Archive of SID

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ششم، شماره ۱۴، زمستان ۱۳۹۶
تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۷/۱۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۳/۰۶
صفحات: ۶۲-۴۷

تحلیل همدید منشاء بارش‌های بیش از ۲۰ میلیمتر جهت اعلام هشدار وقوع سیلاب در استان سیستان و بلوچستان

محسن رضایی[1*]، مهدی اژدری مقدم[2]، غلامرضا عزیزیان[3]، محسن بستانی[4]

چکیده

بارش یکی از مهمترین پدیده‌های آب و هوایی و یکی از مهمترین عوامل ایجاد رواناب می باشد که نقش بارزی در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب و مخاطرات ناشی از سیلاب دارد. بارشهای حدی پتانسیل ایجاد سیلاب را دارند. دراین تحقیق با بررسی و شناخت استان به لحاظ بارش، فیزیوگرافی، توپوگرافی و ژئومرفولوژی آستانه حدی که توانایی ایجاد رخداد سیلاب داشته باشد انتخاب و سپس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نرم افزارهای ArcMap و Excel و دادههای روزانه بارش طی دوره آماری ۲۵ ساله از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ ایستگاههای سینوپتیک، اقلیم شناسی و باران‌سنجی استان سیستان و بلوچستان، تعداد ۷۲ رخداد بارش ۲۴ ساعته در آستانه حدی۲۰ میلی‌متر و بالاتر (بیشینه بارش ۲۴ ساعته اتفاق افتاده در ایستگاه‌ها) پهنه‌بندی شد. بررسی نقشه پهنه‌بندی نشان می‌دهد که بیشترین تاثیر بارش در این آستانه حدی در نواحی ساحلی و جنوبی استان می‌باشد. نظر به اینکه ۸۰ درصد بارشهای ۲۰ میلی متر و بالاتر در پاییز و زمستان رخ داده است، به تحلیل کمی سامانه‌های فصول سرد سال (۳۷ رخداد) پرداخته شد. تحلیل سینوپتیک نقشه‌های همدید، وزش رطوبتی ترازهای ۵۰۰ و ۷۰۰ ه. پ. (هکتو پاسگال)، متوسط روزانه فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه. پ. و نقشه‌های امگا (صعود قائم هوا) در تراز دریا و ۵۰۰ ه. پ. انجام و الگوی کلی سامانه‌های غربی که منشاء بارش های حدی ۲۰ میلیمتر و بالاتر در استان سیستان و بلوچستان در دوره سرد سال است، رسم شد. با توجه به اینکه بارشهای حدی زمینه ساز وقوع سیلاب می باشند، با بررسی عوامل ایجاد بارش های حدی می توان وقوع سیلاب را سریعتر پیش بینی نمود و با اعلام هشدار از ریسک سیلاب ها کاسته می‌شود.

واژگان کلیدی: بارش حدی، سامانه‌های بارش‌زا ، تحلیل همدید، سیلاب، سیستان و بلوچستان

۱- مربی گروه عمران دانشگاه زابل و دانشجوی دکتری مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان(نویسنده مسئول) Mohsen.rezaei@uoz.ac.ir
۲- دانشیار گروه عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان mazhdary@eng.usb.ac.ir
۳- استادیار گروه عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان g.azizyan@eng.usb.ac.ir
۴- کارشناس ارشد اقلیم شناسی اداره کل هواشناسی سیستان و بلوچستان Bostani1389@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استان سیستان و بلوچستان در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ تا ۶۳ درجه شرقی واقع شده است. این استان به دلیل نزدیکی به مدار راس السرطان و منطقه استوا و قرار گرفتن در منطقه تاثیر جریانات موسمی اقیانوس هند در تابستان از قسمت جنوب شرقی، نفوذ زبانه های پر فشار سیبری از قسمت شمالی و نفوذ امواج بادهای غربی مواجه با پدیده‌های حدی آب و هوایی نظیر بارش های سیل‌آسا می‌باشد. ناحیه سیستان با ۸۱۱۷ کیلومتر مربع وسعت، در قسمت شمالی این استان قرار داشته و ناحیه بلوچستان به مساحت ۱۷۹۳۸۵ کیلومتر مربع، منطقه وسیع کوهستانی در جنوب این استان است که حد شمالی آن کویر لوت و حد جنوبی آن دریای عمان (مکران) است. بادهای غربی و موج های بلند وکوتاه آن ها از سیستم‌های موثر در میزان بارندگی ایران و استان سیستان وبلوچستان می‌باشند. این استان به دلیل واقع شدن در منتهی‌الیه شرقی ایران و عرض جغرافیایی پایین تر نسبت به سایر مناطق کشور مدت زمان کمتری تحت تاثیر این موج ها قرار می گیرد و بنابرین امواج بلند وکوتاه کمتری از آن عبور می کند. همچنین دوری نیمه شمالی استان از منابع رطوبتی و نبودن سایر مکانیسم های بارندگی نظیر مکانیسم صعود در نیمه جنوبی و سواحل باعث شده اند که استان سیستان و بلوچستان از خشک ترین استان های کشور و با میانگین بارش پایین باشد. سیستم مونسون در تابستانها در میزان بارش ایستگاه های جنوبی استان بویژه مناطق کوهستانی مکران موثر می باشد.

شکل۱: موقعیت جغرافیایی استان سیستان و بلوچستان

تا دهه‌های گذشته تصور قریب به اتفاق هواشناسان و اقلیم شناسان کشور بر این بود که منطقه شمال شرق آفریقا و شبه جزیره عربستان، به جز بادهای گرم و خشک و ماسه و گرد و غبار چیز دیگری برای آب و هوای نواحی داخلی ایران و یا نواحی مجاور جنوبی به ارمغان نمی آورد. تصور اینکه سامانه ای بارش زا ضمن عبور از منطقه گرم و خشک و بیابانی عربستان مقادیر متنابهی بارندگی با خود به همراه داشته باشد، سخت ناممکن و غیر قابل باور می نمود. اما در طی دهه‌های گذشته تحقیقات پراکنده برخی محققان، دلالت بر وجود سامانه ای فعال و بارش زا دارد که از عرض‌های جنوبی‌تر منشأ گرفته و به « کم فشار سودانی » معروف گردیده است. این سامانه در ایران به عنوان یک

www.SID.ir

Archive of SID

سامانه فعال و مهم در اقلیم زمستانه نواحی جنوبی، جنوب غربی و داخلی ایران مورد توجه خاص قرار گرفته است (مفیدی، ۱۳۸۴). در پژوهشی نجار سلیقه به مکانیزم های بارش در جنوب شرق کشور پرداخته و مسیر نفوذ سیستم باران‌زا را به سه دسته تقسیم می‌کند: سیستم مدیترانه ای، سودانی و موسمی و نتیجه می گیرد قسمت اعظم بارندگی های ایران معلول ورود این عوامل است (نجار سلیقه، ۱۳۸۵).

یکی از سامانه های بارش زایی که بر مناطق جنوب شرق ایران به ویژه استان سیستان و بلوچستان تاثیر می‌گذارد سامانه‌های بارش‌زای جنوبی- جنوب غربی متاثر از کم فشار سودانی است. هنگامی که بادهای غربی منطقهٔ معتدله عمق بیشتری پیدا می کنند، در منطقهٔ غرب دریای سرخ سیکلون های جدیدی پدید می آیند که انرژی صعودی فراوانی با خود دارند. این سیکلون ها در روی دریای سرخ به جذب رطوبت پرداخته و با رسیدن به خلیج فارس ودریای عمان (مکران) بر مقدار رطوبت آنها افزوده می شود و چون در عرض های پایین جغرافیایی در حرکت هستند، دمای بیشتری داشته و لذا ظرفیت کافی برای جذب رطوبت را با خود دارند. در جنوب شرقی کشور، ارتفاعات بشاگرد جلوی رطوبت دریای عمان (مکران) را گرفته و لذا بارندگی در دامنه های جنوبی بشاگرد به ۱۵۰ میلی‌متر می رسد ولی به طرف چاله جازموریان از مقدار آن کاسته می شود. این جریانات مرطوب هنگامی که از دریای عمان (مکران) وارد منطقه مورد مطالعه می‌شوند، با برخورد به ناهمواری‌ها صعود کرده و به طور نسبی ریزش‌های خوبی را از خود بجای می‌گذارند (نجار سلیقه، ۱۳۸۵). استان سیستان و بلوچستان علیرغم اینکه در سیستم های بزرگ اقلیمی بطور یکپارچه تحت تاثیر شرایط سینوپتیک خاص قرار می گیرد، اما عوامل اقلیمی موثر در آن باعث شده که از خرده اقلیم و نواحی نامتجانس اقلیمی برخوردار باشد. سلیقه و همکاران (۱۳۸۷) پهنه بندی اقلیمی استان را با استفاده از پنج عامل اقلیمی و تحلیل خوشه ای انجام داده و استان را به پنج ناحیه اقلیمی تقسیم نمودند. الف- خشک و گرم بیابانی، ایستگاه های باهوکلات، نیکشهر و نصرت آباد، ب- نیمه خشک و معتدل گرم، ایستگاه های زاهدان و خاش، ج- خشک و گرم ساحلی ایستگاه چابهار، د- خشک و خیلی گرم بیابانی، ایستگاه های سرباز و سراوان، ح- خشک و گرم، ایستگاه های زابل و ایرانشهر.

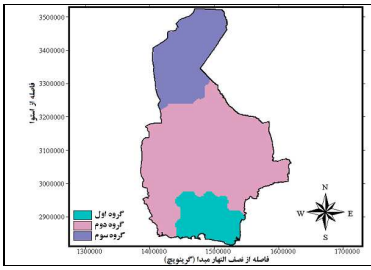
علیجانی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی و شناخت عوامل ایجاد سنگین‌ترین بارش دوره آماری ۲۰ ساله از ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸ میلادی در ایستگاه چابهار پرداختند. نتایج نشان داد رویداد ۶ ژانویه ۲۰۰۸ میلادی با وجود رطوبت زیاد در تراز پایین جو به ویژه تخلیه رطوبتی شدید از خلیج فارس، ناهنجاری شدید در تراز های میانی جو و استقرار رود باد جنب حاره ای در غرب منطقه مرتبط است. همچنین خسروی و همکاران (۱۳۸۹) به مطالعه تاثیر دمای سطح آب دریا بر روی الگوهای رطوبت نسبی و خطوط جریان در سطح دریا به عنوان مکانیزم اصلی تغییر میزان بارندگی پرداختند و دریافتند اغلب در شرایط پر باران خطوط جریان بر روی دریا مسیر طولانی‌تری را طی نموده و میزان رطوبت آن افزایش می‌یابد. لیوادا و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از داده های ۱۱۰ ایستگاه باران سنجی در بازه زمانی۴۰ تا ۵۰ سال ویژگی های زمانی و مکانی بارش در یونان را بررسی و بیشینه بارش‌های حدی سالانه با دوره بازگشت های متفاوت را تحلیل زمانی- مکانی نمودند و با استفاده از روش تحلیل طیفی تغییرات درون سالی بسامد بارش بیشینه را تعیین کردند. رضییی و عزیزی (۱۳۸۸) با استفاده از تحلیل مولفه های اصلی و خوشه بندی، رژیم

www.SID.ir

Archive of SID

بارشی غرب ایران را طبقه بندی نمودند. نتیجه کار آنها مشخص نمودن پنج ناحیه با بارش همگن برای منطقه مورد مطالعه بود. فدریکو و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی الگوهای چرخش جوی وابسته به بارش های سنگین روزانه در کالابریای ایتالیای جنوبی در یک دوره ۸ ساله از ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۷ پرداختند. آنها با تحلیل خوشه ای پارامترهای جوی یازده الگوی چرخش جوی پیدا نمودند و همچنین نشان دادند بین این الگوها و الگوهای بارش حدی ارتباط معنی‌داری وجود دارد و این ارتباط را با فاصله از دریا، توپوگرافی منطقه و جریانات جوی در مقیاس همدید شرح دادند. دوستکامیان و میر موسوی (۱۳۹۴) به بررسی و تحلیل خوشه های آستانه بارش شدید ایران پرداختند. نتایج آنها ایران را به چهار منطقه مختلف تقسیم نمود که استان سیستان و بلوچستان در ناحیه با آستانه بارش سنگین بسیار کم و ضریب تغییرات بسیار زیاد قرار گرفت. اشرفی (۱۳۹۲) به پهنه بندی چرخه های معنادار بارش فوق سنگین سیستان و بلوچستان پرداخته و نتایج پژوهش او در جدول شماره ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱: خلاصه نتایج پهنه بندی چرخه های معنادار بارش فوق سنگین سیستان و بلوچستان



مشخصات توصیفی گروه ها	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم
درصد مساحت گروه از کل استان	۱۳/۴۶	۶۳/۰۶	۲۳/۴۸
میانگین مجموع سالانه بارش	۱۵۵/۴	۱۴۲/۴	۹۷/۸۵
میانگین بارش حاصل از صدک ۹۹	۲۷/۳	۲۱/۹	۱۳/۹
دوره بازگشت چرخه ها (سال)	۸ - ۲	۱۱- ۵	۵ - ۲
روند مشاهده شده	افزایشی	افزایشی-کم	کاهشی-کم

اگر در هنگام بارش، شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ آب به داخل خاک بیشتر باشد، بخشی از آب ناشی از بارندگی در سطح زمین باقی می‌ماند. این آب پس از پر کردن گودی‌های سطح زمین که به آن چالاب گفته می‌شود، در مسیر شیب زمین جریان می‌یابد و از طریق شبکه آبراهه و سپس رودخانه اصلی از حوضه خارج می‌شود. این بخش از بارندگی را می‌توان در رودخانه‌ها اندازه‌گیری کرد که به آن، رواناب سطحی می‌گویند (علیزاده، ۱۳۹۴). طبق تعریف فرهنگ آبشناسی یونسکو سیل عبارت است از افزایش کوتاه مدت در سطح تراز آب یک رودخانه تا اوجی که سطح تراز آب از آن اوج با آهنگی آهسته تر عقب می نشیند. طبق تعریف دیگری سیل عبارت است از اضافه جریان آب نسبت به محدوده معمول رود یا حجمی از آب. سیل هر ساله خسارات فراوانی به زمین های کشاورزی، راه ها، پل ها و سدها وارد نموده و در بعضی موارد باعث مرگ انسان ها و احشام شده که منجر به تخریب ساختار اجتماعی جوامع و زیان های جانی و مالی فراوان می شود. جاری شدن سیلاب واقعه ای طبیعی و تصادفی است که هر ساله موجب ضررهای مالی و جانی فراوانی در دنیا می گردد. در صورت عدم آمادگی، زیانهای ناشی از وقوع این حادثه خیلی بیشتر می گردد (تی کن و همکاران، ۲۰۰۷). در میان سیلاب های ثبت شده در ایستگاه های هیدرومتری کشور ایران تا سال ۱۳۸۱، ایستگاه های هیدرومتری استان سیستان و بلوچستان با ثبت حدود ۲۰ درصد (۹۵ مورد از ۴۶۷ مورد) از سیلاب های کل کشور ایران رتبه نخست را دارا می باشد. (کردوانی، ۱۳۸۱). نگارش و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۳۹۲) برای شبیه سازی و پیش بینی سیلاب در حوضه آبریز سرباز استان سیستان و بلوچستان از شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند و نتایج نشان داد مدل شبکه عصبی نسبت به روش رگرسیونی عملکرد بهتری دارد و پیش بینی دقیق‌تری از سیلاب رودخانه سرباز ارائه می دهد. در وقوع سیلاب عوامل متعددی نقش دارند. اما یکی از مهمترین عوامل آن باران به ویژه بارش‌های حدی می باشد. استان سیستان و بلوچستان نیز در معرض وقوع سیلاب قرار دارد. در این تحقیق سعی شده شرایط همدید برای بارشهای حدی که در نهایت منجر به وقوع سیلاب می شود بررسی شود تا با اعلام هشدار سریعتر سیلاب از خطرات ناشی از آن کاسته شود. لازم به ذکر است که در دو دهه اخیر کاربرد روشهای غیر سازه ای مدیریت سیلاب و به خصوص پیش بینی و هشدار سیل برای کاهش ریسک سیلاب ها در کشورهای توسعه یافته روندی افزایشی داشته است.

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش با توجه به شرایط توپوگرافی، وضعیت پوشش گیاهی به بررسی مقادیر ریزش های جوی استان پرداخته شد. با توجه به مکانیزم رواناب آستانه شروع رواناب به عواملی همچون مقادیر و شرایط ریزش های جوی شامل نوع، شدت و تداوم بارش و نیز توزیع مکانی و زمانی بارندگی، جهت حرکت سامانه بارشی و دیگر عوامل اقلیمی نظیر دما و تبخیر و تعرق و شرایط فیزیوگرافیکی و توپوگرافی حوضه های آبریز شامل مساحت، شکل، ارتفاع، شیب، شبکه زهکشی، جنس خاک، کاربری اراضی و وضعیت پوشش گیاهی بستگی دارد و بعضی از این عوامل در هر باران شرایط و مقادیر متفاوت دارد (به عنوان مثال خصوصیات بارش شامل شدت، مدت و نوع یا نفوذپذیری خاک با توجه به رطوبت قبلی متفاوت است) لذا تعیین دقیق آستانه تولید رواناب فقط برای یک باران خاص امکان‌پذیر است. از آنجا که هر چه بارش سنگین‌تر باشد احتمال ایجاد رخداد سیل بیشتر است با بررسی داده های ایستگاه های هیدرومتری و بارن سنجی و معیارهای شناختی منطقه مورد مطالعه آستانه حدی حد اقل۲۰ میلی متر که توانایی ایجاد رخداد سیلاب داشته و کل استان را پوشش دهد انتخاب گردید. با استفاده از آمار و داده های روزانه بیشینه بارش ۲۴ ساعته، ایستگاه های سینوپتیک، اقلیم شناسی و باران سنجی استان سیستان و بلوچستان طی دوره آماری ۲۵ ساله بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ میلادی به پهنه بندی، تعداد ۷۲ عدد از رخدادهای بیشینه بارش۲۴ ساعته ۲۰ میلی متر و بیشتر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است. داده های مورد نیاز از مرکز آمار هواشناسی استان سیستان و بلوچستان اخذ شده است.

سپس با توجه به تحلیل زمان وقوع بارشهای حدی ۲۰ میلی متر و بالاتر و با توجه به نسبت تعداد رخدادهای حـدی در هر فصل به کل تعداد رخدادهای حدی در دوره آماری درصد وقوع بارندگی در هر فصل استخراج شد.

در ادامه به بررسی منشاء بارشهای حدی ۲۰ میلیمتر و بالاتر (۳۷ رخداد) پرداخته و به منظور تحلیل کمی همدید سامانه های بارش زای فصل سرد سال که سبب ایجاد بارش های ۲۰ میلی متر و بالاتر می شود از نقشه های متوسط روزانه فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه. پ. (هکتو پاسکال)، نقشه های رطوبت نسبی ترازهای فشاری ۵۰۰ و ۷۰۰ ه. پ.، نقشه های صعود قائم هوا در تراز دریا و ۵۰۰ ه. پ.استفاده شده است. این نقشه ها میانگین

www.SID.ir

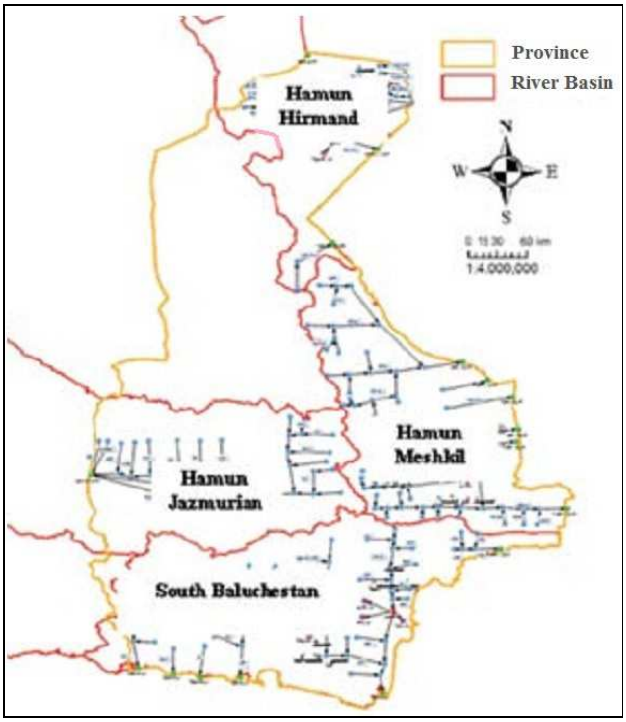
Archive of SID

روزانه بوده و گستره جغرافیایی ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی و ۳۰ تا ۸۰ درجه شرقی به گونه ای که منطقه مورد مطالعه را از لحاظ تحلیل همدید پوشش دهد انتخاب شده است.

در پایان به بررسی زمان وقوع سامانه و زمان وقوع دبی های پیک رودخانه های استان پرداخته شد. همچنین تعداد ایستگاه هایی که دبی پیک سالیانه را در فاصله زمانی حداکثر ۵ روز بعد از رخداد بارش داشته مشخص شد. لازم به ذکر است آمار مربوط به دبی پیک (تعداد ۳۳ ایستگاه) از شرکت آب منطقه ای استان سیستان و بلوچستان گرفته شده است.

بحث و نتایج

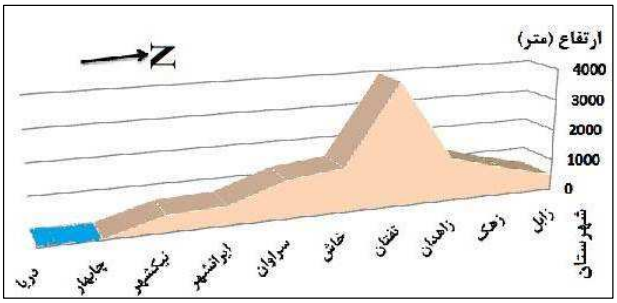
استان استان سیستان و بلوچستان دارای چهارحوضه اصلی آبریز اصلی به نام های هامون هیرمند، مشکیل، جازموریان و بلوچستان جنوبی است. بررسی اقلیم و ژئومرفولوژی استان مشخص نمود اغلب نواحی این استان خشک و گرم می‌باشد و از پوشش ضعیف گیاهی برخوردار است که می تواند عاملی برای تشدید رواناب باشد. که این حوضه‌ها در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. در شکل شماره ۳ نمای شماتیک شیب کلی استان آمده است و نشان می دهد ارتفاع از سطح دریا از کوه تفتان به طرف جنوب و شمال استان کاهش می یابد. همچنین شیب حوضه های آبریز در مناطق نزدیک به کوه تفتان بیشتر است.



شکل۲: حوضه های آبریز استان سیستان و بلوچستان

www.SID.ir

Archive of SID

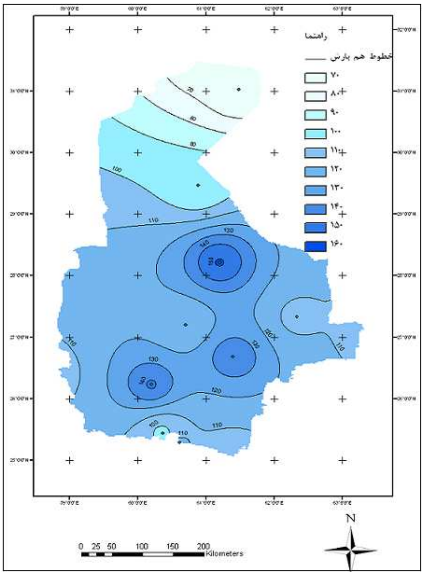


شکل۳: نمای شماتیک توپوگرافی استان سیستان و بلوچستان

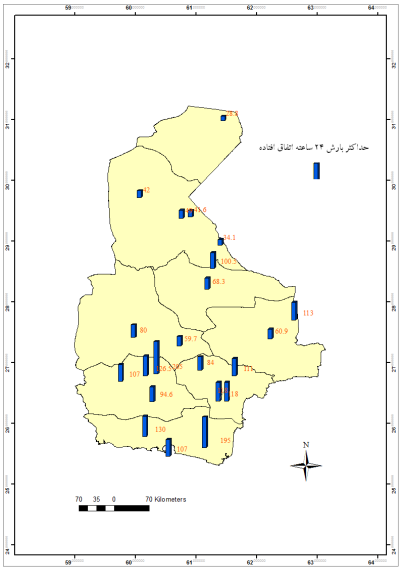
دوری نیمه شمالی استان از منابع رطوبتی و نبودن سایر مکانیسمهای بارندگی نظیر مکانیسم صعود در نیمه جنوبی و سواحل باعث شده اند که استان سیستان و بلوچستان از خشک ترین استان های کشور و میانگین بارش استان پایین باشد. بررسی توزیع بارش در استان نشان می دهد که کمترین بارشها در منطقه سیستان (شمال استان) با متوسط سالیانه ۷۰ میلیمتر و بیشترین بارش ها در محدوده ایستگاه های خاش با متوسط سالیانه۱۶۰ میلی متر و راسک و نیکشهر با متوسط سالیانه ۱۵۰ میلی متر اتفاق افتاده است. بررسی آمار بارندگی طی دوره آماری نشان داد در این دوره باران های بالای ۵۰ میلی متر در شبانه روز حداکثر ۱۱ مورد وجود داشته که مربوط به ایستگاه های جنوب استان بوده و در شمال استان موردی ثبت نشده است. همچنین برای آمار ۳۰ میلی متر و بالاتر نیز حداکثر ۳۰ مورد وجود دارد و برای ایستگاه زابل هیچ موردی ثبت نشده است. حداکثر بارش رخ داده در این ایستگاه واقع در شمال استان ۲۸/۸ میلیمتر است. سپس بررسی آمار ۲۰ میلی متر و بیشترنشان داد در دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ تعداد ۷۲ رخداد بارش ۲۰ میلی‌متر و بیشتر ثبت شده و در این دوره در ایستگاه های شمال استان ۶ مورد باران ۲۴ ساعته و بیشتر ثبت شده است. با توجه به زمان وقوع بارش های حدی ۲۰ میلی‌متر و بررسی آمار ایستگاه های هیدرومتری و دبی پیک سالیانه رودخانه ها مشخص شد بارش های بیش از ۲۰ میلی‌متر توان ایجاد سیلاب را دارد. با دقت در نتایج میانگین بارش حاصل از صدک ۹۹ بارش های فوق سنگین استان که برای سه ناحیه از جنوب به شمال استان به ترتیب برابر ۲۷/۳ ، ۲۱/۹ و ۱۳/۹ بود. بنابراین آستانه ۲۰ میلیمتر بارش ۲۴ ساعته که توان ایجاد رخداد سیلاب دارد و کل استان را پوشش می دهد، انتخاب گردید. نقشه توزیع میانگین بارش در سطح استان و نقشه حداکثر بارش ۲۴ ساعته در ایستگاه‌ها به ترتیب در شکل های شماره های ۴و ۵ آمده است.

www.SID.ir

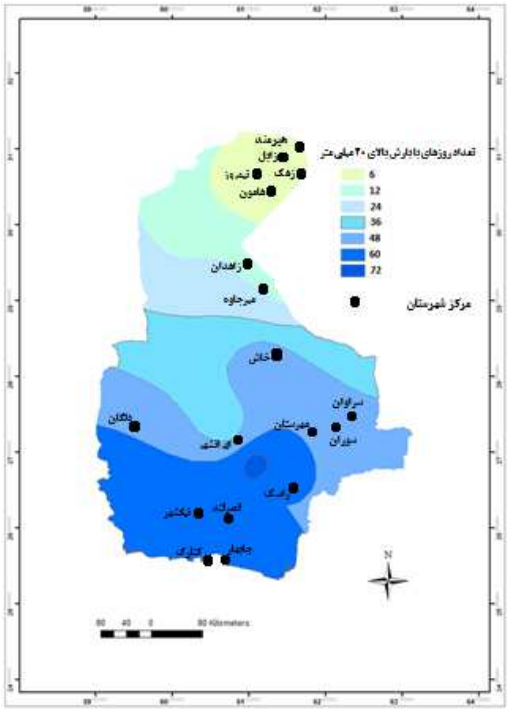
Archive of SID



شکل۴: نقشه توزیع میانگین بارش در سطح استان س. و ب.



شکل۵: نقشه حداکثر بارش ۲۴ ساعته در ایستگاه‌ها



شکل۶ : نقشه پهنه بندی تعداد روزهای با بارش ۲۰ میلی متر و بالاتر طی دوره آماری(۱۹۹۰-۲۰۱۴)

سپس داده های مربوط به بیشینه بارش های۲۴ ساعته به میزان۲۰ میلیمتر و بیشتر، استان سیستان و بلوچستان پهنه بندی شد و در شکل شماره ۶ نشان داده شده است. بررسی شکل شماره ۶ نشان می دهد هر چه از قسمت های جنوبی استان به سمت قسمت های شمالی حرکت کنیم از تعداد روزهای بارش های حدی ۲۰ میلیمتر و بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID

کاسته می شود. تعداد روز های با بیشینه بارش ۲۰ میلی متر و بیشتر در مناطق جنوبی و ساحلی استان بیشتر و حدود ۶۰ مورد طی دوره مورد مطالعه است. که از دلایل آن نزدیکی به دریا و کوهستانی بودن منطقه به ویژه در منطقه راسک با ۷۲ مورد را می توان نام برد. قسمت شمالی استان، منطقه سیستان طی دوره آماری مورد مطالعه تنها ۶ مورد بارش ۲۰ میلیمتر و بیشتر داشته است.

سپس به بررسی زمان وقوع بارش های ۲۰ میلی متر و بالاتر در استان طی دوره آماری پرداخته شد و با توجه به نسبت تعداد رخدادهای حدی در هر فصل به کل تعداد رخدادهای حدی در دوره آماری درصد وقوع بارندگی در هر فصل استخراج شد. که خلاصه نتایج در جدول شماره ۲، آمده است.

جدول ۲ : رژیم بارش های ۲۰ میلی متر و بالاتر در استان طی دوره آماری

درصد وقوع بارندگی حدی ۲۰ میلیمتر و بالاتر در هر فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
	۱۵	۵	۲۵	۵۵

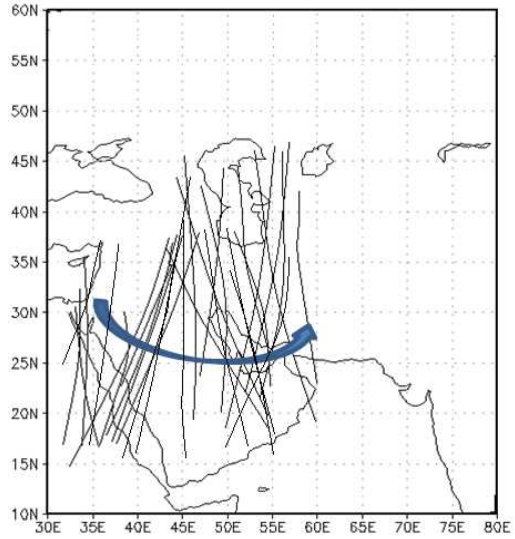
ملاحظه شد در دوره سرد سال (پاییز و زمستان) حدود ۸۰ درصد بارشهای حدی ۲۰ میلی متر و بالاتر رخ می دهد و در دوره گرم سال (بهار و تابستان) حدود ۲۰ درصد بارشهای حدی ۲۰ میلی متر و بالاتر رخ می دهد. نظر به اینکه برای ایجاد بارشهای حدی فصل‌های گرم بیشتر مونسون و بارشهای فصل‌های سرد بیشتر سامانه های غربی موثر است به بررسی عوامل و شرایط بارشهای حدی در دوره سرد سال پرداخته شد.

درادامه جهت بررسی منشاء بارش های ۲۴ ساعته ۲۰ میلیمتر و بیشتر پس از انتخاب سامانه های بارش زا با توجه به این که بارندگی هر سامانه طی چند روز و بطور پراکنده در ایستگاه های مختلف تداوم داشته اولین روزی را که حداقل در یک ایستگاه ۲۰ میلیمتر باران آمده است در نظر گرفته و بر اساس آن نقشه های مورد نیاز استخراج شده است. به منظور تحلیل کمی همدید سامانه های بارش زا در این پژوهش از نقشه های متوسط روزانه فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه. پ.، نقشه های رطوبت نسبی ترازهای فشاری ۵۰۰ و ۷۰۰ ه. پ.، نقشه های امگا (صعود قائم هوا) در تراز دریا و ۵۰۰ ه. پ. در گستره جغرافیایی ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی و ۳۰ تا۸۰ درجه شرقی استفاده شده است. جهت تبیین اثر ترازهای بالایی جو در بارندگی ها نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه. پ. (به عنوان نماینده ترازهای میانی جو) مورد مطالعه قرار گرفت و امواج ناشی از بادهای غربی در آن مشاهده شد. در ادامه فرود موجود در سامانه های غربی برای روز بارندگی و دو روز قبل از آن استخراج و در نقشه ای که با استفاده از نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی رسم شده در شکل شماره ۷، آورده شده است. بررسی شکل نشان می دهد که فرود بادهای غربی بسیار عمیق شده و به عرض های پایین تر تا ۱۵و حتی ۱۰ درجه شمالی می رسد. این فرودها در طی دو روز قبل از بارندگی در استان سیستان و بلوچستان در مناطق سودان، دریای سرخ و غرب عربستان قرار گرفته اند. عمق فرودهای مذکور به طور متوسط حدود ۳۰ درجه با جهت گیری از عرضهای جغرافیایی بالا به پایین است. مسیر حرکت فرودها به سمت استان سیستان و بلوچستان در شکل نشان داده شده است و نشان می دهد که

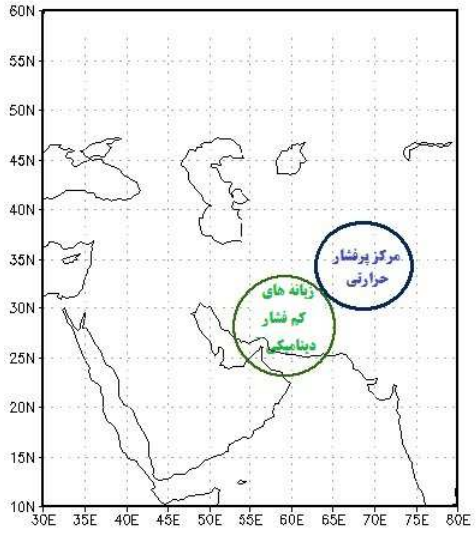
www.SID.ir

Archive of SID

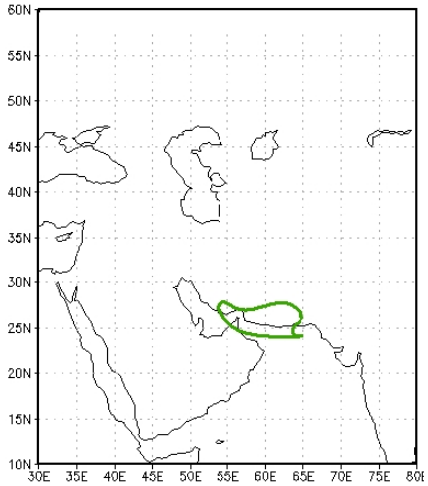
فرود ها ازسمت جنوبی خلیج فارس وارد و پس از عبور از این پهنه آبی از قسمت شرقی آن و بویژه تنگه هرمز وارد جنوب شرقی ایران و استان سیستان و بلوچستان می شود.



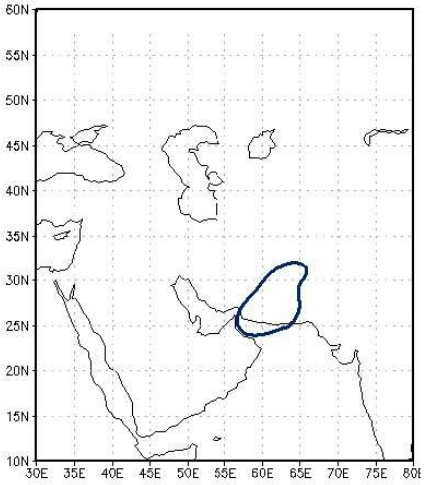
شکل۷ : فرودهای موجود در سامانه های منتخب و مسیر حرکت فرودهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه. پ.



شکل ۸ : موقعیت مکانی قرار گیری مراکز و زبانه های فشار در نقشه های سطح دریا



شکل ۹: موقعیت مکانی قرار گیری مناطقی که توده هوا، قابلیت صعود دارد با استفاده از نقشه های امگا سطح دریا



شکل ۱۰: موقعیت مکانی قرار گیری مناطقی که توده هوا قابلیت صعود دارد با استفاده از نقشه های امگا سطح ۵۰۰ ه. پ.

نقشه فرودها برای روز بارندگی نشان می‌دهد که در روزهای با بارندگی به میزان ۲۰ میلیمتر و بالاتر از سامانه های بارش زای فصل سرد محور فرودها بر روی خلیج فارس واقع شده و بنابراین امکان صعود توده هوای عبوری از خلیج

www.SID.ir

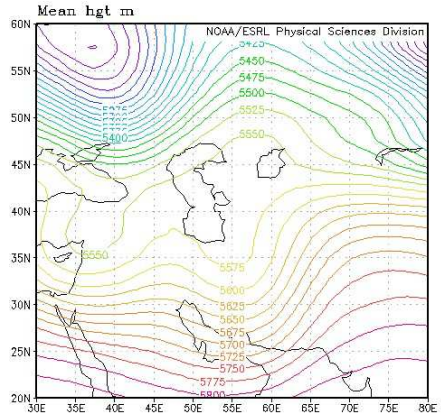
Archive of SID

فارس که در این پهنه آبی تقویت رطوبتی شده وجود دارد. در ادامه جهت بررسی وضعیت الگوی فشار در سطح دریا برای اولین روزی که هر یک از سامانه های منتخب حداقل در یک ایستگاه از ایستگاه های مورد مطالعه ۲۰ میلیمتر و یا بیشتر بارندگی داشته اند نقشه فشار سطح دریا استخراج شد. بررسی این نقشه ها نشان می دهد که در روز بارندگی زبانه های کم فشار بر روی خلیج فارس حاکم است. بررسی زبانه کم فشار در سامانه های جوی منتخب نشان می دهد حداقل میزان فشار سطح دریا مشاهده شده ۱۰۰۹/۵ ه. پ. و حداکثر آن ۱۰۱۴ ه. پ. و بطور متوسط ۱۰۱۲ ه. پ. بوده است. بنابرین شرایط سطح دریا برای صعود هوای مرطوب از سطح خلیج فارس مهیا می باشد. همچنین مرکز پر فشار در قسمت شمال شرقی استان و قسمت های غربی افغانستان با میانگین فشار مرکزی ۱۰۲۶ ه. پ. قرار دارد که مانع حرکت شرق سوی سامانه بارشی می‌گردد. که در شکل شماره ۸ الگوی قرار گیری مکان مراکز فشار مذکور آورده شده است. برای نشان دادن قابلیت صعود از نقشه های امگا (صعود قائم هوا) در تراز دریا و ۵۰۰ ه. پ. برای اولین روز بارندگی هریک از سامانه های بارش زا استفاده شد. این نقشه ها نشان دهنده قابلیت صعود توده هوا می باشد و هرچه مقادیر آن منفی‌تر باشد سرعت صعود هوا بیشتر است. نقشه های مذکور نشان می‌دهد که بطور متوسط صعود قائم در سطح دریا به طور متوسط ۰/۱- پاسگال بر ثانیه می باشد. همچنین میانگین این مقدار برای تراز ۵۰۰ ه. پ. برابر ۰/۲۷- پاسگال بر ثانیه است. الگوی مکانی صعود قائم جو برای سطوح دریا و ۵۰۰ ه. پ. در شکل های شماره ۹ و ۱۰ آورده شده است. و در نهایت جهت نشان دادن میزان رطوبت گیری لایه های مختلف جو نقشه های میزان رطوبت نسبی ترازهای ۵۰۰ و۷۰۰ ه. پ. برای روز بارندگی استخراج شد. نقشه های مذکور تایید کننده این موضوع است که توده هوای مرطوبی که به خلیج فارس و دریای عمان (مکران) می رسد تقویت شده و با توجه به صعود هوا در قسمت جلوی تراف این رطوبت به جو تزریق و بارندگی به میزان قابل ملاحظه در استان سیستان و بلوچستان ایجاد می کند.

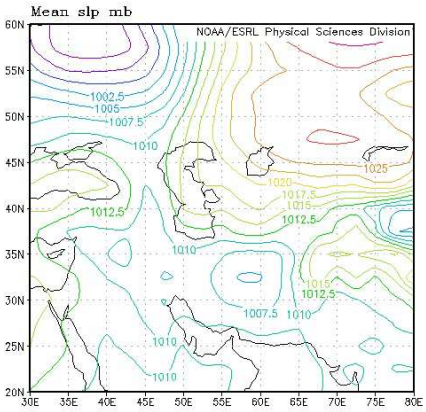
با توجه به اینکه سامانه های مورد بررسی در دوره سرد سال (پاییز و زمستان) بود و شرح همه ۳۷ سامانه امکان‌پذیر نمی‌باشد، به عنوان مثال سامانه روز ۳ مارس سال ۱۹۹۹ میلادی که بیشتر نشان دهنده الگوی بارشهای تقویت شده می‌باشد و نمونه ای است که شرایط همدیدی آن به طور نسبی با شرایط همدیدی سایر نمونه ها مشابه است انتخاب و تحلیل کمی شد. شکل شماره ۱۱ نقشه سطح ۵۰۰ ه.پ در این روز واقع شدن یک تراف عمیق را بر روی خلیج فارس نشان می دهد در قسمت جلوی تراف مذکور که بر روی سیستان و بلوچستان واقع شده است امکان صعود رطوبت و بارش وجود دارد. نقشه فشار سطح دریا در همان روز در شکل شماره ۱۲ کم فشار بسته به مقدار ۱۰۰۷,۵ هکتو پاسکال واقع شده است که نشان می دهد امکان صعود در استان وجود دارد همچنین زبانه های پرفشار در شمال شرقی استان مشاهده می شود که باعث کند شدن حرکت سامانه و تداوم بارش آن می شود. در شکل ۱۳ و ۱۴ نقشه های صعود قائم جو در تراز۵۰۰ ه.پ. و دریا آورده شده است نقشه های فوق صعود قائم جو را نشان می‌دهد. در ادامه شکل‌های شماره ۱۵ و ۱۶ میزان رطوبت صعود یافته در سطح ۵۰۰ و ۷۰۰ ه. پ. را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

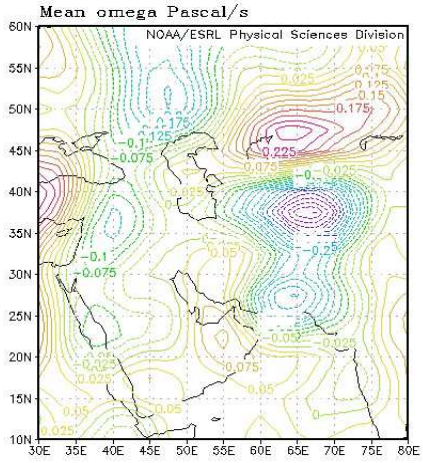
Archive of SID



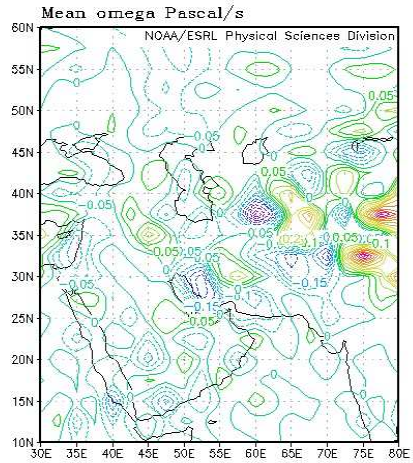
شکل ۱۱: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه. پ. ۳ مارس ۱۹۹۹



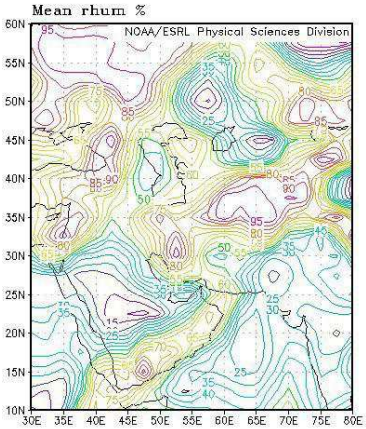
شکل ۱۲: نقشه فشار تراز دریا در روز ۳ مارس ۱۹۹۹



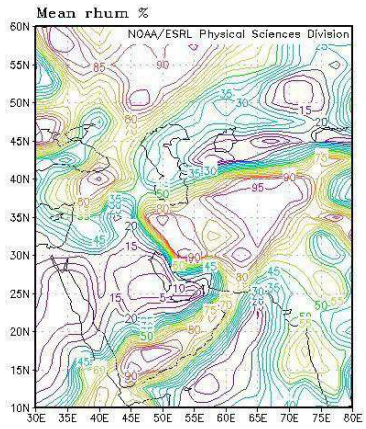
شکل ۱۳: نقشه صعود قائم تراز ۵۰۰ ه.پ. ۳ مارس ۱۹۹۹



شکل ۱۴: نقشه صعود قائم سطح دریا ۳ مارس ۱۹۹۹



شکل ۱۵: نقشه رطوبت نسبی سطح۵۰۰ ه.پ ۳ مارس ۱۹۹۹



شکل ۱۶: نقشه رطوبت نسبی سطح ۷۰۰ ه. پ. ۳ مارس ۱۹۹۹

www.SID.ir

Archive of SID

در پایان به مقایسه زمان وقوع بارش و دبی اوج ثبت شده برای هر ایستگاه در زمانهای مختلف پرداخته شد. اغلب ایستگاه های هیدرومتری، دبی پیک سالیانه خود را در روز بارندگی حدی یا یک یا دو روز بعد از آن دارد. نتایج دلالت بر تبعیت دبی اوج از زمان وقوع باران های حدی ۲۰ میلیمتر و بالاتر را دارد. در جدول شماره ۴، تعدادی از سامانه ها که حداقل در ۳ ایستگاه هیدرومتری دبی پیک داشته است به همراه تعداد دبی های پیک ثبت شده آمده است. این موضوع نشان می دهد سامانه های مذکور و الگوی مورد بررسی می تواند منجر به وقوع سیلاب گردد و با اعلام هشدار سیلاب در استان می توان از خطرات آن کاسته شود.

جدول ۴ : تعداد دبی اوج ثبت شده برای باران های حدی ۲۰ میلیمتر و بالاتر در ایستگاههای هیدرومتری

ردیف	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
تاریخ سامانه	10 February 1990	9 February 1991	15 March 1991	4 February 1992	9 December 1992	24 February 1994	24 February 1996	1 March 1998	3 March 1999	25 September 1999	22 February 2002	27 December 2004	1 March 2005	29 January 2006	5 January 2008	7 December 2009	5 February 2010	9 February 2011	17 December 2012
تعداد دبی اوج	10	3	6	4	3	3	5	7	3	3	4	11	4	3	13	3	13	12	4

نتیجه‌گیری

استان سیستان و بلوچستان با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی و اقلیمی در معرض رخداد پدیده های حدی اقلیمی می باشد. با عنایت به این که استان سیستان و بلوچستان دارای اقلیمی گرم و خشک می باشد، بنابرین پوشش گیاهی فقیر خاک، کوهستانی بودن استان و شیب بالای حوضه‌های آبریز باعث میشود که بارش با مقادیر ۲۰ میلیمتر و بالاتر ایجاد روان آب و سیلاب کند. در مناطق جنوبی استان پتانسیل و شرایط برای وقوع سیلاب فراهم‌تر می‌باشد. بی نظمی و عدم پخش مناسب بارندگی، شرایط خاک، پوشش گیاهی فقیر، کوهستانی بودن مناطق جنوب استان و قرار گرفتن مناطق مسکونی و فعالیتهای اقتصادی در کنار رودخانه ها و مسیل ها مخاطرات محیطی ناشی از سیلاب های شدید را در پی دارد.

بررسی الگو های همدید نشان داد منشاء بارش ۲۴ ساعته ۲۰ میلیمتر و بالاتر در دوره سرد سال ناشی از موج های باد های غربی است که در خلیج فارس و دریای عمان (مکران) توانایی جذب رطوبت را داشته، تغذیه رطوبتی و تقویت شده باشد. این سامانه ها بارشهای سنگین ایجاد و احتمال رخداد سیل می باشد که می توان با توجه به مسیر عبور سامانه و بررسی شرایط تغذیه رطوبتی در پهنه های آبی جنوب ایران قبل از وقوع بارش و سیلاب از احتمال رخداد آن آگاه و هشدارهای لازم به مردم و مسئولین اجرایی ارائه گردد تا از خطرات سیلاب کاسته شود. با توجه به وقوع بارش های بیشینه در منطقه ساحلی و ارتفاعات جنوبی استان لزوم مطالعات مربوط به سیل در این مناطق تحت عنوان مدیریت ریسک مشهود می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

تقدیر و تشکر

از اداره کل هواشناسی استان س. و ب. و شرکت آب منطقه ای استان س. و ب. برای ارائه آمار سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

اشرفی سعیده؛ (۱۳۹۲). پهنه بندی چرخه های معنادار بارش فوق سنگین سیستان و بلوچستان،دو فصل‌نامه اندیشه جغرافیایی، دانشگاه زنجان، دوره ۷، شماره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۲، صص۱-۳۳.

خسروی، محمود؛ خوشحال جواد؛ نظری پور حمید (۱۳۸۸). شناسایی منشاء و مسیر رطوبت بارشهای فوق سنگین استان بوشهر، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶ صص ۷-۲۸.

خسروی محمود؛ سلیقه محمد؛ صباغی بهروز (۱۳۸۹). تاثیر آنومالی های دمای سطح دریای عمان (مکران) بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرق ایران، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز، سال ۱۶، شماره ۳۷، پاییز ۱۳۹۰ صص. ۵۹-۸۱.

خسروی محمود؛ بستانی محسن؛ عزیزاقلی محمد علی؛ گودرزی فر، مصدق (۱۳۹۲). مقایسه پهنه های بارشی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از داده های ماهواره ای و ایستگاههای زمینی، نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، سال چهارم، شماره سیزدهم و چهاردهم، بهار و تابستان۱۳۹۲، صص۹۷-۱۱۰.

دوستکامیان مهدی؛ میرموسوی سیدحسین (۱۳۹۴). بررسی و تحلیل خوشه های آستانه بارش شدید ایران، جغرافیا و توسعه شماره ۴۱، زمستان ۱۳۹۴، صص۱۳۱-۱۴۶.

رضییی طیب؛ عزیزی قاسم (۱۳۸۶). منطقه بندی رژیم بارشی غرب ایران با استفاده از روشهای تحلیل مولفه های اصلی و خوشه بندی، تحقیقات منابع آب ایران پاییز ۱۳۸۶، شماره ۳ صص،۶۲-۶۵.

سلیقه محمد؛ بریمانی فرامرز؛ اسمعیل نژاد مرتضی (۱۳۸۷). پهنه بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان، جغرافیا و توسعه شماره ۱۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۷، صص۱۰۱-۱۱۶.

شرکت آب منطقه ای استان سیستان و بلوچستان (۱۳۹۵).

علیجانی بهلول؛ خسروی محمود؛ اسمعیل نژاد مرتضی (۱۳۸۹). تحلیل همدیدی بارش سنگین ششم ژانویه ۲۰۰۸ در جنوب شرق ایران، مجله پژوهش های اقلیم شناسی سال اول، شماره سوم و چهارم، پاییز و زمستان ۱۳۸۹، صص ۳-۱۴.

علیزاده امین (۱۳۹۴). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ویرایش هفتم چاپ چهلم، ۹۴۲صفحه.

فرج زاده اصل منوچهر؛ کریمی احمدآباد مصطفی؛ قائمی هوشنگ؛ مباشری محمدرضا (۱۳۸۸). چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه غرب (مطالعه موردی بارش۷-۳ ژانویه۱۹۹۶)، مجله مدرس علوم انسانی، شماره ۶۰، صص۲۱۷-۱۹۳.

کردوانی پرویز (۱۳۸۱). منابع و مسائل آب در ایران جلد اول: آبهای سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره برداری از آنها. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دهم، ۴۲۰ صفحه.

لشکری حسن (۱۳۸۱). مسیریابی سامانه های کم فشار سودانی ورودی به ایران، مجله مدرس علوم انسانی، تابستان۸۱ شماره ۲۵، صص۱۵۶-۱۳۳.

مرکز آمار اداره کل هواشناسی استان سیستان و بلوچستان (۱۳۹۴).

مفیدی عباس؛ زرین آذر (۱۳۸۴). بررسی سینوپتیکی تاثیر سامانه های کم فشار سودانی در وقوع بارش های سیل زا در ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی، تابستان ۱۳۸۴، شماره ۷۷، صص ۱۳۶-۱۱۳.

نجار سلیقه محمد (۱۳۸۵). مکانیزم های بارش در جنوب شرق کشور، مجله پژوهش های جغرافیایی، بهار ۱۳۸۵ ، شماره ۵۵ صص ۱-۱۳.

نظری پور حمید؛ خسروی محمود (۱۳۸۸). نقش شناسایی الگوهای موجد بارشهای فوق سنگین در کاهش خطرات سیل در استان بوشهر، همایش ملی کاهش اثرات بلایای جوی و اقلیمی، اردبیل، صص. ۱۱۲-۱۳۱.

www.SID.ir

Archive of SID

نگارش حسین؛ اژدری مقدم مهدی؛ آرامش محسن (۱۳۹۲). کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی و پیش بینی سیلاب در حوضه‌ی آبریز سرباز، جغرافیا و توسعه، تابستان ۱۳۹۲، شماره ۳۱، صص ۱۵-۳۸.

Dimitrova, T., Mitzeva, R., Savtchenko, A., (2009), Environmental Conditions Responsible for the Type of Precipitation in Summer Convective Storms over Bulgaria, Atmospheric Research, pp: 30-38.

Federico, S., Aolio, E., Pasqualoni, L., and Bellecci, C., (2008), Atmospheric Patterns for Heavy Rain Events in Calabria, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 8, PP. 1173-1186

Hosseos, E., C., Lolis, J. and Bartzokas, A., (2008), Atmospheric Circulation Patterns Associated with Extreme Precipitation Amounts in Greece, Advances in Geosciences, Vol. 17, pp. 5-11.

Lana, X. and Burgueno, A., (2000), Statistical Distribution and Spectral Analysis of Rainfall Anomalies for Barcelona (NE Spain), Theoretical and Applied Climatology, Vol. 66, PP. 211-227.

Lima, K. C., Satyamurty, p., and Fernandez J. P. R., (2009), Large-Scale Atmospheric Conditions Associated with Heavy Rainfall Episodes in Southeast Brazil, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 101, No. 1-2, PP. 121-135.

Livada, I., Charalambous, M. and Assimakopoulos, N., (2008), Spatial and Temporal Study of Precipitation Characteristics over Greece, Theoretical and Applied Climatology, Vol .93 ,PP. 45-55.

Seibert, p., Frank, A. and Formayer, H. (2006). Synoptic and regional patterns of heavy precipitation in Austria, Theoretical and applied climatology, pp. 139-153.

Thieken, A. H., Kreibich, H., Muller, M., Merz, B. (2007), coping with floods: preparedness, response and recovery of flood affected residents in Germany in 2002, Hydrology Science Journal, 52(5): 1016-1037.

Tu, Kai and Yan, zhongwei, (2010), Dimatic Jumps in Precipitation and Extremes in Drying North China During 1954-2006, Journal of the Meteorological Society of Japan, NO. 1, PP. 29-42.

www.cdc.noaa.gov

Zhu, Y. and Toth, Z., (2001), Extreme Weather Events and Their Probabilistic Prediction by the NCEP Ensemble Forecast System, Proceedings of the Symposium on Precipitation Extremes: Prediction, Impact, and Responses, Albuquerque, USA

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.06, Issue 14, Winter 2018 ----------

Synoptic analysis of extreme rainfall over 20 mm precipitation for flood warning in Sistan and Baluchestan

Mohsen Rezaei*[1], Mehdi Azhdary Moghaddam[2], Gholamreza Azizyan[3], Mohsen Bostani[4]

Received: 2016-10-09 Accepted: 2017-05-27

Abstract

Precipitation is one of the most important climatic phenomena. Understanding the spatial and time distribution of precipitation has a significant role in the planning and management of water resources and flood risks. In this study, daily precipitation data from synoptic, climatology and rain-gauge stations of Sistan and Baluchestan during 25 year period (1990 – 2014) are collected. The numbers of 24 hours precipitation with extreme rainfall of 20 millimeters or more at stations evaluated and by using of Statistical software are investigated. Then zoning map for extreme rainfall of 20 mm by GIS was obtained. Assessing of zoning map showed that the most effect of extreme rainfall has happened in coastal areas and southern province. Time distribution of extreme rainfall showed that 80 percent of extreme rainfalls have happened in cold seasons (autumn and winter). Hence, Synoptic conditions of western systems are assessed. Applying synoptic analysis of different maps such as humidity levels of 500 and 700 H.P., sea level pressure, 500 H.P. pressure and convective available potential energy maps, showed that enriching of precipitation systems by the Persian Gulf and Oman Sea in cold seasons are caused extreme rainfall of 20 mm in Sistan and Baluchestan Province.

Keywords: Extreme rain, Precipitation systems, Synoptic analysis, Sistan and Baluchestan Province.

[1]*- Lecturer, Department of Civil Engineering, University of Zabol, Zabol, Iran & PhD. Student of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran Email: Mohsen.rezaei@uoz.ac.ir
[2]- Associate Professor of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[3]- Assistant Professor of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[4]- M.Sc. Climatology of Meteorological Organization, Sistan and Baluchestan Province, Zahedan, Iran

www.SID.ir