

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، بهار ۱۳۹۱
صص. ۳۷-۵۳

بازسازی تغییرات بارش اکتبر تا می شهر کرمانشاه، طی دوره ۲۰۱۰-۱۷۰۵ با استفاده از حلقه‌های درختی

قاسم عزیزی - دانشیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
محسن ارسلانی* - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
مجتبی یمانی - دانشیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۹/۰۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۱/۱۶

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بازسازی درازمدت بارش اکتبر - می (۱۹۵۱-۲۰۱۰) شهر کرمانشاه با استفاده از حلقه‌های درختی است. در این پژوهش با استفاده از یک مته‌ی رویش‌سنج، از تعداد ۱۰ درخت بلوط که سنساز مازودار در رویشگاه فریادرس از ارتفاع برابر سینه، نمونه‌برداری انجام شده است. پس از مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری LINTAB5، پهنای حلقه‌های درختی با دقت ± 0.1 میلی‌متر از سمت پوست به مغز اندازه‌گیری شد. از آزمون آماری علامت و با کمک نرم‌افزار تخصصی TSAP برای تطابق زمانی نمونه‌ها استفاده شد. سپس برای حذف آثار غیراقلیمی از منحنی‌های رویشی، سری زمانی حلقه‌های رویشی با استفاده از نرم‌افزار ARSTAN استانداردسازی شد. با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، گاه‌شناسی به‌دست‌آمده از رویشگاه با بارش ماهانه‌ی اکتبر - می (۱۹۵۱-۲۰۱۰) ایستگاه هواشناسی کرمانشاه واسنجی شد. بر اساس روابط و همبستگی‌های به‌دست‌آمده، به‌روش رگرسیون خطی، کار بازسازی انجام شد. بازسازی انجام‌شده، شامل یک دوره‌ی زمانی ۳۰۵ ساله (۱۷۰۵-۲۰۱۰) می‌باشد. نتایج این بازسازی نشان می‌دهد که قرن هجدهم نسبت به دو قرن دیگر شرایط مرطوب‌تری داشته است. قرن بیستم نسبت به قرن نوزدهم دارای افزایش جزئی در بارش بوده است. دهه‌ی آخر قرن ۱۸ و دهه‌ی دوم قرن ۱۹ به ترتیب مرطوب‌ترین و خشک‌ترین دهه‌ها در طول دوره‌ی بازسازی هستند. وقوع دوره‌های مرطوب و خشک در طی دوره‌ی بازسازی از نظم زمانی خاصی پیروی نمی‌کند. طول دوره‌ی خشکسالی‌های ضعیف تا بسیار شدید در طی دوره‌ی بازسازی، کمابیش دو ساله است با این حال طولانی‌ترین دوره‌ی خشکسالی به‌مدت ۶ سال در دهه‌ی چهارم قرن ۱۸ رخ داده است. طول دوره‌ی ترسالی‌های رخ داده، بیشتر یک‌ساله است و طولانی‌ترین دوره‌ی ترسالی در قرن ۲۰ (۱۹۳۷-۴۰) به‌مدت ۴ سال به‌وقوع پیوسته است.

کلیدواژه‌ها: اقلیم‌شناسی درختی، گاه‌شناسی، بارش اکتبر - می، حلقه‌های درختی، بلوط مازودار، کرمانشاه.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین چالش‌های مطالعات اقلیمی در ایران، دسترسی نداشتن به داده‌های اقلیمی مفید و درازمدت است. در ایران شبکه‌ی ایستگاه‌های هواشناسی در سال ۱۹۵۱ پایه‌گذاری شد که افزون بر کوتاه‌بودن دوره‌ی آماری، مشکلات دیگری نیز در این زمینه وجود دارد (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۱۵). برای رفع این مشکل می‌توان به مطالعه‌ی شواهدی پرداخت که آثار اقلیمی را در خود ثبت می‌کنند. راه‌های مختلفی، از جمله حلقه‌های درختی^۱، مرجان‌ها، فسیل‌ها، رسوبات دریاچه‌ای، گرده‌های گیاهی و یخچال‌ها، شواهد ژئومورفولوژیک و... وجود دارند که با کمک آنها می‌توان به مطالعه‌ی اقلیم دیرینه پرداخت. در این راستا، درختان شواهد اقلیمی زنده‌ای هستند که از فاکتورهای محیطی و اقلیمی تاثیر می‌پذیرند و نوع و میزان این تاثیر در بافت‌های آنها مشخص است.

اقلیم عامل مهمی در شکل‌گیری حلقه‌های درختی است؛ اما متغیرهای اقلیمی که مهم‌ترین تاثیر را روی حلقه‌های رویشی دارند، ممکن است در گونه‌ها و رویشگاه‌های مختلف میزان تاثیر متفاوتی داشته باشد (هسین لو^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طور معمول در اقلیم‌های معتدل، هر درخت سالانه یک حلقه‌ی رویشی به‌مجموع حلقه‌های خود اضافه می‌کند. حلقه‌های درختی می‌توانند، داده‌های پالئوکلیمایی را سالانه برای مناطق یا دوره‌های زمانی فاقد داده‌ی اقلیمی فراهم کنند (سوارز^۳ و همکاران، ۲۰۰۹).

اقلیم‌شناسی درختی^۴ زیرمجموعه‌ای از علم بوم‌شناسی درختی است که با استفاده از حلقه‌های رویشی تاریخ‌گذاری شده، مطالعه‌ی اقلیم‌های گذشته و حال را ممکن می‌کند (کنل^۵ و شواین‌گروبر^۶، ۱۳۸۱: ۶۷). این روش به‌دلیل دقت بالا در تاریخ‌گذاری، دقت بالای سال به سال و دربرداشتن رخداد‌های شدید اقلیمی، بهترین روش برای شناسایی تغییرات اقلیمی گذشته است و کمک شایانی برای فهم بهتر تغییرپذیری اقلیم به ما ارائه می‌کند (ارسلانی، ۱۳۹۰).

استان کرمانشاه با واقع شدن در منطقه‌ی زاگرس میانی، به‌طور عمده تحت تاثیر رژیم بارشی مدیترانه‌ای قرار دارد. نوسان‌های بارش در این منطقه، تاثیر شدیدی بر کشاورزی، منابع آب و دیگر فعالیت‌های مردم برجای می‌گذارد. به‌ویژه در سال‌های پیش، این منطقه خشکسالی‌های شدیدی را تجربه کرده است که خسارات فراوانی برای ساکنان منطقه داشته است. این منطقه دارای پوشش جنگلی به‌نسبت مناسبی از درختان بلوط است. با مطالعه‌ی حلقه‌های سالانه‌ی این درختان، می‌توان درک صحیحی از تغییرات بارش منطقه به‌دست آورد (ارسلانی، ۱۳۹۰). طی دهه‌های گذشته با استفاده از شواهد اقلیمی مختلفی همچون گرده‌ها^۷، رسوبات دریاچه‌ای و بقایای جانوری، تغییرات اقلیمی ایران در دوره‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های انجام شده‌ی نورالهی (۱۳۸۸) و ابوطالبی (۱۳۸۸) در زمینه‌ی مطالعه‌ی تغییرات اقلیمی در دوره‌ی پلیستوسن تا هولوسن با استفاده از تحلیل‌های ایزوتوپی اشاره

1. Tree-Rings
2. Hsin Lo
3. Suarez
4. Dendroclimatology
5. Kaennel
6. Schweingruber
7. Pollen

کرد. با این حال، در ایران هنوز مطالعه‌ی برجسته‌ای در زمینه‌ی بازسازی^۱ متغیرهای اقلیمی با استفاده از حلقه‌های درختی انجام نگرفته است.

در کارهای انجام شده‌ی پورطهماسی و همکاران (۱۳۸۷)، پورسرتیپ (۱۳۸۸)، نجفی و همکاران (۱۳۸۹)، رضانی گورابی و شیرزاد (۱۳۸۸)، امیرچخماقی و همکاران (۱۳۸۹)، بالاپور و همکاران (۱۳۸۹) و کرمزاده و همکاران (۱۳۹۰)، به‌طور عمده به بررسی رابطه بین اقلیم و رویش پرداخته شده و در این موارد، کار بازسازی اقلیم با استفاده از حلقه‌های درختی انجام نشده است.

ارسلانی (۱۳۹۰) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، تغییرات دما و بارش زاگرس میانی را با استفاده از حلقه‌های درختی بلوط طی ۳۰۰ سال گذشته (۱۷۰۵-۲۰۱۰) بازسازی کرد. نتایج ایشان نشان داد که بارش قرن ۲۰ نسبت به بلندمدت کاهش داشته و برعکس دمای حداکثر سالانه در این قرن نسبت به چند سده‌ی گذشته، افزایش چشمگیری داشته است. جان اسپر^۲ و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از حلقه‌های درختی به بازسازی سال‌های اقلیمی حدی در غرب آسیای مرکزی پرداختند. آنها سال‌های حدی مثبت و منفی را تا سال ۱۴۲۷ میلادی برای شمال غرب قره‌قروم در پاکستان و تیان‌شان جنوبی در قرقیزستان بازسازی کردند. ویلسون و همکاران (۲۰۰۵) بارش بهار - تابستان را از روی پهنای حلقه‌ی درختان صنوبر نروژی و الوارهای باستانی منطقه‌ی جنگلی باواریا در آلمان برای یک دوره‌ی ۵۲۰ ساله بازسازی کردند. آنها با استفاده از داده‌ی میانگین بارش سالانه در یک دوره‌ی آماری مشترک ۸۲ ساله (۱۹۹۵-۱۹۱۳)، ضمن تعیین دوره‌های مرطوب و خشک، به این نتیجه رسیدند که قرن ۲۰ نسبت به چهار قرن گذشته شرایط مرطوب‌تری را سپری کرده است. توچان^۳ و همکاران (۲۰۰۷) بارش می - ژوئن جنوب‌غربی آناتولی ترکیه را در ۹۰۰ سال اخیر با استفاده از حلقه‌های رویشی درختان صنوبر بازسازی کردند. نتایج آنها نشان داد که سال‌های ۱۵۱۸ تا ۱۵۸۷ مرطوب‌ترین و ۱۱۹۵ تا ۱۲۶۴ خشک‌ترین وضعیت را داشته است. توچان و همکاران (۲۰۰۸) بارش شمال غرب تونس را در یک دوره‌ی ۲۳۲ ساله با استفاده از حلقه‌های رویشی درختان کاج بازسازی کردند. نتایج آنها نشان داد که طولانی‌ترین خشکسالی در قرن ۱۹ به‌مدت دو سال رخ داده است. لیو^۴ و همکاران (۲۰۱۰) بارش سالانه‌ی جنوب مرکزی تبت را از سال ۱۴۸۰ با استفاده از حلقه‌های درختی بازسازی کردند. آنها توانستند دوره‌های ترسالی و خشکسالی منطقه را طی دوره‌ی بیان شده بازسازی کنند. کوسه^۵ و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از حلقه‌های درختی کاج، بارش می - ژوئن را برای برای غرب آناتولی بازسازی کردند. آنها با استفاده از ۱۷ گاه‌شناسی جایگاهی^۶ و به‌کارگیری داده‌های دما و بارش ماهانه، دوره‌های خشک و مرطوب را به‌همراه خشک‌ترین و مرطوب‌ترین سال‌ها برای منطقه بازسازی کردند. گروایس^۷ (۲۰۰۶) با استفاده از حلقه‌های درختی بلوط، سه قرن بارش را برای نواحی کوهستانی کالیفرنیا جنوبی بازسازی کرد. نتایج نشان

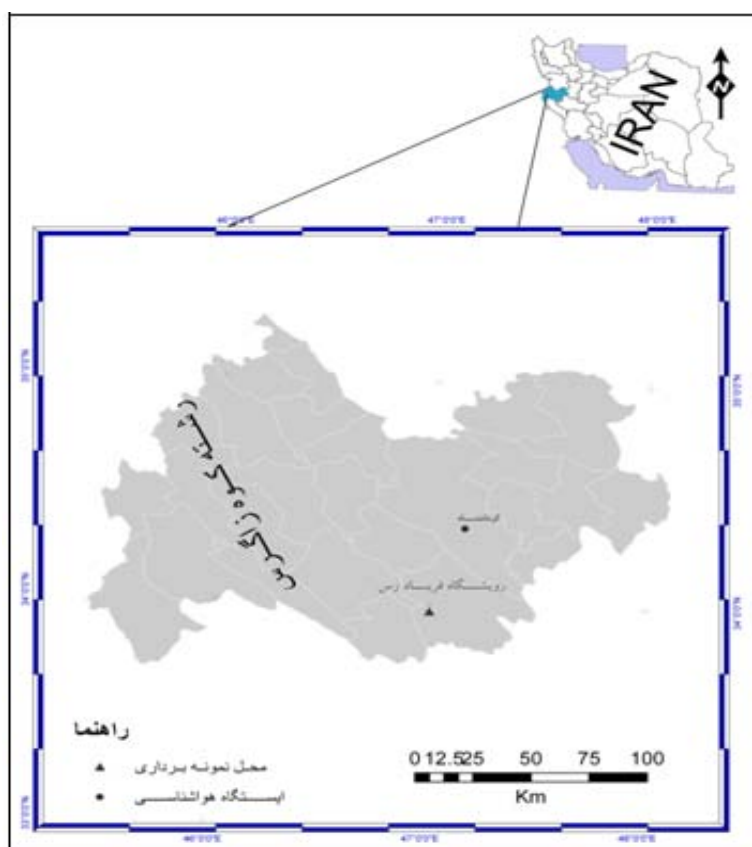
1. Reconstruction
2. Esper
3. Touchan
4. Liu
5. Kose
6. Site Chronology
7. Gervais

داد که حلقه‌های سالانه با بارش دوره‌ی زمانی دسامبر - آوریل دارای رابطه‌ی معناداری هستند. همچنین مشخص شد که تکرار دوره‌های مرطوب و خشک در قرن ۲۰ از نظم زمانی خاصی پیروی نکرده است. لیو و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از حلقه‌های درختی کاج در منطقه‌ی هایلار مغولستان، بارش جولای سال قبل از رویش تا ژوئن سال رویشی جاری را بازسازی کردند. نتایج آنها نشان داد که بارش طی ۱۳۹ سال گذشته نوسان داشته است. همچنین آنها مشخص کردند که رخدادهای خشک، در حال کاهش و رخدادهای مرطوب رو به افزایش هستند.

بارش سالانه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه، بر اثر تأثیر پذیرفتن از رژیم بارشی مدیترانه‌ای، به‌طور عمده در ماه‌های اکتبر تا می می‌دهد. بنابراین در این مقاله تلاش می‌شود، بارش دوره‌ی زمانی مذکور مورد بازسازی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از داده‌ی بارش ماهانه‌ی ایستگاه هواشناسی کرمانشاه با دوره‌ی آماری ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰) استفاده شد. پس از همگن‌سازی داده‌ها، بارش ماهانه‌ی دوره‌ی زمانی اکتبر- می با گاه‌شناسی به‌دست آمده از رویشگاه فریادرس واسنجی^۱ شد. شکل شماره‌ی ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

انتخاب درخت، آماده‌سازی نمونه‌ها، اندازه‌گیری

در این پژوهش برای بازسازی بارش دوره‌ی زمانی اکتبر- می استان کرمانشاه، رویشگاه فریادرس که یکی از بزرگترین رویشگاه‌های گونه‌ی درختی بلوط مازودار^۱ در غرب کشور است، برای نمونه‌برداری^۲ انتخاب شد. در این رویشگاه، از بین درختان بلوط کهن سرپا و سالم با معیارهایی همچون، عدم پیچ‌خوردگی تنه، عدم سرشاخه‌زنی، تقارن تاج‌پوشش، حداقل تاج‌پوشش و عدم زخم‌خوردگی و سوختگی روی تنه، به‌صورت گزینشی از ده درخت نمونه‌برداری انجام شد. از هر درخت، دو نمونه با استفاده از یک مته‌ی رویش‌سنج سونتو^۳، مخصوص درختان سخت‌چوب از ارتفاع برابر سینه (۱/۳ متر) در جهت‌های مختلف برداشت شد. بعد از استخراج هر نمونه، حفره‌ی ایجاد شده در تنه‌ی درخت با استفاده از چسب باغبانی مسدود شد تا از آسیب رسیدن به درخت جلوگیری شود.

نمونه‌های برداشت‌شده برای انتقال به آزمایشگاه روی نگه‌دارنده‌های چوبی تثبیت شدند. در هنگام نمونه‌برداری، نمونه‌هایی که دچار شکستگی شدند با استفاده از نوار چسب کنار هم قرار گرفتند تا زمان اندازه‌گیری مشکلی به‌وجود نیاید. نمونه‌های برداشت شده در معرض هوای آزاد قرار گرفتند تا با دمای محیط، خشک شده و از کپک‌زدن احتمالی آنها جلوگیری شود. در آزمایشگاه برای وضوح بیشتر حلقه‌های رویشی، ابتدا سطح نمونه‌ها اندکی مرطوب شد، سپس با استفاده از اسکالپل، لایه‌ی بسیار نازکی از سطح نمونه‌ها از سمت پوست به مغز با دقت برداشته شد. در مواردی که تشخیص حلقه‌های سالانه مشکل بود، مقداری گچ تحریر روی قسمت مورد نظر کشیده شد تا وضوح بیشتری داشته باشد.

پیش از آغاز اندازه‌گیری با استفاده از دوربین دستگاه اندازه‌گیری LINTAB حلقه‌های سالانه از سمت پوست به مغز شمارش و در ردیف‌های ده‌تایی علامت‌گذاری شدند. این کار سبب می‌شود تا هنگام تطابق زمانی، در صورت خطا در اندازه‌گیری، حلقه‌ی مورد نظر را به‌سهولت بتوان پیدا کرد (شواین گروبر، ۱۹۸۸). کار اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های سالانه‌ی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری LINTAB5 که مجهز به نرم‌افزار تخصصی TSAP است با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر از سمت پوست به مغز انجام شد.

تطابق زمانی، استانداردسازی، واسنجی و بازسازی

بعد از اندازه‌گیری دو نمونه از هر درخت، تطابق زمانی^۴ آنها با آماره‌های GLK، GSL و t استیودنت نرم‌افزار^۵ TSAP به انجام رسید. هرچه مقدار عددی این آماره‌ها بیشتر باشد، نشان از هماهنگی بیشتر بین منحنی‌های رویشی درختان هر رویشگاه است.

در برخی از نمونه‌ها که تطابق زمانی مناسبی نداشتند با مشخص کردن حلقه‌ی مورد نظر، دوباره اندازه‌گیری

1. Quercus Infectoria
2. Sampling
3. Suunto Increment Borer
4. Cross dating
5. Tree Station Analyze program

اصلاحی به‌عمل آمد. این فرایند برای سری زمانی درختان نیز انجام شده است.

هر درخت در سنین اولیّه‌ی رشد خود، حلقه‌های رویشی پهن‌تری را تولید می‌کند و نباید تصور شود که شکل‌گیری این حلقه‌ها تحت تأثیر اقلیم بوده است. بنابراین برای حذف گرایش‌های غیراقلیمی، کار استانداردسازی^۱ حلقه‌های رویشی با کمک نرم‌افزار ARSTAN^۲ (کوک، ۱۹۸۵) انجام گرفت. کار استانداردسازی با توجه به طول نمونه‌ها با استفاده از منحنی برازش شده‌ی چندجمله‌ای^۳ با وزن پالایشی ۳۰ سال محاسبه شد. از بین چهار گاه‌شناسی ساخته شده به‌وسیله‌ی نرم‌افزار مذکور، گاه‌شناسی باقیمانده (RES)^۴ به‌کار گرفته شد. این گاه‌شناسی سیگنال‌های بسیار ضعیف را به‌خوبی در سری زمانی حلقه‌های رویشی حفظ می‌کند و برای مطالعات اقلیم‌شناسی درختی شرایط مناسب‌تری دارد (کوک، ۱۹۸۵).

همچنین میانگین حساسیت^۵ (MS) و نسبت سیگنال به اغتشاش^۶ (S/N) نمونه‌های برداشت‌شده با استفاده از روابط روابط روابط شماره‌ی ۱، ۲ و ۳ محاسبه شد (فریتس، ۱۹۷۶). میانگین حساسیت، درواقع سنجشی از تفاوت‌های نسبی در پهنا، بین حلقه‌های مجاور است (پورطهماسی، ۱۳۸۷: ۳۳۱).

$$S_{i+1} = \frac{(X_{i+1} - X_i) \times 2}{(X_{i+1} + X_i)} \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

$$MS = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |S_i + 1|}{n-1} \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

که در آن:

S_i : حساسیت حلقه‌ی سالانه متعلق به سال i ؛

MS: میانگین حساسیت یک نمونه؛

X_i : پهنای حلقه‌ی رویشی در سال i است.

در مطالعات اقلیم‌شناسی درختی، اثر اقلیم به‌عنوان عامل اصلی^۷ و عوامل غیراقلیمی که بر پهنای حلقه‌های رویش اثر می‌گذارند، عامل اختلال^۸ شمرده می‌شوند. هرچه نسبت عامل اصلی به عامل اختلال (با نشانه‌گذاری S/N یا SNR) بیشتر باشد، نشان می‌دهد که سری زمانی حلقه‌های رویشی ما بیشتر تحت تأثیر اقلیم قرار دارد. در واقع می‌توان با نمونه‌برداری از درختان متعدّد و استانداردسازی سن، نسبت بیشتری از S/N به دست آورد.

$$SNR = N\bar{r} / (1 - \bar{r}) \quad \text{رابطه‌ی ۳}$$

1. Standardization
2. Autoregressive Standardization
3. Cubic smoothing spline
4. Residual chronology
5. Mean Sensitivity
6. Signal to Noise Ratio
7. Signal
8. Noise

SNR = نسبت سیگنال به اغتشاش؛

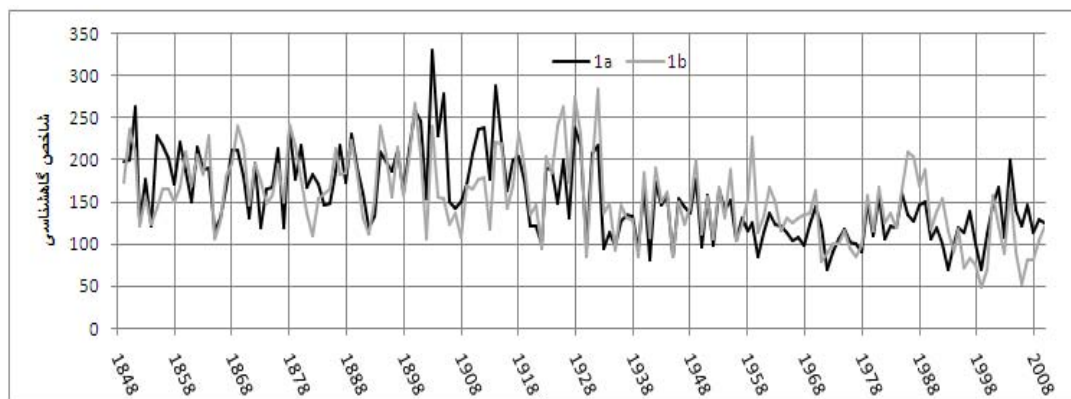
\bar{r} = میانگین همبستگی بین درختان؛

N = تعداد درختان.

در مرحله‌ی واسنجی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، به بررسی همبستگی و رابطه بین گاه‌شناسی باقی‌مانده از رویشگاه با متغیر اقلیمی بارش ماهانه‌ی دوره‌ی زمانی اکتبر- می پرداخته شد. همچنین برای بررسی اثر رخدادهای اقلیمی حدی، رخدادهای اقلیمی النینو و لانیو گذشته با گاه‌شناسی به‌دست‌آمده مقایسه شدند. پس از پیدا کردن همبستگی معنادار بین سری زمانی حلقه‌های رویشی با بارش ماهانه‌ی ماه‌های اکتبر تا می و مجموع بارش دوره‌ی زمانی اکتبر - می، کار بازسازی بارش در دوره‌ی مذکور با استفاده از روش رگرسیون خطی به انجام رسید. درنهایت، شاخص Z برای مشخص کردن ترسالی‌ها و خشکسالی‌های بازسازی شده به کار گرفته شد.

یافته‌های تحقیق

نمونه‌های برداشت‌شده از هر درخت در این رویشگاه از تطابق زمانی مناسبی برخوردار بودند. در شکل شماره‌ی ۲ وضعیت تطابق زمانی دو نمونه از یک درخت مشاهده می‌شود.



شکل ۲. منحنی رویشی دو نمونه از یک درخت، پس از تطابق زمانی در رویشگاه فریادرس کرمانشاه

با میانگین‌گیری از دو نمونه‌ی برداشت شده از یک درخت و به‌دست آمدن منحنی‌های رویشی درختان، مشخص شد که تمامی درختان انتخاب شده در این رویشگاه از بالاترین میزان تطابق و همبستگی با هم برخوردارند. جدول شماره‌ی ۱، ماتریس تقابل زمانی درختان را در رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد. عدد اول از سمت چپ در هر ستون مقدار آماره حاصل از آزمون علامت (GLK) را نشان می‌دهد. علامت ستاره نشان‌دهنده‌ی معناداری آن در سطوح مختلف است. عدد بعدی حاصل آزمون t استیودنت است که منحنی‌های رویشی را با هم مقایسه می‌کند. نتایج این آماره‌ها نشان می‌دهد که درختان این رویشگاه دارای تطابق بالا و الگوی رویشی یکسانی هستند.

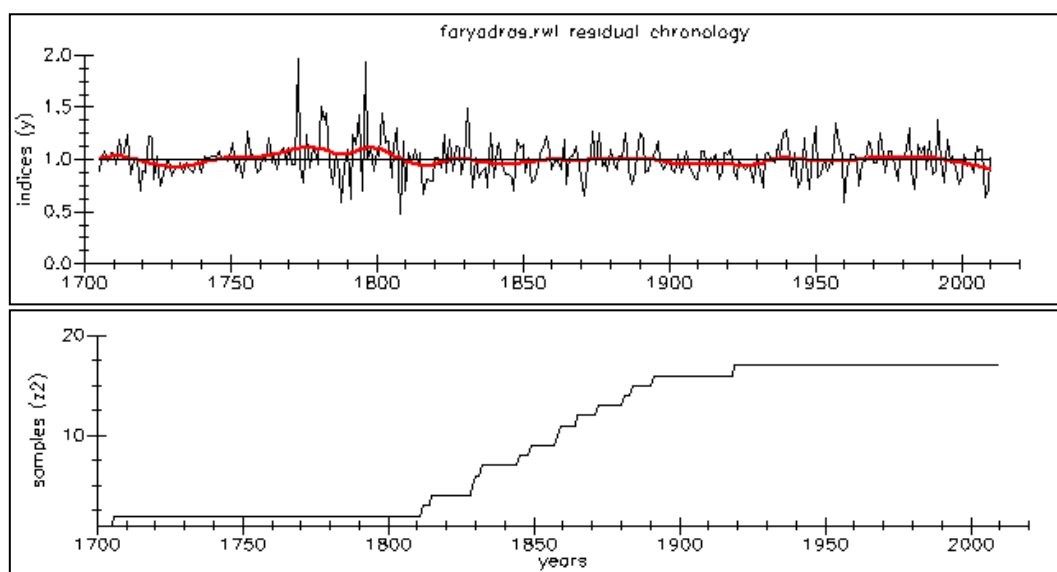
جدول ۱. ماتریس تقابل زمانی درختان در رویشگاه فریادرس کرمانشاه

| درخت ۱۰ | درخت ۹ | درخت ۸ | درخت ۷ | درخت ۶ | درخت ۵ | درخت ۴ | درخت ۳ | درخت ۲ | درخت ۱ |
|----------|----------|----------|----------|----------|---------|-----------|----------|--------|--------|
| ۶۱***۴/۶ | ۶۱***۵/۱ | ۶۴***۲/۱ | ۵۸*۴/۳ | ۶۱***۳/۱ | ۶۰**۳/۱ | ۶۴***۲/۶ | ۶۷***۳/۶ | ۶۵***۱ | درخت ۱ |
| ۶۴***۳/۸ | ۵۹*۲/۸ | ۶۰*۴/۳ | ۶۶***۳/۷ | ۷۵***۴/۳ | ۶۲**۶/۴ | ۶۸***۶/۳ | ۶۷***۵/۳ | درخت ۲ | |
| ۶۰**۲/۴ | ۶۳***۴/۸ | ۵۶ ۵/۴ | ۶۵***۸/۷ | ۵۹*۲/۹ | ۶۰**۹/۱ | ۶۴***۱۰/۴ | درخت ۳ | | |
| ۶۹***۲/۸ | ۶۵***۴/۸ | ۵۷*۴/۲ | ۶۵***۸ | ۷۱***۳/۳ | ۵۹*۱۱/۱ | درخت ۴ | | | |
| ۵۶ ۳/۷ | ۵۴ ۳/۴ | ۵۳ ۴/۴ | ۵۳ ۸ | ۵۸*۴/۲ | درخت ۵ | | | | |
| ۶۷***۲/۷ | ۶۱**۴/۵ | ۶۱**۲/۹ | ۶۴**۳/۹ | درخت ۶ | | | | | |
| ۶۱***۳/۲ | ۶۶***۶/۲ | ۶۲**۵/۹ | درخت ۷ | | | | | | |
| ۶۵***۲/۵ | ۶۳***۳/۳ | درخت ۸ | | | | | | | |
| ۶۰*۱/۵ | درخت ۹ | | | | | | | | |

* معناداری در سطح ۱۰ درصد، ** معناداری در سطح ۵ درصد و *** معناداری در سطح ۱ درصد

گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس

با استانداردسازی سری زمانی حلقه‌های رویشی به وسیله نرم‌افزار ARSTAN، آثار غیراقلیمی از گاه‌شناسی حذف شدند. شکل شماره ۳، گاه‌شناسی باقی‌مانده (RES) را به همراه تعداد نمونه‌های استفاده شده در رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد. شاخص گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد که در اوایل قرن هجدهم از میزان رویش درختان کاسته شده است، در حالی که در اواخر این قرن بر میزان رویش درختان افزوده شده است. بیشترین و کمترین میزان رویش درختان در این رویشگاه، به ترتیب در سال‌های ۱۷۷۳ و ۱۸۰۸ انجام شده است. همچنین شاخص گاه‌شناسی نشان می‌دهد که در فاصله‌ی زمانی ۱۸۹۵-۱۹۳۵ رویش سالانه‌ی درختان در این رویشگاه کاهش داشته است. در دهه‌های اخیر نیز شاخص گاه‌شناسی نشان‌دهنده‌ی کاهش در میزان رویش سالانه‌ی درختان است.



شکل ۳. گاه‌شناسی باقی‌مانده (RES) رویشگاه فریادرس

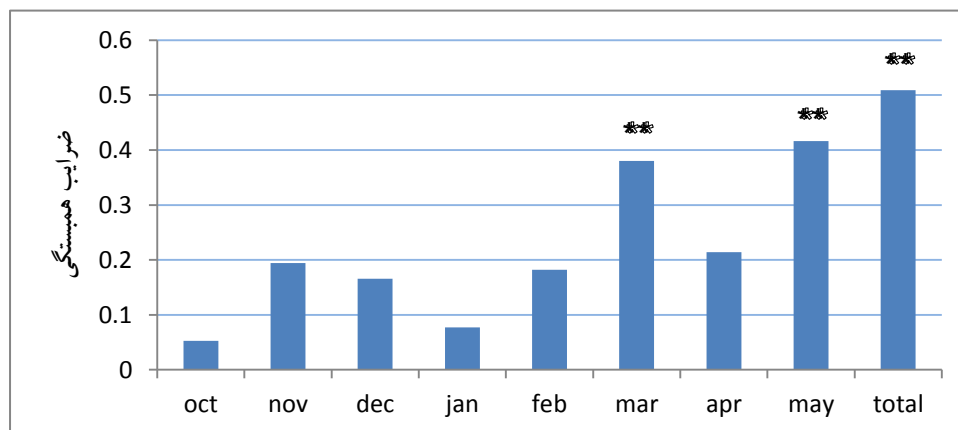
طول گاه‌شناسی به‌دست‌آمده برای رویشگاه کرمانشاه (فریادرس) ۳۰۵ سال است. در واقع، این گاه‌شناسی تا کنون طولانی‌ترین گاه‌شناسی محاسبه‌شده برای غرب کشور است. حداقل سن درختان در این رویشگاه ۱۲۰ سال و میانگین سن درختان ۱۷۶ سال است. جدول شماره ۲ ویژگی‌های گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس را نشان می‌دهد. نسبت سیگنال به اغتشاش درختان این رویشگاه نشان می‌دهد که متغیرهای اقلیمی بیشترین تأثیر را در شکل‌گیری حلقه‌های سالانه دارند.

جدول ۲. ویژگی‌های گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس

| محل نمونه‌برداری | نوع درخت | تعداد درخت | تعداد نمونه | ارتفاع به متر | سال آغاز گاه‌شناسی | سال پایان گاه‌شناسی | طول گاه‌شناسی | میانگین حساسیت | نسبت سیگنال به اغتشاش |
|------------------|----------|------------|-------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| فریادرس | مازودار | ۱۰ | ۱۹ | ۱۳۰۰ | ۱۷۰۵ | ۲۰۱۰ | ۳۰۵ | ۰/۲۵۰۵ | ۱۰/۲ |

همبستگی گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس با بارش اکتبر-می

به‌طور معمول در رویشگاه فریادرس، فصل رویش درختان در ماه آوریل آغاز می‌شود. با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه تحت تأثیر رژیم بارشی مدیترانه‌ای قرار دارد، بارش‌ها به‌طور معمول در یک دوره‌ی زمانی هشت‌ماهه (اکتبر تا مارس در فصل قبل از رویش و آوریل - می در فصل رویش) به‌وقوع می‌پیوندد. شکل شماره ۴ میزان ضرایب همبستگی بارش اکتبر تا می ایستگاه کرمانشاه را با شاخص گاه‌شناسی نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بارش اکتبر-می در تمام ماه‌ها همبستگی مثبتی با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس دارد. بین بارش ماه مارس و می همبستگی مثبت و معناداری در سطح ۰/۰۱ با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس وجود دارد. همچنین بین مجموع بارش اکتبر-می با گاه‌شناسی به‌دست‌آمده از این رویشگاه، همبستگی معناداری در سطح ۱ درصد برقرار است.



** معناداری در سطح ۱ درصد

شکل ۴. نمودار رابطه‌ی بارش اکتبر - می با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس

همبستگی گاه‌شناسی با مجموع بارش اکتبر - مارس و آوریل - می

در رویشگاه فریادرس بارش در فصل رویش و ماه‌های قبل از آن دارای همبستگی مثبت و معناداری با رویش سالانه‌ی درختان است. بارش شش ماهه‌ی پیش از رویش (اکتبر- مارس)، نسبت به بارش ماه‌های فصل رویش (آوریل - می) تأثیر بیشتری روی رویش درختان در این رویشگاه دارد که این امر نشان‌دهنده‌ی نقش ذخیره‌ی بارش در داخل خاک و استفاده‌ی آن توسط درخت در فصل رویشی است. جدول شماره‌ی ۳ رابطه‌ی بارش در ماه‌های فصل رویش و قبل از آن را با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد.

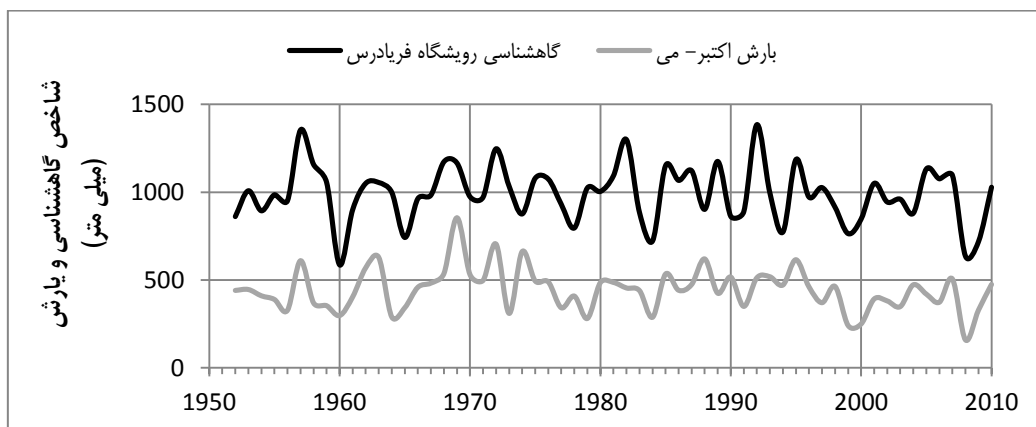
جدول ۳. همبستگی مجموع بارش اکتبر - مارس و آوریل - می با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس

Correlations

| | | OctMar | AprMay | Chronology |
|------------|---------------------|--------|--------|------------|
| OctMar | Pearson Correlation | 1.000 | .117 | .400** |
| | Sig. (2-tailed) | | .378 | .002 |
| | N | 59.000 | 59 | 59 |
| AprMay | Pearson Correlation | .117 | 1.000 | .363** |
| | Sig. (2-tailed) | .378 | | .005 |
| | N | 59 | 59.000 | 59 |
| Chronology | Pearson Correlation | .400** | .363** | 1.000 |
| | Sig. (2-tailed) | .002 | .005 | |
| | N | 59 | 59 | 59.000 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

شکل شماره‌ی ۵، روند خطی بارش اکتبر - می را با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مجموع بارش اکتبر - می رابطه‌ی مستقیمی با رویش درختان در این رویشگاه دارد. به بیانی دیگر، در این رویشگاه در ترسالی‌ها، درختان حلقه‌های سالانه‌ی ضخیم‌تری ایجاد کرده‌اند و برعکس در سال‌های خشک، رویش سالانه‌ی درختان دچار تنش شده و حلقه‌های نازک‌تری شکل گرفته است. در برخی از سال‌های دهه‌ی ۱۹۸۰ بین شاخص گاه‌شناسی و بارش اکتبر - می، تطابق مناسبی وجود ندارد. با توجه به وقوع جنگ تحمیلی ایران و عراق در این دوره‌ی زمانی، گمان می‌رود که رویش درختان تحت تأثیر فعالیت‌های ناشی از جنگ قرار داشته است. جلیل‌پور (۲۰۰۴) نیز به این نتیجه رسیده است که بر اثر آلودگی ناشی از جنگ خلیج فارس، رویش درختان دچار تنش شده است. در سال‌های اخیر نیز بر اثر وقوع خشکسالی‌های شدید، به‌طور چشمگیری از میزان رویش درختان کاسته شده است.



شکل ۵. مقایسه‌ی روند خطی بارش اکتبر - می با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس

همان‌گونه که در جدول شماره‌ی ۴ مشاهده می‌شود، ضریب دوربین واتسون با توجه به تعداد داده‌ها و متغیرهای به‌کاررفته، نشان‌دهنده‌ی عدم خودهمبستگی بین جمله‌های اخلاص است. همچنین با توجه به مقدار معناداری مدل (کمتر از ۰/۰۵) صحت این مدل مورد تأیید است.

جدول ۴. ویژگی‌های مدل رگرسیون بارش اکتبر - می با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس

| Model Summary ^b | | | | | |
|----------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|---------------|
| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | Durbin-Watson |
| 1 | .509 ^a | .259 | .246 | 140.680 | 2.248 |

a. Predictors: (Constant), OctMayTOTAL
b. Dependent Variable: FaryadrasChronology

| ANOVA ^b | | | | | | |
|--------------------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | 394826.326 | 1 | 394826.326 | 19.950 | .000 ^a |
| | Residual | 1128072.216 | 57 | 19790.741 | | |
| | Total | 1522898.542 | 58 | | | |

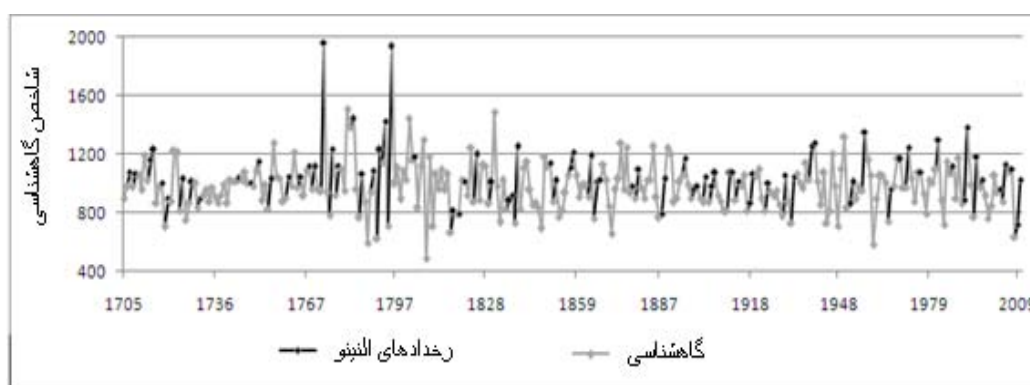
a. Predictors: (Constant), OctMayTOTAL
b. Dependent Variable: FaryadrasChronology

| Coefficients ^a | | | | | | |
|---------------------------|-------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 698.324 | 67.943 | | 10.278 | .000 |
| | OctMayTOTAL | .663 | .148 | .509 | 4.467 | .000 |

a. Dependent Variable: FaryadrasChronology

رابطه‌ی گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس با سال‌های النینو و لانینو

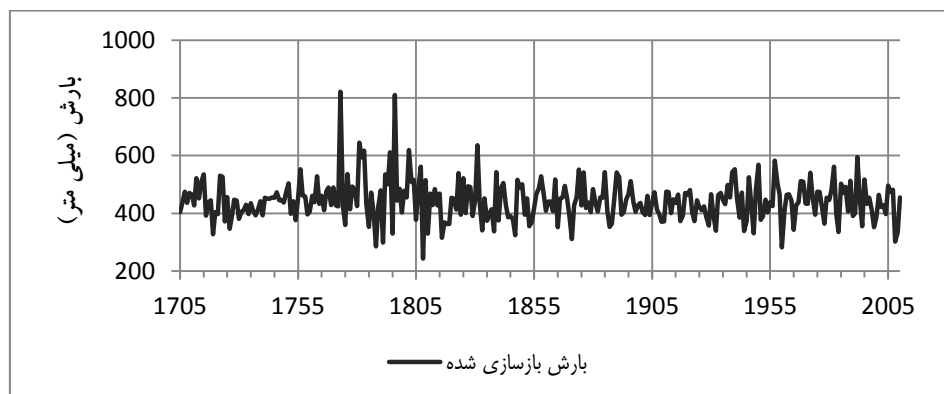
مطالعات مختلفی که تا کنون انجام شده نشان داده است که رخداد اقلیمی النینو و لانینو به شکل پیوند از دور، روی اقلیم ایران اثر می‌گذارند و همچنین مشخص شده که سال‌های النینو، موجب وقوع ترسالی و سال‌های لانینو، موجب وقوع خشکسالی در ایران می‌شوند (خوش اخلاق، ۱۳۷۷؛ عزیزی، ۱۳۷۹). از مقایسه‌ی رخدادهای النینو و لانینو گذشته (سایت NOAA) با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس، مشخص شد سال‌هایی که النینو رخ داده است، به واسطه‌ی افزایش در میزان بارش، تأثیر مثبتی بر رویش درختان در این رویشگاه داشته است. شکل شماره‌ی ۶ رابطه‌ی سال‌های النینوی اثرگذار از قرن ۱۸ تا اوایل قرن ۲۱ را با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد. اثر دو النینوی بزرگ قرن ۲۰؛ یعنی النینوی سال ۱۹۹۷ و ۱۹۸۲ نیز با کمک گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس به خوبی دیده می‌شود. بیشترین میزان رویش سالانه‌ی درختان در رویشگاه فریادرس در سال‌های ۶۸-۱۷۶۷ و ۱۷۷۳ شکل گرفته که در این سال‌ها نیز رخدادهای النینو به وقوع پیوسته‌اند. همچنین در سال‌های ۵-۱۸۷۴، ۷-۱۸۸۶، ۳-۱۸۹۲، ۵-۱۹۰۴، ۱۰-۱۹۰۹، ۱۹۱۵، ۱۸-۱۹۱۷، ۱۹۱۷، ۱۹۲۵، ۲۹-۱۹۲۸، ۱۹۵۱، ۵۶-۱۹۵۴، ۱۹۶۵، ۷۱-۱۹۷۰، ۱۹۷۴، ۱۹۸۴، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۶ پدیده‌ی لانینو به وقوع پیوسته که درختان در این سال‌ها نیز حلقه‌های سالانه‌ی نازک‌تری را تشکیل داده‌اند.



شکل ۶. رابطه‌ی سال‌های النینو با گاه‌شناسی رویشگاه فریادرس

بازسازی بارش

پس از مراحل استانداردسازی و واسنجی گاه‌شناسی به دست آمده از رویشگاه فریادرس، بازسازی بارش اکتبر - می استان کرمانشاه از روی گاه‌شناسی مذکور به مدت سه قرن انجام گرفت. نتایج این بازسازی نشان می‌دهد که طی سه قرن گذشته، قرن هجدهم مرطوب‌ترین شرایط را داشته است. در قرن بیستم نسبت به قرن نوزدهم بارش افزایش جزئی داشته است. شکل شماره‌ی ۷ منحنی بارش بازسازی شده‌ی دوره‌ی زمانی اکتبر - می را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، وقوع دوره‌های مرطوب و خشک از نظم زمانی خاصی پیروی نمی‌کند.



شکل ۷. منحنی بارش بازسازی شده‌ی دوره‌ی زمانی اکتبر - می استان کرمانشاه

نسبت به میانگین درازمدت بارش، دهه‌های مرطوب و خشک به تفکیک در جدول شماره‌ی ۵ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، قرن ۱۸ کمترین دهه‌های خشک را داشته است. همچنین در اواخر قرن ۲۰ و اوایل قرن ۲۱ در دوره‌ی بازسازی شده، بارش به‌گونه‌ی چشمگیری کاهش پیدا کرده است. دهه‌ی آخر قرن ۱۸ و دهه‌ی دوم قرن ۱۹ به ترتیب مرطوب‌ترین و خشک‌ترین دهه‌ها در طول دوره‌ی بازسازی در منطقه‌ی مورد مطالعه هستند.

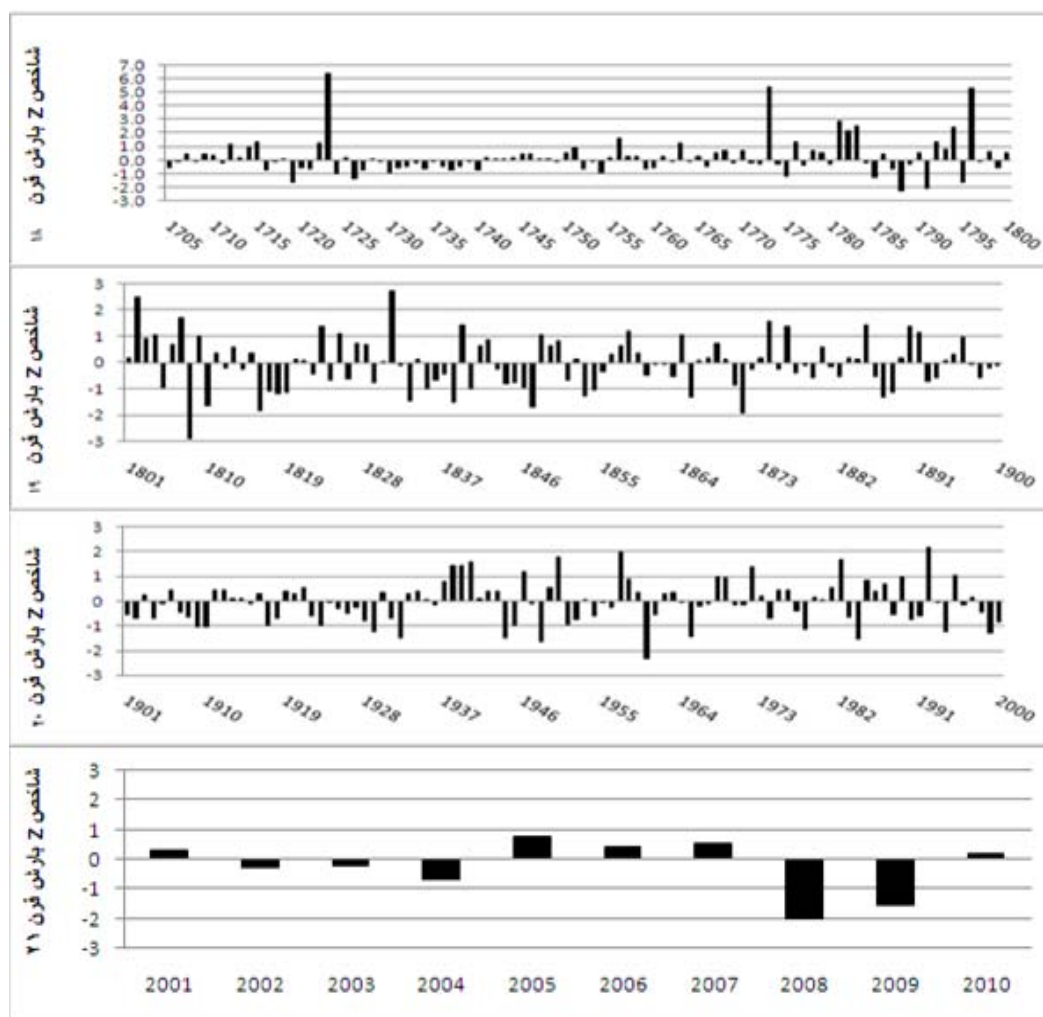
جدول ۵. تفکیک دهه‌های مرطوب و خشک بر اساس داده‌های بارش بازسازی شده

| دوره‌ی بازسازی | دهه‌های مرطوب | دهه‌های خشک |
|----------------|---|-------------------------------------|
| قرن ۱۸ | ۱۷۱۰، ۱۷۴۰، ۱۷۵۰، ۱۷۶۰، ۱۷۷۰، ۱۷۸۰ و ۱۷۹۰ | ۱۷۲۰ و ۱۷۳۰ |
| قرن ۱۹ | ۱۸۰۰، ۱۸۲۰، ۱۸۵۰ و ۱۸۹۰ | ۱۸۱۰، ۱۸۳۰، ۱۸۴۰، ۱۸۶۰، ۱۸۷۰ و ۱۸۸۰ |
| قرن ۲۰ | ۱۹۳۰، ۱۹۵۰، ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ | ۱۹۰۰، ۱۹۱۰، ۱۹۲۰، ۱۹۴۰، ۱۹۶۰ و ۱۹۹۰ |
| اوایل قرن ۲۱ | | ۲۰۰۰ |

شکل شماره‌ی ۸ بر اساس شاخص Z ترسالی و خشکسالی‌ها را برای منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بالاترین فراوانی ترسالی‌ها در قرن ۱۸ و بیشترین میزان خشکسالی‌ها در قرن ۲۰ با اختلاف اندک نسبت به قرن ۱۹ رخ داده است. همچنین در قرن ۱۹ خشکسالی‌ها از شدت بیشتری برخوردار بوده‌اند. ترسالی‌های شدید در طول دوره‌ی بازسازی شامل سال‌های: ۱۷۲۳، ۱۷۵۶، ۱۷۷۳، ۱۷۸۱-۸۳، ۱۷۹۴، ۱۷۹۶، ۱۸۰۲، ۱۸۰۷، ۱۸۳۱، ۱۸۳۹، ۱۸۷۴، ۱۸۷۶، ۱۸۸۵، ۱۹۴۰، ۱۹۵۰، ۱۹۵۷، ۱۹۸۲ و ۱۹۹۲ است. همچنین خشکسالی‌های شدید در سال‌های: ۱۷۱۹، ۱۷۸۸، ۱۷۹۱، ۱۸۰۸، ۱۸۱۰، ۱۸۱۶، ۱۸۳۳، ۱۸۳۸، ۱۸۴۷، ۱۸۷۱، ۱۹۳۲، ۱۹۴۴، ۱۹۴۸، ۱۹۸۴، ۱۹۶۰، ۹-۲۰۰۸ رخ داده است.

گفتنی است که بالاترین میزان بارش طی دوره‌ی بازسازی شده، در سال ۱۷۷۳ رخ داده است که گمان می‌رود عامل عمده‌ی وقوع آن، رخداد اقلیمی النینو در این سال است. همچنین کمترین میزان بارش، در سال ۱۸۰۸ به‌وقوع پیوسته است. طول دوره‌ی خشکسالی‌های ضعیف تا بسیار شدید طی دوره‌ی بازسازی، کمابیش دو ساله است. با این

حال، طولانی‌ترین دوره‌ی خشکسالی به‌مدت ۶ سال در دهه‌ی چهارم قرن ۱۸ رخ داده است. طول دوره‌ی ترسالی‌های رخ داده به‌طور عمده یک‌ساله است و طولانی‌ترین دوره‌ی ترسالی در قرن ۲۰ (۴۰-۱۹۳۷) به‌مدت ۴ سال به‌وقوع پیوسته است.



شکل ۸. نمایش ترسالی و خشکسالی‌ها، بر اساس شاخص Z داده‌های بارش بازسازی شده

بحث و نتیجه‌گیری

منحنی رویشی درختان بلوط مازودار در رویشگاه فریادرس، روند رویشی یکسانی دارند. طول گاه‌شناسی به‌دست‌آمده از این رویشگاه ۳۰۵ سال است. با بررسی روابط و همبستگی بین گاه‌شناسی به‌دست‌آمده از بارش ماهانه‌ی اکتبر-می، مشخص شد که در دوره‌ی زمانی اکتبر-می، بارش با رویش درختان در این رویشگاه همبستگی مثبتی دارد. بارش در ماه‌های پیش از رویش با ذخیره‌شدن در خاک و جذب آن با ریشه‌های درخت، در رویش سال بعد درختان مؤثر است. در

سال‌هایی که رخداد‌های اقلیمی النینو به‌وقوع پیوسته‌اند، پهنای حلقه‌های رویشی سالانه افزایش یافته و برعکس در سال‌های لانینو، رویش درختان دچار تنش شده و حلقه‌های نازک‌تری شکل گرفته است. نتایج بازسازی نشان می‌دهد که ترسالی‌های شدید در طول دوره‌ی بازسازی، شامل سال‌های: ۱۷۲۳، ۱۷۵۶، ۱۷۷۳، ۱۷۸۱-۸۳، ۱۷۹۴، ۱۷۹۶، ۱۸۰۲، ۱۸۰۷، ۱۸۳۱، ۱۸۳۹، ۱۸۷۴، ۱۸۷۶، ۱۸۸۵، ۱۹۴۰، ۱۹۵۰، ۱۹۵۷، ۱۹۸۲ و ۱۹۹۲ هستند.

همچنین خشکسالی‌های شدید در سال‌های: ۱۷۱۹، ۱۷۸۸، ۱۷۹۱، ۱۸۰۸، ۱۸۱۰، ۱۸۱۶، ۱۸۳۳، ۱۸۳۸، ۱۸۴۷، ۱۸۷۱، ۱۹۳۲، ۱۹۴۴، ۱۹۴۸، ۱۹۶۰، ۱۹۸۴، ۱۹۶۰-۹، ۲۰۰۸ رخ داده‌اند. بالاترین میزان بارش طی دوره‌ی بازسازی شده، در سال ۱۷۷۳ رخ داده است که گمان می‌رود، وقوع رخداد اقلیمی النینو در این سال، نقش مهمی در افزایش بارش داشته است و کمترین میزان آن در سال ۱۸۰۸ به‌وقوع پیوسته است. وقوع دوره‌های خشکسالی در منطقه‌ی مورد مطالعه از نظم زمانی خاصی پیروی نمی‌کنند. طول دوره‌ی خشکسالی‌ها به‌طور معمول بیشتر از طول دوره ترسالی‌ها است. طولانی‌ترین دوره‌ی خشکسالی به‌مدت ۶ سال، در دهه‌ی چهارم قرن ۱۸ و طولانی‌ترین دوره‌ی ترسالی در قرن ۲۰ (۱۹۳۷-۴۰) به‌مدت ۴ سال روی داده است. طی سه قرن بازسازی شده، قرن ۱۸ مرطوب‌ترین شرایط را داشته است و قرن ۱۹ خشکسالی‌های شدیدتری را تجربه کرده است. دهه‌ی آخر قرن ۱۸ و دهه‌ی دوم قرن ۱۹ به‌ترتیب مرطوب‌ترین و خشک‌ترین دهه‌ها در طول دوره‌ی بازسازی در منطقه‌ی مورد مطالعه هستند. همچنین در اواخر قرن ۲۰ و اوایل قرن ۲۱ در دوره‌ی بازسازی شده، بارش به‌گونه‌ی چشمگیری کاهش یافته است.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهندس پور رضا، سازمان منابع طبیعی کرمانشاه و همچنین از آزمایشگاه پالئوکلیماتولوژی دانشکده‌ی جغرافیای دانشگاه تهران و آزمایشگاه آناتومی چوب دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران، مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌داریم.

منابع

- Abotalebi, F., 2009, **Determination of Climatic Variations Using Stable Oxygen Isotope Analyses During the Pleistocen-Holocene, Bakhtegan Lake**, M.A. Dissertation, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran.
- Amir Chakhmaghi, N., Sohrabi, H., 2010, **Evaluation of Quercus Persica Tree Rings for Dendroclimatology**, The First Iranian Conference on Natural Resources Research, Snanadaj, Iran.
- Arsalani, M., 2012, **Reconstruction of Precipitation and Temperature Variations Using Oak Tree Rings in Central Zagros**, M.A. Dissertation, University of Tehran, Faculty of Geography, Tehran, Iran.
- Azizi, GH., 2000, **El Nino and Drought – wet Periods in the Climate of Iran**, Physical Geography Research Quarterly, No. 38, PP. 71-84.
- Azizi, GH., Roshani, M., 2008, **Study of Climate Change in Southern Coastal of Caspian**

- Sea Using Man- Kendal Method**, Physical Geography Research Quarterly, No. 64, PP. 13-28.
- Balapour, SH., Jalilvand, H., Raeini, M., Asadpour, H., 2010, **Relationship between Beech Tree Rings (*Fagus Orientalis*) with Some Climatic Variables in Darabkola Forest**, Watershed Management Research Journal Pajouhesh & Sazandegi, No. 88, PP. 1-10.
- Cook, E.R., 1985, **A Time Series Analysis Approach to Tree-ring Standardization**, Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, AZ, USA.
- Esper, J., Treydte, K., Gartner, H., Neuwirth, B., 2002, **A Tree ring Reconstruction of Climatic Extreme Years Since 1427 AD for Western Central Asia**, Palaeobotanist, No. 50, PP. 141-152.
- Frits, H. C., 1976, **Tree-rings and Climate**, Academic Press, London, UK.
- Garcia- Suarez, A.M., Butler, C.J., Bailli, M.G.L., 2009, **Climate Signal in Tree-ring Chronologies in Temperature Climate: A Multi-species Approach**, Dendrochronologia, No. 27, PP. 183-198.
- Gervais, B. R., 2006, **A Three-century Record of Precipitation and Blue Oak Recruitment from the Tehachapi Mountains, Southern California, USA**, Dendrochronologia, No. 24, PP. 29-37.
- Jalilpour, B., Aliahmad, S., Shirvany, A., Khoshnevis, M., 2004. **The Pollution Effect of Persian Gulf War on the Physiological Reaction of Oak Growth (*Quercus Brantii* Var. *Persica*) in South Western of Iran**, the 4th International Iran and Russia Conference, Agriculture and Natural Resources, Shahrekord, Iran.
- Kaennel, M., Schweingruber, F.H., 2001, **Multilingual Glossary of Dendrochronology**, Translated by: D. Parsapajouh, H. R. Taghiyari., M, Faezipour., Tehran University Press.
- Karamzadeh, S., Pourbabai, H., Torkaman, J., 2010, **Dendroclimatology of *Quercus Infectoria* in Saravan Region, Gilan**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 19, No. 1, PP. 15-26.
- Khoshakhlagh, F., 1998, **Enso and Its Effects on Rainfall of Iran**, Physical Geography Research Quarterly, No. 51, PP. 121-139.
- Köse, N., Akkemik, U., Nüzhet, D.H., Ozeren, M.S., 2011, **Tree-ring Reconstructions of May–June Precipitation for Western Anatolia**, Quaternary Research, Vol. 75, No. 3, PP. 438-450.
- Liu, J., Yang, B., Chun Q., 2010, **Tree-ring Based Annual Precipitation Reconstruction Since AD 1480 in South Central Tibet**, Quaternary International, No. xxx, PP. 1-7.
- Liu, Y., Bao, G., Song, H.M., Cai, Q.F., Sun, J.Y., 2009, **Precipitation Reconstruction from Hailar Pine Tree Rings in the Hailar Region, Inner, Mongolia, China Back to 1865 AD**, Palaeo, No. 282, PP. 81-87.
- Najafi, F., Pourtahmasi, K., Karimi, A., 2010, **Dendroclimatology Investigation of *Quercus Infectoria* in the West of Iran**, The First Iranian Conference on Natural Resources Research, Sanandaj, Iran.
- Noorollahi, D., 2010, **Determination of Climatic Variations Using Oxygen Isotope Analysis of Marine Sediments During the Late Pleistocen-holocene, Bakhtegan Lake**, M.A. Dissertation, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran.

- Poursartip, L., 2009, **Comparison between the Radial Growth of Juniper of (*Juniperus Polycarpus*) and Oak (*Quercus Macranthera*) Trees in Two Side of the Alborz Mountains in Chaharbagh Region of Gorgan**, M.Sc. Dissertation, University College of Agriculture and Natural Recourses University of Tehran, Iran.
- Pourtahmasi, K., Parsapajouh, D., Mohajer, M.M. and Ali-Ahmad-Korouri, S., 2008, **Evaluation of Juniper Trees (*Juniperus Polycarpus* C. Koch) Radial Growth in Three Sites Of Iran by Using Dendrochronology**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 2, No. 16, PP. 327-342.
- Ramazani Gourabi, B., Shirzad, F., 2009, **Investigation of Drought Effect on Radial Growth of Spruces Trees in Saomehsara County, Gilan**, Physical Geography Research Quarterly, No. 67, PP. 107-117.
- Schweingruber, F.H., 1988, **Tree-rings: Basics and Applications of Dendrochronology**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Touchan, R., Akkemik, U., Hughes, M.K., Erkan, N., 2007, **May - June Precipitation Reconstruction of Southwestern Anatolia, Turkey During the Last 900 Years from Tree Rings**, Quaternary Research, No. 68, PP. 196-202.
- Touchan, R., Meko, D.M., Aloui, A., 2008, **Precipitation Reconstruction for Northwestern Tunisia from Tree Rings**, Journal of Arid Environments, No. 72, PP. 1887-1896.
- Wilson, R.J.S., Luckman, B., Esper, H., 2005, **A 500 Year Dendroclimatic Reconstruction of Spring-Summer Precipitation from the Lower Bavarian Forest Region, Germany**, International Journal of Climatology, No. 25, PP. 611-630.
- WWW.noaa.gov.
- Yueh-Hsin, L., Blanco, J. A., Seely, B., Welham, C., Kimmins, J. P., 2010, **Relationships between Climate and Tree Radial Growth in Interior British Colombia, Canada**, Forest Ecology and Management, No. 259, PP. 32-942.

Reconstruction of October-May Precipitation Variations Based on Tree Rings in Kermanshah City over the 1705-2010 Periods

Azizi GH.

Associate Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

Arsalani M. *

MA. Student of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

Yamani M.

Associate Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

Received: 26/11/2011

Accepted: 04/04/2012

Extended Abstract

Introduction

Long-term high-resolution climate proxies are essential for understanding climate variability in the region, where few long-term climate records are available. Due to cyclic variations of climate, long term climatic data for understanding of its fluctuations is necessary. One of the major problems of climatic studies in Iran is unavailability of longer useful instrumental data. Trees added annually a ring to their past annual rings in moderate climate. Annual tree rings can provide important information on long-term climate fluctuations. Trees are widespread and silent witnesses of climatic changes during their long life span which record them in their growth ring width and structure. Since annual tree rings are usually distinguishable in woody species grown in cold and temperate ecosystems, they can be used to reconstruct the past climate of different regions with annual or seasonal resolution. This paper presents a reconstruction of October-May precipitation variations in Kermanshah province using *Quercuse Infectoria* tree rings over the last 305 (1705-2010) years.

Methodology

In this study 20 cores from 10 *Quercuse Infectoria* Olive were extracted at breast height with an increment borer in Faryadras site. The cores were mounted on sample holders and after air drying, the surface of a core was prepared with razor blades and the surface contrast was enhanced with chalk. Ring widths were measured with a LINTAB5 measuring system with a resolution of 0.01 mm and all cores were cross-dated by statistical tests (sign-test and t-test) using the software package TSAP-Win. The raw ring-width series were standardized to remove biological growth trends as well as other low-frequency variations due to stand dynamics with the ARSTAN program. The residual chronology (RC) was selected to calibrate the ring-width-climate relationships. Mean monthly precipitation from prior October to current May was

provided by Kermanshah meteorological station (1951-2010) near to our sampling site. Based on a linear regression model, we reconstructed October–May precipitation for the region over the last 300 (1705-2010) years.

Results and Discussion

All *Quercus Infectoria* trees have a similar growth trend in Faryadras site. Similar growth patterns among the trees indicate that they are influenced by common environmental forcing factors. The length of the residual chronology is 305 (1705 – 2010) years. In fact this is the longest chronology for the west of Iran so far. Tree-ring widths positively respond to each month's precipitation from previous October to current May. Positive correlation between the residual chronology and previous October- March precipitation shows that monthly precipitation in this period has an important role for growing of tree rings in the next year. Correlation analysis between chronology and previous October to current May precipitation shows that the highest correlation is given to prior March and current May precipitation ($p < 0.001$). In addition, ring widths are significantly related to the total precipitation of October-May ($p < 0.001$). El Nino events have positive effect on tree-ring widths and La Nina events have negative effect on tree-ring widths. The results show that severe wet years coincided with historical El Niño events. Our reconstruction showed that last decade of 18th century and second decade of 19th century are the wettest and driest decades respectively. Wet periods occurred in 1710s, 1740s- 1890s, 1800s, 1820s. 1850s, 1890s, 1930s, 1950s, 1970s and 1980s. Dry decades occurred in 1720s, 1730s, 1810s, 1830s, 1840s, 1860s- 1880s, 1900s- 1920s, 1940s, 1960s, 1990s and 2000s.

Conclusion

We extracted 20 cores from 10 *Quercus Infectoria* trees in Faryadras site, Kermanshah. Precipitation is the major factor affecting the radial growth of *Quercus Infectoria* trees in the site. After investigation of correlation coefficients between the residual chronology and climatic data from Kermanshah meteorological station during the period 1951-2010, a linear model was used to reconstruct October-May precipitation. The results show that precipitation from prior October to current May has positive effect on tree ring widths. Severe wet years coincided with historical El Niño events and many of severe dry years controls by La Nina events. The results indicate that there is a great potential to extend the tree-ring series in length in the study area, which could provide high resolution paleoclimatic records that span the last several centuries.

Keywords: Dendroclimatology, Chronology, October-May Precipitation, Tree-rings, *Quercus Infectoria*.