

ارتباط الگوهای پیوند از دور بر چرخه آب در اتمسفر ایران

سحر شعبانپور نوذری^۱، همت‌اله رورده^۲ و طاهر صفرزاد^۳
تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۵/۱۹، تاریخ تایید: ۱۳۹۶/۶/۳۰

چکیده

پژوهش کنونی، سعی دارد چرخه هیدرولوژیک در ایران و روند آن را مورد بررسی قرار دهد. همچنین، تلاش می‌شود تأثیر الگوهای پیوند از دور NAO، AISMR و ONI بر نوسانات مکانی بارش ایران مطالعه گردد. در این راستا، داده‌های بارش و آب قابل بارش طی دوره زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۴ از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR تهیه و واکاوی شدند. سپس چرخه هیدرولوژیکی نقاط ایران در ۳۶ سال بر اساس فرمول زمان تجدیدپذیری محاسبه شد و نقشه‌های این چرخه در پهنه ایران ترسیم گردید. جنوب غربی دریای خزر، کرمانشاه، لرستان به‌علت وجود عامل صعود و اثر همسایگان دارای کوتاه‌ترین چرخه بارش با تناوب ۵/۵ تا ۱۱/۵ ساله‌اند و طولانی‌ترین چرخه بارش کشور با تناوب ۹۸/۳۰ تا ۱۴۱/۱۷ ساله در شرق و جنوب استان سیستان و بلوچستان اتفاق افتاده است.

AISMR در سطح اطمینان ۹۹ درصد با چرخه هیدرولوژیک جنوب شرق ایران همبستگی معکوس دارد. فاز منفی NAO در قسمت میانی کشور، منجر به کوتاه شدن چرخه شده است. ONI فصل بهار ارتباط معکوس معنادار در سطح ۹۵ درصد با چرخه هیدرولوژیک در شمال شرق و جنوب شرق دارد. چرخه هیدرولوژیک در غرب ارتباط معکوس معنادار در سطح ۹۵ درصد با ONI فصل پاییز و بهار دارد.

کلیدواژگان: آب قابل بارش، چرخه آب، زمان تجدیدپذیری، الگوهای پیوند از دور.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی شهری، دانشگاه مازندران، nozarys@yahoo.com

۲. استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۲۵۶۲۱۶، h.roradeh@umz.ac.ir

۳. استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، t.safarrad@umz.ac.ir

مقدمه

بارش پدیده‌ای حاصل از اندرکنش پیچیده‌ی جو است. در میان رویدادهای اقلیمی، با توجه به نقش حیاتی آن اهمیت ویژه‌ای دارد و نسبت به پدیده‌های اقلیمی دیگر پیچیدگی رفتاری چشمگیرتری دارد. اهمیت بررسی پدیده‌ی بارش زمانی آشکارتر است که یک مکان شاهد ریزش ناچیز یا قابل توجه و یا ناگهانی حجم زیادی از بارش باشد (محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۹: ۷۰-۴۷). میزان بارندگی کره زمین و آب حاصل از آن ثابت است و سالانه با اضافه شدن آب ژوئیل به آن، مقدار ناچیزی (چندین کیلومتر مکعب) افزایش می‌یابد که در مقابل افزایش جمعیت بسیار ناچیز می‌باشد و قابل محاسبه نیست. تقریباً در حالی که جمعیت دنیا روزبه‌روز افزایش می‌یابد و مصرف آب در نتیجه افزایش جمعیت و کاربرد آن در زمینه‌های گوناگون روزبه‌روز بیشتر می‌شود، وابستگی انسان به آب بیشتر و خطرناک‌تر می‌شود. بارندگی‌ها و در نتیجه مقدار آب کره زمین، بر اثر افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی، تمدن، فرهنگ و غیره افزایش نمی‌یابد و ثابت است و چون نمی‌شود مقدار آن را زیاد کرد، آب به مرور زمان به شکل یک کالای کمیاب درمی‌آید (کردوانی، ۱۳۷۴: ۵۲-۵۱). آب در طبیعت مدام در حال گردش است. بخارآبی که در اثر تبخیر و تصعید وارد هوا می‌شود توسط باد به‌جاهای دیگر انتقال یافته، بالاخره به‌صورت برف و باران به‌سطح زمین برمی‌گردد. این فرایند در مقیاس‌های خیلی کوچک و خیلی بزرگ در تمام نقاط سطح زمین جریان دارد. نتیجه کلی این فرایند انتقال مقداری آب از اقیانوس‌ها و دریاها به سطح خشکی‌هاست که آن هم به شکل‌های مختلف از قبیل جریان‌های سطحی و زیرزمینی و حتی تبخیر دوباره بالاخره به اقیانوس‌ها برمی‌گردد. به این ترتیب آب در مدارهای بسته کوچک و بزرگ دائماً در حال گردش است که آن را چرخه آب‌شناسی می‌گویند. در این چرخه سرعت حرکت در همه‌جا یکسان نیست. حرکت در هوا خیلی سریع‌تر از حرکت در روی زمین بوده و حرکت آب‌های زیرزمینی خیلی کندتر است. این چرخه ممکن است مقداری آب در یخچال‌های دائمی یا دریاچه‌ها و یا در مخازن زیرزمینی عمیق مدت‌ها محبوس بماند ولی در طول زمان بالاخره به منبع اصلی یعنی اقیانوس‌ها برمی‌گردد. بر اساس برآورد یکی از محققین^۱، تبخیر و بارش سالانه از اقیانوس‌ها و دریاها به ترتیب ۴۸۸۰۰۰ و ۴۱۱۰۰۰ کیلومتر مکعب است. اختلاف این دو عدد مقدار آبی است که سالانه به جو زمین منتقل شده و مقداری از آن به‌صورت برف و باران به روی خشکی‌ها می‌بارد. تبخیر و بارش سالانه روی خشکی‌ها نیز به ترتیب ۷۲۰۰۰ و ۱۰۹۰۰۰ کیلومتر مکعب برآورد شده است. با این حساب حدود ۳۷۰۰۰ کیلومتر مکعب آب هر سال روی خشکی‌ها می‌رسد که تمام زندگی جانداران و فعالیت مختلف انسانی به آن وابسته است (جداری عیوضی، ۱۳۸۹: ۵). به‌طور میانگین، آب در هر ۱۶ روز یک‌بار در رودها تجدید می‌شود. آب در اتمسفر هر ۸ روز یک‌بار به‌طور کامل تغییر مکان می‌دهد. جابه‌جایی‌های آرام‌تری در دریاچه‌های بزرگ، یخچال‌ها، سطوح اقیانوسی و آب زیرزمینی دیده می‌شود. تغییر مکان در این منابع می‌تواند صدها تا هزاران سال به طول انجامد. بعضی از این منابع (به‌ویژه آب‌های زیرزمینی) توسط انسان، در مقادیری استفاده شده‌اند که از دوره تجدیدشوندگی آن‌ها تجاوز کرده است (جهانبخش و رجبی، ۱۳۸۸: ۲۳۱-۲۳۰). مدت زمان تجدید کامل برای قسمت‌های مختلف هیدروسفر متفاوت می‌باشد. به‌عنوان مثال آب اقیانوس‌ها تقریباً هر ۲۶۰۰ سال یک‌بار کاملاً تخلیه

و سپس پر می‌شوند. در حالی که مدت زمان یک‌بار تجدید کامل برای رطوبت موجود در اتمسفر تنها ده روز می‌باشد (مهدوی، ۱۳۷۴: ۸). بسیاری از رودخانه‌ها برای آبیاری‌های کشاورزی پایه و اساس هستند و کاهش قابل توجه جریان آن‌ها می‌تواند نتایج کاملاً خطرناکی در پی داشته باشد. در مقابل افزایش زیاد بارش در دیگر نواحی جریان رودخانه‌ها را افزایش داده و وقوع سیل‌های مخرب را شایع‌تر می‌کند (عزیزی، ۱۳۸۳: ۱۰۴). تغییر و نوسان بارش از نظر زمانی و مکانی با توجه به شدت و تداوم آن، تأثیرات مختلفی در مسائل کشاورزی، هیدرولوژیکی و اکولوژیکی گذاشته که کمبود آنها، باعث اختلال در نظم اکوسیستم منطقه و برهم‌خوردن توسعه پایدار در نواحی جغرافیایی خواهد شد. مقاله حاضر، سعی دارد تا به این سوالات پاسخ دهد که طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین زمان چرخه هیدرولوژیک در چه مناطقی هستند؟ و آیا روند چرخه بارش ایران طی ۳۶ سال (۲۰۱۴-۱۹۷۹) تغییرات محسوسی را نشان داده است؟ و در نهایت، بین الگوهای پیوند از دور و چرخه بارش در ایران ارتباط وجود دارد یا خیر؟

پیشینه و مبانی نظری

چرخه آبی یا سیکل هیدرولوژیکی، به فرایند گردش آب در طبیعت اطلاق می‌گردد. در این فرایند آب در حالت‌های مختلف جامد، مایع و گاز، محیط‌های مختلف را طی می‌کنند و از جو به زمین و اقیانوس‌ها، از زمین به اقیانوس‌ها و مجدداً از زمین و اقیانوس‌ها به جو برمی‌گردد. چرخه هیدرولوژی را می‌توان به‌عنوان یک سیستم بسته در زمین در نظر گرفت. چون مقدار کل آب در این چرخه ثابت باقی می‌ماند (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴: ۱). بارش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تعیین‌کننده اقلیم نقش بسیار مهمی در برنامه‌ریزی‌های محیطی ایفا می‌کند. نوسانات و تغییرات این عنصر باعث برهم‌کنش‌های محیطی فراوانی شده است. از این‌رو، شناخت و ارزیابی این عنصر در درازمدت به ما این امکان را می‌دهد که مطالعات محیطی و مدیریت و برنامه‌ریزی با دقت بیشتری انجام پذیرد. اسنید در تعیین تیپ بارش‌های جنوب‌غرب پاکستان، وقوع بارش تابستانه منطقه بلوچستان پاکستان و سواحل جنوب‌شرقی ایران را در درجه اول ناشی از وقوع توفان‌های همرفتی و سپس ناشی از گسترش غرب سوی کم‌فشارهاست موسمی هند دانسته است (Snead, 1968). پیره در ارتباط با بارندگی فصل گرم شمال‌شرقی آفریقا، به تأثیر حوادث ال نینو و پدیده مونسون و نیز نقش اقیانوس اطلس در ایجاد این بارش‌ها پی‌برد (Pierre, 1995). کادیوگلو و همکاران رابطه مثبت و ضعیفی بین بارش ماه دسامبر ترکیه و ال نینو به‌دست آورده‌اند که از نظر مکانی ناهمگن است. در اثنای وقوع ال نینو، در شمال غرب ترکیه افزایش بارش و در مناطق مرکزی و شرق آن کاهش بارش دیده می‌شود. به‌علاوه آن‌ها روشن ساخته‌اند که این ارتباط از نظر زمانی نیز متغیر است به‌گونه‌ای که در دوره ۱۹۳۱-۱۹۶۰ همبستگی منفی و در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ همبستگی مثبت بین بارش و رخداد ال نینو به‌چشم می‌خورد (Kadioglu et al, 1999). هندرسن روند بارش پاییزی شمال‌شرق آمریکا را طی دوره ۱۹۹۰-۱۹۹۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و نشان داد که بارش این ناحیه روندی افزایشی حدود ۴۵-۲۵ درصد داشته است. این تغییرات به‌ویژه در فصل پاییز قابل توجه است (Henderson, 2000). نیکلسون و سلاتو تأثیر لائینا را بر بارش آفریقا با استفاده از روش هارمونیک بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد که تأثیرپذیری بارندگی مناطق استوایی و جنوب‌شرقی آفریقا از لائینا پیچیده‌تر و وابستگی بیشتری را به زمان و مکان از خود نشان می‌دهد (Nicholson & Selato, 2000). پوزو-واسکوئیز و همکاران ارتباط بین

انسو و چرخه اتمسفری زمستانه و دما در ناحیه اقیانوس اطلس شمالی را بررسی نموده‌اند. آنان نتیجه گرفتند که در این ناحیه در زمستان هیچ ارتباط آماری معنی‌داری بین رخداد‌های گرم انسو و الگوهای فشار سطح دریا وجود ندارد، در حالی که تغییرات رخداد‌های سرد مشابه نوسانات مثبت NAO می‌باشد (Poza-Vasquez et al, 2001). چانگ و یون از روش تحلیل طیفی به منظور بررسی تغییرات الگوها و تناوب سیستم‌های باران‌زای موسمی در فصل زمستان در شرق آسیا پرداختند. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که چرخه‌ها با روند معنادار ۱۸-۲۵-۵۰-۶۰-۱۱۰ ساله همراه هستند که می‌توان آن‌ها را به فعالیت‌های اشعه خورشیدی نسبت داد (Chung & Yoon, 2002). لانا و همکاران چرخه‌های ۴/۶ و ۲/۱ ساله بارش را در ایستگاه فابرا در شمال شرق اسپانیا را به تغییرات دوسالانه (QBO)، چرخه‌های ۹/۲ و ۵/۵ ساله را به نوسانات اطلس شمالی (NAO) و چرخه‌های ۱۱/۸ ساله را به فعالیت لکه‌های خورشیدی نسبت دادند (Lana et al, 2005). آندرو و همکاران با به‌کارگیری تحلیل همبستگی و تجزیه و تحلیل طیفی به منظور مدلسازی داده‌های بارش و دما در جنوب شبه جزیره ایبری دریافتند که دوره تناوب بارش و دما با گذشت ۱۰۰ سال ثابت و دارای چرخه ۲/۵ و ۵ ساله می‌باشد که با نوسان‌های (NAO) و اطلس شمالی در رابطه است (Andreo et al, 2006). سن و همکاران اثرات الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر بر دبی و آبگیر رودخانه‌های دجله و فرات را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که فازهای مثبت و منفی این الگو با ایجاد تغییرات در دما و بارش بر دبی رودهای مذکور به شدت تأثیر می‌گذارد. آن‌ها معتقدند که بیش‌ترین افزایش دبی رودهای دجله و فرات به هنگام فاز منفی در ماه مارس رخ می‌دهد و شدیدترین کاهش دبی آب در فاز مثبت و در ماه می مشاهده می‌شود (Sen et al, 2011). دی لا کازا و ناسلو به بررسی روند بارش در طول دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۰ در کوردوبا، آرژانتین پرداختند و دریافتند که بیشترین روند تغییر بارش ناشی از فعالیت خورشیدی دانستند (De La Casa & Nasello, 2012). غیور و خسروی (۱۳۸۰) روشن ساخته‌اند که میزان بارش جنوب‌شرق ایران در فصل پاییز، در اثنای فاز گرم انسو (النینو) به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط عادی و فاز سرد آن (لانینا) است. به عکس در فصل تابستان، رخداد الینو شرایط خشک و لانینا شرایط پر بارش و مرطوب‌تر از معمول در منطقه مورد بررسی به همراه دارد. غیور و عساکره (۱۳۸۱) اثرات پدیده‌های NAO و انسو بر تغییرات ماهانه دمای جاسک را با استفاده از سری‌های زمانی مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که در کل ۴۰ درصد نوسانات دمایی جاسک متأثر از اثرات پدیده‌های NAO و انسو می‌باشد. عساکره و رزمی (۱۳۹۰) از داده‌های ۲۶۰ ایستگاه همدید- اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی وابسته به وزارت نیرو و سازمان هواشناسی کشور طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶ استفاده کردند. روند بارش با برازش مدل رگرسیون خطی به روش ناپارامتری بررسی شد. نتایج نشان داد که بارش سالانه دارای رفتار کاهشی بوده است که حاصل کاهش بارش طی دهه اخیر می‌باشد. در پهنه شمال‌غرب ایران چرخه‌های سینوسی معنی‌دار ۳-۲، ۵-۳، ۱۱-۵ و ۱۱ سال به بالا در بارش سالانه آشکار گردید. گستره وسیعی از پهنه، متأثر از چرخه‌های سینوسی ۱۱-۵ ساله است که وجود این چرخه‌ها را می‌توان به تأثیر عوامل کلان مقیاس اقلیمی - اقیانوسی نسبت داد. برای مثال، چرخه‌های ۳-۲ ساله را عمدتاً به تغییرات دوساله (Qbo) الگوی بزرگ مقیاس گردش عمومی جو و جریانات مداری و چرخه‌های ۵-۳ ساله را به پدیده انسو نسبت داده‌اند. علیجانی، بیات، دوستکامیان، بلبانی و بخشی (۱۳۹۳) به بررسی و تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش سالانه ایران پرداختند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که

چرخه‌های معنی‌دار ۲-۳ ساله، ۳-۵ ساله، ۶-۲ ساله و گاهی ۱۱ ساله و بالاتر بر بارش ایران حاکم است. براساس نتایج آن‌ها مشخص شده است که در شرق و جنوب شرق ایران بیشتر چرخه‌های ۳-۵ ساله و در غرب، جنوب غرب و شمال غرب کشور چرخه‌های ۲-۳ ساله و در شمال شرق چرخه‌های ۶-۲ ساله غالب هستند. عساکره و دوستکامیان (۱۳۹۳) در بررسی تأثیر عوامل مکانی بر توزیع بیشینه‌های آب قابل بارش ایران از داده‌های فشار و رطوبت ویژه محدوده‌ی ایران از سایت NCEP/NCAR استفاده نمودند. بررسی‌ها نشان داد که تغییرپذیری مکانی آب قابل بارش در ایران زیاد و به شدت تحت تأثیر ارتفاعات و دوری و نزدیکی به دریا می‌باشد. بیشترین ضریب تغییرپذیری در امتداد کوه‌های زاگرس و کمترین میزان، مربوط به نواحی مرکزی و سواحل دریای خزر و خلیج فارس است. توزیع آب قابل بارش در نواحی جنوب شرق علاوه بر متأثر بودن از دریا و ارتفاعات، نقش مکانی بیرونی به‌ویژه کم فشار موسمی در افزایش آب قابل بارش این منطقه دخالت دارد. تحلیل چرخه‌ها بیانگر این بود که بیشینه آب قابل بارش جو ایران دارای چرخه‌های کوتاه‌مدت ۴-۲ ساله بوده است که دانشمندان چرخه‌های ۲ تا ۳ ساله را به ال‌نینو نوسانات جنوبی، گردش عمومی جو و جریانات مداری مرتبط می‌دانند. لشگری، متکان، عساکره و خسروی (۱۳۹۴) داده‌های فشار بخار آب سالانه ۲۸ ایستگاه در جنوب و جنوب غرب ایران که دارای آمار بیش از ۲۰ سال از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۰ است و همچنین برای تحلیل طیف، روش من‌کندال با یک دوره آمار مشترک ۴۴ ساله را به کار گرفتند. نتیجه مطالعه، معناداری چرخه‌ها تا سطح ۹۵ درصد اطمینان را نشان داد و چرخه‌های ۳-۲ ساله بیشترین حاکمیت را در فشار بخار آب جنوب و جنوب غرب ایران دارا می‌باشند که دانشمندان آن را به ال‌نینو نوسانات جنوبی (ENSO) و تغییرات دوسالانه (QBO)، الگوی بزرگ مقیاس گردش عمومی جو و جریانات مداری نسبت داده‌اند. همچنین چرخه‌های سینوسی ۳-۲، ۴ و ۱۵-۷ ساله از عمومیت بیشتری برخوردار بودند.

روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور بررسی چرخه‌های آب قابل بارش در ایران، از داده‌های شبکه‌بندی شده (NCEP/NCAR) استفاده شد. بدین‌منظور، مجموع بارش ماهانه با تفکیک مکانی ۱*۱ درجه قوسی و میانگین آب قابل بارش ماهانه با تفکیک مکانی ۲/۵*۲/۵ درجه در محدوده ایران (۳۰/۵ درجه تا ۷۴/۵ درجه شمالی و ۲۰/۵ درجه تا ۵۴/۵ درجه شرقی) طی دوره آماری (۲۰۱۴-۱۹۷۹) استخراج شد. مجموع بارش سالانه و میانگین آب قابل بارش سالانه محاسبه شدند و با درون‌یابی از روش کریجینگ، تفکیک مکانی داده‌ها هماهنگ شدند. در نهایت، چرخه هیدرولوژیکی نقاط ایران در ۳۶ سال براساس فرمول زمان تجدیدپذیری محاسبه و نقشه‌های این چرخه در پهنه ایران ترسیم شد. از روش رگرسیون خطی و من‌کندال جهت تحلیل روند زمانی داده‌های چرخه هیدرولوژیکی بهره گرفته شد.

ارتباط بین تغییرات زمانی چرخه‌های هیدرولوژیکی و شاخص‌های دور پیوندی بارش موسمی تابستانه کل هند (AIMSR)، نوسان اطلس شمالی (NAO)، شاخص نینوی اقیانوسی (ONI) مورد مطالعه قرار گرفت. نجار سلیقه (۱۳۷۷) در پژوهشی که در ارتباط با بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران انجام داد، نتیجه گرفت که نفوذ زیانه کم‌فشار موسمی از سمت شرق در سطوح زیرین تروپوسفر سبب انتقال رطوبت اقیانوس هند و خلیج بنگال می‌شود که بارش‌های رگباری را به‌وجود می‌آورد. یاراحمدی و عزیزی (۱۳۸۶)، در پژوهشی به بررسی ارتباط بین بارش در

فصول پاییز، زمستان و بهار با شاخص‌های اقلیمی از طریق تحلیل رگرسیونی در ۲۵ ایستگاه سینوپتیکی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داده است که از میان شاخص‌های اقلیمی مرتبط با انسو، شاخص نینو ۳.۴ بیشترین ارتباط را با میزان بارش پاییزه و زمستانه ایران و ارتباط ضعیف و معنی‌داری با بارش بهار دارد. ایشان همچنین معتقدند که ارتباط NAO با بارش زمستانه ایران بیشتر از سایر فصول است.

بدین‌منظور داده‌های ماهانه شاخص NAO در فصل زمستان و ONI در فصل پاییز و بهار از وب‌سایت ناسا و AISMR در فصل تابستان از وب‌سایت دپارتمان هواشناسی هند دریافت شد. پس از ایجاد پایگاه داده، ضریب همبستگی بین داده‌ها سه الگوی پیوند از دور و چرخه هیدرولوژیکی محاسبه و نقشه‌های مربوط به آن ترسیم شد. شاخص بارش موسمی تابستانه کل هند (AISMR^۱): شاخص AISMR بیانگر بارش متوسط‌گیری شده فصلی بر روی تمامی زیربخش‌های هند در ماه‌های تابستانی است (Parthasarathy et al, 1992., 174-186). محاسبه نمایه با استفاده از تعداد ۳۰۶ ایستگاه باران‌سنجی که از توزیع مناسبی بر روی تمامی زیربخش‌های هند برخوردارند انجام شد. در واقع AISMR نشان‌دهنده یک میانگین وزنی از مجموع مقادیر بارش ماهانه برای فصل تابستان بر روی شبه قاره هند می‌باشد. نوسان اطلس شمالی (NAO^۲): نوسانات اطلس شمالی از عوامل تغییرپذیری اقلیم کره‌ی زمین و الگویی پایدار از تغییرات گردش عمومی جو است (Maarten et al, 2001, 3495-3507). این شاخص از تفاضل داده‌های نرمال شده‌ی فشار سطح دریای آزرورز (مرکز پرفشار) از آیسلند (مرکز کم فشار) بدست می‌آید. این داده‌ها شامل مقدار نرمال شده‌ی میانگین ماهانه‌ی فشار مرکزی دو مرکز پرفشار آزرورز و کم‌فشار آیسلند است که برای هر ماه به صورت جداگانه طی دوره‌ی آماری ۱۳۲ ساله (۱۸۶۵-۱۹۹۰) به وسیله جونز و ولر محاسبه شده است (مرادی، ۱۳۸۰: ۱۲۵). شاخص نینوی اقیانوسی (ONI^۳): به‌عنوان میانگین متحرک سه ماهه آنومالی دمای سطح آب در ناحیه ۳.۴ Nino تعریف شده است (-۱۵۰°W، ۵°S - ۹۰°W). زمانی که ONI حداقل در ۵ توالی سه‌ماهه (فصل) ۰/۵°C یا بیشتر باشد، ال‌نینو رخ می‌دهد و لائینا به وضعیتی اطلاق می‌گردد که ONI در ۵ توالی سه‌ماهه ۰/۵°C- یا کمتر باشد (تعریف ارائه شده توسط سازمان ملی اقیانوسی و جوی آمریکا^۴).

معرفی عرصه پژوهش

ایران در جنوب منطقه معتدل شمالی بین مدار ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۶۴ درجه شرقی واقع شده و به‌علت موقعیت خاص جغرافیایی و ناهموازی‌های بسیار پراکنده و تأثیر دیگر عوامل (توده‌های هوایی خارج و غیره) از مناطق خشک جهان به‌شمار می‌رود. میزان متوسط بارندگی سالانه ایران کمتر از یک‌سوم حد متوسط باران سالانه کره زمین که ۸۶۰ میلی‌متر است، می‌باشد (کردوانی، ۱۳۸۷: ۵۷). ایران با قرارگرفتن بر روی فلات ایران، یکی از سرزمین‌های بسیار ناهموار در قیاس با کشورهای منطقه به‌حساب می‌آید. با اینکه بسیاری از کشورهای حاشیه جنوبی

1. All - India Summer Monsoon Rainfall
2. North Atlantic Oscillation
3. Oceanic Nino Index
4. National Oceanic and Atmospheric Administration

خلیج فارس فاقد هرگونه توپوگرافی قابل ملاحظه‌ای می‌باشند. ولی ایران با قرارگرفتن در حاشیه‌شمالی خلیج فارس دارای پستی و بلندی‌ها با رشته کوه‌ها و قلل مرتفع فراوانی است که از آن جمله می‌توان به قله دماوند، سبلان، زردکوه، بینالود و غیره اشاره کرد. وجود این ناهمواری‌ها و به‌خصوص رشته کوه‌های البرز و زاگرس اولاً باعث تغییرپذیری شدید آب‌وهوایی در دو طرف رشته کوه‌ها شده و ثانیاً به سبب وجود مناطق مرتفع فراوان بر روی این رشته کوه‌ها استفاده از مدل‌های مختلف برای محاسبه متغیرهای مختلف اقلیمی از جمله تابش، دما و بارش همیشه با خطا مواجه است. ناهمواری ایران یکی از عامل‌های اصلی در توزیع ناهمگن آب قابل بارش در جو ایران می‌باشد. این گونه ناهمواری‌ها تأثیر به‌سزایی در پراکندگی و توزیع بارش در ایران دارد. برای مثال در این زمینه می‌توان به تأثیر ناهمواری زاگرس در توزیع پراکندگی بارش اشاره کرد به طوری که به عقیده بسیاری از محققین عامل اصلی بعضی از بیابان‌های ایران همین ناهمواری‌ها می‌باشد که باعث ایجاد بیابان‌های بادپناهی شده است (عساکره، دوستکامیان، ۱۳۹۳).

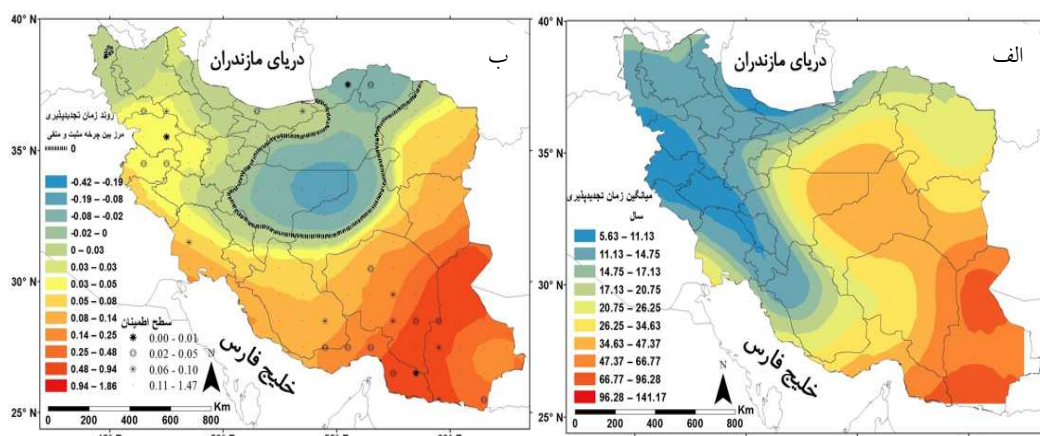
واقع شدن ایران به روی کمربند بیابانی و عمل فرونشینی هوا در این کمربند، کشور ایران (۲۵۰ میلی‌متر) را در مقایسه با کره‌ی زمین (۸۶۰ میلی‌متر) به سرزمینی خشک به‌ویژه در نواحی پست شرقی و داخلی تبدیل کرده است. کشور ایران به‌لحاظ عرض جغرافیایی و همجواری با پرفشار جنب حاره، علاوه بر اندک بودن بارش، رژیم بارشی پرنوسانی دارد. قانونمندی بارش‌های ایران را به سختی می‌توان کشف کرد. بارش‌ها مرتبط با مکان متفاوت‌اند و این تفاوت به جهت منشأ توده‌های هوا که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند و همچنین به جهت‌گیری کوه‌ها بستگی کامل دارد. ویژگی عمده پراکنش بارندگی در ایران آن است که بارش سالانه در سطح کشور هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی اختلاف چشمگیری را نشان می‌دهد. در حالی که میزان بارش در سواحل خزر، زاگرس و البرز به ترتیب حدود ۱۵۶۰، ۹۳۰ و ۵۳۰ میلی‌متر می‌باشد، در مناطق مرکزی به ۶۳ میلی‌متر می‌رسد که علاوه بر پراکنش ناهمگون مکانی، تغییرات شدید زمانی در آن به چشم می‌خورد (بابائی‌فینی و فرج‌زاده، ۱۳۸۱). ورود سیستم‌های باران‌آور از نقاط مختلف کره زمین به منطقه و وجود دریای خزر موجب شده، سواحل جنوبی دریای خزر به‌عنوان پرباران‌ترین ناحیه کشور از نظر روزهای بارش (۱۱۵ روز بارش در بندر انزلی در مقایسه با منتهی‌الیه جنوب شرقی کشور که کمتر از ۱۰ روز در سال است)، از نظر میزان بارش (بندر انزلی با ۱۸۵۰ میلی‌متر بارش در مقابل بم با ۵۶ میلی‌متر بارش که بندر انزلی ۳۳ بار بیشتر از بم بارش دارد) و بارش‌های سنگین باشد (علی‌جانی، ۱۳۸۱).

یافته‌های پژوهش

میانگین توزیع مکانی زمان تجدیدپذیری بارش ایران طی سالهای ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۴ در تصویر ۱ الف نشان داده شده است. کوتاه‌ترین چرخه هیدرولوژیک با تناوب ۵/۵ تا ۱۱/۵ سال در دامنه‌های روبه باد البرز و زاگرس شامل استان‌های مازندران، گیلان، کرمانشاه، لرستان و بخش‌های از استان‌های کردستان، خوزستان مشاهده شده است. نواحی پشت به باد ایران شامل نواحی مرکزی که در پناه سلسله جبال‌های البرز و زاگرس قرارگرفته‌اند، به دلیل فقر بارش و رطوبت جوی دارای چرخه‌های طولانی‌تر بودند. چنانچه شرق و جنوب استان سیستان و بلوچستان با تناوب ۹۶/۲۰ - ۶۶/۷ ساله طولانی‌ترین چرخه آب قابل بارش را دارا است.

بررسی روند زمانی چرخه‌های هیدرولوژیک در تصویر (۱.ب)، بیانگر وجود روند منفی معنادار در شمال ایران به‌ویژه

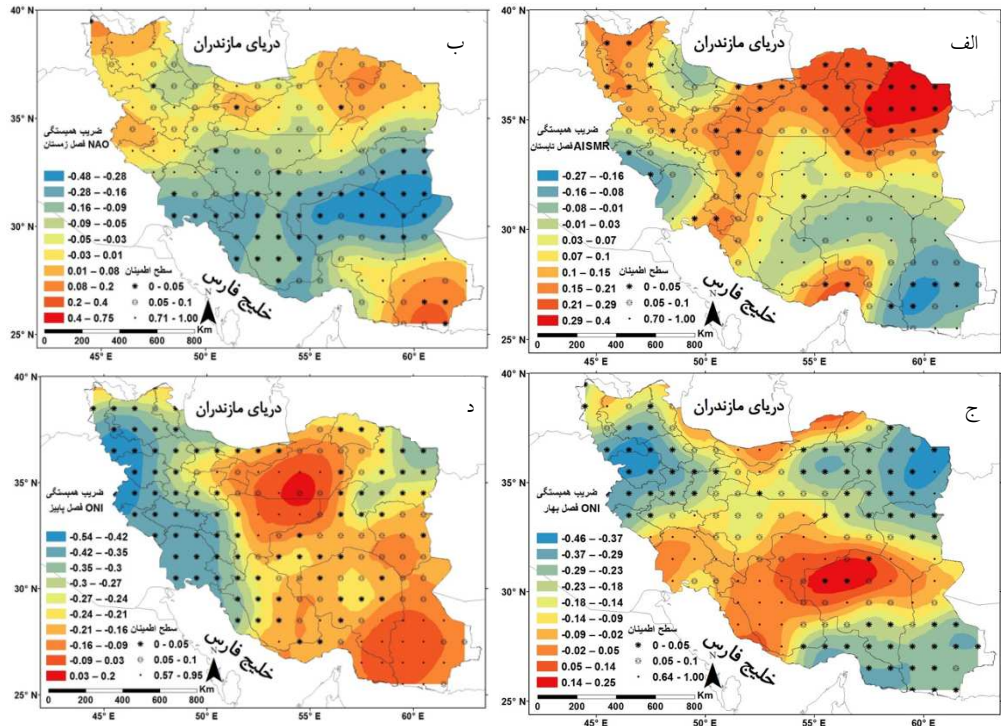
گرگان (افزایش فراوانی ترسالی) و روند افزایشی معنادار در مرز سه استان هرمزگان، سیستان و بلوچستان و کرمان (افزایش فراوانی خشکسالیها) است. روند معنادار افزایشی یا کاهشی در شمال‌غرب و غرب کشور مشاهده نشد.



تصویر ۱. الف. میانگین توزیع مکانی زمان تجدیدپذیری بارش ب. روند زمان تجدیدپذیری بارش ایران و سطوح معنی‌دار روندها

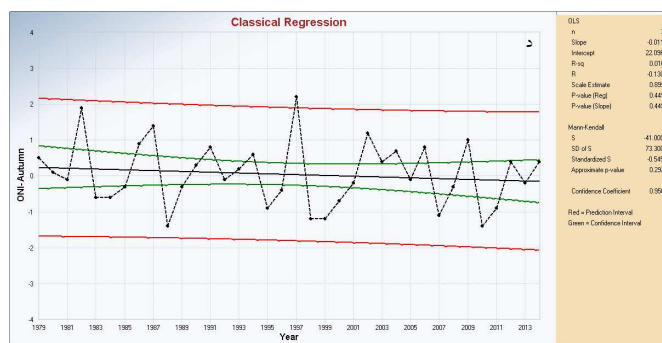
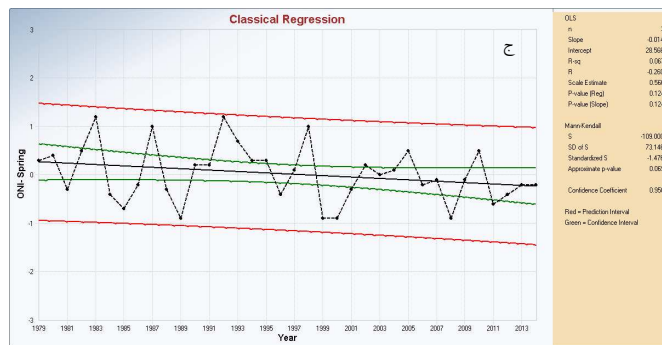
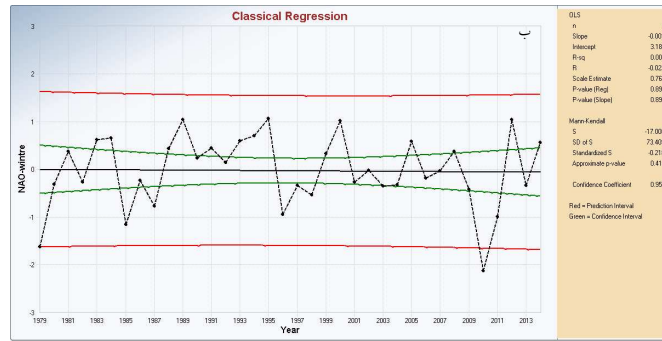
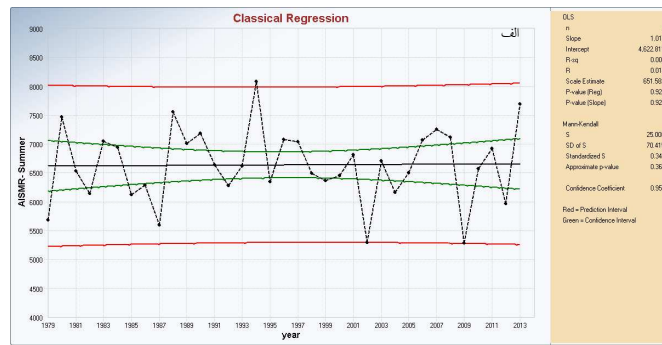
در بررسی تأثیر موسمی تابستانی هند بر چرخه هیدرولوژیک ایران، داده‌های سه ماه تابستانی (ژوئن، ژوئیه و اوت)، استخراج شد و سپس ضریب همبستگی و سطح معناداری بین مجموع داده‌های سه‌ماه تابستان موسمی و چرخه‌های هیدرولوژیک ایران برای ۳۶ سال (۱۹۷۹-۲۰۱۴) محاسبه و نقشه مربوط به آن ترسیم شد. در نقشه AISMR (تصویر ۲)، در جنوب‌شرق ایران بین بارش موسمی و چرخه هیدرولوژیک، همبستگی معکوس و قوی در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد. بنابراین شاخص موسمی در جنوب‌شرق منجر به چرخه‌های کوتاه و همراه با بارندگی و بالعکس در عرض‌های بالاتر به خصوص شمال‌شرق سبب چرخه‌های طولانی شد. فاز منفی NAO در قسمت میانی کشور، کوتاه شدن چرخه هیدرولوژیک و افزایش رطوبت و فاز مثبت در عرض بالا به دلیل خروج بادهای غربی از عرض‌های شمالی در فصل زمستان چرخه‌ها طولانی‌تر را باعث شده است. به نظر می‌رسد NAO قوی‌تر با پرارتفاع قوی عربستان در ارتباط است که به دنبال قوی‌تر شدن پرارتفاع، چرخه هیدرولوژیک در قسمت میانی ایران کوتاه‌تر خواهد شد. چنانچه خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۱) نیز جابه‌جایی سالانه‌ی کمربند پرفشار جنب‌حاره‌ای، به ویژه پرفشار جنوب عربستان را بر نوسان بارش زمستانه‌ی جنوب‌غرب کشور بسیار موثر دانسته‌اند. ONI فصل بهار و چرخه هیدرولوژیک سالانه ایران ارتباط معکوس معنادار در غرب، شمال‌شرق و جنوب‌شرق دارد به این معنی که رخداد فاز گرم (ال‌نینو) سبب کوتاه شدن چرخه هیدرولوژیک در این نواحی می‌شود، به عبارت دیگر رخداد ال‌نینو سبب افزایش بارندگی در این نواحی می‌شود که این ارتباط در سطح ۹۵ درصد معنادار است. همچنین شاخص مورد نظر با چرخه هیدرولوژیک در نواحی مرکزی نیز ارتباط معکوس دارد، به طوری که رخداد فاز سرد (لانینا) سبب طولانی شدن چرخه می‌شود. ONI فصل پاییز و چرخه هیدرولوژیک ۳۶ سال ایران (۱۹۷۹-۲۰۱۴) در غرب کشور رابطه معکوس معنادار در سطح ۹۵ درصد دارند و وقوع ال‌نینو باعث چرخه‌های کوتاه و شرایط پرباران در این قسمت از کشور شده است. در حالی که رخداد فاز سرد در شمال و جنوب‌شرق با شدت زیاد و در مناطق مرکزی کشور با

شدت کم منجر به طولانی شدن چرخه هیدرولوژیک و ایجاد شرایط خشک شده است. نمودار ۱ الف نشان می‌دهد که اثر شاخص AISMR در طی ۳۶ سال بر روی ایران روندی افزایشی دارد که در سطح اطمینان ۰/۹۵ درصد معنادار نیست و چرخه‌های هیدرولوژیک ایران طولانی‌تر خواهند بود. شاخص‌های NAO زمستان، ONI بهار و پاییز در سطح کمتر از ۰/۹۵ روند کاهشی دارند. در واقع با افزایش شاخص‌های مذکور، چرخه‌ی هیدرولوژیک ایران کوتاه‌تر خواهد شد و رطوبت جو افزایش می‌یابد اما این افزایش معنادار نیست.



تصویر ۲. الف. شاخص بارش موسمی تابستانه کل هند؛ ب. نوسان اطلس شمالی فصل زمستان؛

ج. شاخص نینوی اقیانوسی فصل بهار؛ د. شاخص نینوی اقیانوسی فصل پاییز.



نمودار ۱. الف. سری زمانی شاخص AISMR فصل تابستان؛ ب. سری زمانی شاخص NAO فصل زمستان؛ ج. سری زمانی شاخص ONI فصل بهار؛ د. سری زمانی شاخص ONI فصل پاییز.

خلاصه و نتیجه‌گیری

چرخه هیدرولوژیک برای ادامه زندگی بر روی زمین ضروری است. در مدت میلیاردها سال است که این چرخه در طبیعت جریان دارد. و مقدار آن خیلی تغییر نکرده است و ارتباطات بین اتمسفر، هیدروسفر و لیتوسفر را توضیح می‌دهد. تغییرات اقلیمی و تنوع آنها و تأثیر بر نحوه‌ی زندگی انسان، بر اثر تغییرات در چرخه هیدرولوژیک بوجود می‌آید.

طی ۳۶ سال (۲۰۱۴-۱۹۷۹) دامنه رو به باد البرز و زاگرس، کوتاه‌ترین چرخه هیدرولوژیک و شرق و جنوب استان سیستان و بلوچستان دارای طولانی‌ترین چرخه آب قابل بارش‌اند. فاز منفی NAO در قسمت میانی کشور باعث کوتاه‌شدن چرخه و فاز مثبت در عرض بالا به دلیل خروج بادهای غربی از عرض‌های شمالی در فصل زمستان منجر به چرخه‌های طولانی‌تر شده است. رخداد فاز گرم ONI (ال‌نینو) سبب کوتاه‌شدن چرخه در سطح معناداری ۹۵ درصد در غرب، شمال‌شرق و جنوب‌شرق و ایجاد بارندگی در این نواحی می‌شود. رخداد فاز سرد (لانینا) منجر به طولانی‌شدن چرخه در نواحی مرکزی و ایجاد شرایط خشک می‌شود و ONI فصل پاییز و چرخه بارش طی ۳۶ سال رابطه معکوس معنادار در سطح ۹۵ درصد دارند. رخداد فاز سرد ONI در فصل پاییز در غرب کشور باعث چرخه‌های کوتاه و شرایط پرباران و رخداد فاز سرد در شمال و جنوب‌شرق با شدت زیاد منجر به چرخه‌های طولانی شده‌است. بررسی نشان داد که روند شاخص موسمی تابستانه هند، در افزایش آب قابل بارش جو ایران ارتباطی ندارد. شاخص‌های NAO زمستان، ONI بهار و پاییز در سطح اطمینان کمتر از ۰/۹۵ روند کاهشی دارند به‌طوری که با افزایش شاخص‌های مذکور، چرخه‌ی هیدرولوژیک ایران کوتاه‌تر خواهد شد و رطوبت جو ایران افزایش می‌یابد.

از آنجا که وقوع بارش در یک منطقه به عوامل مختلفی مرتبط می‌باشد، پیشنهاد می‌شود در آینده مطالعاتی در مورد علت متفاوت بودن زمان تجدیدپذیری بارش در نقاط مختلف ایران صورت گیرد.

کتابشناسی

۱. بابائی‌فینی، ام‌السلمه؛ فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۸۰)، «الگوی تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۱۲۵-۱۱۴؛
۲. جداری عیوضی، جمشید (۱۳۸۹)، «جغرافیای آبها»، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران؛
۳. جهانبخش، سعید؛ رجیبی، معصومه (۱۳۸۸)، «مبانی جغرافیای طبیعی»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز؛
۴. خوش‌اخلاق، فرامرز؛ عزیز، قاسم؛ رحیمی، مجتبی (۱۳۹۱)، «الگوهای هم‌دید خشکسالی و ترسالی زمستانه در جنوب‌غرب ایران»، نشریه‌ی تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۲، شماره ۲۵، صص ۷۷-۵۷؛
۵. عساکره، حسین؛ دوستکامیان، مهدی؛ قائمی، هوشنگ (۱۳۹۳)، «تحلیل تغییرات ناهنجاری‌ها و چرخه‌های آب قابل بارش جو ایران»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۶، شماره ۴، صص ۴۴-۴۳۵؛
۶. عساکره، حسین؛ دوستکامیان، مهدی (۱۳۹۳)، «بررسی نقش عوامل مکانی بر توزیع - پراکندگی بیشینه‌های آب قابل بارش جو ایران»، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۵ - شماره ۳۶ - بهار ۱۳۹۴، صفحه ۲۴-۷؛
۷. عساکره، حسین؛ دوستکامیان، مهدی (۱۳۹۳)، «بررسی نقش عوامل مکانی بر توزیع - پراکندگی بیشینه‌های آب قابل بارش جو ایران»، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۵، شماره ۳۶، صص ۲۴-۷؛
۸. ساکره، حسین؛ رزمی، رباب، (۱۳۹۰)، «تحلیل تغییرات بارش سالانه شمال‌غرب ایران»، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، ص ۱۶۱؛
۹. علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، «شناسایی تیپ‌های هوای باران‌آور تهران براساس محاسبه چرخندگی»، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۶ و ۱۷، شماره ۶۳ و ۶۴، زمستان ۱۳۸۰ - بهار ۱۳۸۱، صفحه ۱۳۲-۱۱۴؛
۱۰. علیجانی، بهلول؛ بیات، علی؛ دوستکامیان، مهدی؛ بلیانی، یدالله؛ بخشی، هدیه (۱۳۹۳)، «تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش سالانه

- ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، شماره ۴:
۱۱. غیور، حسنعلی؛ خسروی، محمود (۱۳۸۰)، «تأثیر پدیده انسو بر ناپهتجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران»، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۶، صص ۱۷۴-۱۴۱؛
 ۱۲. غیور، حسنعلی؛ عساکره، حسین (۱۳۸۱)، «مطالعه اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران، مطالعه موردی: اثر نوسانات اطلس شمالی جنوبی بر تغییرات میانگین ماهانه دمای جاسک»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴-۶۳، صص ۱۱۳-۹۱؛
 ۱۳. کارآموز، محمد؛ عراقی‌نژاد، شهاب، (۱۳۸۴)، «هیدرولوژی پیشرفته (چاپ اول)»، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران):
 ۱۴. کردوانی، پرویز (۱۳۸۷)، «منابع و مسائل آب در ایران (جلد اول)»، چاپ نهم، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران؛
 ۱۵. محمدی، بختیار؛ مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۹)، «تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین ایران (مطالعه موردی: آبان‌ماه ۱۳۷۳)»، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، صص ۷۰-۴۷؛
 ۱۶. مرادی، حمیدرضا (۱۳۸۰)، «تحلیل سینوپتیکی تاوه قطبی و اثرهای آن بر اقلیم ایران»، محمد خیراندیش، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا، ص ۱۲۵؛
 ۱۷. مهدوی، محمد (۱۳۷۴)، «هیدرولوژی کاربردی»، دانشگاه تهران، چاپ اول، صص ۱۰-۸؛
 ۱۸. نجار سلیقه، محمد (۱۳۷۷)، «الگوهای سینوپتیکی بارش‌های تابستانه جنوب شرقی ایران»، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس؛
 ۱۹. یاراحمدی، داریوش؛ عزیزی، قاسم (۱۳۸۶)، «تحلیل چندمتغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی»، مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، شماره ۶۲، صص ۱۷۴-۱۶۱؛
20. Andreo, B., Jimenez, P., Duran, J. J., Carrasco, F., Vadillo, I., Mangin, A., (2006), "Climatic and hydrological variations during the last 117- 166 years in the south of the Iberian Peninsula, from spectral and correlatio analyses and continuous wavelet analyses", *Journal of Hydrology*, 324(1-4), 24-39;
 21. Chung, Y.S, Yoon, M. B., (2000), "Interpretation of recent temperature and precipitation trends observed in Korea", *Theor. Appl. Climatol*, 67: 171-180;
 22. De La Casa, A.C., Nasello, O.B., (2012), "Low frequency oscillation of rainfall in Cordoba, Argentina and its relation with solar cycles and cosmic rays", *Atmospheric Research*, 140-146;
 23. Henderson., (2000), " Autumn precipitation trends in the northeast united states", *Middle States Geographer*, 33:74-81;
 24. Kadioglu, M., Tulunay, Y., Borhan, Y., (1999), "Variability of Turkish precipitation compared to El Nino events", *Geophys. Res. Lett*, 26, 1597-1600;
 25. Lana, M.D., Martinez, C. Serra., Burguen, A., (2005), "Periodicities and irregularities of indices describing the daily pluviometric regime of the Fabre Observatory (NE Spain) for the years 1917-1999 Theory", *Application Climatological*, 82, 183-198;
 26. Maarten. H., B. Ambaum., D. Stepherson., (2001), "Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation", *J.Climate*. 14 (8): 3495-3507;
 27. Nicholson, S.E. and Selato, J.C., (2000), "The Association between ENSO and Winter Atmospheric Circulation and Temperature in the North Atlantic Region", *Journal of Climate*, 14: 3408-3420;
 28. Parthasarathy, B., Kumar, R. R., and Kothawale, D. R., (1992), "Indian summer Monsoon rainfall indices: 1871-1990". *Meteor. Mag.*, 121, 174-186;
 29. Pierre C., (1995), "June - September rainfall in north eastern Africa and atmospheric signals over the tropics: A zonal perspective", *International journal of climatology*, 15, 273- 285;
 30. Pozo-Vasquez, D M. J. Esteban-Parra F. S. Rodrigo Y. Castro-Diez., (2001), "The Association between Enso and Winter Atmospheric Circulation and Temperature in the North Atlantic Region", *Journal of Climate*, 14, 3408-3420;
 31. Sen, O., Unal, A., Bozkurt, D., Kindap, T., (2011), "Temporal changes in the Euphrates and Tigris discharges and teleconnections", *Environmental Research Letter*, 6 (2): 1-9;
 32. Snead, R., (1968), "Weather patterns in southern-west Pakistan", *Arch. Meteorol. Geophys. Bioclimatol. Ser.B*, 16, 316-346.