جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۶
ص ۶۰۸-۵۹۹
DOI: 1010.22059/jfwp.2018.222059.801

بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی با پهنای حلقه‌های رویش سالانهٔ درختان ارس در رویشگاه کیگوران (استان لرستان)

مریم علیپور فرد[۱]، محمود رائینی سرجاز[۲*]، کامبیز پورطهماسی[۳]، مهدی نادی[۴]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴. استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۶ ، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۵

چکیده

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم کنونی، تأثیرات شگرفی بر متغیرهای اقلیمی در سراسر جهان گذاشته است. برای بررسی روند اقلیم گذشته به‌منظور شبیه‌سازی اقلیم آینده، به داده‌های درازمدت نیاز است. برای بازسازی داده‌های اقلیمی گذشته، استفاده از روش‌های دیگری همچون اقلیم‌شناسی‌درختی اجتناب‌ناپذیر است. هدف از این تحقیق تهیهٔ گاه‌شناسی درختان ارس رویشگاه کیگوران در استان لرستان و مقایسهٔ آن با متغیرهای اقلیمی منطقه است. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی اولیه توسط دستگاه LINTAB قرائت شده و همخوانی زمانی آنها با نرم‌افزار TSAP بررسی شد و گاه‌شناسی نهایی با استفاده از نرم‌افزار ARSTAN تهیه شد. از ۲۲ درخت بررسی‌شده ۱۲ درخت به‌دلیل ناهمخوانی زمانی حذف شدند. گاه‌شناسی نهایی درختان ارس برای دورهٔ سال‌های ۲۰۱٤-۱٦٥۷ میلادی به‌دست آمد که مقدار EPS در دورهٔ ۲۰۱٤-۱۹۱۰ بیش از ۰/۸۵ بود. یافته‌ها نشان داد که رابطهٔ معنی‌داری میان پهنای دایره‌های سالانهٔ رشد درختان و بارش وجود ندارد و از سوی دیگر با دمای ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس پیش از فصل رشد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که شرایط رطوبتی عامل بازدارندهٔ رشد نیست، اما در مقابل دما نقش مثبت و معنی‌داری بر رشد پهنای حلقه‌های رویشی داشته است که دلیل آن ممکن است مرتفع بودن رویشگاه و تأمین رطوبت بسیار زیاد در ارتفاعات باشد. از طرفی، ارتفاع زیاد رویشگاه و دماهای بسیار کم سبب تأمین نشدن شرایط دمایی مناسب برای شروع فعالیت‌های کامبیومی درختان در اوایل فصل رشد می‌شود. برپایهٔ یافته‌های این تحقیق می‌توان میانگین دمای قرن گذشتهٔ این رویشگاه را بازسازی کرد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم‌شناسی درختی، تطابق زمانی، دمای بیشینه، کیگوران.

مقدمه

تغییر اقلیم فرایندی پویا است که تأثیر آن بر گیاهان بیشتر از طریق افزایش دما شکل می‌گیرد. تغییرات آب‌وهوا در جهان بر رویش گونه‌های مختلف جنگلی تأثیرات متفاوتی دارد. هرگونه تغییر در عامل‌های اقلیمی، بر بوم‌سامانه‌ها[۱]، جابه‌جایی مرز قلمروهای زیستی و زیبوم‌های[۲] مختلف اثر خواهد گذاشت. مطالعات زیادی در جهان در زمینهٔ

* نویسندهٔ مسئول؛ تلفن: ۰۹۱۱۱۵۲۲۴۱۶
Email: raeini@yahoo.com

1. Ecosystems
2. Biomes

اثرهای احتمالی تغییر اقلیم بر انواع زیست‌سامانه‌ها انجام گرفته است، به‌عنوان مثال می‌توان به مطالعهٔ Flower و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد. آنها از ۹ مدل اقلیمی و ۳ سناریو برای تأثیر گرمایش جهانی بر انواع درختان کاج و دوگلاس در جنگل‌های کلمبیا استفاده کردند. نتایج نشان داد در همهٔ مدل‌ها، جابه‌جایی سریع هم از لحاظ ارتفاعی و هم از لحاظ عرض جغرافیایی در محدودهٔ رویش این درختان صورت می‌پذیرد [۱].

درخت طی فرایند فتوسنتز و حساسیت زیاد روزنه به تنش‌های محیطی می‌تواند رویدادهای آب‌وهوایی را در خود ذخیره کند. به‌کمک همخوانی الگوی رویش درختان سرپای یک منطقه و مقایسهٔ آن با دیگر درختان و حتی چوب‌های غیرزنده می‌توان به الگوی رویشی مشخصی دست یافت و از این راه اطلاعات ارزنده‌ای به‌دست آورد [۲].

تغییر پوشش گیاهی در بیشتر موارد در اثر افت‌وخیز آب‌وهوایی است که بیشترین تأثیر را بر رشد شعاعی دارند و قادرند تغییراتی را در میان گونه‌ها و رویشگاه‌ها ایجاد کنند [۳]؛ به‌طور سالیانه، توالی اقلیم مساعد و نامساعد به‌درستی در زنجیرهٔ پهنای حلقه‌های رویشی درختان ثبت می‌شود. برآوردهای اقلیمی از حلقه‌های رویشی درختان می‌تواند جانشینی برای سنجش‌های هواشناسی باشد و اطلاعات ارزشمندی برای دوره و مناطق فاقد اطلاعات هواشناسی فراهم کند [٤]. علم اقلیم‌شناسی درختی[1] با بررسی تأثیرات اقلیمی بر رشد حلقه‌های درختان، به بازسازی اطلاعات اقلیمی گذشته در دوره‌های فاقد این اطلاعات می‌پردازد.

در چند سال اخیر مطالعاتی در زمینهٔ تأثیر متغیرهای اقلیمی بر رویش حلقه‌های سالانه در ایران انجام گرفته است. پورطهماسی و همکاران (۲۰۰۸) گاه‌شناسی درختی گونهٔ ارس را در سه رویشگاه ایران بررسی کردند. نتایج، رابطهٔ شایان توجهی را بین پهنای دایره‌های رویش با عامل‌های بارندگی و دما نشان داد. مهم‌ترین این روابط، اثر مثبت معنی‌دار با بارندگی در پاییز و زمستان قبل از شروع فصل رویش جاری و در طول فصل رویش بود [۵]. نجفی و همکاران (۲۰۱۲) نیز اثر دما و بارندگی را بر حلقه‌های رویشی گونهٔ مازو در جنگل‌های بلوط کرمانشاه بررسی کردند. در این پژوهش بیشترین اثر مثبت و معنی‌دار بارندگی در ماه‌های مارس و می و بیشترین اثر منفی و معنی‌دار دما در ماه‌های ژانویه، فوریه و ژوئن مشاهده شد. آنها همچنین بیان کردند که تأثیر بارندگی بر رشد درختان بلوط بیشتر از دماست [٦]. نادی و همکاران (۲۰۱۳) در منطقهٔ چهارباغ گرگان با استفاده از بهترین روش درون‌یابی، متغیرهای دما و بارندگی ماهانه را در سایت‌های نمونه‌برداری حلقه‌های درخت برای دو گونهٔ ارس و بلوط محاسبه کردند، نتایج آنها نشان می‌دهد که مؤثرترین عامل‌های هواشناسی بر رشد درختان بلوط، اثر مثبت شاخص SPI یک‌ماههٔ ژوئن و اثر منفی دمای میانگین ماه مارس فصل رویش است. آنها همچنین بیان کردند که بارندگی ماه ژوئیهٔ فصل رویش و میانگین دمای ماه سپتامبر قبل از فصل رویش بر رشد درختان ارس این رویشگاه اثر منفی دارند [۷]. فلاح و همکاران (۲۰۱٤) نیز درختان ارس منطقهٔ شاه‌کوه شاهرود را بررسی کردند. نتایج نشان داد که مهم‌ترین عامل مؤثر بر رشد، میانگین دمای هوا در ماه مارس (اواخر زمستان) قبل از فصل رشد بوده است [۸]. در خارج از کشور، مطالعات گسترده‌تری انجام گرفته است. به‌طور مثال Touchan و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از گاه‌شناسی درختان ارس در ترکیه شاخص استاندارد بارندگی (SPI) را بازسازی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که مجموع بارندگی ماه‌های می تا جولای بیشترین همبستگی را با پهنای حلقه‌های رویش درختان دارد [۹].. Deng and Zhang (۲۰۱۵) نیز مطالعات گاه‌شناسی را روی دو گونهٔ ارس و صنوبر در شرق تبت انجام دادند. نتایج بیانگر آن است که رشد درختان ارس این منطقه با دمای اکتبر تا ژانویه همبستگی مثبت دارد [۱۰].

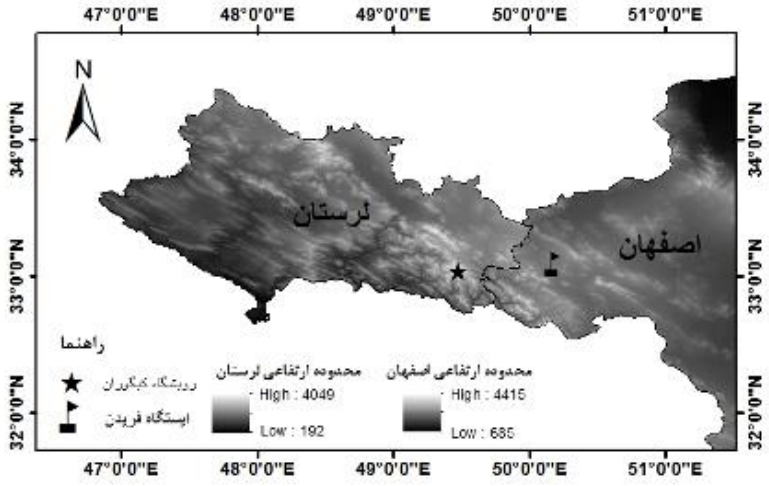
1. Dendroclimatology

wang و همکاران (۲۰۱۶) نیز به بازسازی درجهٔ حرارت با استفاده از حلقه‌های رویشی درختان ارس در شمال غرب چین پرداختند و ارتباط بسیار خوب دما با شاخص‌های رشد استاندارد درختان را مشاهده کردند (R=۰/۵۶). آنها همچنین بیان کردند که در این پژوهش، گاه‌شناسی رشد حلقه‌های درخت بیشترین ارتباط را با میانگین دمای سالانه (R=۰/۶۴) دارد [۱۱].

گونهٔ مورد مطالعه در این پژوهش ارس[1] است. ارس‌های شرق استان لرستان، در شرایط بسیار نامناسب از جمله در بسترهای کاملاً صخره‌ای و سنگ واریزه‌ای زیست می‌کنند و در حال انقراض‌اند [۱۲]. تحقیق حاضر نخستین بار گاه‌شناسی حلقه‌های رویشی درختان ارس رویشگاه کیگوران واقع در رشته‌کوه زاگرس میانی را تعیین کرده و سپس پاسخ رشد این درختان به شرایط آب‌وهوایی را بررسی و در نهایت متغیرهای هواشناسی مؤثر بر رشد درختان ارس رویشگاه را تعیین کرده است.

مواد و روش‌ها

رویشگاه مورد بررسی: منطقهٔ تحقیق، ذخیره‌گاه جنگلی کیگوران در جنوب شرقی استان لرستان است که گونهٔ کهنسال درختان ارس در آن رشد می‌کند. گونهٔ ارس درختی است که در اقلیم کوهستانی و سرد می‌روید، در حدود ارتفاعی ۷۵۰۰–۳۵۰۰ تشکیل جامعه می‌دهد که این تغییرات نسبت به عرض جغرافیایی در مناطق مختلف متفاوت است و در عرض‌های پایین خود را به ارتفاعات بالاتر می‌کشاند. ارس در ایران ازجمله درختان حفاظت‌شده به‌شمار می‌آید که قطع آن ممنوع است. اقلیم منطقهٔ تحقیق سرد و معتدل بوده و براساس گزارش سازمان منابع طبیعی استان، مقدار نزولات در عرصهٔ ذخیره‌گاه حدود ۷۲۰–۷۰۰ میلی‌متر است. طول جغرافیایی منطقهٔ تحقیق در محدودهٔ ۴۹ درجه و ۲۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۰ ثانیهٔ شرقی و عرض جغرافیایی آن، از ۳۳ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقهٔ شمالی است. ایستگاه فریدن در استان اصفهان با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱ دقیقه، مناسب‌ترین ایستگاه هواشناسی برای رویشگاه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. موقعیت محل نمونه‌برداری و ایستگاه مورد مطالعه در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۱. موقعیت رویشگاه جنگلی کیگوران واقع در استان لرستان [1]

1. Juniperus

در این پژوهش ۲۲ درخت ارس به‌صورت گزینشی براساس زیاد بودن سن، سالم بودن تنه و عدم سوختگی یا شکستگی، برای کاهش اثرهای محیطی بر رشد و تعیین دقیق اثرهای اقلیمی منطقه انتخاب شدند. به‌طور معمول از هر درخت دو نمونهٔ عمود بر هم گرفته شد، اما در بعضی از مناطق رویشگاه، به‌دلیل موقعیت مکانی نامناسب درختان، تنها یک نمونه از هر درخت برداشت شد، Woodall (۲۰۰۸) و Gartner (۱۹۹۵) نیز این موضوع را در مقالات خود توجیه کرده‌اند. آنها بیان کردند که حلقه‌های سالانهٔ دارای برون مرکز یک درخت که ناشی از گرانش باد یا دامنه‌های شیب‌دار است، سبب تشدید اختلاف بین نمونه‌های مغزی یک درخت می‌شود [۱۳، ۱٤].

نمونه‌برداری، تطابق زمانی و استاندارد کردن منحنی‌های رویش سالانه: نمونه‌برداری با استفاده از یک متهٔ نمونه‌گیر انجام گرفت. اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی با استفاده از دستگاه LINTAB ساخت شرکت Frankrinn آلمان انجام گرفت. پس از اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی، اطلاعات وارد برنامهٔ تحلیل سری‌های زمانی TSAP-win (®Rinntech, Heidelberg, Germany) شد. این برنامه قابلیت انجام دادن بسیاری از مقایسه‌ها و آزمون‌های آماری را دارد. تطابق زمانی مهم‌ترین گام قبل از تجزیه‌وتحلیل سری‌های زمانی است که توسط این نرم‌افزار محاسبه می‌شود. از جمله پارامترهای مهم برای تعیین میزان تطابق زمانی، GLK یا درصد انطباق واریانس‌هاست. حلقه‌های تشکیل‌شده در همان سال اگر روند یکسانی داشته باشند منطبق ارزیابی می‌شوند و اگر روندشان عکس هم باشد، نامنطبق ارزیابی می‌شوند. در زیر رابطهٔ کاربردی در بحث تطابق زمانی منحنی‌های رویش سالانه آورده شده است.

$$GLK = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n=1}\left|G_{xi} - G_{yi}\right| \qquad (1)$$

GLK درصد همپوشانی واریانس و G_{xi}-G_{yi} اختلاف بین مقادیر پهنای حلقه‌های رویشی در سال i نسبت به سال پیش است. مقادیر GLK معنی‌دار بودن یا معنی‌دار نبودن را از نظر آماری نشان می‌دهد. هر چه این عدد به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد معنی‌دارتر است. * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد و *** معنی‌داری در سطح ۹۹/۹ درصد را نشان می‌دهند.

با توجه به تأثیر عامل‌های غیراقلیمی مانند سن درخت و ... بر رشد حلقه‌های سالانه، باید این عامل‌ها از سری گاه‌شناسی پهنای دوایر سالانهٔ درختان حذف شود و به‌اصطلاح سری زمانی پهنای دایره‌های سالانهٔ اندازه‌گیری‌شده استاندارد شود. به‌طور معمول برای حذف گرایش‌های غیراقلیمی و استاندارد کردن سری‌های زمانی از نرم‌افزار ARSTAN استفاده می‌شود [۱۵]. ARSTAN یک برنامهٔ استانداردسازی حلقه‌های رویشی درختان، برای مدل کردن سری‌های زمانی براساس حذف گرایش‌ها و خودهمبستگی‌هاست. برای حذف گرایش‌های ذکرشده در بالا، به‌طور معمول از سه روش نمایی منفی، رگرسیون خطی و اسپلاین مکعبی[1] استفاده می‌شود.

در این تحقیق برای استاندارد کردن سری‌های زمانی حاصل از هر درخت به‌صورت جداگانه، از روش اسپلاین مکعبی با دامنهٔ ۳۰ ساله بهره برده شد. پس از آن با میانگین‌گیری از سری‌ها، گاه‌شناسی سایت تهیه شد.

تهیهٔ سری زمانی رویشگاه و محاسبهٔ آماره‌های کمّی: یکی از امور مهم در تهیهٔ سری‌های زمانی، به‌دست آوردن نمایهٔ حلقه‌های رویشی است. برنامهٔ ARSTAN گزینه‌های مختلف چگونگی این کار را فراهم می‌کند. در این نرم‌افزار نمایه یا شاخص به دو روش نسبت (تقسیم) و باقی‌مانده (تفریق) محاسبه می‌شود. در تحقیق حاضر نمایهٔ حلقه‌های رویشی با استفاده از روش نسبت محاسبه شد و همچنین از ۲۲ درخت مورد مطالعه تنها از نمونه‌های ۱۰ درخت برای ساخت سری زمانی رویشگاه استفاده شد.

1. CubicSpline

گاه‌شناسی اصلی به چند روش از جمله میانگین حسابی[1] و میانگین وزنی نیرومند[2] تهیه می‌شود [۱۶]، در تحقیق حاضر سعی شد پس از حذف گرایش‌های غیراقلیمی از سری حلقه‌های رویشی درختان ارس و استانداردسازی سری‌های زمانی، مقادیر اولیهٔ پهنای حلقه‌های رویشی بر مقادیر برآورده‌شده از مدل اسپلاین مکعبی تقسیم شده تا یک شاخص یا اندیس بدون بعد به‌دست آید؛ سپس با میانگین‌گیری به روش «میانگین وزنی نیرومند» از سری حاصله، سری زمانی رویشگاه تهیه شد. گاه‌شناسی رویشگاه به دو روش استاندارد[3] و باقی‌مانده[4] تهیه شد.

یکی از عامل‌های مهم مدنظر در اقلیم‌شناسی درختی، EPS یا «سیگنال اجتماع تفسیرشده» است. در آزمایش اطمینان گاه‌شناسی و قابل استفاده بودن یا نبودن آن در آنالیزهای اقلیم‌شناسی درختی از این مشخصه استفاده می‌شود که رابطهٔ آن در زیر آورده شده است:

$$EPS_{(t)} = \frac{tr_{bt}}{tr_{bt} + (1 - r_{bt})} \qquad (۲)$$

EPS سیگنال معرف جمعیت آماری، t تعداد گاه‌شناسی‌های انفرادی تشکیل‌دهندهٔ گاه‌شناسی میانگین و r_{bt} میانگین ضریب‌های همبستگی بین تک‌تک گاه‌شناسی‌های تشکیل‌دهندهٔ گاه‌شناسی میانگین است.

به‌منظور نشان دادن میزان نوسان‌های رویشی در درختان از ضریب و میانگین حساسیت استفاده می‌شود. هرچه عامل‌های محدودکنندهٔ رشد درختان بیشتر باشد، نوسان‌های بیشتری در حلقه‌های رویشی درختان مشاهده می‌شود. ضریب حساسیت (S_i) میزان تغییر در پهنای دوایر سالانه را در سال i و میانگین حساسیت (ms_i) میزان تغییر پهنای دایره‌های سالانه در طول سری زمانی را بیان می‌کند [۱۶]. روابط این ضریب‌ها به‌شرح زیر است:

$$S_i = \frac{2(x_i - x_{i-1})}{x_i + x_{i-1}} \qquad (۳)$$

$$ms_i = \frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n-1}\left|\frac{2(x_i - x_{i-1})}{x_i + x_{i-1}}\right| \qquad (۴)$$

X_i پهنای حلقه در سال i، x_{i-1} پهنای حلقه در سال i-1 و n تعداد حلقه‌های رویشی است.

در بررسی رابطه‌های اقلیم-رشد، انتخاب ایستگاه هواشناسی مناسب در نزدیکی محل نمونه‌برداری ضرورت دارد. براساس مطالعات صورت‌گرفته بر روی ایستگاه‌های هواشناسی اطراف محل نمونه‌برداری، مناسب‌ترین ایستگاه برای این رویشگاه، ایستگاه فریدن در استان اصفهان با طول دورهٔ آماری ۳۹ سال از سال ۱۹۷۶ تا پایان ۲۰۱۴ است. برای تعیین حد تأثیر عامل‌های اقلیمی بر گاه‌شناسی رویشگاه، همبستگی پیرسون به‌کمک نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. این همبستگی‌ها بین گاه‌شناسی تهیه‌شده و میانگین دما، میانگین بیشینه و کمینهٔ دما و مجموع بارندگی ماهانه، سالانه و فصلی محاسبه شد. همچنین به‌منظور بررسی تأثیر احتمالی شرایط آب‌وهوایی در ماه‌های قبل از شروع رشد، داده‌ها بر اساس سال هیدرولوژی (اکتبر قبل از شروع رشد- سپتامبر فصل رشد) مرتب شدند.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های کمّی منحنی رویش این درختان در جدول ۱ ارائه شده است. جدول ۲ ماتریس تطابق زمانی درختان را نشان می‌دهد. در این جدول عددهای ستون اول از سمت چپ که پررنگ‌اند، مقدار آمارهٔ (GLK) را مشخص می‌کنند و عددهای ستون دوم حاصل آزمون تی‌استیودنت هستند.

1. Arithmetic mean
2. Biweight Robust
3. Stndrd
4. Residual

جدول ۱. ویژگی‌های آماری سری زمانی پهنای دایره‌های رویش درختان ارس رویشگاه حفاظت‌شدهٔ کیگوران

کد درختان	طول دوره (سال)	سال آغازین	سال پایانی	کمینهٔ پهنای حلقه‌ها*	میانگین پهنای حلقه‌ها*	بیشینهٔ پهنای حلقه‌ها*	واریانس	انحراف معیار
Kj۱	۲۲۰	۱۷۹۵	۲۰۱۴	۲۸	۷۴/۸	۲۰۹	۹۶۸/۹	۳۱/۱
Kj۲	۱۲۳	۱۹۸۲	۲۰۱۴	۴	۱۰۳	۲۵۱	۲۹۶۱/۳	۵۴/۴
Kj۳	۲۷۰	۱۷۴۵	۲۰۱۴	۵	۴۵	۱۸۳	۸۰۴/۷	۲۸/۴
Kj۴	۱۳۹	۱۸۷۶	۲۰۱۴	۲۱	۱۰۱	۳۱۳	۲۵۹۹/۹	۵۰/۹
Kj۵	۹۵	۱۹۲۰	۲۰۱۴	۱۸	۱۴۷	۳۲۷	۴۸۸۱/۲	۶۹/۹
Kj۶	۸۹	۱۹۲۶	۲۰۱۴	۲۲	۱۵۸	۳۴۷	۴۳۷۱/۳	۶۶/۱
Kj۷	۱۶۸	۱۸۴۷	۲۰۱۴	۱۱	۱۳۰	۲۶۱	۳۵۱۵/۷	۵۹/۳
Kj۸	۳۵۸	۱۶۵۷	۲۰۱۴	۸	۶۹	۱۵۷	۱۰۵۹/۴	۳۲/۵
Kj۹	۲۲۹	۱۷۸۶	۲۰۱۴	۱۷	۱۲۱	۳۵۷	۶۴۱۰/۰	۸۰/۱
Kj۱۰	۱۱۷	۱۸۹۸	۲۰۱۴	۶۵	۲۰۷	۴۴۵	۵۳۲۸/۳	۷۲/۹

*برحسب یک‌صدم میلی‌متر

جدول ۲. ماتریس تطابق زمانی درختان در رویشگاه کیگوران استان لرستان

	Kj۲	Kj۳	Kj۴	Kj۵	Kj۶	Kj۷	Kj۸	Kj۹	Kj۱۰
Kj۱	۶۱**، ۸/۰	۶۱***، ۹/۵	۶۱**، ۷/۴	۵۷، ۴/۰	۶۴**، ۷/۳	۶۳***، ۳/۱	۶۱***، ۸/۳	۵۹**، ۸/۴	۶۶***، ۷/۸
Kj۲		۶۴**، ۶/۷	۶۳**، ۳/۹	۵۴، ۳/۷	۵۹*، ۳/۳	۶۲**، ۴/۱	۶۲**، ۶/۵	۵۹*، ۷/۳	۶۶***، ۶/۶
Kj۳			۶۷***، ۶/۴	۵۵، ۵/۴	۶۳**، ۴/۶	۶۱**، ۲/۴	۵۹**، ۷/۸	۵۶*، ۶/۹	۶۴**، ۸/۱
Kj۴				۵۹*، ۱/۸	۷۸***، ۱۳/۲	۵۸*، ۲/۱	۷۱***، ۷/۰	۵۶، ۰/۷	۶۲**، ۵/۷
Kj۵					۶۴**، ۰/۷	۵۶، ۴/۰	۶۲**، ۵/۶	۵۲، ۳/۸	۵۷، ۲/۶
Kj۶						۶۰*، ۳/۷	۷۰***، ۵/۲	۶۸***، ۲/۸	۶۵**، ۶/۱
Kj۷							۶۵***، ۳/۳	۶۳***، ۳/۱	۶۹***، ۶/۴
Kj۸								۵۶*، ۴/۷	۶۴**، ۶/۳
Kj۹									۶۶***، ۵/۸

*معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، **معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ***معنی‌داری در سطح ۱ درصد

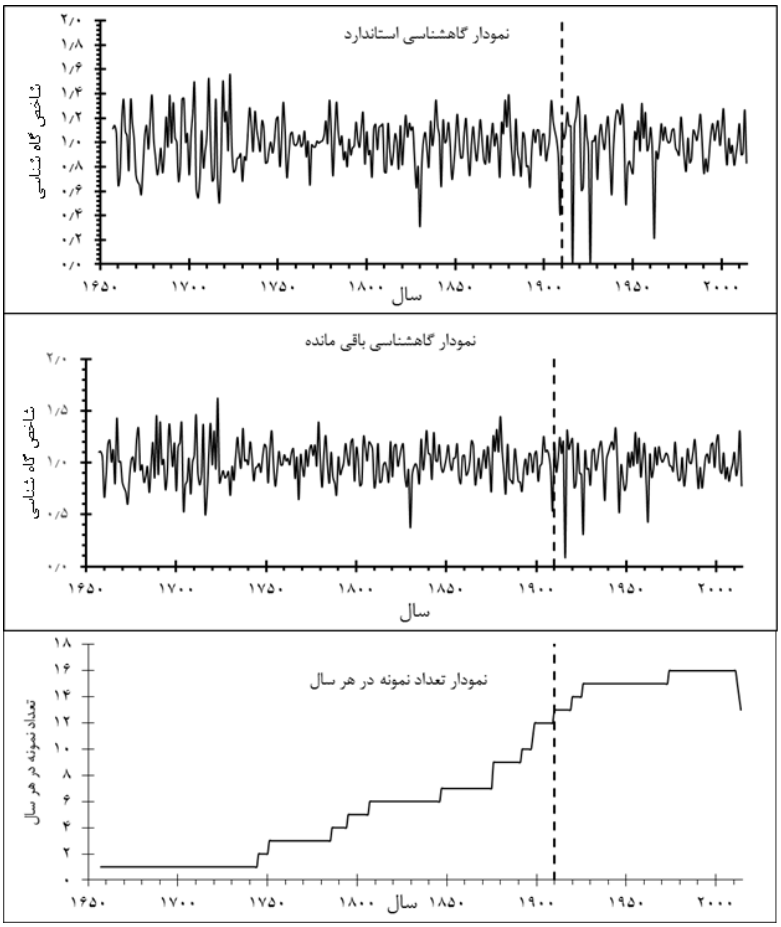
ویژگی‌های گاه‌شناسی در جدول ۳ مشاهده می‌شود. نمودارهای مربوط به گاه‌شناسی در شکل ۲ نشان داده شده است. طول گاه‌شناسی به‌دست‌آمده از این رویشگاه ۳۵۸ سال از ۱۶۵۷ تا ۲۰۱۴ میلادی است که از سال ۱۹۱۰ به بعد ضریب EPS که همبستگی بین سری‌های زمانی و تعداد سری‌ها را بیان می‌کند، به مقدار قابل‌قبول (EPS>۰/۸۵) رسید؛ بنابراین برای قبل از سال ۱۹۱۰ به‌علت عدم‌کفایت لازم تعداد نمونه‌ها، بازسازی داده‌های آب‌وهوایی قابل اعتماد نیست.

نتیجه‌های مربوط به همبستگی بین گاه‌شناسی درختان ارس با کمینه، بیشینه و میانگین دما و مجموع بارندگی ایستگاه فریدن در دورهٔ آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۶ در شکل ۳ مشاهده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد بیشترین همبستگی مربوط به میانگین دمای سه ماه اول سال (ژانویه، فوریه و مارس) بوده که در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. بررسی همبستگی بین بارش ماهانه، سالانه و فصلی با سری زمانی حلقه‌های رویش ارس، رابطهٔ معنی‌داری را نشان نداد. با اینکه در برخی از دوره‌ها همبستگی‌های بیشتری بین مجموع بارندگی و پهنای حلقه‌های رویشی مشاهده می‌شود، هیچ‌یک از آنها معنی‌دار نشد.

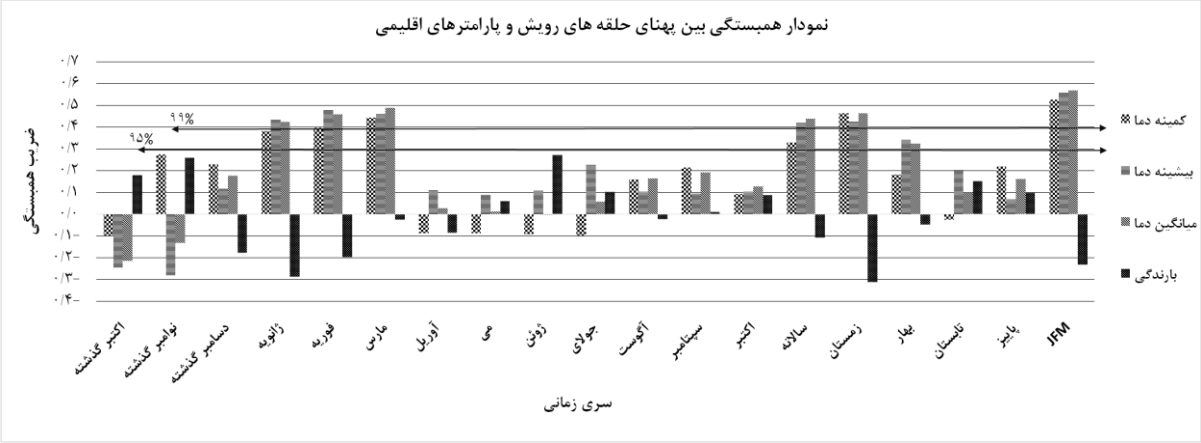
به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که رویش درختان این منطقه بیشتر متأثر از مشخصه‌های دمایی در ماه‌های قبل و حین شروع رشد است به این صورت که افزایش دما، شرایط مناسب برای شروع فعالیت کامبیومی در ابتدای دورهٔ رشد را فراهم می‌کند و در نتیجه حلقه‌های سالانه با پهنای بیشتر تولید می‌شود.

جدول ۳. ویژگی‌های گاه‌شناسی تهیه‌شده برای رویشگاه کیگوران

طول گاه‌شناسی	سال آغاز گاه‌شناسی	سال پایان گاه‌شناسی	تعداد درخت	تعداد کل نمونه‌ها	میانگین حساسیت
۳۵۸	۱۶۵۷	۲۰۱۴	۱۰	۱۶	۰/۳۴



شکل ۲. نمودار گاه‌شناسی پهنای دایره‌های رویش درختان ارس منطقهٔ کیگوران. خط‌چین عمودی آستانهٔ EPS بزرگ‌تر از ۸۵ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمودار رابطهٔ همبستگی پهنای حلقه‌های رویش و متغیرهای اقلیمی در رویشگاه کیگوران

به‌دلیل مرتفع بودن و قرارگیری در جهت رو به توده‌های هوای غالب باران‌زای غربی و وقوع بارش‌های کافی برای رشد درختان در ارتفاعات، کاهش بارش عامل محدودکنندهٔ رشد نیست. به‌علاوه ارتفاع زیاد و در نتیجه خنکی منطقه، نیاز آبی را کاهش می‌دهد؛ اما به‌نظر می‌رسد در سال‌های سردتر به‌دلیل ناکافی بودن گرمای لازم برای شروع فعالیت‌های کامبیومی، فصل رشد با تأخیر شروع شده و همچنین فراهم نشدن گرمای مکفی سبب محدود کردن رشد حلقه‌های درختان می‌شود. این مطلب را پیشتر نادی و همکاران (۲۰۱۵) در بازسازی دما در جبههٔ شمالی بخش غربی رشته‌کوه البرز نیز نشان داده‌اند [۱۷]. نادی و همکاران (۲۰۱٦) در منطقهٔ اسالم گیلان نیز نشان دادند که کاهش دمای حداکثر در اوایل دورهٔ رشد، عامل محدودکنندهٔ رشد درختان راش این منطقه است [۱۸]. پورطهماسی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند که در پاییز و زمستان پیش از فصل رویش دمای محیط در رویش درختان ارس رشته‌کوه البرز در شمال ایران اثرگذارتر از بارندگی بوده است. به‌ویژه در ماه اسفند (مارس) یعنی یک ماه پیش از آغاز فصل رویش. این مهم ناشی از اثر دمای محیط بر فعال شدن جوانه‌ها و سلول‌های بافت زاینده است که با نتایج این پژوهش نیز همسوست [۱۹]. همچنین مطالعهٔ جلیلوند و بالاپور (۲۰۱٤) نشان داد که دمای هوای ماه مارس (اوایل فصل رشد) و جولای (اواسط فصل رشد) مهم‌ترین عامل اقلیمی تأثیرگذار بر رشد قطری درختان اوری در دارمرز است [۲۰]. این‌گونه مشاهدات متفاوت، ناشی از شرایط اقلیمی مختلف و موقعیت جغرافیایی رویشگاه‌های بررسی‌شده است؛ بنابراین بررسی‌های گاه‌شناسی برای تعیین و شناخت عوامل تأثیرگذار اقلیمی بر رویش حلقه‌های سالانه در هر منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

رویشگاه بررسی‌شده، ناحیه‌ای خاص در منطقه از لحاظ ریزش‌های آسمانی است و برپایهٔ گزارش‌های ادارهٔ منابع طبیعی استان لرستان، سالانه نزدیک به ۷۰۰ میلی‌متر بارش در منطقه ثبت شده است؛ همچنین به‌دلیل ارتفاع این رویشگاه و رخداد دماهای کم، دما عامل محدودکننده است و دور از انتظار نیست که بارش تأثیر معنی‌داری بر رویش درختان ارس این منطقه نداشته باشد. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P<0/01$) حلقه‌های رشد درختان ارس این منطقه و داده‌های دما در سه ماه نخست سال میلادی (ژانویه، فوریه و مارس) می‌توان گفت درختان ارس این منطقه پتانسیل بسیار زیادی برای بازسازی دمای گذشتهٔ منطقه دارند و توصیه می‌شود ضمن افزایش تعداد نمونه‌ها و تهیهٔ گاه‌شناسی‌های جدید به بازسازی دما در این منطقه پرداخته و روند گرمایش جهانی اخیر در مقایسه با قرن‌های گذشته بررسی شود.

References

[1]. Flower, A., Murdock., T.Q., Taylor., S.W., and Zwiers, F.W. (2013). Using an ensemble of downscaled climate model projections to assess impacts of climate change on the potential distribution of spruce and Douglas-fir forests in British columbia. Environmental Science & policy, 26:63-74.

[2]. Pourtahmasi, K., Parsapajouh, D., Brauning, A., Esper, J., and Schweingruber, H.F. (2007). Climatic analysis of pointer years in Tree-ring chronologies from northern Iran and neighboring high mountain areas. GEOÖKO. 28: 27-42.

[3]. Lo, Y-H., Blanco, J.A., Seely, B., Welham, C., and Kimmins, J.P. (2010). Relationships between climate and tree radial growth in interior British Columbia, Canada. Forest Ecology and Management, 259(5): 932-942.

[4]. Fritts, H.C. (1976). Tree Rings and Climate. Academic Press, London.

[5]. Pourtahmasi, K., Parsapajouh, D., MarviMohajer, M., and Ali-Ahmad-Korouri, S. (2008). Evaluation of Juniper trees (*Juniperus polycarpos* C. Koch) radial growth in three sites of Iran by using dendrochronology. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(2): 327-342.

[6]. Najafi Harsini, F., Pourtahmasi, K., and Karimi, A.N. (2012). Dendrochronological Investigation of Radial Growth of Quercus infectoria in Kermanshah Oak Forests. Journal of Forest and Wood Products (JFWP), 65(1): 119-129.

[7]. Nadi, M., Khalili, A., Pourtahmasi, K., and 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. Journal of Forest and Wood Products (JFWP), 66(1): 83-95.

[8]. Fallah, A., Balapour, Sh., Yekekhani, M., and Jalilvand, H. (2014). Dendrochronological studies of *Juniperus polycarpos* in alborz mountains (case study: Shahkuh of shahrood). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29(1): 94-105.

[9]. Touchan, R., Funchouser, G., Hughes, M.K., and Erkan, N. (2005). Standardized precipitation index reconstructed from Turkish tree-ring widths. Climate change. 72(3): 339-353.

[10]. Deng, X., and Zhang, Q.B. (2015). Tree growth and climate sensitivity in open and closed forests of the southeastern Tibetan Plateau. Dendrochronologia, 33: 25-30.

[11]. Wang, Y., Feng, Q., and Kang, X. (2016). Tree-ring-based reconstruction of temperature variability (1445-2011) for the upper reaches of the Heihe River Basin, Northwest China. Journal of Arid Land, 8(1): 60-76.

[12]. Ali Ahmad Korori, S., Khoshnevis, M., and Matinizadeh, M. (2011). Comprehensive studies of *juniperus* species in Iran, The Technology of Natural Sustainable Ecosystems Group, Pooneh Press. Tehran.

[13]. Woodall, C.W. (2008). when is one core per tree sufficient to characterize stand attributes? Results of a *Pinus ponderosa* case study. Tree-ring research, 64(1): 55-60.

[14]. Gartner, B.C. (1995). Plant Stems: Physiology and Functional Morphology. Academic Press, London.

[15]. Cook, E.R., and Holmes, R.L. (1986). User's manual for computer programs ARSTAN. In: Holmes, R.L., Adams, R.K., and Fritts, H.C., eds., Treerings chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson, University of Arizona, Chronology Series, 6: 41-49.

[16]. Fritts, H.C. (1976). Tree rings and climate. Academic Press, London.

[17]. Nadi, M., Bazrafshan, J., Pourtahmasi, K., and Brauning, A. (2015). Two hundred year based tree-ring reconstruction of maximum temperature Koliak, Nowshahr. Iranian Journal of Soil and Water Research, 46(4): 641-652.

[18]. Nadi, M., Pourtahmasi, K., Bazrafshan, J., and Sadeghpour, M. (2016). Two century tree-ring temperature reconstruction in the western part of the Alborz Mountains. 5th Regional Conference on Climate Change. Jan.25-26, Tehran, Iran, pp. 1-12.

[19]. Pourtahmasi, K., Poursartip, L., Brauning, A., and Parsapjouh, D. (2009). Comparison between the radial growth of Juniper (Juniperus polycarpos) and Oak (Quercus macranthera) trees in two sides of the Alborz Mountains in Chaharbagh region of Gorgan. Journal of Forest and Wood Products (JFWP), 62(2): 159-169.

[20]. Jalilvand, H., and Balapour, Sh. (2014). The effect of climate on tree-ring chronologies of Oak (*Quercus macranthera*) on tree line of Hyrcanian forest. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 20(4).1-19.

The effect of climatic variables on annual tree-rings width of Persian juniper trees in Kyguran habitat of Lorestan province

M. Alipoor; M.Sc.Graduate of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R.Iran

M. Raeini Sarjaz*; Prof., Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R.Iran

K. Pourtahmasi; Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, University of Tehran, Karaj, I.R.Iran

M. Nadi; Assist. Prof., Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R.Iran

(Received: 06 December 2016, Accepted: 23 February 2017)

ABSTRACT

Recent global warming had brought harsh variations on climate variables all over the world. In order to investigate the past climate trend for predicting future climate trend, long term climate data is needed. Tree-ring data are good proxies of past climate which can be used to reconstruct the past climate. The purpose of this investigation is to develop the chronology of tree-ring width and its comparison with climate variables. Tree-ring width was measured by LINTAB table. Then, measured tree-ring width was cross dated by TSAP software. To remove age trend and preparation of final chronology, the ARSTAN software was used. 12 out of 22 tree time series were dropped out, because of insufficient matches with the other samples. The final chronology of the site was determined from 1657 to 2014, close to 358 years. However, EPS was more than 0.85 only for the period of 1910-2014. Correlation between annual tree-rings indices and monthly precipitation was not significant. While monthly mean temperatures of January, February and March had positive and significant correlations with tree-ring widths. It could be concluded that Juniperus growth is not limited by moisture conditions while higher temperatures were in favour of tree-ring growth. It seems that high elevation of habitat provides enough moisture for tree growth but on the other hand occurrence of very low temperature causing failure to provide suitable temperature condition for the start of cambium activities in the first months of growth season. Based on this finding, mean temperature of last century in this region could be reconstructed.

Keywords: Dendroclimatology, Crossdating, maximum temperature, kayguran.

* Corresponding Author, Email:raeini@yahoo.com, Tel: 09111522416