



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و دوم، شماره سوم، ۱۳۹۴

<http://jwsc.gau.ac.ir>

رابطه بین پهنای حلقه‌های سالانه درختان بلوط و شاخص‌های اقلیمی (منطقه‌ای و جهانی) در منطقه جوانرود کرمانشاه

مهدی نادى^۱، * جواد بذرافشان^۲، کامبیز پورطهماسی^۳ و فاطمه نجفی‌هرسینی^۴

^۱ استادیار گروه هواشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، استادیار گروه هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران،

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، ^۳ دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: دستیابی به داده‌های درازمدت آب و هوایی پیشنهاد بسیار از مطالعات هیدرولوژی و هواشناسی می‌باشد. اما متأسفانه متوسط دوره آماری داده‌های هواشناسی در ایران کم‌تر از ۶۰ سال است در حالی که بعضی از پدیده‌های جوی نوسانات چند صد ساله دارند. دانش اقلیم‌شناسی درختی با مطالعه ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و حلقه‌های درخت به بازسازی اقلیم گذشته می‌پردازد. اما قبل از بازسازی اقلیم توسط حلقه‌های درخت شناسایی دقیق متغیرهای آب و هوایی مؤثر بر رشد درختان امری ضروریست. به همین منظور در این پژوهش، همبستگی پهنای دواير سالانه درختان بلوط در منطقه جوانرود کرمانشاه با متغیرهای دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی بررسی شد و برای بررسی تأثیر خشکسالی بر رشد درختان از شاخص بارندگی استاندارد اصلاح شده (*SPImod*) استفاده شد. همچنین همبستگی پهنای دواير سالانه درختان با داده‌های هواشناسی جهانی نیز ترسیم گردید.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از حلقه‌های سالانه درختان بلوط گونه مازو (*Quercus Infectoria*) از جنگل‌های بلوط در جوانرود کرمانشاه استفاده شد. از داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی مجاور سایت نمونه‌برداری استفاده شد و مناسب‌ترین ایستگاه هواشناسی بر پایه بیش‌ترین همبستگی با پهنای دواير سالانه درختان تعیین گردید. سپس شاخص بارندگی استاندارد اصلاح شده در ۱۲ گام زمانی محاسبه و مناسب‌ترین گام زمانی که توجیه‌کننده بهتری از رشد درختان است تعیین شد. همچنین داده‌های شبکه جهانی نقاط (دما، بارندگی و شاخص شدت خشکسالی پالمر (*PDSI*)) در قاره‌های آسیا، اروپا، آفریقا و اقیانوسیه نیز از سایت سازمان ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده دانلود شد و ضمن بررسی الگوی همبستگی رشد درختان با نزدیک‌ترین نقاط هر یک از شبکه‌ها، نقشه معناداری ضرایب همبستگی پهنای دواير سالانه درختان با داده‌های شبکه جهانی نقاط نیز ترسیم گردید.

یافته‌ها: از نتایج اولیه همبستگی پهنای دواير سالانه درختان با داده‌های ایستگاهی، ایستگاه‌های دواير مرک و کرمانشاه به ترتیب ایستگاه‌های مناسب برای تحلیل‌های بارش و دما در منطقه انتخاب شدند. بر مبنای داده‌های ایستگاهی در همه ماه‌های سال تأثیر دمای هوا بر رشد درختان منطقه منفی است که البته تأثیر دمای حداکثر در مقایسه با دمای

* مسئول مکاتبه: jbazr@ut.ac.ir

حداقل بسیار معنادارتر بود که این نشان‌دهنده غلبه تأثیر تنش گرما بر تنش یخبندان در رشد درختان این منطقه است. دما و بارش چند ماه قبل و چند ماه بعد از شروع رشد بیش‌ترین تأثیر را بر رشد درختان داشته ولی دمای ماه شروع فصل رشد تأثیر معنی‌داری بر رشد درختان ندارد. در مورد *SPImod*، بیش‌ترین همبستگی‌ها با عرض حلقه‌های درخت، در پنجره‌های زمانی ۵ تا ۸ ماه به‌ترتیب با ماه‌های پایانی جون تا آگوست به‌دست آمد. همچنین استفاده از شاخص *SPImod* به جای داده‌های بارش باعث افزایش حداقل ۱۰ درصدی ضرایب همبستگی با پهنای دواپر درختان شد. بر مبنای داده‌های *PDSI* از شبکه جهانی نقاط مشخص شد که وضعیت مطلوب رطوبت خاک از چند ماه قبل تا انتهای دوره رشد تأثیر مثبت و معناداری بر رشد درختان منطقه دارد. تحلیل نقشه‌های معناداری ضرایب همبستگی داده‌های جهانی با پهنای دواپر سالانه نشان داد که شرایط دمایی و رطوبتی گستره بزرگی شامل کشورهای واقع در غرب کشور و خاورمیانه و همچنین بخش‌هایی از شمال‌شرق ایران همبستگی معناداری با رشد درختان این منطقه دارند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش مشخص شد که رشد درختان این منطقه بیش‌تر توسط متغیرهای رطوبتی محدود می‌شود تا متغیرهای دمایی. همچنین استفاده از شاخص *SPImod* به‌جای داده‌های بارندگی توصیه می‌گردد. به‌علاوه مشخص شد که محدوده‌های همبستگی معنادار (در مجاور منطقه مطالعاتی) به خوبی با مسیرهای نفوذ توده‌های سودانی و مدیترانه‌ای از غرب کشور و توده‌های باران‌زای وارده از شمال‌شرق کشور مطابقت دارد و می‌توان گفت درختان بلوط مازو این منطقه به خوبی می‌تواند شرایط آب و هوایی منطقه خاورمیانه را بازسازی نماید.

واژه‌های کلیدی: عرض حلقه درخت، بلوط، شاخص‌های اقلیمی، همبستگی، شبکه جهانی نقاط، کرمانشاه

مقدمه

اقلیم‌شناسی درختی^۱، به‌طورکلی، به مطالعه رابطه بین متغیرهای اقلیمی و شاخص‌های مرتبط با درختان حساس به شرایط آب و هوایی می‌پردازد که هدف نهایی آن بازسازی اقلیم گذشته و تطویل سری داده‌های هواشناسی است (9). در همه مطالعات اقلیم‌شناسی درختی، پیش از بازسازی داده‌های اقلیمی همبستگی پهنای دواپر سالانه درختان با متغیرهای مختلف آب و هوایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال واتسون و لوکمن (2004) در بازسازی بارش در رشته‌کوه‌های جنوب کانادا نشان دادند که مجموع بارندگی جولای تا آگوست بیش‌ترین همبستگی را با کروئولوژی پهنای دواپر سالانه درختان *Douglas-fir* دارد (25). در مطالعه دیگری در شمال

اسپانیا روزاس (2005) با بررسی رویش شعاعی گونه‌ای از درخت بلوط دریافت که رشد بلوط‌های جوان با دمای ماه جون دوره رشد و بلوط‌های کهنسال با دماهای فصل تابستان و زمستان محدود می‌شود (22). نایت و همکاران (2010) برای بازسازی بارش در شمال ایالت یوتا در آمریکا یک گاه‌شناسی ۲۳۰۰ ساله درخت *Douglas-fir* را توسعه دادند و به‌منظور به‌دست آوردن مؤثرترین متغیر بارش بر رشد درختان، همبستگی حلقه‌های سالانه درختان را با مقدار تجمعی بارندگی در پنجره‌های زمانی ۱ تا ۱۲ ماهه محاسبه نمودند و نتیجه گرفتند که مجموع بارش ۱۲ ماهه جولای سال قبل تا جون سال جاری بیش‌ترین تأثیر را بر رشد حلقه‌های سالانه درختان دارد (15). بونتگن و همکاران (2005) برای بازسازی دما از درخت کاج اروپایی (*Larch*) در

1- Dendroclimatology

می - جون بیش‌ترین تأثیر را بر رشد درختان این منطقه دارد (14). هه و همکاران (2013) نیز نقشه‌های مکانی همبستگی حلقه‌های سالانه درختان ارس در جنوب فلات تبت را با بارش سالانه شبکه نقاط محدوده جغرافیایی ($40^{\circ}E - 130^{\circ}E$ و $60^{\circ}N - 0^{\circ}$) مربوط به واحد پژوهش‌های اقلیمی^۵ (CRU) به‌دست آوردند (10).

در ایران، چندین مطالعه در زمینه شناسایی متغیرهای هواشناسی مؤثر بر رشد حلقه‌های درختان جنگلی انجام شده است که به‌عنوان نمونه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. پورطهماسی و همکاران (2008) الگوی رویش شعاعی درختان ارس در مناطق لاین، فیروزکوه و زنجان را با یکدیگر مقایسه کردند و دریافتند که پهنای دواير رویش درختان ارس به‌خصوص در سال‌های بحرانی روابط قابل‌توجهی با متغیرهای دما و بارش دارد (20). در پژوهش دیگری پورطهماسی و همکاران (2009) با مقایسه گاهشناسی درختان اوری (*Quercus macranthera*) و ارس شمالی (*Juniperus polycarpus*) به‌ترتیب از شیب شمالی و جنوبی رشته‌کوه‌های البرز دریافتند که درختان اوری متأثر از دمای محیط بوده در حالی‌که درختان ارس نسبت به تغییرات رطوبت حساسیت بیش‌تری دارند (21). همچنین بالاپور و همکاران (2010) با مطالعه بر روی گونه راش در دارابکلا واقع در استان مازندران به این نتیجه رسیدند که دماهای حداقل ماه‌های اکتبر و دسامبر قبل از فصل رشد و دمای حداکثر ماه آوریل فصل رشد به‌ترتیب اثرات معنادار مثبت و منفی بر رشد درختان دارند همچنین بارندگی ماه‌های مارس و سپتامبر فصل رشد اثر مثبت و معناداری بر رشد درختان دارند (3). نجفی و همکاران (2012) به بررسی تأثیر متغیرهای دما و بارش بر رویش شعاعی گونه *Quercus infectoria* در

چهار منطقه مختلف رشته‌کوه‌های آلپ استفاده کردند و دریافتند که بیش‌ترین تأثیرپذیری درختان منطقه از دمای متوسط ماه‌های جون تا آگوست است (4). شاه و همکاران (2007) با استفاده از رگرسیون متعامد خود راه‌انداز^۱ به بررسی رابطه اقلیم و رشد درختان ساج در قسمت مرکزی هند پرداختند که نتایج بررسی همبستگی‌ها نشان داد که بارش ماه‌های جون تا سپتامبر فصل رشد و ماه اکتبر قبل از فصل رشد اثر مثبت و بارندگی ژانویه و می فصل رشد اثر منفی بر رشد درختان دارند ولی در مورد دما در هیچ‌یک از ماه‌ها همبستگی معنادار به‌دست نیامد (23). برخی از پژوهشگران تأثیر خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها را بر رشد درختان مورد بررسی قرار داده‌اند. برای مثال، فنگ و همکاران (2012) دریافتند که شاخص خشکسالی پالم^۲ (PDSI) ماه‌های می - جولای ۷۱/۲ درصد از تغییرات پهنای دواير سالانه درختان کاج گونه‌های *armandidi* و *tabulaeformis* واقع در کوه‌های کنگتوگ در شمال چین را توجیه می‌کند (8). همچنین بونتگن و همکاران (2010) و توخان و همکاران (2005) نیز همبستگی عرض حلقه‌های سالانه درختان را به‌ترتیب با شاخص (PDSI) و شاخص بارندگی استاندارد^۳ (SPI) مورد بررسی قرار دادند (24, 5). در برخی از مطالعات، رابطه بین پهنای دواير سالانه درختان با داده‌های هواشناسی شبکه جهانی نقاط^۴ مورد بررسی قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، کوسه و همکاران (2011) همبستگی ۱۷ کروئولوژی درخت کاج گونه *Nigra* در غرب آنتولیا ترکیه را با داده‌های بارش مشتق شده از ۲۴۵ نقطه از شبکه نقاط در محدوده ($42^{\circ}N - 36^{\circ}$ و $34^{\circ}E - 26^{\circ}$) بررسی کردند و دریافتند که بارش‌های

- 1- Bootstrapped Orthogonal Regression
- 2- Palmer Drought Severity Index
- 3- Standardized Precipitation Index
- 4- Grid Points

کرمانشاه) در محدوده طول جغرافیایی ۳۴ درجه ۴۷ دقیقه شمالی و عرض ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۳۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. اقلیم این منطقه در سیستم دوماتن گسترش یافته نیمه‌خشک سرد است (13).

منابع داده‌های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

- کرونولوژی پهنای دواير سالانه درخت بلوط مازو (*Quercus infectoria*) توسط نجفی و همکاران (2012) تهیه شده است (18). این درخت، گونه بلوط غالب منطقه است که نسبت به تغییرات آب و هوایی حساس بوده و دیر زیستی زیادی دارد. گاه‌شناسی به‌دست آمده مربوط به دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۸۱۸ می‌باشد.

- داده‌های دما و بارش ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی منطقه که در مجموع ۷ ایستگاه (۳ ایستگاه از سازمان هواشناسی کشور و ۴ ایستگاه از وزارت نیرو) را شامل می‌شوند. (حداقل دوره آماری ایستگاه‌ها ۲۵ و حداکثر ۵۹ سال می‌باشد).

- داده‌های بارش (6)، دما (11) و شاخص شدت خشکسالی پالم (7) به‌دست آمده از شبکه جهانی نقاط مربوط به سازمان ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده^۱ (*NOAA*) در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۰ با اندازه تفکیک ($2.5\text{deg} \times 2.5\text{deg}$).

بررسی‌های اولیه داده‌های هواشناسی در ایستگاه‌های منتخب نشان داد که در برخی از ماه‌های سال، داده‌ها گزارش و ثبت نشده‌اند. برای بازسازی داده‌های مفقود در ایستگاه‌های هواشناسی از تکنیک زمین آماری وزنی عکس مربع فاصله (*IDW*) استفاده شد. موقعیت مکانی سایت نمونه‌برداری حلقه درخت به همراه ایستگاه‌های هواشناسی و نزدیک‌ترین نقاط به سایت نمونه‌برداری از شبکه جهانی نقاط در شکل ۱ نشان داده شده است.

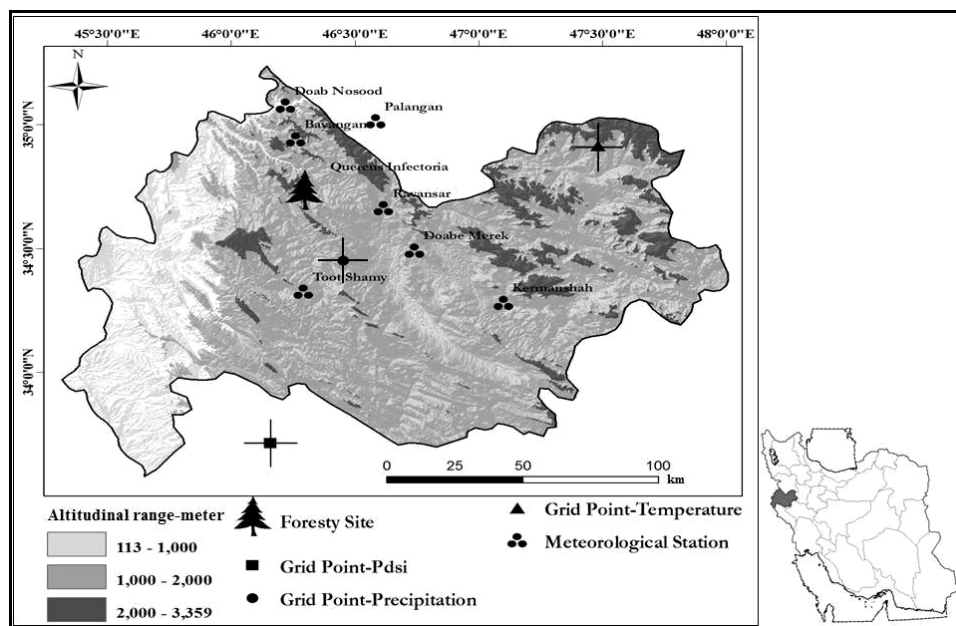
کرمانشاه پرداخته و دریافتند که به‌دلیل گرم و خشک بودن منطقه، بارندگی بیش‌تر از دما بر روی رشد درختان تأثیرگذار است (18). در پژوهش دیگری در همان منطقه عزیزی و همکاران (2013) پس از تشکیل گاه‌شناسی درختان بلوط از سه منطقه در رشته‌کوه‌های زاگرس مرکزی، گاه‌شناسی منطقه‌ای را به‌دست آورده و دریافتند که مجموع بارش ماه‌های اکتبر قبل تا می بیش‌ترین تأثیر را بر رشد درختان منطقه دارد (2). نادی و همکاران (2013) به‌دلیل نبود ایستگاه هواشناسی هم‌اقلیم با سایت نمونه‌برداری درختی در منطقه مرتفع جنگلی چهارباغ گرگان ابتدا بهترین روش درون‌یابی داده‌های دما و بارندگی ماهانه را در منطقه تعیین کردند سپس همبستگی داده‌های تولید شده با روش‌های منتخب را با پهنای دواير سالانه درختان بلوط محاسبه نموده و دریافتند که بارش‌های فصل زمستان قبل از دوره رشد و ماه جون دوره رشد اثر مثبت و معنادار بر رشد درختان بلوط این منطقه دارند (17). ارسلانی و همکاران (2012) پس از تهیه گاه‌شناسی درخت بلوط مازودار در رویشگاه فریادرس کرمانشاه دریافتند که دمای حداکثر ماه‌های قبل از فصل رشد و همچنین میانگین دمای ماه‌های می-آگوست دوره رشد اثر معکوس و معنادار بر رشد درختان این منطقه دارند (1).

در این پژوهش دو هدف کلی زیر دنبال می‌شود: الف) بررسی تأثیر شاخص‌های مختلف اقلیمی منطقه جانرود کرمانشاه بر پهنای حلقه‌های سالانه درختان بلوط ب) بررسی رابطه پهنای حلقه‌های سالانه درختان بلوط منطقه با شاخص‌های اقلیمی استخراج شده از شبکه جهانی نقاط.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها: سایت نمونه‌برداری درختی مورد مطالعه در شهرستان جانرود (استان

1- National Oceanic & Atmospheric Administration



شکل ۱- سایت نمونه بردارى حلقه های درخت، موقعیت ایستگاه های هواشناسی و نزدیک ترین نقاط از شبکه جهانی به سایت نمونه گیری حلقه درختی در استان کرمانشاه.

Figure 1. Location of tree ring sampling site, meteorological stations and nearest points of grid point network to tree sampling site in Kermanshah province.

ماهانہ نیاز دارد. بر مبنای اجزای بیلان، پارامتری تحت عنوان بارندگی مناسب برای شرایط اقلیمی منطقه محاسبه می شود که در مقایسه آن با بارندگی واقعی می توان دوره های کمبود و بیشبود را محاسبه کرد (19). در این مطالعه، از مقادیر شاخص پالمر قابل دسترس از شبکه جهانی نقاط NOAA استفاده شد.

اساس شاخص بارندگی استاندارد (SPI)، برازش یک توزیع احتمال مناسب بر سری مجموع بارندگی های ماهانه در پنجره زمانی معین است. سپس، احتمال عدم تجاوز مقادیر بارندگی از روی تابع توزیع تجمعی مناسب تعیین و احتمال به دست آمده از این طریق به متغیر تصادفی نرمال استاندارد (یعنی، SPI) تبدیل می شود (16). در نسخه تعدیل شده SPI که توسط کائو و گووین داراجو (2010) توسعه یافت و شاخص بارندگی استاندارد تعدیل شده (SPImod) نامیده شد، ماه پایانی یک پنجره زمانی نیز در محاسبه SPI مهم است، بدین معنا که اگر یک

روش مطالعه: فصل رشد درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه تقریباً از ماه آوریل شروع شده و در ماه سپتامبر به اتمام می رسد. با توجه به تأثیرگذاری احتمالی عوامل هواشناسی در ماه های قبل از فصل رشد، متغیرهای هواشناسی به صورت سپتامبر قبل از دوره رشد تا سپتامبر دوره رشد مرتب شدند. در این پژوهش همبستگی پهنای دوایر سالانه درختان با متغیرهای دما و بارش ایستگاه های هواشناسی و نقاط شبکه محاسبه گردید. به علاوه، تأثیر خشکسالی و ترسالی ها بر رشد درختان نیز با استفاده از دو شاخص خشکسالی، یکی، شاخص بارندگی استاندارد اصلاح شده (SPImod) (12) و دیگری، شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI) (19) مورد بررسی قرار گرفت.

شاخص خشکسالی پالمر مبتنی بر یک مدل بیلان آب خاک دو لایه است و برای محاسبه اجزای معادله بیلان به داده های بلندمدت بارندگی و دمای هوای

پنجره زمانی مانند پنجره سه ماهه انتخاب شده باشد، نسخه اولیه SPI بدون توجه به ماه پایانی، برازش توزیع‌های آماری را بر کل سری زمانی مجموع بارندگی در پنجره سه ماهه بررسی می‌کند، اما در نسخه تعدیل شده با ۱۲ سری زمانی سه ماهه (هر یک از سری‌ها به یک ماه معین از سال ختم می‌شود) مواجه هستیم که لازم است برازش توزیع بر هر یک از آن‌ها به‌طور مجزا صورت گیرد (12).

برای استفاده از داده‌های شبکه جهانی نقاط، پس از دانلود آن‌ها توسط برنامه NetCdf، تحت نرم‌افزار Excel بازخوانی شدند. به دلیل حجم اطلاعات، با برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab داده‌ها برای هر نقطه از شبکه به صورت ماهانه مرتب شدند. سپس، همبستگی پهنای دوایر سالانه درختان منطقه با متغیرهای ماهانه، فصلی و سالانه دما، بارش و شاخص PDSI در همه نقاط شبکه واقع در قاره‌های آسیا، اروپا، آفریقا و اقیانوسیه محاسبه شد. در نهایت، به منظور تفسیر بهتر نتایج منطقه‌ای، نقشه ضرایب همبستگی در گستره خشکی‌های کره زمین با روش وزنی عکس مربع فاصله در نرم‌افزار ARC GIS ترسیم گردید.

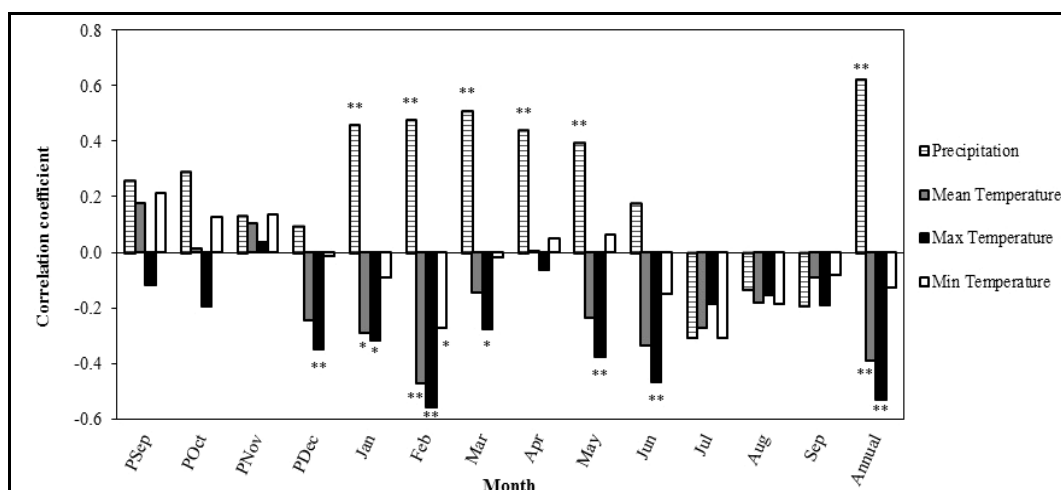
نتایج و بحث

تحلیل همبستگی عرض حلقه‌های درخت با شاخص‌های اقلیمی منطقه: در این مطالعه، همبستگی بین پهنای دوایر سالانه درختان بلوط منطقه با شاخص‌های اقلیمی ماهانه مربوط به هفت ایستگاه مجاور سایت نمونه‌برداری حلقه‌های درختان محاسبه شد تا اولاً ایستگاه هواشناسی معرفی سایت نمونه‌برداری حلقه‌های درختان مشخص شود و ثانیاً تحلیل‌های همبستگی عرض حلقه‌های درختان و شاخص‌های اقلیمی منطقه‌ای به کمک داده‌های ایستگاه معرفی ارائه شود.

بررسی ضرایب همبستگی بین پهنای دوایر سالانه درختان بلوط منطقه با شاخص‌های اقلیمی ماهانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که در مورد داده‌های بارش، ایستگاه دوایر مرک و در مورد داده‌های دما، ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، که به ترتیب در ۴۰ و ۷۰ کیلومتری جنوب شرقی سایت نمونه‌برداری قرار دارند، بالاترین همبستگی را با پهنای دوایر سالانه درختان دارند. بنابراین این دو ایستگاه به عنوان نقاط زمینی مرجع برای مطالعات اقلیم‌شناسی درختی استفاده شدند. ضرایب همبستگی پهنای دوایر سالانه درختان با داده‌های دما و بارش دو ایستگاه مذکور در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل نام‌برده، بارش ماه‌های قبل از شروع فصل رشد و همچنین ماه‌های آوریل و مه دوره رشد تأثیر مثبت و معناداری بر رشد درختان منطقه دارند. به علاوه، بارش سالانه (مجموع بارش اکتبر قبل از فصل رشد تا سپتامبر فصل رشد) تأثیر بسیار معناداری بر رشد درختان دارد. در مورد تأثیر دما بر رشد درختان ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که تأثیر آن بر رشد درختان این منطقه در بیش‌تر موارد منفی می‌باشد. البته تأثیر دمای حداکثر از دمای میانگین و دمای حداقل بیش‌تر بوده و می‌توان گفت که تقریباً دمای حداقل در هیچ‌یک از موارد اثر معناداری بر رشد درختان منطقه ندارد. همچنین معنادار بودن دمای میانگین در بعضی از موارد به دلیل غلبه اثر دمای حداکثر بر دمای حداقل بوده است. بنابراین در مورد داده‌های دما می‌توان به جرأت عنوان کرد که تنها دمای حداکثر بر رشد درختان این منطقه تأثیر معنادار دارد که دلیل آن را می‌توان در هم‌زمانی وقوع دمای حداکثر در اوایل بعد از ظهر و اوج فوتوسنتز و تبخیر- تعرق دانست که کاهش آن منجر به کاهش تنش حرارتی، باز ماندن بیش‌تر روزنه‌ها و در نتیجه، فوتوسنتز و عملکرد بیش‌تر درختان می‌شود. تأثیر

تأثير معنادارى بر رشد درختان ندارد. میانگین سالانه دمای حداکثر این منطقه تأثیر منفی معنادار بر رشد درختان بلوط دارد.

دمای حداکثر در ماه‌های مه و جون و ماه‌های قبل از فصل رشد (ژانویه تا مارس) بر رشد درختان منطقه، معکوس و معنی‌دار است ولی در ماه آغازین فصل رشد (آوریل) و همچنین ماه‌های پایانی دوره رشد

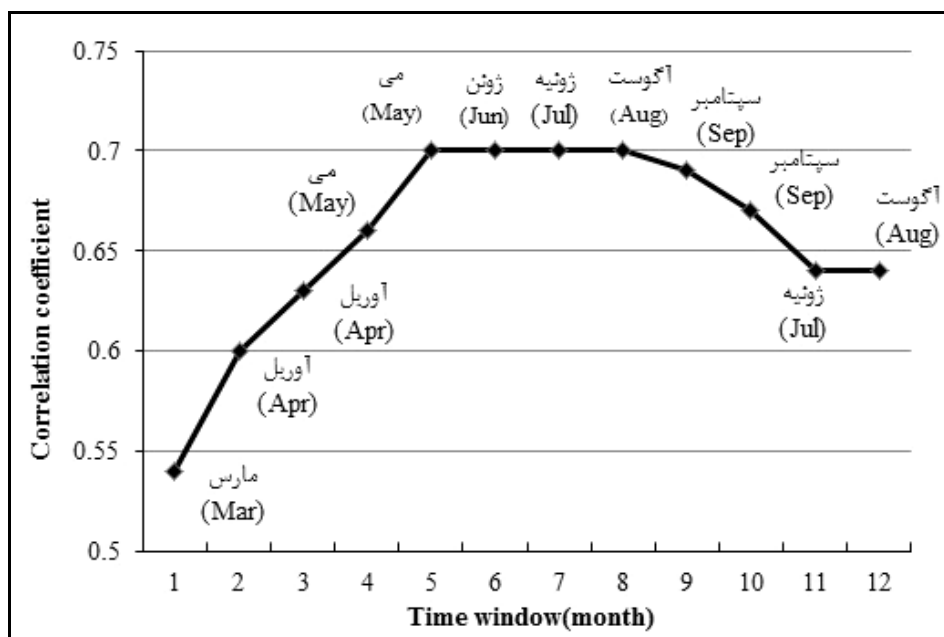


شکل ۲- ضرایب همبستگی پهنای دوائر درختان با متغیرهای بارش (ایستگاه دوآب مرک) و دما (ایستگاه کرمانشاه). * معنادار در سطح احتمال ۹۵ درصد و ** معنادار در سطح احتمال ۹۹ درصد.

Figure 2. Correlation coefficients of tree ring and precipitation (Doabe Merak station) and temperature (Kermanshah station). * (Significant at $P<0.05$), ** (Significant at $P<0.01$).

ضریب همبستگی بین SPI و عرض حلقه‌های درخت برابر ۰/۶ با ماه پایانی آوریل است. یعنی SPI مبتنی بر مجموع بارندگی‌های مارس و آوریل بالاترین همبستگی را با عرض حلقه‌های درخت داشته‌اند. نکته قابل‌توجه از شکل ۳ آن است که شاخص‌های بارش استاندارد در پنجره زمانی ۵ ماهه ماه پایانی می، ۶ ماهه ماه پایانی جون، ۷ ماهه ماه پایانی جولای و ۸ ماهه با ماه پایانی اوت بیش‌ترین تأثیر را بر رشد درختان مازو در این منطقه دارند. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که مجموع بارش حداقل ۵ ماه و حداکثر ۸ ماه متوالی (شروع از فصل زمستان (ماه ژانویه))، بیش‌ترین تأثیر مثبت و معنادار را بر رشد درختان بلند مازو در این منطقه دارند.

به‌منظور بررسی اثر خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها بر رشد درختان مازو، شاخص SPI در ۱۲ پنجره زمانی شامل ۱ تا ۱۲ ماهه بر مبنای سری زمانی بارندگی ماهانه ایستگاه هواشناسی دوآب مرک (ایستگاه معرف) محاسبه شد. سپس همبستگی پهنای دوائر سالانه درختان با مقادیر SPI در هر یک از پنجره زمانی با ماه‌های پایانی مختلف تعیین گردید. در هر پنجره زمانی، ماهی که توجیه‌کننده بهتری از رشد حلقه‌های درخت باشد (همبستگی بالاتری با عرض حلقه‌ها داشته باشد) تعیین گردید. شکل ۳ ضریب همبستگی مربوط به ماه دارای بالاترین همبستگی را با عرض حلقه‌های درخت داشته است در هر یک از پنجره‌های زمانی ۱۲ گانه نشان می‌دهد. برای مثال با توجه به شکل ۴ در پنجره زمانی ۲ ماهه حداکثر

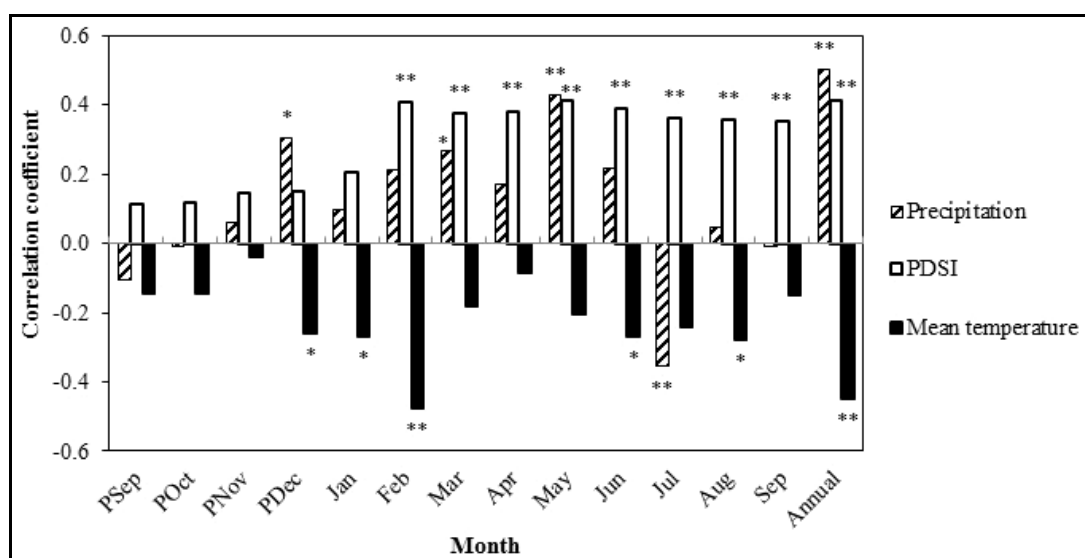


شکل ۳- حداکثر ضریب همبستگی به دست آمده در هر پنجره زمانی همراه با ماه پایانی آن.

Figure 3. Maximum correlation coefficient of tree ring and SPI in each time scale in its final month.

بارش نسبت به داده‌های دما دانست. به هر حال، در هر دو مورد، مجموع بارش سالانه در مقایسه با بارش‌های ماهانه، بیش‌ترین همبستگی را با پهنای دوایر سالانه درختان دارد. اما در مورد شاخص سختی خشکسالی پالمر که بیانی از رطوبت خاک است، نتایج نشان داد که شرایط رطوبت خاک ماه‌های قبل از فصل رشد تا انتهای فصل اثر مثبت و معنادار بر رشد درختان منطقه دارد. به‌علاوه، متوسط سالانه PDSI (یعنی، متوسط مقادیر PDSI ماه‌های اکتبر قبل از فصل رشد تا سپتامبر فصل رشد) بیش‌ترین همبستگی را با عرض حلقه‌های رشد درختان این منطقه دارد.

تحلیل همبستگی عرض حلقه‌های درختان منطقه با شاخص‌های اقلیمی شبکه جهانی نقاط: ضرایب همبستگی پهنای دوایر سالانه درختان با متغیرهای دما، بارش و شاخص PDSI حاصل از نزدیک‌ترین نقطه از شبکه جهانی نقاط (که در شکل ۱ نشان داده شده است) در شکل ۴ ترسیم شده است. بررسی این شکل نشان می‌دهد که در مورد داده‌های دمای میانگین ماهانه، الگوی تغییرات ضرایب همبستگی کاملاً شبیه ایستگاه هواشناسی کرمانشاه است. اما در مورد بارش، الگوی ضرایب همبستگی شباهت کم‌تری به ایستگاه دوا آب مرک دارد که دلیل آن را می‌توان در تغییرات مکانی شدید داده‌های



شكل ۴- همبستگى پهنای دواير سالانه درختان با متغیرهای دما، بارش و PSDI بر مبنای شبکه جهانی نقاط. * معنادار در سطح احتمال ۹۵ درصد و ** معنادار در سطح احتمال ۹۹ درصد.

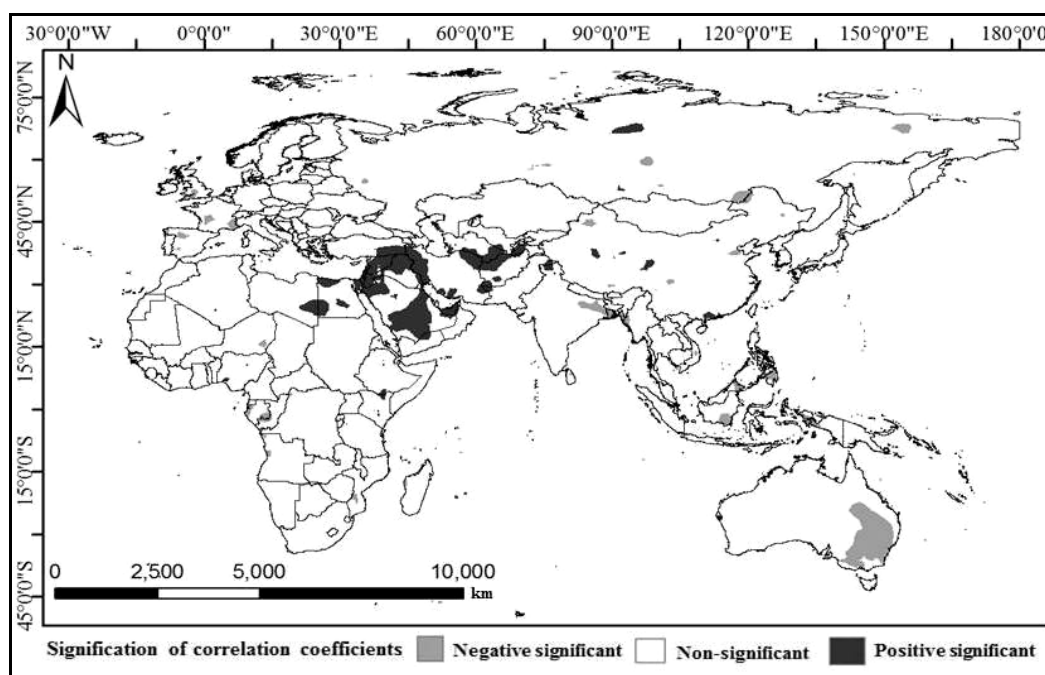
Figure 4. Correlation of tree ring and temperature, precipitation and PDSI based on grid point network data. * (Significant at $P<0.05$), ** (Significant at $P<0.01$).

دریافت که وقوع بارش در کشورهای واقع در جنوب غربی و غرب ایران مانند عربستان، منطقه خاورمیانه و بخش های از جنوب غرب ترکیه و همچنین بخش هایی از کشورهای واقع در شمال شرق ایران مانند شمال افغانستان و جنوب ترکمنستان اثر مثبت و معناداری در رشد درختان منطقه دارند. این به خوبی، سیستم های هواشناسی تأثیرگذار بر منطقه را سیستم های سودانی و مدیترانه ای در غرب و سیستم سیبری را در شرق ایران معرفی می کند. همچنین در این نقشه یک منطقه با همبستگی منفی و معنادار در جنوب شرق استرالیا دیده می شود به طوری که وقوع شرایط کاهش بارندگی در این منطقه مقارن با افزایش پهنای دواير سالانه در منطقه کرمانشاه خواهد بود. گرچه با توجه به فاصله بسیار زیاد منطقه مورد مطالعه از قاره استرالیا، یک دلیل محکم سینوپتیکی برای پدیده فوق نمی توان ارائه کرد اما ترسیم نقشه های ضرایب همبستگی بارش

در این پژوهش به منظور بررسی شرایط اقلیمی مؤثر بر رشد درختان منطقه و تعیین شباهت اقلیمی نواحی مختلف دنیا با منطقه جوانرود کرمانشاه، همبستگی پهنای دواير سالانه درختان منطقه با متغیرهای ماهانه، فصلی و سالانه (سپتامبر قبل از فصل رشد تا سپتامبر فصل رشد) دما، بارش و شاخص سختی خشکسالی پالمر تمامی نقاط شبکه واقع در قاره های آسیا، اروپا، آفریقا و اقیانوسیه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در شکل های ۵ تا ۸ نشان داده شده است. در تمامی نقشه ها ضرایب همبستگی در سه گروه طبقه بندی شدند که گروه های اول و سوم به ترتیب ضرایب همبستگی معنادار منفی و مثبت در سطح ۹۵٪ را نشان می دهند ولی گروه دوم ضرایب همبستگی غیر معنادار در سطح احتمال نام برده را بیان می کنند. شکل ۵ تغییرات ضرایب همبستگی داده های بارش سالانه را با پهنای دواير سالانه نشان می دهد که با دقت در آن می توان

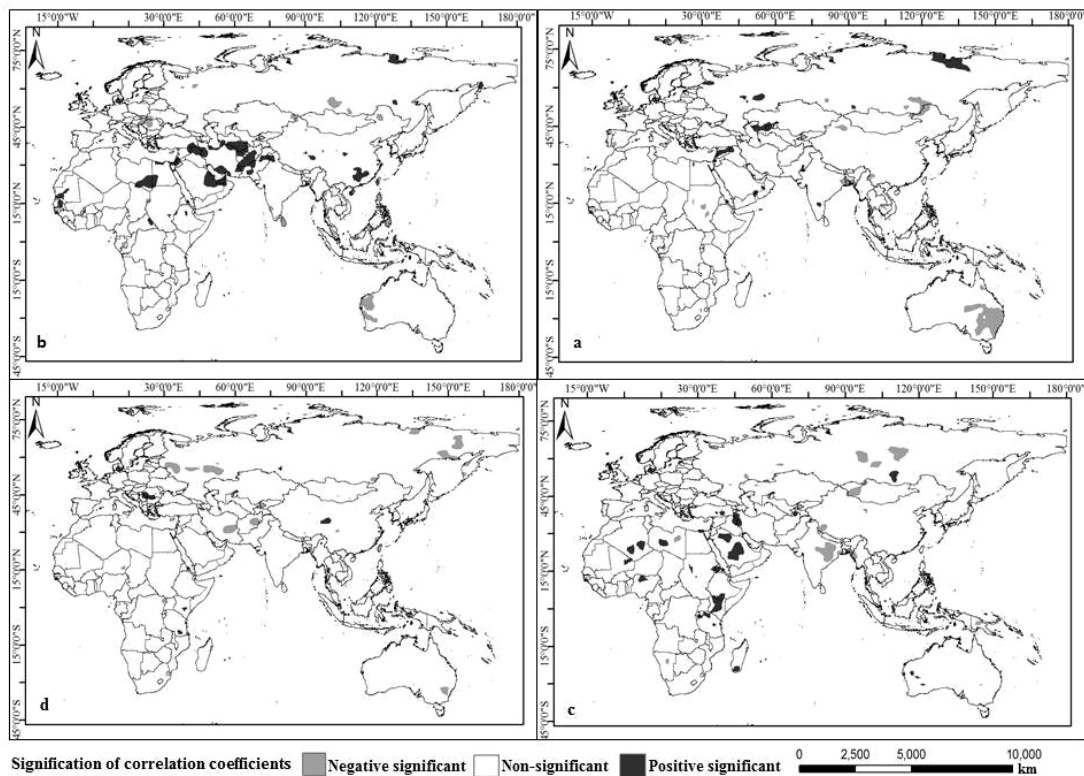
با این تفاوت که تطابق آن با کشورهای جنوب‌غربی منطقه ضعیف‌تر است. الگوی تغییرات مکانی ضرایب همبستگی دمای سالانه با پهنای دایر سالانه درختان همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است به صورت شرقی- غربی بوده و از سمت غرب با همه کشورهای خاورمیانه و بخش‌هایی از الجزایر و از سمت شرق با بخش‌هایی از شرق افغانستان، پاکستان و غرب چین به صورت یک نوار افقی همبستگی معنادار و منفی دارد. به عبارتی کاهش دمای سالانه در این مناطق باعث اثر مثبت بر رشد درختان منطقه جانرود کرمانشاه می‌گردد.

فصلی (شکل ۶) نشان داد که افزایش پهنای دایر درختان تنها با کاهش معنادار بارش فصل پاییز در جنوب شرق استرالیا همبستگی معنادار دارد. این در حالی است که بنا بر نتایج حاصله از شکل ۲، بارش فصل پاییز قبل از فصل رشد منطقه مورد بررسی هیچ‌گونه رابطه معناداری با عرض حلقه‌های سالانه درختان منطقه ندارد. بنابراین اثر معکوس و معنادار بارش سالانه جنوب شرق استرالیا بر رشد درختان کرمانشاه اساساً پشتوانه منطقی به همراه ندارد. الگوی تغییرات مکانی ضرایب همبستگی پهنای دایر سالانه درختان با شاخص PDSI (شکل ۷) تقریباً شبیه الگوی ضرایب همبستگی داده‌های بارش بوده



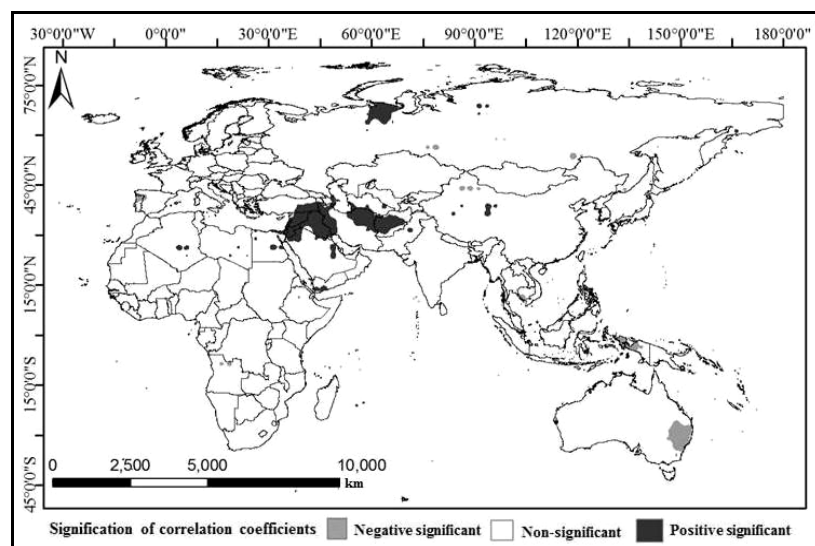
شکل ۵- تغییرات مکانی معناداری ضرایب همبستگی پهنای دایر سالانه درختان با بارش سالانه در سطح احتمال ۹۵ درصد.

Figure 5. Spatial variation of significant correlation coefficients of tree ring and annual precipitation at P<95%.



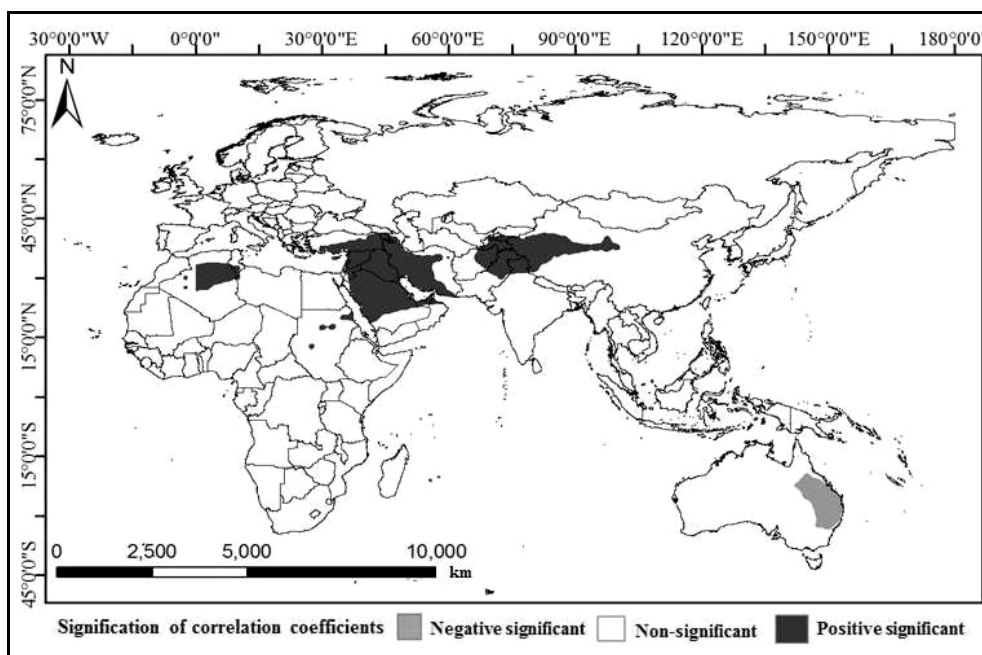
شکل ۶- تغییرات مکانی معناداری ضرایب همبستگی پهنای دوار سالانه درختان با بارش فصلی در سطح احتمال ۹۵ درصد. (a) پائیز (b) زمستان (c) بهار (d) تابستان.

Figure 6. Spatial variation of significant correlation coefficients of tree ring and seasonal precipitation at $P < 95\%$. a) Autumn b) Winter c) Spring d) Summer.



شکل ۷- تغییرات مکانی معناداری ضرایب همبستگی پهنای دوار سالانه درختان با شاخص PDSI سالانه در سطح احتمال ۹۵ درصد.

Figure 7. Spatial variations of correlation coefficients of tree ring and annual PDSI at $P < 95\%$.



شکل ۸- تغییرات مکانی معناداری ضرایب همبستگی پهنای دایر سالانه درختان با میانگین سالانه دما در سطح احتمال ۹۵ درصد.

Figure 8. Spatial variations of correlation coefficients of tree ring and mean annual temperature at $P < 95\%$.

معناداری منفی و مثبت بر رشد درختان منطقه دارند که در مورد داده‌های بارش دلیل آن ذخیره آب در ماه‌های قبل از فصل رشد و تأمین رطوبت کافی در ماه‌های فصل رشد است اما اثر معکوس و معنادار دمای حداکثر در ماه‌های قبل از فصل رشد دلیل فیزیولوژیک به همراه ندارد. برای همین منظور همبستگی دمای حداکثر و بارش در ماه‌های قبل از فصل رشد محاسبه شد و $-0/43$ به دست آمد که در سطح اطمینان $0/99$ معنادار است. بنابراین می‌توان گفت اثر معکوس و معنادار دمای حداکثر ماه‌های قبل از فصل رشد به دلیل وجود بارندگی بیش از حد نرمال در ماه‌های نام‌برده است اما در مورد ماه‌های بعد از شروع دوره رشد افزایش دمای حداکثر منجر به افزایش تنش حرارتی و رطوبتی می‌شود. اما در مورد ماه شروع رشد (آوریل) ظاهراً شرایط هواشناسی اثر معناداری بر رشد درختان ندارد. نتایج بخش دما و بارش ایستگاه‌ها تا حدودی با نتایج عزیززی و

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور تعیین مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی مؤثر بر رشد درختان بلوط مازو در منطقه جوانرود کرمانشاه، از روش تحلیل همبستگی پهنای دایر سالانه درختان با متغیرهای دما، بارندگی و شاخص‌های خشکسالی مستخرج از شبکه جهانی نقاط و ایستگاه‌های هواشناسی منطقه استفاده گردید. به‌علاوه ضریب همبستگی پهنای دایر سالانه درختان با متغیرهای هواشناسی نقاط شبکه محاسبه و نقشه‌های الگوی وابستگی ترسیم گردید.

بررسی نتایج حاصل از همبستگی ایستگاهی نشان داد که در بین متغیرهای دمایی، دمای حداکثر بیش‌ترین تأثیر و دمای حداقل تقریباً در همه ماه‌ها تأثیری بر رشد درختان ندارد. که این نشان‌دهنده غلبه اثر تنش حرارتی بر تنش یخبندان در رشد درختان منطقه است. همچنین نتایج نشان داد دمای حداکثر و بارش چند ماه قبل و بعد از دوره رشد به ترتیب اثر

مدیترانه و توده‌های باران‌زای وارده از شمال‌شرق کشور بیش‌ترین تأثیر را در رشد درختان منطقه دارند و همچنین می‌توان گفت رشد درختان این منطقه همبستگی معناداری با شرایط هواشناسی کشورهای خاورمیانه، بخش‌هایی از شمال آفریقا و همچنین شمال‌شرق ایران و بخش‌هایی از افغانستان، پاکستان و غرب چین دارد که البته برای اطمینان بیش‌تر از این نتایج می‌توان پس از بازسازی متغیرهای دما و بارش سالانه در این منطقه، نتایج بازسازی را با نتایج پژوهشگران در مناطق نام‌برده مقایسه نمود و به الگوی بهتری از مناطق مشابه با منطقه مورد مطالعه دست یافت.

همکاران (2013) و ارسلانی و همکاران (2012) در این منطقه مطابقت دارد (1, 2). بررسی تأثیر رطوبت خاک (شاخص PDSI) بر رشد پهنای دوایر سالانه درختان منطقه نشان داد که رطوبت ماه‌های قبل و کل دوره رشد اثر معناداری بر رشد درختان منطقه دارند. در بخش بررسی همبستگی پهنای دوایر سالانه درختان با شاخص SPI نتایج نشان دادند که اولاً استفاده از شاخص SPI به جای بارش سالانه باعث افزایش در حدود ۰/۱ ضریب همبستگی می‌شود. به‌علاوه شاخص SPI ۵ تا ۸ ماهه به‌ترتیب با ماه‌های پایانی می تا آگوست بیش‌ترین همبستگی را با پهنای دوایر سالانه دارند. در مورد الگوهای هواشناسی مؤثر بر رشد درختان می‌توان گفت که توده‌های سودانی و

منابع

1. Arsalani, M., Azizi, Gh., and Khosh Akhlagh, F. 2012. Reconstruction of maximum temperature variations in Kermanshah province using tree rings. *J. Geograph. Environ. Hazards*. 1: 1. 97-110. (In Persian)
2. Azizi, Gh., Arsalani, M., Bräuning, A., and Moghimi, E. 2013. Precipitation variations in the central Zagros Mountains (Iran) since A.D. 1840 based on oak tree rings. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 386: 96-103.
3. Balapour, Sh., Jalilvand, H., Raeini, M., and Asadpour, H. 2010. Relationship between tree rings of Beech (*Fagus orientalis*) with some climatic variables in experimental forest of Natural Resources Faculty (Darabcola). *Water. Manage. Res. J. (Pajouhesh & Sazandegi)*. 88: 1-10. (In Persian)
4. Büntgen, U., Esper, J., Frank, D.C., Nicolussi, K., and Schmidhalter, M. 2005. A 1052-year tree-ring proxy for Alpine summer temperatures. *Climate Dynamics*. 25: 141-153.
5. Büntgen, U., Trouet, V., Frank, D., Leuschner, H.H., Friedrichs, D., Luterbacher, J., and Esper, J. 2010. Tree-ring indicators of German summer drought over the last millennium. *Quaternary Science Reviews*. 29: 1005-1016.
6. Chen, M., Xie, P., Janowiak, J.E., and Arkin, P.A. 2002. Global Land Precipitation: A 50-yr Monthly Analysis Based on Gauge Observations. *J. Hydrometeorol*. 3: 249-266.
7. Dai, A., Trenberth, K.E., and Qian, T. 2004. A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002. Relationship with soil moisture and effects of surface warming. *J. Hydrometeorol*. 5: 1117-1130.
8. Fang, K., Gou, X., Chen, F., Liu, C., Davi, N., Li, J., Zhao, Z., and Li, Y. 2012. Tree-ring based reconstruction of drought variability (1615-2009) in the Kongtong Mountain area, northern China. *Global and Planetary Change*. 80-81: 190-197.
9. Fritts, H.C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic press. University of Arizona. Tucson. 567p.
10. He, M., Bao, Y., Bräuning, A., Wang, J., and Wang, Zh. 2013. Tree-ring derived millennial precipitation record for the south-central Tibetan Plateau and its possible driving mechanism. *The Holocene*. 23: 1. 36-45.

11. Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A., and Reynolds, R. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 77: 437-471.
12. Kao, Sh., and Govindaraju, R. 2010. A copula-based joint deficit index for droughts. *J. Hydrol.* 380: 121-134.
13. Khalili, A. 1997. Integrated water plan of Iran. Vol. 4: Meteorological studies. Ministry of power. Iran.
14. Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H.N., and Özeren, M.S. 2011. Tree-ring reconstructions of May-June precipitation for western Anatolia. *Quaternary Research.* 75: 438-450.
15. Knight, T.A., Meko, D.M., and Baisan, C.H. 2010. A bimillennial-length tree-ring reconstruction of precipitation for the Tavaputs Plateau, Northeastern Utah. *Quaternary Research.* 73: 107-117.
16. McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and duration to Time Scales. Eighth Conference on Applied Climatology. January. 17-22. Boston, USA. Pp: 179-184.
17. Nadi, M., Khalili, A., Pourtahmasi, K., and Bazrafshan, J. 2013. Comparison of Various Interpolation Techniques of Climatic Data for Determining the Most Important Factors Affecting the Trees Growth at the Elevated Areas of Chaharbagh, Gorgan. *J. For. Wood Prod.* 66: 1. 83-95. (In Persian)
18. Najafi Harsini, F., Pourtahmasi, K., and Karimi, A.N. 2012. Dendrochronological Investigation of Radial Growth of *Quercus infectoria* in Kermanshah Oak Forests. *J. For. Wood Prod.* 65: 1. 119-129. (In Persian)
19. Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought. Research paper No. 45, U.S. Dep. of Commerce, Weather Bureau, Washington. Pp: 1-59.
20. Pourtahmasi, K., Parsapajouh, D., Marvi Mohajer, M., and Korouri, A.A. 2008. Evaluation of Juniper trees (*Juniperus polycarpus* C. Koch) radial growth in three sites of Iran by using dendrochronology. *Iran. J. For. Pop. Res.* 16: 2. 327-342. (In Persian)
21. Pourtahmasi, K., Poursartip, L., Bräuning, A., and Parsapajouh, 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. *J. For. Wood Prod.* 62: 2. 159-169. (In Persian)
22. Rozas, V. 2005. Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: establishment patterns and the management history. *Annals of forest science.* 62: 3. 209-218.
23. Shah, S.K., Bhattacharyya, A., and Chaudhary, V. 2007. Reconstruction of June-September precipitation based on tree-ring data of teak (*Tectona grandis* L.) from Hoshangabad, Madhya Pradesh, India. *Dendrochronologia.* 25: 57-64.
24. Touchan, R., Funkhouser, G., Hughes, M., and Erkan, N. 2005. Standardized precipitation index reconstructed from Turkish Tree-ring widths. *Climatic change.* 72: 339-353.
25. Watson, E., and Luckman, B.H. 2004. Tree-ring based reconstructions of precipitation for the southern Canadian cordillera. *Climatic Change.* 65: 209-241.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(3), 2015
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Relationship between oak's tree-ring width and climatic indices (in regional and global scales) in Javanroud region, Kermanshah

M. Nadi¹, *J. Bazrafshan², K. Pourtahmasi³ and F. Najafi Hersini⁴

¹Assistant Prof., Dept. of Agrometeorology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,

²Assistant Prof., Dept. of Agrometeorology, University of Tehran, ³Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, University of Tehran, ⁴Ph.D. Student, Dept. of Wood and Paper Science and Technology, University of Tehran

Received: 11/20/2013; Accepted: 05/17/2014

Abstract

Background and Objectives: Achieving long-term climate data is a prerequisite for hydrology and meteorology studies. But unfortunately, the average period of meteorological data is less than 60 years in Iran, while some atmospheric phenomena have multi centennial fluctuation. Dendroclimatology science reconstructs the past climate using the relationship between climate variables and tree rings. But identification of most effective climatic variables on tree growth is essential, before reconstruction of past climate. For this purpose in this study, the correlation of some climatic indices of meteorological stations and the tree-ring width of Oak trees was investigated in Javanroud region of Kermanshah Province and the modified Standardized Precipitation Index (*SPImod*) was used to evaluate the effect of drought on tree growth. Also the correlation of tree ring widths and grid point data network were calculated.

Materials and Methods: In this study, the annual tree ring width of *Quercus Infectoria* from oak forests of Javanroud Kermanshah was used. Temperature and precipitation data from meteorological stations near the tree ring site were used and the most appropriate station was determined based on the highest correlation with tree ring width. Then the *SPImod* in 12 time scales was calculated and the most appropriate one which has higher correlation with tree ring data was selected. As well the grid point data network (temperature, precipitation and Palmer Drought Severity Index (*PDSI*)) of Asia, Europe, Africa and Oceania downloaded from *NOAA* site. By studying the correlation of tree growth and the closest point data of each networks, correlation coefficient map of tree-ring width with global network data points are plotted.

Results: Correlation analysis of tree ring and meteorological station data showed that Doabe Merek and Kermanshah stations are the appropriate stations for the analysis of temperature and precipitation data respectively. Based on the meteorological station data the results showed that the air temperature had a negative effect on growth of trees in this region. The effect of maximum temperature in comparison to minimum temperature was more significant representing the dominant effect of heat stress on the freezing stress in trees growth in this area. Also temperature and precipitation of a few months before and after the growth period had most impacts on tree growth while the temperature at the beginning of the growing season has no significant effect on tree growth. The highest correlation coefficients of tree ring with the *SPImod* were derived from the 5-8 time scales with the final months of June to August, respectively. Use of *SPImod* instead of precipitation data caused to increase correlation coefficients at least 10%. Correlation analysis of *PDSI* and tree ring data showed that favorable soil moisture for several months before to the end of the growing season have significant positive impact on the growth of trees. Spatial analysis of correlation coefficients reveals that, temperature and moisture conditions of a great extent includes countries in the West of Iran and the Middle East and also some countries in North East of Iran significantly correlated with the growth of trees in this region.

Conclusion: The results of this study showed that growth of oak trees in the region is limited by moisture condition instead of temperature variables. Also use of *SPImod* instead of precipitation is recommended. It was revealed that significant correlated boundaries (next to the study area) corresponded to intrusion paths of the Sudan and the Mediterranean air masses from the west and the pluvial air masses from northeastern of Iran. Moreover it can be concluded that past climate of the Middle East countries can be reconstructed from *Quercus Infectoria* trees, accurately.

Keywords: Tree-ring width, Oak, Climatic indices, Correlation, Global grid points, Kermanshah

* Corresponding Author; Email: jbazr@ut.ac.ir

