



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد نوزدهم، شماره اول، ۱۳۹۱

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

بررسی ارتباط پدیده انسو (ENSO) با مقادیر حدی بارش‌های فصلی در استان‌های خراسان

*زهرا شیرمحمدی^۱، علی‌اکبر خانی^۱، حسین انصاری^۲، امین علیزاده^۳ و آزاده محمدیان^۴

^۱ دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۲ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد،

^۳ استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۴ کارشناس ارشد آبیاری، مرکز تحقیقات هواشناسی

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۴

چکیده

به‌طور عموم وقوع پدیده‌های حدی جوی- اقلیمی نظیر بارش‌های سنگین و تغییرات ناگهانی بیشترین دامنه خسارت وارده به منابع آب، کشاورزی و حتی زندگی روزمره مردم را به خود اختصاص داده‌است. کاهش اثرات منفی ناشی از بروز این پدیده‌ها جز با پایش درست و منظم آن‌ها میسر نخواهد بود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی عوامل تاثیرگذار بزرگ مقیاس اقلیمی از جمله انسو بر چگونگی وقوع و تغییر شدت پدیده‌های حدی بارش‌های فصلی در محدوده استان خراسان می‌باشد. به این منظور داده‌های روزانه بارندگی در یک دوره ۴۴ ساله در چهار ایستگاه خراسان رضوی و جنوبی مورد استفاده قرار گرفتند. ارزیابی تحلیل‌های آماری فراوانی و شدت وقایع حدی بارش، روند طولانی مدت خاصی را در بروز این پدیده‌ها نشان نداد. نتایج همبستگی شاخص نوسان جنوبی (انسو) با وقایع حدی نشان داد که شاخص‌های بارش فصل بهار و پاییز بیشترین همبستگی در وقفه زمانی ۱ ماهه به‌دست می‌دهند در حالی‌که شاخص‌های بارش فصل زمستان بیشترین همبستگی را برای وقفه زمانی یک ساله نشان داد. همچنین بیشترین همبستگی برای وقایع غیرقابل انتظار بارش در فصل زمستان مانند تعداد بارش‌های بیشتر از ۵۰ میلی‌متر، در وقفه زمانی ۵ تا ۶ ماهه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بارش‌های حدی، انسو، دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴، خراسان

* مسئول مکاتبه: mshirmohamady@yahoo.com

مقدمه

وقوع پدیده‌های حدی جوی - اقلیمی مانند بارش‌های سنگین و تغییرات ناگهانی دما در مناطق و فصول دور از انتظار، می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل وارد شدن خسارت به منابع آب، کشاورزی و حتی زندگی روزمره مردم باشد و موجب بروز خسارات جبران‌ناپذیری در این موارد می‌گردد. به‌عنوان مثال می‌توان به سرمای شدید زمستان سال ۱۳۸۶ و تداوم آن که باعث وارد آمدن خسارات زیادی در بخش کشاورزی و از بین رفتن ساختارهای زیربنایی (از بین رفتن باغات و تأسیسات) این بخش گردید، اشاره نمود که در صورت وجود پیش‌آگاهی در مورد وقوع چنین پدیده‌ای، تصمیم‌گیران کشور می‌توانستند به‌منظور مدیریت ریسک آن برنامه‌هایی را اتخاذ نمایند. یکی از عوامل اصلی مؤثر بر نوسانات اقلیمی سالانه کره زمین دور پیوندهای در گستره جهانی و ناحیه‌ای می‌باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پدیده النینو نوسان جنوبی^۱، نوسان اطلس شمالی^۲، نوسان قطبی^۳، نوسان مدیترانه^۴ و دو قطبی اقیانوس هند^۵ اشاره نمود. هر کدام از این پدیده‌ها اقلیم بخش‌های مختلفی از کره زمین را تحت کنترل دارند. پدیده انسو اقلیم بیشتر نقاط جهان به‌خصوص منطقه حاره را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. پدیده نائو اقلیم منطقه اروپا و خاورمیانه و هم‌چنین اقیانوس اطلس شمالی را تحت کنترل داشته و موجب تغییراتی در رخداد پدیده‌های حدی این مناطق می‌شود. نوسان قطبی که به جابه‌جایی کلاهک قطبی به عرض‌های جنوبی‌تر و نوسان آن اطلاق می‌گردد موجب گسترش جبهه قطبی به عرض‌های جنوبی شده و اقلیم مناطق جنب قطبی را کنترل می‌نماید. نوسان مدیترانه به اختلاف فشار بین شمال و جنوب مدیترانه (در بعضی منابع اختلاف فشار شرق و غرب مدیترانه) اطلاق می‌شود. در صورت وجود گرادیان زیاد فشار بین شمال و جنوب مدیترانه، سیکلون‌زایی بر روی مدیترانه بیشتر از حالت نرمال بوده و موجب می‌گردد تا سیستم‌های بارش‌زا به سمت کشورمان حرکت کرده و بارش کشورمان افزایش یابد. پدیده دو قطبی اقیانوس هند به ناهنجاری‌های دمایی بین شرق و غرب اقیانوس هند گفته می‌شود که در فاز مثبت دمای مناطق غرب اقیانوس هند بیش از نرمال شده و موجب افزایش تبخیر سطحی اقیانوس، افزایش سیکلون‌زایی و رخدادهای طوفان‌های دریایی می‌گردد که این مسأله می‌تواند موجب افزایش بارش در کشورهای حاشیه شمال‌غربی این اقیانوس از جمله یمن، شرق عربستان، ایران، کشورهای ساحلی جنوب ایران

1- El Nino-Southern Oscillation (ENSO)

2- North Atlantic oscillation (NAO)

3- Arctic oscillation (AO)

4- Mediterranean oscillation (MO)

5- Indian Ocean dipole (IOD)

و جنوب پاکستان شود. همچنین مطالعه و مدل‌سازی این پدیده می‌تواند در پیش‌آگاهی طوفان‌های دریایی این منطقه کمک نماید. انسو از دو واژه النینو^۱ و نوسان جنوبی^۲ گرفته شده است. در طول پدیده النینو، بادهای گرم استوا بر روی اقیانوس از غرب به شرق می‌وزند. این بادهای سطح آب اقیانوس جابه‌جا شده و آب‌های گرم سطح اقیانوس را که به وسیله خورشید در مناطق گرمسیری حرارت دیده‌اند، به سواحل غربی شمال و جنوب قاره آمریکا می‌آورد. به دنبال آب‌های گرم، بارندگی نیز به سمت مشرق متمایل می‌شود، نشانه کلیدی النینو، افزایش دمای غیرعادی در امتداد و هر دو طرف خط استوا در اقیانوس آرام مرکزی و شرقی است. این جریان هر چند سال یک‌بار با یک گرمایش عظیم و غیر معمول همراه می‌شود. به طوری که در این حال دماهای سطح دریا حداقل برای چند ماه پیاپی در ۳ تا ۵ محل ساحلی بالای حد نرمال می‌رود و در پی آن دمای سطح دریا برای یک سال و یا حتی بیشتر به صورت غیرعادی باقی می‌ماند و برای برگشت به شرایط عادی منطقه، حداقل تا ژانویه یا مارس آینده زمان لازم است، پدیده انسو، یکی از مهم‌ترین منابع تغییرات جوی و اقلیمی در جهان و به خصوص در منطقه حاره می‌باشد. در زمانی که اختلاف فشار سطح در استوا پایین و دمای سطح دریا زیاد باشد، رویداد انسو اتفاق می‌افتد. این رویداد یکی از مهم‌ترین و شاخص‌ترین رویدادهایی است که باعث ظهور ناهنجاری‌های بزرگ آب و هوایی در بسیاری از نقاط جهان می‌شود (الکساندر و همکاران، ۲۰۰۵؛ ناظم‌السادات و همکاران، ۲۰۰۳). شاخص نینو ۳.۴: از جمله شاخص‌هایی است که برای مشخص کردن فازهای انسو استفاده می‌گردد. این شاخص از اندازه‌گیری دمای سطح اقیانوس در منطقه نینو ۳.۴ به دست می‌آید. منطقه نینو ۳.۴ از ۱۷۰ درجه غربی تا ۱۲۰ درجه شرقی و از ۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی را شامل می‌شود. در این شاخص فازهای گرم انسو با مقادیر مثبت و فازهای سرد با مقادیر منفی مشخص می‌گردند (الکساندر و همکاران، ۲۰۰۵؛ یاراحمدی و عزیز، ۲۰۰۷). در واقع میانگین دمای چند نقطه در محدوده مشخص (۱۷۰ درجه غربی تا ۱۲۰ درجه شرقی و از ۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی) محاسبه و سپس نرمال شده و به صورت استاندارد تبدیل می‌شود. همبستگی و روابط این شاخص‌ها، با بارندگی در مناطق مختلف کره زمین توسط محققان بررسی شده است. بررسی‌های علمی اخیر بیانگر این موضوع است که تغییر در فراوانی و شدت وقایع حدی بارش در نتیجه تأثیر انسان بر اقلیم می‌باشد (هیات بین‌الدول تغییر اقلیم^۳، ۲۰۰۷). گریم و همکاران (۱۹۹۸) تأثیر انسو را بر بارندگی در نواحی جنوبی برزیل در ۴ منطقه همگن

1- El Nino

2- Southern Oscillation

3- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

بررسی کردند در این پژوهش مشخص گردید که در این مناطق بارندگی بهاره تحت تأثیر انسو می‌باشد کاهش بارندگی در دوران لائینا (ماه‌های اکتبر و نوامبر) و افزایش بارندگی در پاییز و زمستان در سه منطقه در دوران الینو وجود داشته است. رودکار و کولکارنی (۲۰۰۸) به بررسی تأثیر انسو بر روی بارش‌های حدی زمستانه هند پرداختند. در این پژوهش از یک دوره آماری ۱۰۲ ساله برای مطالعه شاخص‌های حدی بارش استفاده شده است. در این پژوهش فراوانی و شدت وقایع حدی بارش روند آماری معنی‌داری نداشت. ارتباط انسو با این وقایع حدی نشان داد که این شاخص می‌تواند برای تخمین فراوانی و شدت وقایع حدی بارش ۴ تا ۶ ماه زودتر به کار رود. هیوز و ساندرز (۲۰۰۱) دما و بارندگی‌های ماهانه را برای یک دوره ۹۵ ساله روی منطقه اروپا بررسی نموده و برای همبستگی با بارندگی از شاخص‌های نینو ۳.۴ و شاخص نوسان جنوبی^۱ استفاده کردند. در این پژوهش مشخص گردید که همبستگی بارندگی فصلی (دوره مارس، آوریل و می) با نینو ۳.۴ فصلی (دوره دسامبر، ژانویه و فوریه) از همبستگی ماهانه و سالانه بیشتر می‌باشد. نیکلسون و همکاران (۲۰۰۱) از آمار بارندگی ماهانه استاندارد شده ۱۲۲ ایستگاه در بوتساوانا و نواحی اطراف آن و شاخص‌های نینو ۳.۴ و شاخص نوسان جنوبی برای پیش‌بینی بارش استفاده نمودند. نتایج نشان داد که درجه حرارت سطح دریا^۲ برای پیش‌بینی خشک‌سالی محدودیت داشته و با توجه به همبستگی بهتر انسو با بارندگی، این شاخص پتانسیل بالاتری برای پیش‌بینی دارد. پراتا هرناندز و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی که به منظور بررسی تغییرات و روند شاخص‌های حدی بارش در ۴۴ ایستگاه در جنوب مکزیک انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که تغییرات در وقایع حدی بارش به‌طور معنی‌داری با انسو مرتبط بوده و فراوانی وقایع حدی در طی دوره لائینا (فاز مثبت انسو) افزایش می‌یابد. عسکری و همکاران (۲۰۰۷) روند نمایه‌های حدی بارش را در ایران بررسی نمودند و نتیجه پژوهش نشان داد که هر سه حالت ایستا، روند مثبت و منفی از نمایه‌های بالا در سطح کشور مشاهده گردید. در برخی از مناطق مانند هرمزگان، اصفهان و تهران روند اغلب نمایه‌ها مثبت و در برخی دیگر از مناطق مانند آذربایجان و فارس روند بیشتر نمایه‌ها منفی و در مشهد تقریباً نیمی از نمایه‌ها منفی (صدک ۹۵ بارش، فواصل روزهای پیوسته خشک، تعداد روزهایی با بارندگی بیشتر از ۲۵ میلی‌متر، و شدت بارش یک روزه) و نیمی دیگر (تعداد روزهایی با بارش بیشتر از ۱۰ میلی‌متر، شدت بارش ۵ روزه و...) مثبت بوده و در بیشتر مناطق از جمله مشهد روند نمایه‌های حدی معنی‌دار نبوده‌است، نتایج به‌دست آمده گویای پیچیدگی‌های خاص رفتار حدی بارش در کشور می‌باشد. ناظم‌السادات و قاسمی (۲۰۰۲) تأثیر انسو را بر

1- Southern Oscillation Index (SOI)

2- Sea surface temperature (SST)

بارندگی‌های زمستانه تعدادی از ایستگاه‌های ایران بررسی نموده است. در این پژوهش بارندگی زمستانه هر ایستگاه در زمان النینو (فاز منفی) و لانینا (فاز مثبت) با شاخص نوسان جنوبی زمستان مقایسه شده است و نتایج به دست آمده نشان دادند که در بیشتر ایستگاه‌ها در زمان النینو بیشتر از زمان لانینا بارندگی داشتند. تأثیر انسو در پاییز بیشتر از فصل زمستان بوده و در مجموع در ایران النینو باعث افزایش بارندگی پاییزه و کاهش بارندگی زمستانه می‌شود و بارندگی زمستانه حساسیت کمتری نسبت به پدیده انسو نسبت به بارندگی پاییزه دارد. مدرس‌پور (۱۹۹۷) در پژوهشی که به منظور بررسی پدیده انسو بر بارندگی و دمای ایران انجام داد به این نتیجه رسید که مناطق مختلف در فصول مختلف و هم‌زمان با شرایط النینو وضعیت مشابهی را تجربه نمی‌کنند و اندازه تأثیرپذیری بارندگی و دما با انسو از فصلی به فصلی و از مکانی به مکان دیگر متفاوت می‌باشد. غیور و خسروی (۲۰۰۱) تأثیر پدیده انسو را بر ناهنجاری‌های بارش تابستان و پاییز منطقه جنوب شرق ایران بررسی نمودند و با استفاده از آزمون‌های آماری به این نتیجه رسیدند که خشک‌سالی پاییزه به‌طور عموم طی لانینا (فاز سرد) به وقوع می‌پیوندد. ناظم‌السادات و قاسمی (۲۰۰۱) خشک‌سالی و ارتباط آن با پدیده انسو را در استان سیستان و بلوچستان مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که لانینو باعث کاهش بارندگی پاییزه و النینو باعث افزایش بارندگی پاییزه می‌گردد، ولی میزان افزایش یا کاهش در ایستگاه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. ناظم‌السادات و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی که بر روی تأثیر انسو بر بارندگی در شمال غرب ایران و مقایسه آن با ایالت نیوساوت‌ولز استرالیا انجام دادند نشان دادند که نوسانات بارندگی پاییز این منطقه از ایران با بارندگی این ایالت استرالیا ارتباط قابل توجهی دارد و تأثیر فاز مثبت و منفی انسو بر بارندگی در شمال غرب ایران قوی‌تر از تأثیر آن در این ایالت استرالیا می‌باشد. یاراحمدی و عزیزی (۲۰۰۷) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین بارش در فصول پاییز، زمستان و بهار با شاخص‌های اقلیمی از طریق تحلیل رگرسیون در ۲۵ ایستگاه سینوپتیکی پرداخته‌اند. 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 دارد. ضریب ارتباط میزان بارش‌های پاییز و زمستان با شاخص نینو ۳.۴ مثبت می‌باشد. معتمدی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی که به منظور بررسی ارتباط از دور سیگنال هواشناسی انسو با نوسانات بارندگی و دما در استان خراسان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بین شاخص نوسان جنوبی و مقادیر بارندگی و دما در سطح استان خراسان همبستگی وجود داشته و ضرایب همبستگی بارندگی و دما با مقادیر شاخص نوسان جنوبی سالانه و فصلی منفی می‌باشد. یعنی با افزایش مقادیر این شاخص مقادیر بارندگی و دما در استان خراسان در فصول و سال‌های مختلف کاهش می‌یابد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در بیشتر پژوهش‌های انجام شده به‌خصوص در کشور

ما تأثیر شاخص‌های اقلیمی بر روی میزان بارندگی در زمان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، اما تاکنون تأثیر این شاخص‌ها بر روی وقایع حدی مورد بررسی و ارزیابی قرار نگرفته است با توجه به این که در بیشتر پژوهش‌ها شاخص نینو ۳.۴ بیشترین همبستگی را بر بارش‌های ایران نشان داده است، هدف این پژوهش بر این است که تأثیر این شاخص بر شاخص‌های حدی بارش در فصول مختلف مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص گردد که آیا ارتباطی بین پدیده‌های حدی بارش و شاخص النینو - نوسان جنوبی وجود دارد، تا بتوان پدیده‌های حدی اقلیمی را بر اساس شاخص‌های دورپیوندی پیش‌بینی نمود. پیش‌بینی پدیده‌های حدی بارش می‌تواند به مدیریت بهینه ریسک کمک مؤثری نماید. به این صورت که با دانستن احتمال وقوع پدیده‌های حدی بارش می‌توان تمهیدات لازم را برای رویارویی با تبعات وقوع این پدیده‌ها اتخاذ نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در این پژوهش منطقه خراسان بزرگ می‌باشد. خراسان بزرگ شامل سه استان خراسان رضوی، جنوبی و مرکزی بوده و در محدوده عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی واقع گردیده است. در این سه استان ۱۸ ایستگاه سینوپتیک وجود دارد. آمار بارندگی تمامی ایستگاه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در بیشتر ایستگاه‌ها آمار دراز مدت بارندگی موجود نبود و از میان آن‌ها تنها چهار ایستگاه (مشهد، سبزوار، تربت حیدریه و بیرجند) که دارای آمار بیش از ۴۰ سال بودند انتخاب شدند.

شاخص‌های حدی بارش: انتخاب شاخص‌های حدی برای بررسی وقایع حدی در رابطه با تغییرات اقلیمی از موارد بسیار مهمی است که باید مورد توجه محققان قرار گیرد. این شاخص‌ها باید مشخص و دقیق بوده و از داده‌های درازمدت و همگن به دست آیند. شبکه حمایتی اقلیم اروپا^۱، بیشتر این شاخص‌ها را معرفی نموده است (ناظم‌السادات و قاسمی، ۲۰۰۱). در این پژوهش تعدادی از این شاخص‌ها که از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد، مورد استفاده قرار گرفته است. تعدادی دیگر هم از این شاخص‌ها که در مقاله رودکار و کولکارنی (۲۰۰۸) به آن‌ها اشاره شده، مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۱).

1- Commission for Climatology (CC1)/Climate Variability (CLIVAR)

جدول ۱- شاخص‌های وقایع حدی به کار رفته در این پژوهش.

شاخص	توصیف فراوانی	تعریف	شاخص	توصیف فراوانی	تعریف
R5 میلی‌متر	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از ۵ میلی‌متر	R75p	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از صدک ۱۷۵م بارش
R10 میلی‌متر	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر	R85p	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از صدک ۱۸۵م بارش
R20 میلی‌متر	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از ۲۰ میلی‌متر	R95p	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از صدک ۱۹۵م بارش
R30 میلی‌متر	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از ۳۰ میلی‌متر	R99p	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از صدک ۱۹۹م بارش
R5-30 میلی‌متر	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بین ۳۰-۵ میلی‌متر	Rx1day	شدت به میلی‌متر	حداکثر بارندگی یک روزه
R30-50 میلی‌متر	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بین ۳۰-۵۰ میلی‌متر	CDD	فاصله زمانی به روز	بیشترین روزهای پیوسته خشک در ماه
R50 میلی‌متر	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از ۵۰ میلی‌متر	CWD	فاصله زمانی به روز	بیشترین روزهای مرطوب در ماه
R65p	فراوانی در روز	تعداد روزها در ماه با بارندگی بیشتر از صدک ۱۶۵م بارش			

اطلاعات و آمار مورد استفاده: در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه برای ۴ ایستگاه در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی برای یک دوره ۴۴ ساله (۲۰۰۵-۱۹۶۱) استفاده گردید. ایستگاه‌ها بر اساس طول دوره آماری در دسترس، کیفیت و یکنواختی انتخاب گردیدند. داده‌های ماهانه دمای سطح دریا از مرکز هدلی انگلستان^۱ برای دوره (۲۰۰۵-۱۹۶۱) دریافت و استفاده شد. متوسط دمای سطح دریا در ناحیه نینو ۳.۴ در محدوده مشخص (۱۷۰ درجه غربی تا ۱۲۰ درجه شرقی و از ۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی) برای مطالعه ارتباط آن‌ها با وقایع حدی بارش مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه ۱۵ شاخص حدی فراوانی محاسبه شد که از این ۱۵ شاخص، ۷ شاخص بر اساس آستانه‌های ثابت، ۵ شاخص بر اساس آستانه‌های صدک، یک شاخص حدی شدت بارش و دو شاخص بر اساس طول روزهای پیوسته خشک و مرطوب محاسبه گردید (جدول ۱). در این مقاله علاوه بر آستانه‌های ثابت موجود در شبکه حمایتی اقلیم اروپا، از نمایه‌های حدی استفاده شده در مقاله رودکار و کولکاری (۲۰۰۸) استفاده شد. در ابتدا شاخص‌های حدی ثابت ۳۰-۵۰ میلی‌متر (بارندگی متوسط)، ۳۰-۵۰ میلی‌متر (سنگین) و بیشتر از ۵۰ میلی‌متر (خیلی سنگین) محاسبه و سپس فراوانی آن‌ها در هر طبقه تعیین شد.

آنالیز آماری مورد استفاده: همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است ۱۵ شاخص حدی فراوانی محاسبه شد که از این ۱۵ شاخص، ۷ شاخص بر اساس آستانه‌های ثابت، ۵ شاخص بر اساس آستانه‌های صدک، یک شاخص حدی شدت بارش و دو شاخص بر اساس طول روزهای پیوسته خشک و مرطوب محاسبه گردید در این مطالعه شاخص‌های حدی بر پایه صدک‌های آستانه با استفاده از داده‌های روزانه بارش محاسبه گردیدند. برای محاسبه صدک‌ها داده‌های روزانه دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۱) و تنها روزهای بارانی (بارندگی روزانه بیشتر از ۱ میلی‌متر) استفاده شد. صدک‌های ۹۹ام، ۹۵ام، ۸۵ام، ۷۵ام و ۶۵ام روزهای بارانی تمام ایستگاه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab محاسبه گردید و پس از آن با استفاده از نرم‌افزار اکسل و برنامه FAXpro سه گروه شاخص مهم برای وقایع حدی بارش همانند فراوانی وقوع، شدت و فواصل زمانی روزهای خشک و تر محاسبه شد. خصوصیات آماری این شاخص‌ها در جدول ۲ آورده شده است. میانگین و انحراف استاندارد داده‌های بارندگی روزانه این ۴ ایستگاه همگن بوده، بنابراین برای محاسبه شاخص‌ها از میانگین حسابی این شاخص‌ها با استفاده از تمام ایستگاه‌ها استفاده شد و سپس همبستگی و معنی‌داری همبستگی مقادیر متوسط شاخص‌ها با شاخص نینو ۳.۴ با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه و بررسی گردید.

1- Hadley Centre's sea surface temperature data set

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار شاخص‌های حدی بارش.

شاخص	میانگین	انحراف معیار	شاخص	میانگین	انحراف معیار
R5mm	۱/۲۹	۱/۵۱	R75p	۱/۰۱	۱/۲۶
R10mm	۰/۵۷	۰/۷۹	R85p	۰/۶۳۶	۰/۸۸
R20mm	۰/۱۳۱	۰/۲۷	R95p	۰/۲۰۸	۰/۳۷
R30mm	۰/۰۳۴	۰/۱۲۳	R99p	۰/۰۳۸۸	۰/۱۲۶
R5-30mm	۱/۱۱	۱/۳۵	Rx1day	۷/۵۹۶	۷/۵۶۹
R30-50mm	۰/۰۲۸	۰/۱۰۴	CDD	۲۱/۱۹۸	۷/۸۹۴
R50mm	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۸۵	CWD	۱/۱۸۲	۱/۰۱۵
R65p	۱/۴۶۸	۱/۶۸۸			

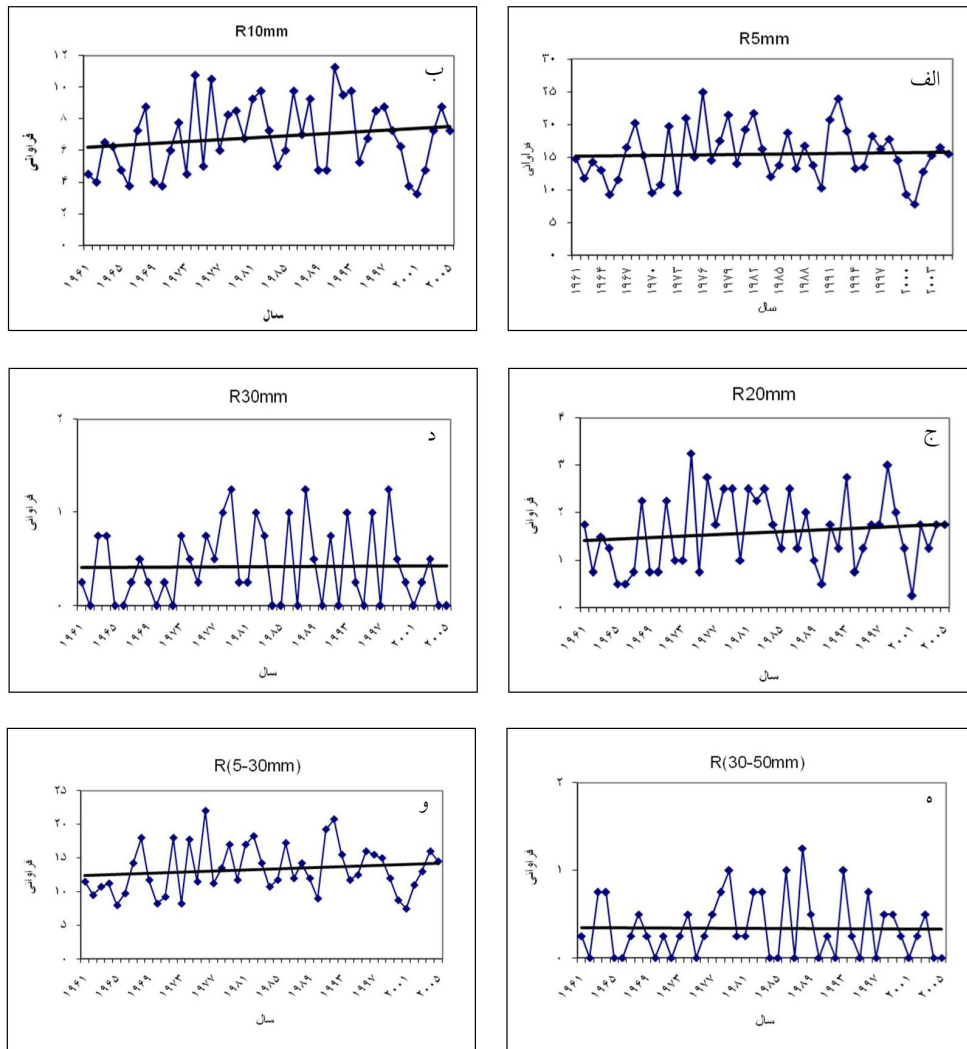
نتایج و بحث

تحلیل سری زمانی وقوع پدیده‌های حدی: به‌طور کلی تغییرات در شاخص‌های حدی بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف از الگوی یکسانی پیروی نمی‌کند و در بیشتر نقاط دنیا رفتار متفاوتی از خود نشان داده‌اند. واضح است همچنان که آستانه بارندگی افزایش می‌یابد فراوانی کم‌تر می‌گردد و به‌نظر می‌رسد که تغییرپذیری نیز کاهش می‌یابد. متوسط تعداد روزهای پیوسته خشک تقریباً دوازده برابر تعداد روزهای پیوسته مرطوب می‌باشد بنابراین مشخص می‌گردد که شرایط خشک بر منطقه استان خراسان بزرگ غالب می‌باشد. بررسی سری زمانی فراوانی بر مبنای آستانه‌های ثابت (دقیق) (شکل ۲) نشان می‌دهد که تمام سری زمانی‌ها فاقد ثبات بوده و روند طولانی مدت مشخصی در آن‌ها دیده نمی‌شود. در شاخص‌هایی همانند R5mm, R30mm و R(30-50mm) روند طولانی مدت مشخصی وجود ندارد، در شاخص‌هایی همانند R10mm, R20mm و R(5-30mm) روند افزایشی مشاهده می‌شود. در تعدادی از سال‌ها، فراوانی کمتر از میانگین بوده و در تعدادی دیگر فراوانی شاخص‌ها کمتر از میانگین می‌باشد که نتایج به‌دست‌آمده با نتایج عسکری و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. بررسی سری زمانی فراوانی‌های بارش را بر اساس صدک‌های آستانه، حداکثر شدت بارش یک روزه و طول روزهای پیوسته خشک و مرطوب (شکل ۳) نیز نشان می‌دهد که روند مشخصی نداشته و شاخص‌هایی همانند R65p و Rx1day روند افزایشی نشان می‌دهد اما شاخص‌هایی همانند R75p, R85p و R95P روند افزایشی بیشتری را نشان می‌دهند. سری زمانی شاخص R50mm (به‌دلیل این‌که در این دوره آماری تنها در دو سال بارندگی بیشتر از ۵۰ میلی‌متر بوده است) آورده نشده است. در شاخص‌هایی همانند R99p, CDD

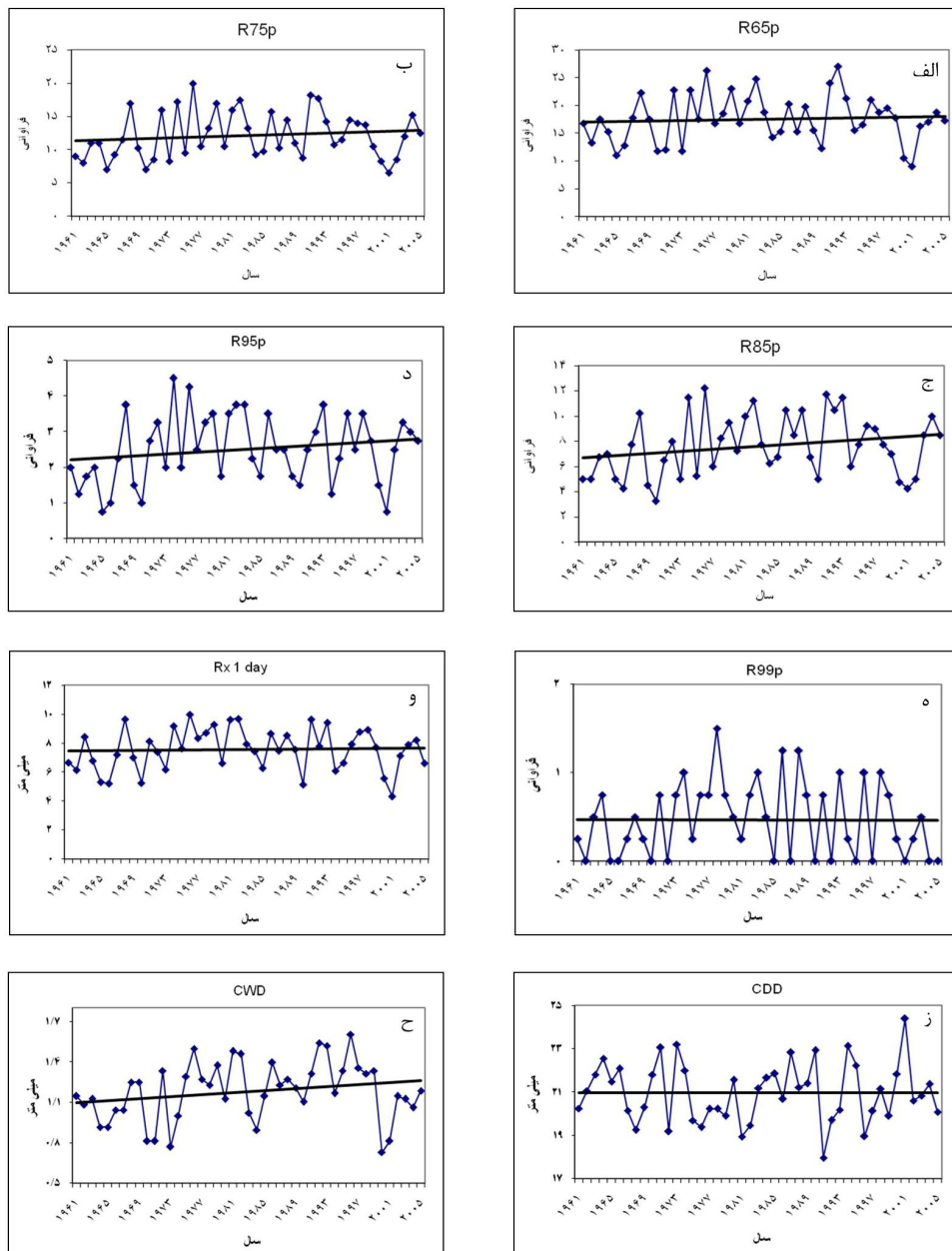
و CWD روند مشخصی مشاهده نشده است. تعداد روزهای پیوسته خشک به مراتب از تعداد روزهای پیوسته مرطوب بیشتر بوده و چنین شرایطی در استان خراسان قابل پیش‌بینی می‌باشد، متوسط تعداد روزهای مرطوب در سال‌های مختلف بین ۱ تا ۲ روز بوده، در حالی‌که بیشترین تعداد روزهای پیوسته خشک در ماه ۳۱ روز و حداقل آن ۱۰ روز بوده است.

ارتباط با انسو (ENSO): مطالعات و پژوهش‌های بسیاری نشان داده است که بین درجه حرارت سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ و بارندگی ارتباط قوی وجود دارد. همبستگی ماهانه بین دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ و فراوانی حدی بارش‌های زمستانه، بهاره و پاییزه به‌صورت وقفه زمانی دوساله، یک‌ساله و وقفه زمانی صفر محاسبه شده است. این همبستگی‌ها در سه بخش ارائه می‌گردد.

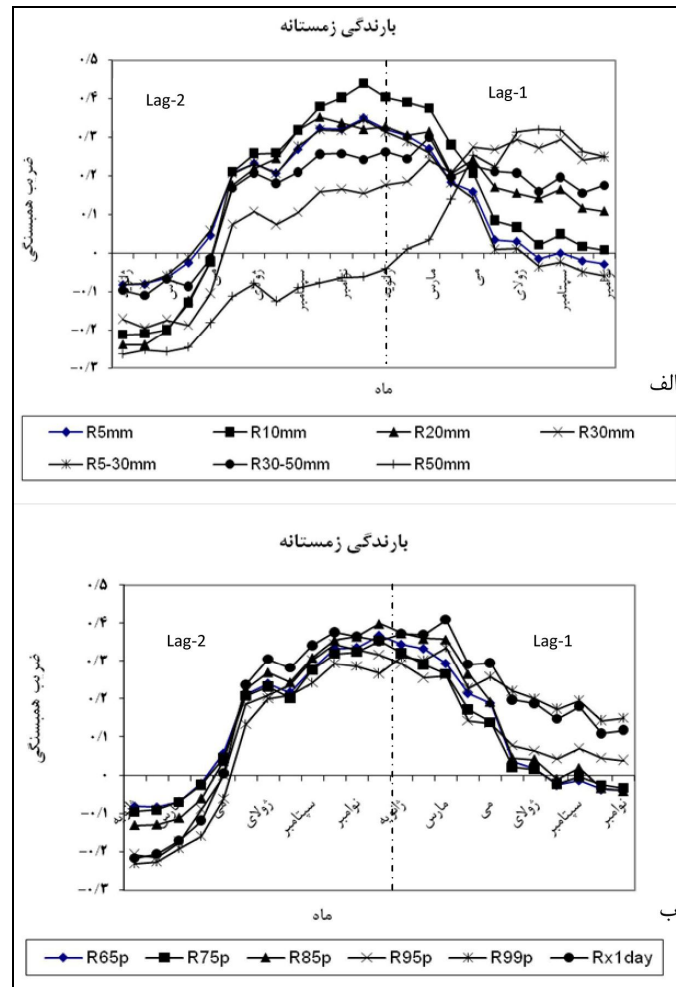
الف: مقادیر حدی بارش زمستانه و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در وقفه‌های زمانی مختلف: در شکل ۴ (الف و ب) همبستگی مقادیر حدی بارش زمستانه (ماه ژانویه تا مارس) و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در وقفه‌های زمانی یک‌ساله (از وقفه زمانی ۱ ماهه تا ۱۲ ماهه) و دو ساله (وقفه زمانی ۱۳ ماهه تا ۲۴ ماهه) نشان داده شده است. شکل ۴-الف همبستگی‌های شاخص‌های دقیق را نشان می‌دهد همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود همبستگی‌ها در شاخص‌های بارش معمول در فصل زمستان (R5,R10 میلی‌متر) از ماه ژولای (وقفه زمانی ۱۹ ماهه) شروع به افزایش نموده و به بالاترین مقدار خود (۰/۴۴ و $r=0/35$) در ماه دسامبر (۱۳ ماه قبل از فصل زمستان) می‌رسد و پس از آن همبستگی کاهش می‌یابد. اما در پدیده‌های غیرقابل پیش‌بینی همانند بارش‌های بیشتر از ۳۰ میلی‌متر (بارندگی سنگین) بیشترین همبستگی در ماه‌های جولای تا سپتامبر ($r=0/3$) و ۵۰ میلی‌متر (بارندگی‌های خیلی سنگین) بیشترین همبستگی در ماه اگوست ($r=0/32$) مشاهده گردیده است. مقادیر همبستگی‌ها در ماه‌های حداکثر در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. می‌توان نتیجه گرفت که می‌توان بارش‌های معمول در فصل زمستان را ۱۲ ماه زودتر و بارش‌های سنگین فصل زمستان را با استفاده از دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴، ۴ تا ۶ ماه زودتر پیش‌بینی نمود. شکل ۴-ب همبستگی شاخص صدک‌های مختلف بارش زمستانه را با شاخص نینو ۳.۴ نشان می‌دهد مقادیر این همبستگی‌ها نیز از ماه ژولای (وقفه زمانی ۱۹ ماهه) شروع به افزایش نموده و به بالاترین مقدار صدک ۸۵ ام بارش ($r=0/39$) در ماه دسامبر (۱۳ ماه قبل از فصل زمستان) می‌رسد و پس از آن همبستگی کاهش می‌یابد. مقادیر این همبستگی‌ها نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند.



شکل ۱- سری زمانی فراتنی های بارش بر اساس آستانه های ثابت برای دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۵.



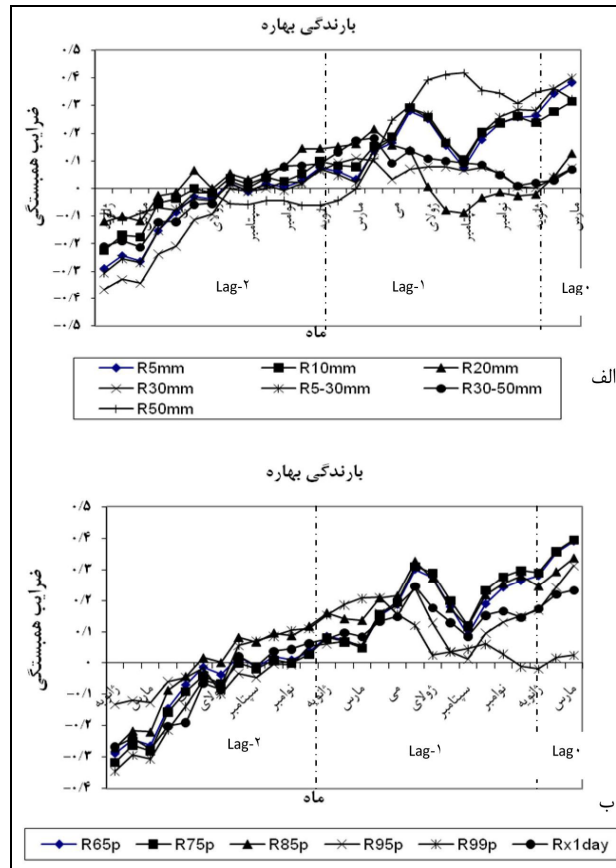
شکل ۲- سری زمانی فراوانی‌های بارش بر اساس صدک‌های آستانه، حداکثر شدت بارش یک روزه، طول روزهای پیوسته خشک و مرطوب برای دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۵.



شکل ۳- همبستگی مقادیر حدی بارش زمستانه و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در دو وقفه زمانی مختلف در استان خراسان بزرگ.

ب: مقادیر حدی بارش بهاره و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۴.۳ در وقفه‌های زمانی مختلف: در شکل‌های ۵ الف و ۵ ب همبستگی مقادیر حدی بارش بهاره (آوریل تا جون) و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در وقفه‌های زمانی صفر (وقفه یک تا سه ماهه)، یک ساله (وقفه ۴ تا ۱۵ ماهه) و دو ساله (۱۶ تا ۲۷ ماهه) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود همبستگی

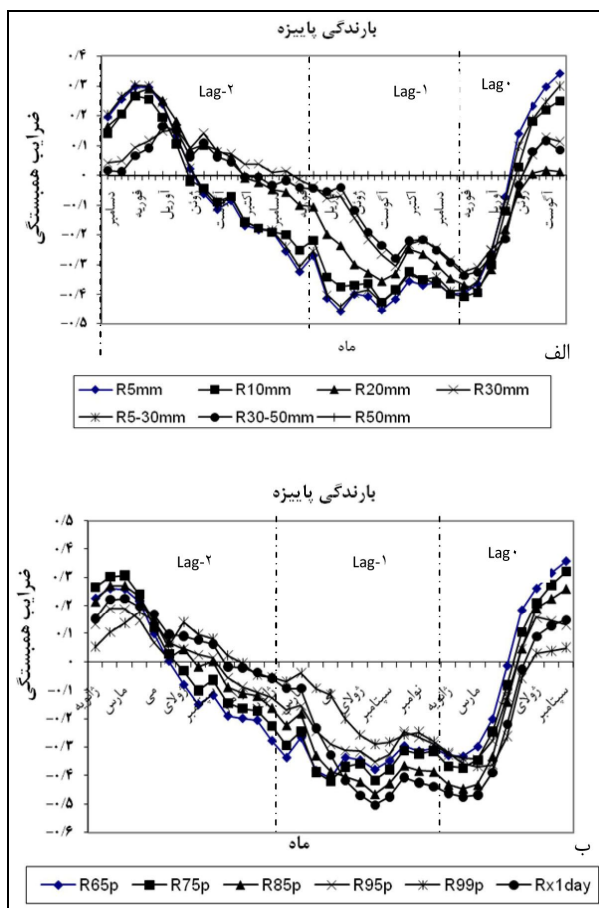
بارش‌های بهاره به‌عنوان مثال برای شاخص حدی ۵ میلی‌متر از آوریل ۱۲ ماه قبل با مقدار ($r=0/14$) شروع شده و در وقفه زمانی ۱۰ ماه قبل در ماه جون به مقدار ($r=0/28$) افزایش می‌یابد، اما این همبستگی‌ها معنی‌دار نمی‌باشد. پس از آن این همبستگی کاهش یافته تا به بالاترین مقدار همبستگی در یک وقفه زمانی یک ماهه ($r=0/38$) در ماه مارس یعنی یک ماه قبل از شروع بارندگی‌های بهاره می‌رسد که این همبستگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. در بارش‌های بهاره بیشترین همبستگی در وقفه زمانی یک‌ماهه اتفاق می‌افتد و بیشترین همبستگی مربوط به شاخص‌های $R(5-30mm)$ ، $R5mm$ ، $R65p$ و $R75p$ در ماه سپتامبر به‌ترتیب برابر با ($r=0/4$)، ($r=0/38$)، ($r=0/39$) و ($r=0/39$) نشان می‌دهد. حداکثر بارش یک روزه بیشترین همبستگی را در ماه جون ۱۰ ماه قبل ($r=0/22$) نشان می‌دهد و پس از آن همبستگی کاهش یافته و دوباره به این مقدار نمی‌رسد. می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌های حدی بارش در فصل بهار با دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در یک ماه قبل همبستگی بیشتری دارد. بنابراین شاید بتوان با شاخص نینو ۳.۴ در یک ماه قبل از شروع باران‌های بهاری معمول، در اقلیم مورد نظر پیش‌بینی نمود. اما در فرایندهای غیر قابل پیش‌بینی همانند بارش‌های بیشتر از ۵۰ میلی‌متر (بارندگی‌های خیلی سنگین) بیشترین همبستگی در وقفه زمانی ۷ ماهه و در ماه سپتامبر ($r=0/42$) مشاهده شده است که در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت که می‌توان بارش‌های سنگین فصل بهار را با استفاده از دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ تا ۷ ماه زودتر پیش‌بینی نمود. در شاخص حداکثر بارش یک روزه بیشترین همبستگی مربوط به ماه ژانویه (۱۰ ماه قبل) با مقدار ($r=0/24$) می‌باشد، که این همبستگی معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۴- همبستگی مقادیر حدی بارش بهاره و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در سه وقفه زمانی مختلف در استان خراسان بزرگ.

ج: مقادیر حدی بارش پاییزه و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در وقفه‌های زمانی مختلف: همبستگی مقادیر حدی بارش فصل پاییز و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در وقفه‌های زمانی مختلف نشان داده شده است (شکل ۶-الف و ب). همان‌گونه که در شکل‌ها دیده می‌شود همبستگی بارش‌های پاییزه برای اکثر شاخص‌های حدی از ژانویه ۳۳ ماه قبل شروع از شروع بارش‌های پاییزه تا فوریه ۳۲ ماه قبل افزایش یافته و پس از آن تا ۹ ماه قبل از بارندگی‌های پاییزی کاهش می‌یابد، این مقادیر همبستگی معنی‌دار نبودند. پس از آن در ماه ژولای (۴ ماه قبل) شروع به افزایش نموده تا به بالاترین مقدار همبستگی در یک وقفه زمانی یک ماهه (ماه سپتامبر) قبل از شروع بارندگی‌های پاییزه

می‌رسد، بیشترین همبستگی مربوط به شاخص‌های فراوانی بیشتر از ۵ میلی‌متر و صدک ۶۵ام بارش در ماه سپتامبر ($r=0/36$, $r^2=0/34$) می‌باشد. حداکثر بارش یک روزه بیشترین همبستگی را در ماه مارس ۳۱ ماه قبل ($r=0/22$) نشان می‌دهد که این مقدار معنی‌دار نمی‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت که در شاخص‌های حدی بارش به جز حداکثر بارش یک روزه، در فصل پاییز با دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در یک ماه قبل همبستگی بیشتری دارد. بنابراین شاید بتوان با استفاده از شاخص نینو ۳.۴ در یک ماه قبل، باران‌های پاییزی را پیش‌بینی نمود.



شکل ۵- همبستگی مقادیر حدی بارش پاییزه و دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ در سه وقفه زمانی مختلف در استان خراسان بزرگ.

نتیجه گیری

بر اساس پژوهش انجام شده می توان نتیجه گرفت که بین درجه حرارت سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳.۴ و شاخص های حدی بارش ارتباط قوی وجود دارد. که این ارتباط در فصول مختلف سال و شاخص های حدی متفاوت می باشد در شاخص های بارش های بهاره و پاییزه بیشترین همبستگی شاخص ها در وقفه زمانی ۱ ماهه به دست آمده است اما در شاخص های زمستانه بیشترین همبستگی شاخص ها در وقفه زمانی یک سال قبل بود و وقایع غیرقابل انتظار بارش همانند تعداد بارش های بیشتر از ۵۰ میلی متر بیشترین همبستگی را ۵ تا ۶ ماه زودتر از زمان وقوع پدیده نشان دادند. بنابراین می توان بارش های سنگین زمستانه و بهاره را که باعث وقوع سیل می گردد را ۶ تا ۷ ماه قبل از وقوع آن ها پیش بینی نمود. اما در طول روزهای خشک و مرطوب ارتباط مناسبی به دست نیامده است. پیشنهاد می گردد که در ارتباط با تغییرپذیری بین شاخص های حدی و انسو تحقیقاتی صورت پذیرد تا مکانیسمی که باعث افزایش فراوانی و شدت وقایع حدی بعد از انسو می گردد مشخص شود هم چنین باید در ایستگاه هایی با آمار طولانی تر پایداری ارتباط انسو با شاخص های حدی بارش پژوهش انجام شود.

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله بر خود لازم می دانند که از اداره هواشناسی مشهد- پژوهشکده اقلیم شناسی که اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش را در اختیار آن ها نهاده اند، سپاسگزاری نمایند.

منابع

1. Alexander, L., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Ambenje, P., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., and Vazquez-Aguirre, J.L. 2005a: Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation, Submitted to J. Geophys. Res. Atmosphere. 111:D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
2. Asgari, A., Rahimzadeh, F., Mohammadian, N., and Fattahi, E. 2007. Trend Analysis of Extreme Precipitation Indices Over Iran. Iran-Water Resources Research. 3:42-55. (In Persian)
3. Climate Prediction Center (2005-12-19). "Frequently Asked Questions about El Nino and La Nina". National Centers for Environmental Prediction.

4. Ghayoor, H.A., and Khosravi, M. 2001. Impact of NINO\ Southern Oscillation (ENSO) on The Summer and autumnal Precipitationl Anomalies in South East of Iran. Geographical researches. 62:141-174. (In Persian)
5. Grimm, A.M., Ferraz, S.E.T., and Gomes, J. 1998. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Nino and La Nina events. J. Climate. 11: 2863-2880.
6. Hughes, B.L. and A.M. Saunders. 2001. Seasonal prediction of European spring, prediction from ENSO and local SST-International. J. Climatol. 14:1-23.
7. IPCC, 2007. Climate Change 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1009p.
8. Modarespour, A. 1997. Effect of ENSO (ELNINO-Southern Oscillation) on Iran's precipitation and temperature. Nivar. J. 33: 67-77. (In Persian)
9. Moetamedi, M., Ehteramian, K., and Shahabfar, A.R. 2007. The Study of Teleconnection Between ENSO as a Weather Signals and Rain Fall and Temperature Fluctuation's of the Khorasan Province. Environmental Science. 4:75-90. (In Persian)
10. National Climatic Data Center (June 2009). El Nino / Southern Oscillation (ENSO) June 2009. National Oceanic and Atmospheric Administration.
11. Nazemosadat, M.J., and Ghasemi, A.R. 2002. It raining? Drought and excess rainfall in Iran and their relationship with the phenomenon ELnino- Southern Oscillation. "0.120 Shiraz University Publication Center page. 114p. (In Persian)
12. Nazemosadat, M.J., and Ghasemi, A.R. 2001. "Drought and rainfall in excess of Sistan-Baluchestan and its relationship with the phenomenon effect of ENSO in summer and rudeness of autumn rainfall regions of southwestern Iran," Proceedings First National Conference of strategies to deal with water crisis. Iran-Zabol. (In Persian)
13. Nazemosadat, M.J., Ghasemi, A.R., and Cordery, I. 2003. The linkage between precipitation in Iran and NSW Australia. The Proceeding of the Third Regional and First National Conference on Climate Change, Isfahan, Iran.
14. Nicholson, S.E., Leposo, D., and Grist, J. 2001. The Relationship between El Nino and Drought over Botswana. American Meteorological Society. 14: 323-335.
15. Peralta-Hernandez, A.R., Balling, R.C., and Barba-Martinez, L.R. 2009. Comparative analysis of indices of extreme rainfall events: Variations and trends from southern Mexico. Atmosfera. 22: 2. 219-228.
16. Revadekar, J.V., and Kulkarni, A. 2008, The El Nino-Southern Oscillation and winter precipitation extremes over India, Int. J. Climatol. 28: 1445-1452.
17. Yarahmadi, D., and Azizi, G.H. 2007. Analytical Relationship Between Seasonal Rainfall in Iran and Climate Index. Geographical researches, number 62: 161-174. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(1), 2012
<http://jwfst.gau.ac.ir>

The Relationship Between ENSO Index and Seasonal Extreme Rainfalls in Khorasan Provinces

***Z. Shirmohammadi¹, H. Ansari², A. Alizadeh³ and A. Mohammadian⁴**

¹Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad,

²Assistant Prof. Dept. of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad,

³Professor Dept. of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad,

⁴M.Sc. of Irrigation Engineering, Climatological Research Institute

Received: 2010/11/15; Accepted: 2011/06/14

Abstract

Generally, Climatic extreme events, like the heavy rain falls and sudden changes cause the greatest range of damages to water resources, agriculture and even human daily life. Therefore, correct and regular monitoring reduces their negative effects. This study evaluates the effects of large-scale climate factors such as ENSO, on how occurrence and severity of seasonal precipitation changes in Southern and Razavi Khorasan provinces. The data of 44-year period in four stations is used. Statistical analysis showed that extreme precipitations frequency and intensity has no long-term trend. The results of the correlation between Southern oscillation index and extreme precipitations pointed out high value with one month lag for spring and fall precipitation indices and with one year lag for winter precipitations. Also, a five-six months lag for unexpected rainfall events in winter season such as the number of rainfall more than 50 mm yielded the highest correlation.

Keywords: Extreme rainfall, Enso, Nino 3.4 SST, Khorasan

* Corresponding author Email: mshirmohamady@yahoo.com

