در یک قرن اخیر در شکل ۵ نشان داده شده است.

نمودار تغییرات میانگین دمای بازسازی شده در دوره ۲۰۱۴-۱۶۵۷ در شکل ۵ نشان داده شده است. طول گاه‌شناسی به دست آمده از این رویشگاه ۳۵۸ سال است که از سال ۱۹۱۰ به بعد ضریب EPS به مقدار قابل قبول ( $EPS > 0.85$ ) رسید، بنابراین برای پیش از سال ۱۹۱۰ به علت نبود نمونه‌های لازم، بازسازی داده‌های آب‌وهوایی ممکن قابل اعتماد نیست، اما می‌تواند چشم‌اندازی از گذشته دمایی منطقه تلقی شود. برای تعیین دوره‌های گرم و سرد از میانگین لغزان هفت‌ساله داده‌های بازسازی شده دما استفاده شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که طولانی‌ترین دوره گرم این منطقه از اوایل دهه ۱۹۳۰ تا نیمه‌های دهه ۱۹۴۰ رخ داده است. همچنین در نیمه دوم دهه ۱۹۵۰ و نیمه نخست دهه ۱۹۷۰ دوره‌های به نسبت گرمی به وقوع پیوسته است.



شکل ۵- میانگین دمای ژانویه-مارس (JFM) بازسازی شده در دوره ۲۰۱۴-۱۶۵۷. خط چین عمودی آستانه EPS بزرگتر از ۸۵ درصد، دایره‌های توخالی سال‌های نمادین سرد و گرم و خط قرمز میانگین لغزان هفت‌ساله را نشان می‌دهد  
 Figure 5. Average January-March temperature (JFM) reconstructed in the period 1657-2014. The vertical dashed line represents the EPS threshold greater than 85%, Hollow circles shows the cold and warm pointer years and the red line represents the seven-year moving average

افزایش دما به دلیل تنش حرارتی گاه حتی سبب کاهش رشد در گیاهان می‌شود. بدیهی است باید پژوهش بیشتری در زمینه تشکیل چوب درون‌فصلی صورت پذیرد. ارزیابی معادله بازسازی نتایج خوبی را نشان داد، اما به‌طور کلی معادله بازسازی دما در نیمه اول دوره ارزیابی (۱۹۹۴-۱۹۷۶) نسبت به نیمه دوم (۱۹۹۵-۲۰۱۴) صحت بیشتری را نشان می‌دهد. میانگین دمای JFM برای دوره ۲۰۱۴-۱۹۱۰ با استفاده از یک رابطه رگرسیونی خطی ساده بازسازی شد. پراکنش سال‌های سرد و گرم به خوبی نشان می‌دهد که وقوع سال‌های سرد از ۱۹۱۰ تا نیمه اول ۱۹۶۰ ادامه داشته و بعد از آن وقوع این دوره‌ها کم‌رنگ شده و به تبع آن از نیمه دوم ۱۹۶۰ به بعد دوره‌های گرم بیشتری در منطقه به وقوع پیوسته است. مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیقات مشابه نشان داد که (Arsalani et al. 2014) در غرب ایران همانند یافته‌های این پژوهش بازه سال‌های ۱۹۲۱-۱۹۱۹، ۱۹۴۶-۱۹۴۷، ۱۹۴۹-۱۹۵۰، ۱۹۶۸-۱۹۶۹، ۲۰۰۷ را به‌عنوان دوره‌های سرد و بازه سال‌های ۱۹۳۱-۱۹۳۳، ۱۹۴۴-۱۹۴۵ و ۲۰۰۱ را به‌عنوان دوره‌های گرم بازسازی کردند. همچنین Nadi et al.

## بحث

در این پژوهش، گاه‌شناسی حلقه‌های رویشی درخت از سایت حفاظت‌شده ارس در زاگرس میانی واقع در غرب ایران گسترش داده شد. ضرایب همبستگی نشان می‌دهند که درختان این ناحیه به دمای پیش از فصل رویش حساس‌اند و افزایش دمای این دوره تأثیر مثبت و معناداری بر رشد درختان ارس منطقه دارد که به نظر می‌رسد دلیل آن افزایش سریع‌تر فعالیت کامبیومی درختان در اثر افزایش دماست؛ با توجه به اینکه بارندگی تأثیر زیادی بر رویش درختان این منطقه ندارد، می‌توان نتیجه گرفت که رشد درختان ارس این منطقه متأثر از پارامترهای دمایی است. با توجه به تأثیر مثبت و معنادار دمای فصل زمستان قبل از دوره رشد بر رشد پهنای دواير سالانه درختان، این‌گونه استنباط می‌شود که زمستان‌های گرم سبب زودتر آغاز شدن فصل رویش و استفاده سریع‌تر از منابع آبی می‌شود. از این‌رو دمای زمستان اثر بسیار قوی بر پهنای دایره رویش داشته است. به نظر می‌رسد که با ورود به فصل‌های گرم‌تر بهار و تابستان رویش ادامه دارد، اما با افزایش دما، افزایش چشمگیری در رشد ایجاد نخواهد شد، زیرا

بسیار گرم و کاهش سال‌های بسیار سرد در نتایج این تحقیق به خوبی مشاهده شد. همچنین بین سال‌های ۱۶۵۰ تا ۱۷۵۰ دماهای بی‌سابقه‌ای به وقوع پیوسته که البته به دلیل ناکافی بودن تعداد نمونه‌ها، از نظر آماری شایان اطمینان نیستند. البته اظهار نظر قطعی درباره این دوره و همچنین روند گرمایش جهانی نیازمند پژوهش‌های گسترده‌تری از نمونه‌های طولانی‌مدت است. توصیه می‌شود که در تحقیقات آینده برای درک دقیق‌تر نوسان‌های دما در دوره ۱۶۵۰-۱۷۵۰ و همچنین مقایسه آن با سال‌های گرم دهه‌های اخیر نمونه‌برداری گسترده‌تری از درختان ارس منطقه انجام گیرد.

(2016b) در کلیک نوشهر سال ۱۹۸۸ را به‌عنوان سال گرم و سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۴۷ و همچنین دوره ۱۹۴۵-۱۹۵۰ را به‌عنوان دوره‌های سرد معرفی کردند که با نتایج این پژوهش هماهنگی دارد. همچنین نتایج این تحقیق همانند پژوهش Köse et al. (2017) در بازسازی دماهای فصل بهار (مارس-آوریل) ترکیه، سال‌های سرد اوایل سده بیستم و سال‌های گرم اوایل سده بیست‌ویکم را به‌خوبی نشان داد. این حجم از تطابق تأییدی بر روند درست عملکرد این پژوهش در بازسازی داده‌های آب‌وهوایی گذشته است. برخلاف مشاهده نشدن روند اخیر افزایش جهانی دما در داده‌های بازسازی‌شده در این تحقیق، وقوع سال‌های

## References

- Alipoor Fard, M., Raeini Sarjaz, M., Pourtahmasi, K., & Nadi, M. (2017). The effect of climatic variables on annual tree-rings width of Persian juniper trees in Kyguran habitat of Lorestan province. *Forest and Wood Products*, 70(4), 599-608. (In Persian)
- Arsalani, M., Azizi, Gh., & Bräuning, A. (2014). Dendroclimatic reconstruction of May–June maximum temperatures in the central Zagros Mountains, western Iran. *International Journal of Climatology*, 35(3), 408-416.
- Arsalani, M., Azizi, G., & Khoshakhlagh, F. (2012). Reconstruction of maximum temperature variations in Kermanshah province using tree rings. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(1), 97-110. (In Persian)
- Arsalani M., Griebinger J., Pourtahmasi K., & Bräuning A. (2021). Multi-centennial reconstruction of drought events in South-Western Iran using tree rings of Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 567. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110296>
- Attarod, P., Beiranvand, S., Asgari, M., Fanaei, N., & Hashemzadeh, M. (2021). The effects of rainfall fluctuations on declining Zagros Forests in Ilam and Lorestan provinces. *Iranian Journal of Forest*, 13(2), 141-154. (In Persian)
- Azizi, G., Arsalani, M., Arsalani, E., & Safai rad, R. (2013a). Reconstruction of Spring-Summer Maximum Temperatures Based on a Regional Chronology (1750-2010) in the Western Ridge of Central Zagros, Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(4), 51-64. (In Persian)
- Azizi, Gh., Arsalani, M., Bräuning, A., & Moghimi, E. (2013b). Precipitation variations in the central Zagros Mountains (Iran) since A.D. 1840 based on oak tree rings. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 386, 96-103.
- Cook, E.R., & Kairiukstis, L.A. (1990). *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Cook, E.R., Anchukaitis, K.J., Buckley, B.M., D'Arrigo, R.D., Jacoby, G.C., & Wright, W.E. (2010). Asian monsoon failure and megadrought during the last millennium. *Science*, 328(5977), 486-489.
- Fritts, H.C. (1976). *Tree Rings and Climate*, Academic Press, London.
- Esper, J., Klippel, L., & Krusic, P.J. (2020). Eastern Mediterranean summer temperatures since 730 CE from Mt. Smolikas tree-ring densities. *Climate Dynamic*, 54, 1367-1382.

- Gou, X., Chen, F., Jacoby, G., Cook, E., Yang, M., Peng, J., & Zhang, Y. (2007). Rapid tree growth with respect to the last 400 years in response to climate warming, northeastern Tibetan Plateau. *International Journal of Climatology*, 27(11), 1497-1503.
- He, M., Yang, B., & Datsenko, N. (2014). A six-hundred-year annual minimum temperature history for the central Tibetan Plateau derived from tree-ring width series. *Climate Dynamics*, 43(3), 641-655.
- Kanani, N., Fallah, A., Abedini, R., & Khorankeh, S. (2018). Effect of climatic factors, temperature and precipitation, on radial growth patterns of beech and oak in of central Alborz Mountains altitudes. *Iranian Journal of Forest*, 10(2), 221-235. (In Persian)
- Keyimu, M., Li, Z., Liu, G., Fu, B., Fan, Z., Wang, X., Wu, X., Zhang, Y., & Halik, U. (2021). Tree-ring based minimum temperature reconstruction on the southeastern Tibetan Plateau. *Quaternary Science Reviews*, 251, 106712.
- Köse, N., Güner, H.T., Harley, G.L., & Guiot, J. (2017). Spring temperature variability over Turkey since 1800 CE reconstructed from a broad network of tree-ring data, *Climate of the Past*, 13(1), 1-15.
- Jones, P.D., Briffa, K.R., Barnett, T.P., & Tett, F.S.B. (1998). High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium: interpretation, integration and comparison with general circulation model control run temperatures. *The Holocene*, 8(4), 455-471.
- Jones, P.D., Briffa, K.R., Osborn, T.J., Lough, J.M., van Ommen, T.D., Vinther, B.M., Luterbacher, J., Wahl, E.R., Zwiers, F.W., Mann, M.E., Schmidt, G.A., Ammann, C.M., Buckley, B.M., Cobb, K.M., Esper, J., Goosse, H., Graham, N., Jansen, E., Kiefer, T., Kull, C., Kuřttel, M., Mosley-Thompson, E., Overpeck, J.T., Riedwyl, N., Schulz, M., Tudhope, A.W., Villalba, R., Wanner, H., Wolff, E., & Xoplaki, E. (2009). High-resolution palaeoclimatology of the last millennium: a review of current status and future prospects. *Holocene*, 19(1), 3-49.
- Liang, E., Shao, X., & Qin, N. (2008). Tree-ring based summer temperature reconstruction for the source region of the Yangtze River on the Tibetan Plateau. *Global and Planetary Change*, 61(3), 313-320.
- Liang, E.Y., Wang, Y.F., Eckstein, D., & Luo, T.X. (2011). Little change in the fir tree-line position on the southeastern Tibetan Plateau after 200 years of warming. *New Phytologist*, 190(3), 760-769.
- Mann, M.E., Bradley, R.S., & Hughes, M.K. (1998). Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries, 1998. *Nature*, 392, 779-787.
- Mann, M.E., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R.S., Hughes, M.K., Shindell, D., Ammann, C., Faluvegi, G., & Ni, F. (2009). Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, 326(5957), 1256-1260.
- Nadi, M., Khalili, A., Pourtahmasi, K., & Bazrafshan, J. (2013). Comparing the Various Interpolation Techniques of Climatic Data for Determining the Most Important Factors Affecting the Trees Growth in the Elevated Areas of Chaharbagh, Gorgan. *Forest and Wood Products*, 66(1), 83-95. (In Persian)
- Nadi, M., Pourtahmasi, K., Bazrafshan, J., & Brauning, A. (2016a). Two century tree ring reconstruction of drought using Multivariate Standardized Precipitation Index (MSPI) in Javanroud-Kermanshah region. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(6), 99-116. (In Persian)
- Nadi, M., Bazrafshan, J., Pourtahmasi, K., & Bräuning, A. (2016b). Two Hundred Year Based Tree-ring Reconstruction of Maximum Temperature Koliak, Nowshahr. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 46(4), 641-652. (In Persian)
- Nadi, M., Pourtahmasi, K., Bazrafshan, J., & Sadeghpour, M. (2016c). Two centuries -tree ring reconstruction of temperature in the western part of the Alborz Mountains. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Regional conference on climate change*. 1-12. Tehran, Iran. (In Persian)
- Nadi, M., Bazrafshan, J., Pourtahmasi, K., & Brauning, A. (2017). Tree-ring based reconstruction of the joint deficit index in Javan-Roud Region, Kermanshah (Iran). *International Journal of Climatology*, 37(1), 420-429.

Peng, Z., Qin, L., Li, X., Zhang, H., Chen, Y., Liu, R., & Zhang, R. (2020). Tree-ring-based temperature reconstruction since 1766 CE in the eastern Tianshan Mountains, arid Central Asia. *Theoretical and Applied Climatology*, 142, 687–699.

Pourtahmasi, K., Poursartip, L., Bräuning, A., & Parsapjough, D. (2009). Comparison between the radial growth of juniper (*Juniperus polycarpus*) and Oak (*Quercus macranthera*) trees in two sides of the Alborz Mountains in Chaharbagh region of Gorgan. *Journal of Forest and Wood Products*, 62(2), 159-169. (In Persian)

Yang, B., Qin, C., Huang, K., Fan, Z., & Liu, J. (2010). Spatial and temporal patterns of variations in tree growth over the northeastern Tibetan Plateau during the period AD 1450-2001. *The Holocene*, 20(8), 1235–1245. <https://doi.org/10.1177/0959683610371997>

Zhang, Y.X., Shao, X.M., & Wilmking, M. (2011). Dynamic relationships between *Picea crassifolia* growth and climate at upper treeline in the Qilian Mts., Northeast Tibetan Plateau. China. *Dendrochronologia*, 29(4), 185-199.



*Research Article*

## Reconstruction of Jan-Mar mean temperature using tree ring widths of Juniper trees in the east of Lorestan province

M. Alipoorfard<sup>1</sup>, K. Pourtahmasi<sup>2</sup>, M. Raeini Sarjaz<sup>3</sup>, and M. Nadi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MSc. Graduated of Agrometeorology, Dept. of water engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran

<sup>2</sup> Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran

<sup>3</sup> Prof., Dept. of water engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran

<sup>4</sup> Assistant Prof., Dept. of water engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran

(Received: 02/01/2022; Accepted: 07/23/2022)

### Abstract

The study of temperature fluctuations is essential for agricultural planning and environmental studies. With global warming affecting various regions, access to long-term temperature data is becoming increasingly important. Dendroclimatology is a useful tool for long-term climate study, and in this study, the average habitat temperature was reconstructed after developing the chronology of *Juniperus polycarpus* trees in Keygoran site (Aligodarz, Lorestan). The correlation of annual tree rings with climatic variables of meteorological stations was investigated to reconstruct the average temperature in January-March for the period 1910-2014 for this region. The findings show a positive and significant correlation between the average January-March temperature and the growth of annual tree rings. The results show the occurrence of cold years in the first years of the 1910s to the first half of the 1960s. Warm periods have occurred since the second half of the 1960s, and the temperature trend has generally been increasing in recent years. An examination of the positive and negative pointer years also shows that most of the positive pointer years occurred in the second half of the twentieth century.

**Keywords:** Average temperature, Dendroclimatology, Global warming, Temperature reconstruction.