

واکاوی آماری-همدید بارش‌های سنگین جنوب و جنوب غرب ایران

کمال امیدوار^{۱*}، نساء سپندار^۲، غلامعلی مظفری^۳، احمد مزیدی^۴

۱. استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه یزد

۲. دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه یزد

۳ و ۴. دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه یزد

چکیده

در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ۱۷ ایستگاه منتخب در جنوب و جنوب غربی ایران طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۶ و از مجموعه داده‌های مراکز ملی پیش‌بینی محیطی/مرکز ملی تحقیقات جوی (NCEP/NCAR) با قدرت تفکیک مکانی ۲٫۵ در ۲٫۵ طول و عرض جغرافیایی استفاده شد. همچنین برای جدا کردن روزهای همراه با بارش سنگین از شاخص صدک ۹۵ استفاده شد که با در نظر گرفتن وقوع رخداد در ۵۰٪ ایستگاه‌ها، رخدادهای بارش سنگین و فراگیر جدا شدند. نتایج نشان داد که در طول دوره‌ی مورد مطالعه، سال ۱۹۹۱ و در بین ایستگاه‌ها، ایستگاه کوه‌رنگ دارای بیشترین روزهای همراه با بارش سنگین می‌باشند. تحلیل نقشه‌های همدید نشان داد که گرادیان فشار بین پرفشار اروپا و کم‌فشار سودان باعث ایجاد ناپایداری و شرایط سیکلونی در منطقه است. این شرایط رطوبت را از منابع رطوبت مانند دریای سرخ و عرب جذب کرده و به سوی منطقه مورد مطالعه گسیل می‌کند.

کلید واژه‌ها: بارش سنگین، جنوب و جنوب غرب ایران، همدید

مقدمه

بلایای طبیعی و تبعات بعد از آن همواره ذهن بشر را به خود مشغول کرده است و علی رغم پیشرفت‌های روزافزون دانش بشری انسان همواره در مقابل این بلایا ضعیف می باشد. سیل یکی از این بلایا می باشد. شناخت سیل یکی از مهم ترین قدم ها در خصوص کنترل آن می باشد و در این مسیر، داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها می‌تواند نقش بسیار تعیین کننده‌ای داشته باشد. اولین عامل در ایجاد سیل، شدت بارش است و بزرگترین سیل ها مربوط به بارش های شدید همراه با حداکثر پیک لحظه‌ای می‌باشند که در یک مقطع زمانی معین اتفاق می‌افتند (امینی و همکاران، ۱۳۹۱). بارش‌های سنگین پتانسیل این را دارند که در اکثر نقاط جهان به عنوان یک مخاطره تلقی شوند، همچنان‌که ما شاهد وقوع سیلاب و کشته شدن بسیاری از مردم جهان توسط سیلاب‌ها بوده‌ایم (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۵). بارش عمده‌ترین پدیده جوی حاصل از اندرکنشهای پیچیده دستگاه اقلیم است و به دلیل پیوند با اجزاء مختلف دستگاه اقلیم، رفتاری پیچیده دارد. رخداد بارش نیازمند تأمین شرایط متعددی است. مهیائی رطوبت، مهیائی ناپایداری عمیق و سرمایش، شرایط لازم برای رخداد بارش به شمار می‌آیند. برای رخداد بارش‌های ابر سنگین مجموعه این شرایط باید در قوی‌ترین حالت خود ظهور کنند (مسعودیان و جعفری شندی، ۱۳۹۳). تعاریف مختلفی برای بارشهای سنگین در جهان ارائه شده اند: معیارهایی مانند رویدادهای بیش از ۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌متر یا احتمال رخداد کمتر از ۱۰، ۲۰ و ۲۵ درصد معرفی شده‌اند (نوری و همکاران، ۱۳۹۲). بارندگی‌های شدید اغلب در مناطق کوچک رخ می‌دهند، اما ممکن است این حوادث در سیستم های بزرگ مقیاس لانه کرده باشند و همچنین انرژی و رطوبت آنها از مناطق دوردست حاصل شده باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). منبع اصلی آب شیرین در عرض‌های میانی کره زمین، بارش-هایی است که توسط سامانه‌های کم‌فشار عرض‌های میانی در دوره‌های زمانی محدود صورت می‌گیرد. معمولاً این سامانه‌ها در مناطق مشخصی شکل می‌گیرند و ضمن حرکت، تقویت شده و در طول حرکت سبب بارش در مناطقی که از آن عبور میکنند، میشوند. در صورتی که این

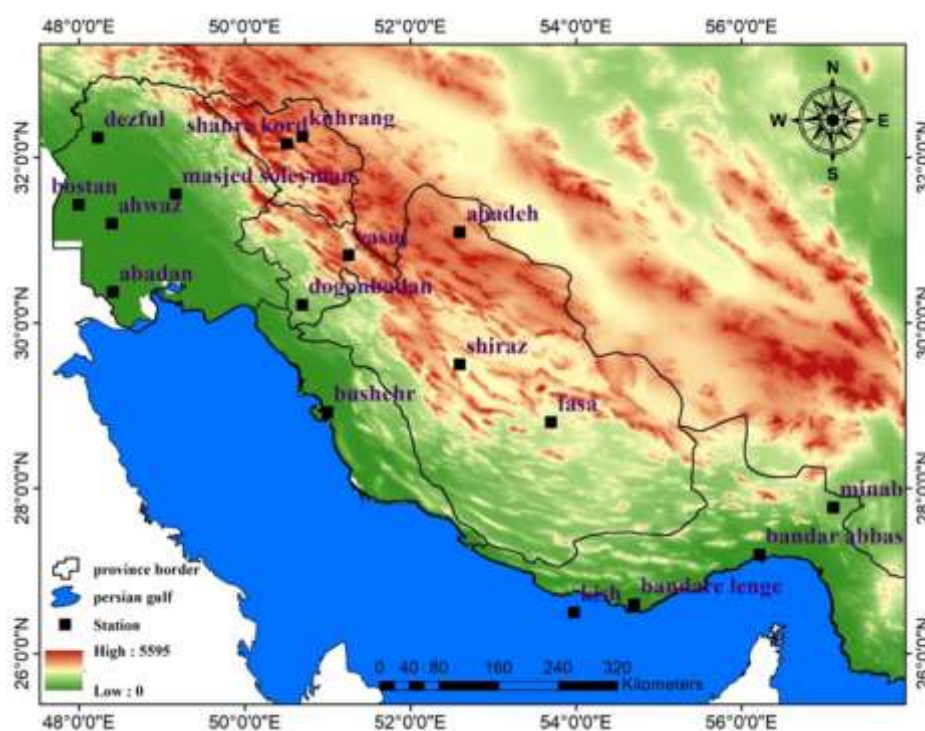
سامانه‌ها در زمان شکل‌گیری و یا در طول حرکت، رطوبت مناسبی را دریافت کنند، می‌توان انتظار بارش‌های مناسب و بهنجاری را از آنها داشت، اما در مواردی مشاهده می‌شود که رطوبت ورودی به این سامانه‌های چرخندی بیش از مقدار مورد انتظار بوده و بارش‌های سنگینی را ایجاد می‌کنند که سبب بروز سیل و خسارت‌های جانی و مالی فراوان می‌شود. در این گونه موارد، انتظار می‌رود که این رطوبت مضاعف از ناحیه‌ای غیر از ناحیه‌ای که سامانه در آن شکل گرفته است به چرخند وارد شود (شادمانی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به اهمیت بارش برای کشور خشکی مانند ایران تاکنون پژوهش های فراوانی درباره‌ی ویژگی‌های بارش کشور انجام گرفته است. با این حال هنوز هم نادانسته‌ها درباره‌ی این عنصر اقلیمی سرکش و متغیر فراوان است. (لشکری، ۱۳۷۵) الگوهای سینوپتیک بارش‌های سیل خیز جنوب غرب ایران را بررسی نموده است و نتیجه می‌گیرد که وقوع بارش‌های سنگین در جنوب غرب ایران نتیجه تشدید فعالیت مرکز کم فشار سودانی و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آن به یک سیستم دینامیکی- ترمودینامیکی است. (جهانبخش و ذوالفقاری، ۱۳۸۰) داده‌های ۲۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی را در یک دوره ۲۰ ساله بررسی کرده و نتیجه می‌گیرد که همزمان با ناپایداری بر روی دو تراز سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال در غرب آذربایجان یک موج بارش جنوب غربی با یک ناوه نسبتاً عمیق در شرق دریای مدیترانه تا عراق تشکیل می‌شود که با جابجایی مرکز کم ارتفاع به طرف شرق و نزدیک شدن آن به خلیج فارس، مرکز کم فشار نیز در شمال یا غرب آن مستقر می‌شود و ضمن تغذیه از رطوبت خلیج فارس و گسترش بر روی جنوب غرب و غرب، بارش‌های نسبتاً شدیدی را ایجاد می‌کند. (احمدی و علیجانی، ۱۳۹۳) با بررسی بارندگی‌های شدید در خلیج فارس شمالی و تجزیه و تحلیل الگوهای سینوپتیک آن، به این نتیجه رسیدند که وزش باد شدید غربی و تغییر مرکز فشار قوی سیبری به سمت غرب و نفوذ زبانه آن به دریای عرب، بارندگی شدید در سواحل شمالی خلیج فارس رخ می‌دهد. پیش بینی مکان، زمان و مدت ریزش بارش‌های سنگین برای اعلام هشدارهای هواشناسی بسیار مهم است (ویک و همکاران، ۲۰۱۳). (لی و همکاران،

سیل نشان می‌دهد که مناطق جنوب و جنوب غرب ایران از سیل خیزترین نقاط کشور می‌باشند (نشریه‌ی وزارت نیرو، ۱۳۸۵). در این پژوهش بارش سنگین و فراگیر منطقه‌ی جنوب و جنوب غرب ایران در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ از لحاظ آماری و هم‌دید مورد بررسی قرار می‌گیرد.

داده‌ها و روش تحقیق

در این مقاله از بارندگی روزانه‌ی ۱۷ ایستگاه سینوپتیک در جنوب و جنوب غرب ایران طی سالهای ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ که بازه‌ی زمانی مشترک دارند و منطقه مورد مطالعه را به طور کامل پوشش می‌دهند، استفاده شده است. در شکل (۱) توزیع و موقعیت ایستگاه‌های منتخب در جنوب و جنوب غربی ایران نشان داده شده است. منطقه مورد مطالعه جنوب و جنوب غربی ایران با مساحت ۳۱۱۷۸۳ کیلومتر مربع است که شامل استان‌های بوشهر، هرمزگان، فارس، چهارمحال بختیاری و خوزستان است.

(۲۰۰۸) یک رویداد بارش سنگین ۱۸ روزه در گره جنوبی را به منظور درک و فهم ویژگی‌های هم‌دید مقیاس و سازوکارهای پیدایش این رویداد طولانی مدت، بررسی کردند، نتیجه تحقیق آن‌ها نشان داد که کم فشارهای قاره‌ای قطبی شمال گره جنوبی، و پرفشار قوی غرب اقیانوس آرام که گسترش غرب-سوی پیدا کرده و در جنوب ژاپن مستقر شده، یک جبهه موسمی طولی ایجاد کرده است در نتیجه شرایط دگر فشار ۱۸ روزه ای پدید آمده است، به اعتقاد آن‌ها ناپایداری دگر فشار و رطوبت انباشته، نقش عمده‌ای در پیدایش ناپایداری جو داشته و سبب بارش سیل‌آسای ۱۸ روزه شده است. بارش‌های سنگین در جنوب شرق ایتالیا نشان دادند که جت سطح پایین منتج شده از الگوی بزرگ مقیاس، محیط ناپایدار همرفتی را ابقاء می‌کند و در تمامی وقایع بارش سنگین، موجب فرارفت توده هوای مرطوب در سطوح خیلی پایین شده است (مسترانجلو، ۲۰۱۱). بررسی-های موجود براساس آمارهای هیدرولوژیک و رخدادهای



شکل ۱- موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

ضرورت می‌یابد. ابتدا اطلاعات و آمار محیط سطحی مرتبط با موضوع تحقیق در بازه‌ی زمانی مورد نظر از سازمان

لازمه‌ی انجام صحیح و عملی هر پژوهشی ایجاد پایگاه داده ای مناسب می‌باشد. در این مطالعه نیز نیاز به ۲ پایگاه داده

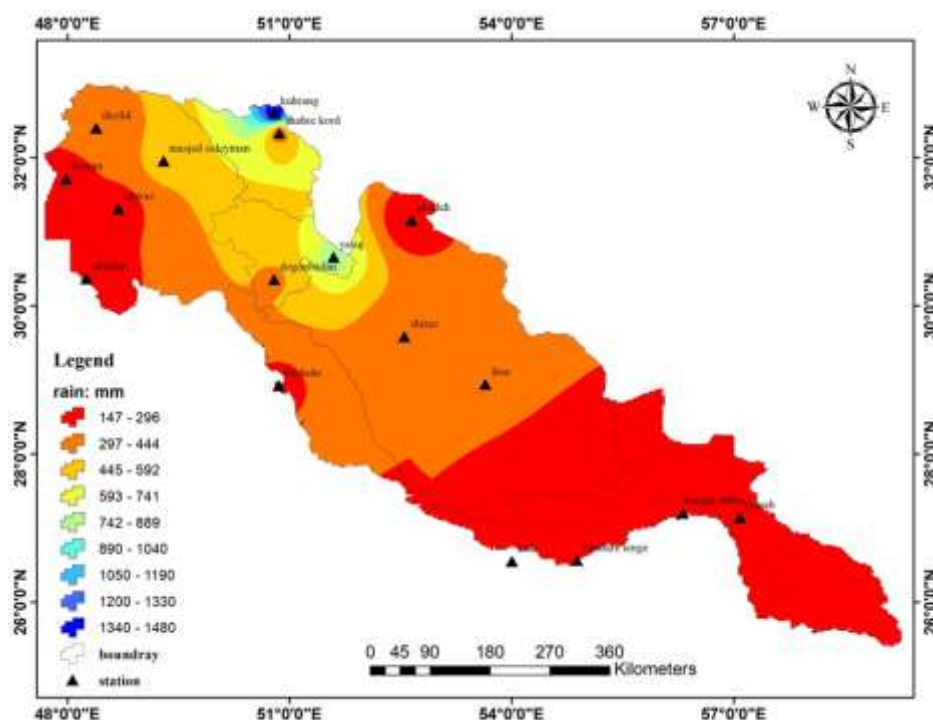
ایستگاه‌های مورد مطالعه، رخداد‌های بارش سنگین و فراگیر جدا می‌شوند. بعد از جداسازی رخداد‌های بارش سنگین یک روز را به عنوان نمونه از لحاظ همدید مورد مطالعه قرار داده ایم.

نتایج و بحث

متوسط بارش منطقه‌ی مورد مطالعه

شکل (۲) متوسط بارش ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۵) را در منطقه‌ی مورد مطالعه (جنوب غربی و جنوب ایران) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مناطق شمالی منطقه-ی مورد مطالعه دارای میانگین بارندگی بیشتری نسبت به سایر مناطق هستند که ایستگاه‌های کوه‌رنگ، شهرکرد، دوگنبدان در این قسمت قرار دارند و کمترین میزان بارش به گوشه‌ی جنوب شرقی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه که شامل مناطق بسیار کم ارتفاع می‌باشد (شامل ایستگاه‌های آبادان، اهواز، بندرلنگه، بندرعباس و کیش و میناب) اختصاص دارد. مناطق مرکزی از جمله فسا و شیراز دارای حد متوسط بارش می‌باشند.

هواشناسی کشور اخذ شده است. برای این کار از داده‌های بارش روزانه در ۱۷ ایستگاه منتخب در جنوب و جنوب غربی ایران طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۶ استفاده شد. در این مطالعه از مجموعه داده مراکز ملی پیش بینی محیطی / مرکز ملی تحقیقات جوی (NCEP/NCAR) با قدرت تفکیک مکانی ۲٫۵ در ۲٫۵ طول و عرض جغرافیایی استفاده شده است. متغیرهای استفاده شده شامل داده‌های ژئوپتانسیل، نقشه‌های سطح زمین (SLP) رطوبت ویژه (q)، مولفه‌های مداری و نصف النهاری باد (u,v) می‌باشند. برای تعیین روزهای همراه با بارش سنگین و جدا کردن آنها از شاخص پایه‌ی صدک استفاده می‌کنیم. شاخص پایه صدک، رایج ترین روش محاسبه و تعیین بارش‌های شدید و حدی محسوب می‌شود. عمدتاً برای تعیین تعداد روزهای دارای بارش شدید، خیلی شدید و حدی، آستانه صدک خاص کاربرد دارد. بر اساس توافق بین المللی از تعداد کل روزهای بارشی، روزهای بالاتر یا برابر با صدک ۹۹ ام یا ۹۵ ام به ترتیب برای بارش‌های شدید و حدی در نظر گرفته می‌شوند که در این پژوهش از شاخص صدک ۹۵ استفاده می‌شود که با در نظر گرفتن وقوع رخداد در ۵۰ درصد از

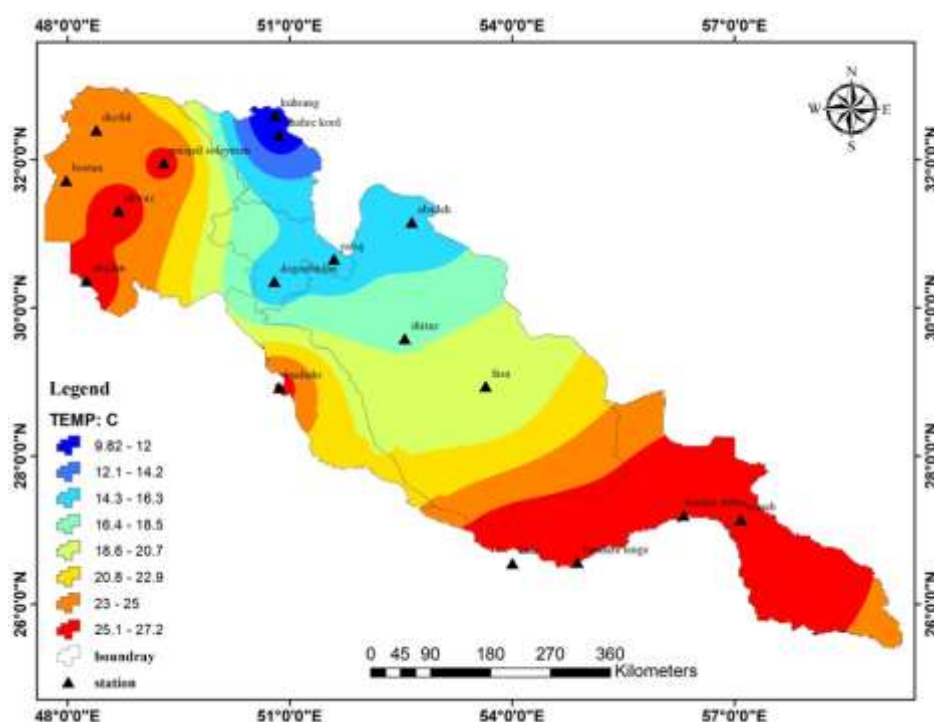


شکل ۲- نقشه‌ی بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه

متوسط دمای منطقه‌ی مورد مطالعه

شکل (۳)، میانگین دمای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همانگونه که در این تصویر دیده می‌شود، مناطق شمالی منطقه‌ی مورد مطالعه به علت ارتفاع بالاتر، دارای درجه حرارت متوسط کمتری نسبت به سایر مناطق می‌باشند، در عوض در نواحی گوشه جنوب شرقی و شمال غربی منطقه‌ی مورد مطالعه، شاهد میزان بالای متوسط دما هستیم (۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد) که علتش می‌تواند وجود نواحی پست و کم ارتفاع این منطقه باشد. کمترین

میزان میانگین دمایی به ایستگاه‌های شمالی‌تر منطقه مانند کوه‌رنگ و شهرکرد (۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد) تعلق دارد که دلیل آن را با توجه به عرض جغرافیایی بالاتر و وجود ناهمواری‌ها می‌توان توجیه کرد. بدین ترتیب در قسمت مرکزی که شامل ایستگاه‌های فسا، شیراز، دوگنبدان و مسجد سلیمان می‌باشد دماهای معتدل‌تری حاکمیت دارد.

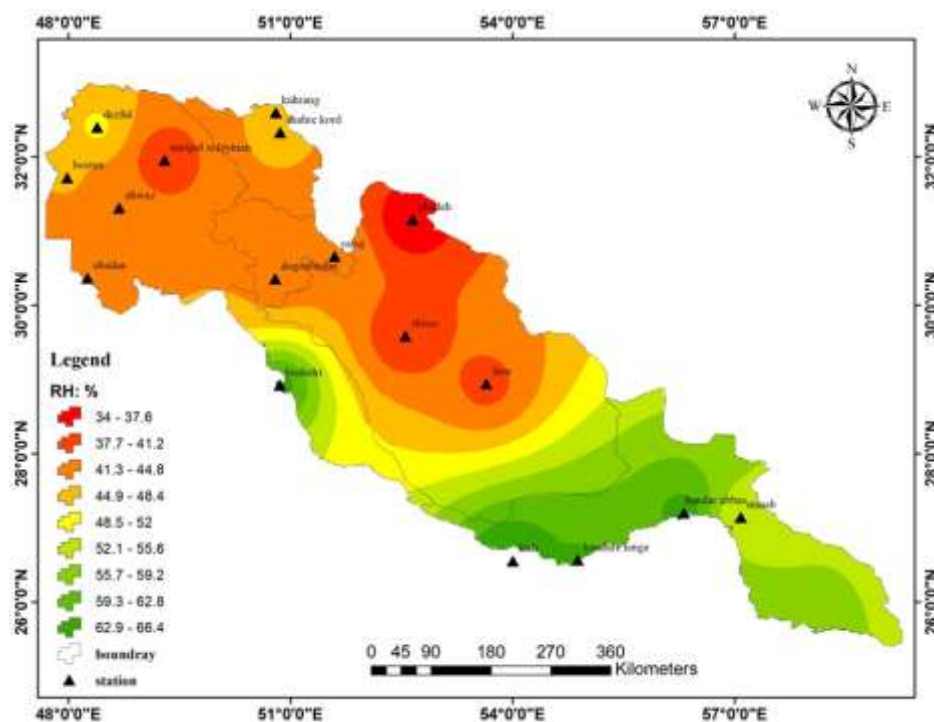


شکل ۳- نقشه‌ی دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه

متوسط رطوبت نسبی منطقه‌ی مورد مطالعه

شکل (۴) متوسط رطوبت نسبی را در منطقه مورد مطالعه به تفکیک ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان رطوبت نسبی در ایستگاه‌های مورد

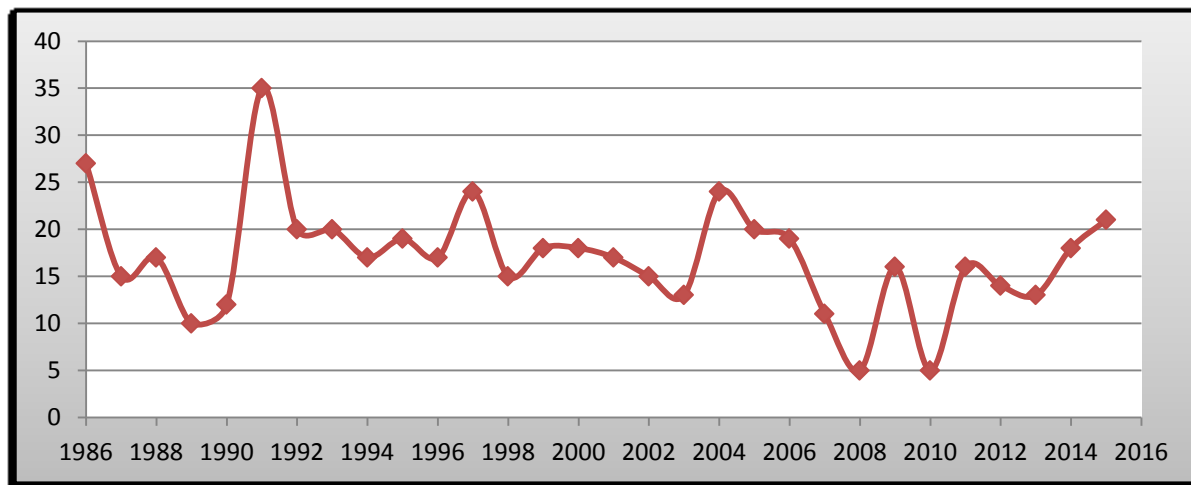
مطالعه در منطقه به ایستگاه‌های کیش، بندر عباس و بوشهر تعلق دارد. در بین ایستگاه‌های منتخب، کمترین میزان رطوبت نسبی متعلق به ایستگاه‌های آباده، شیراز و مسجد سلیمان می‌باشد.



شکل ۴- نقشه‌ی رطوبت نسبی ایستگاههای مورد مطالعه

و فراگیر (حداقل در ۸ ایستگاه منتخب گزارش شده است) داری بیشترین و سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ با ۵ روز دارای کمترین روزهای همراه با بارش سنگین می‌باشند.

شکل (۵) تعداد روزهای همراه با بارش سنگین از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد. همانطوری که مشاهده می‌شود سال ۱۹۹۱ با تعداد ۳۵ روز همراه با بارش سنگین

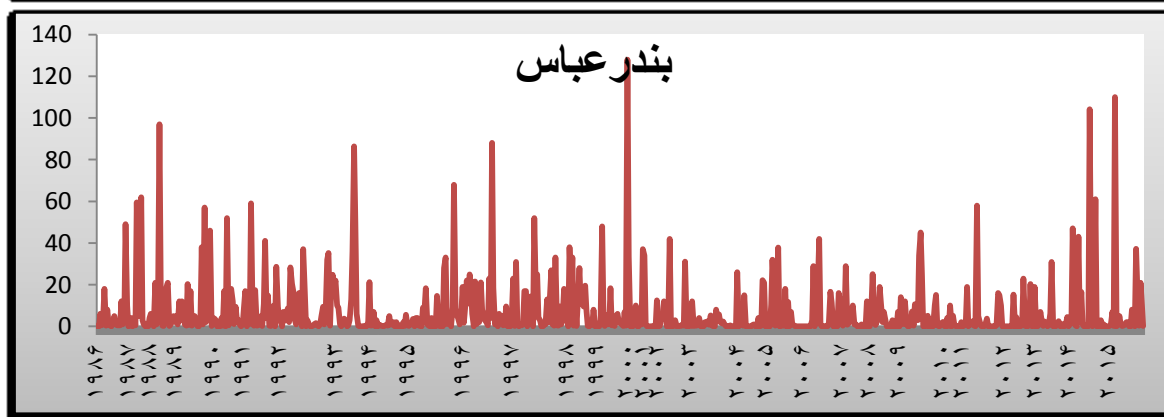
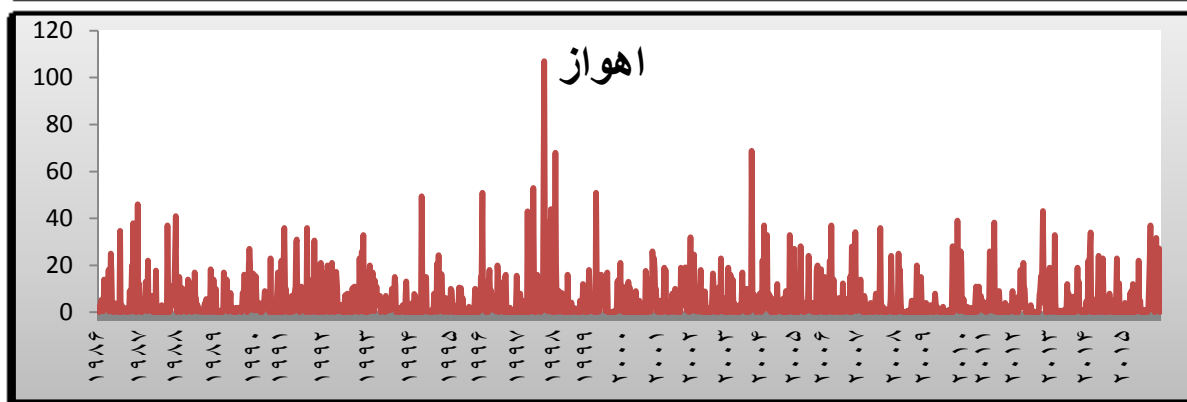
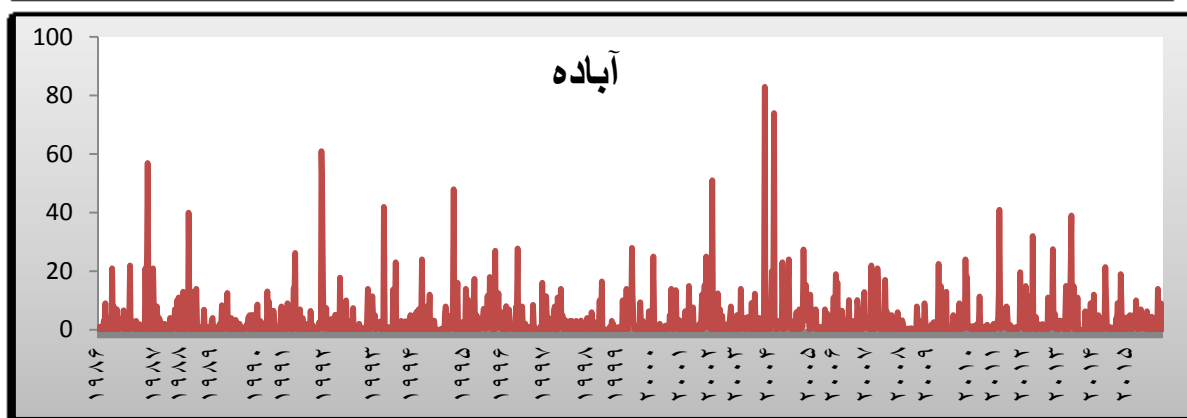
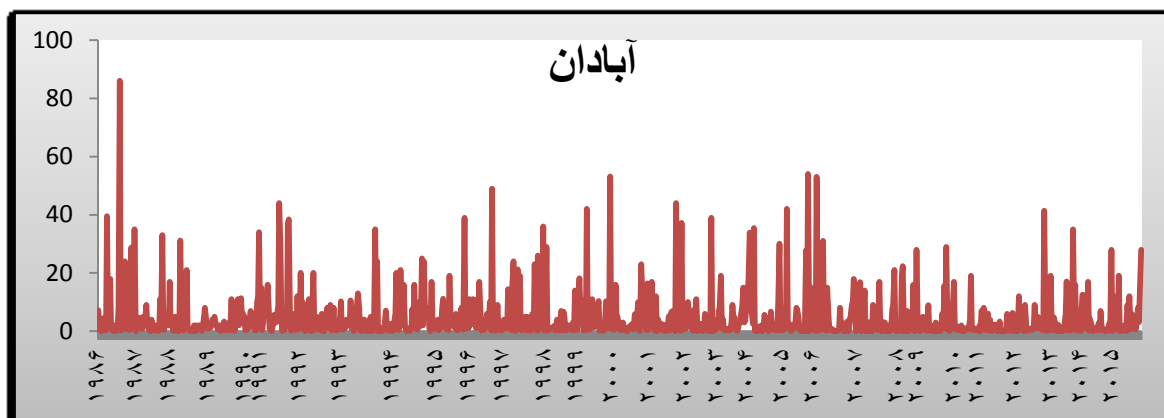


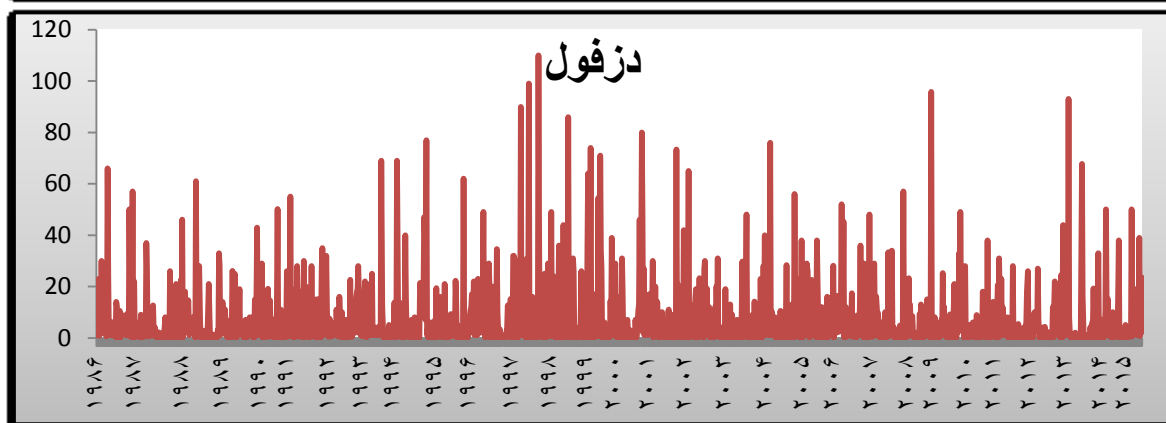
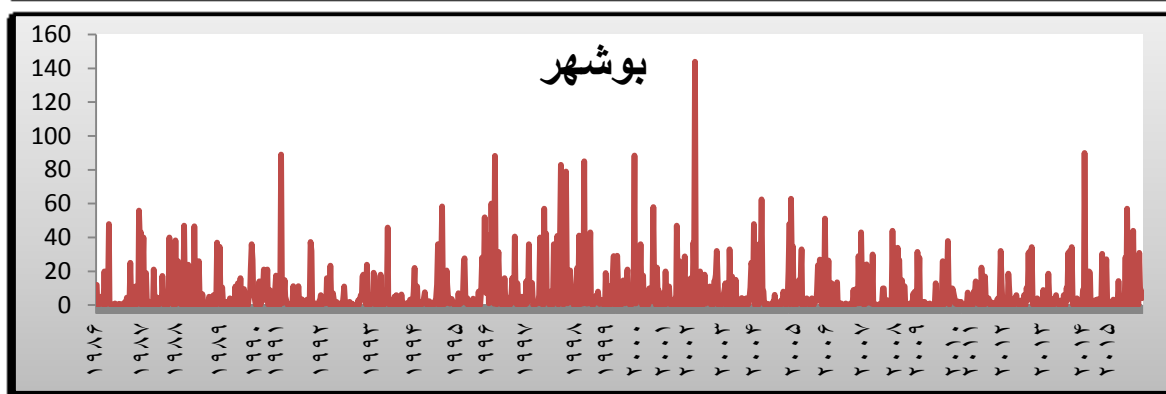
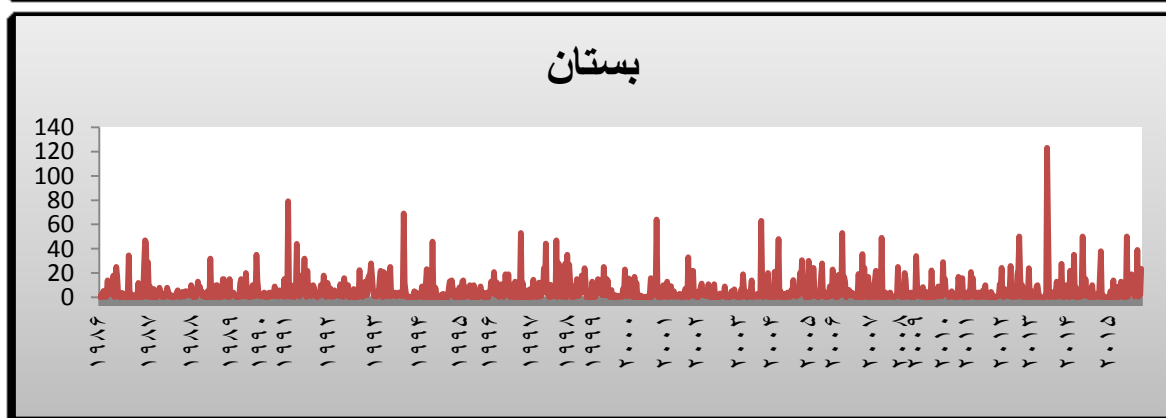
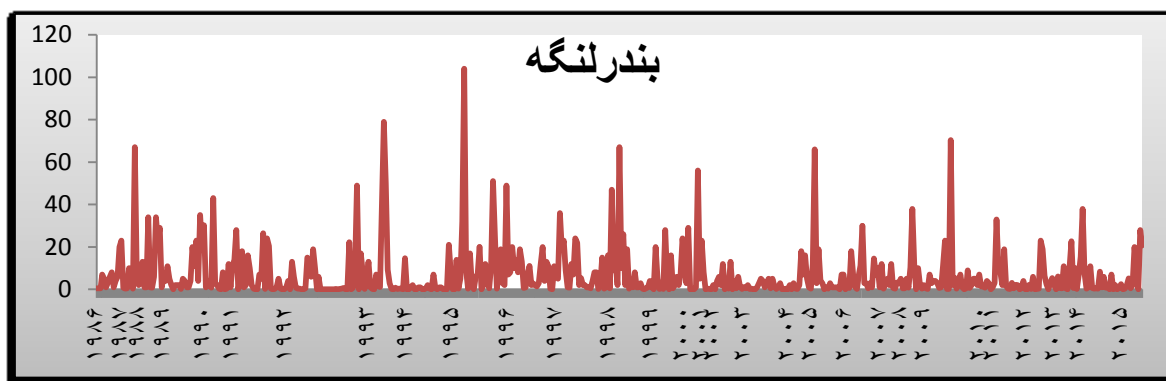
شکل ۵- تعداد روزهای های همراه با بارش سنگین در ایستگاههای مورد مطالعه از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵

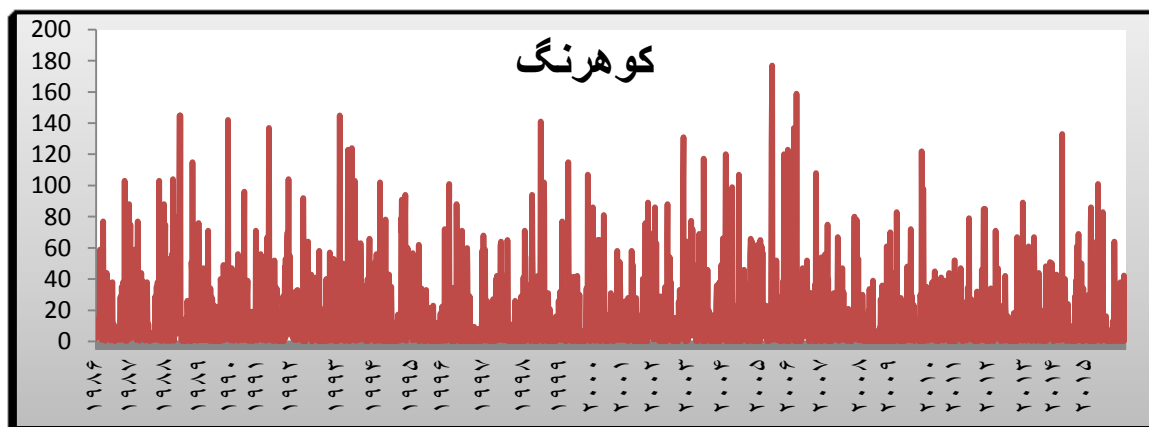
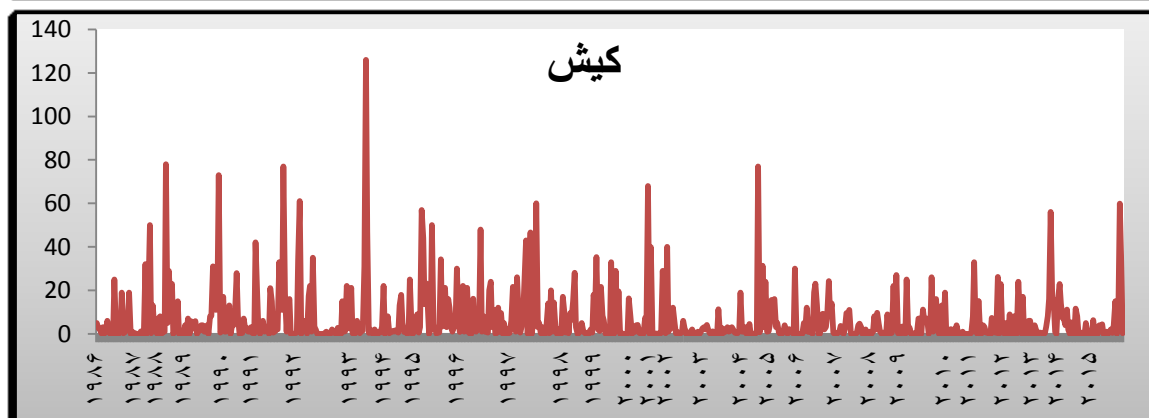
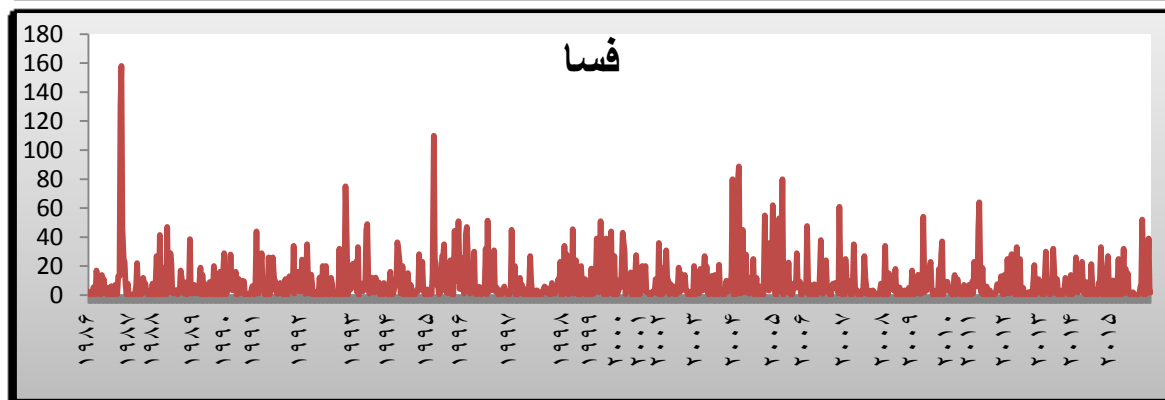
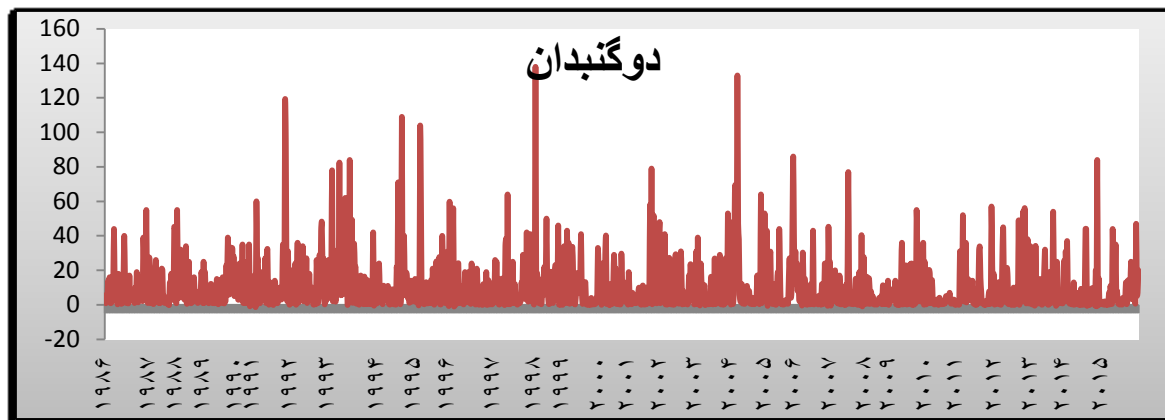
روز در بین ایستگاههای منتخب جنوب و جنوب غرب ایران دارای بیشترین میزان بارش سنگین در طی دوره ی

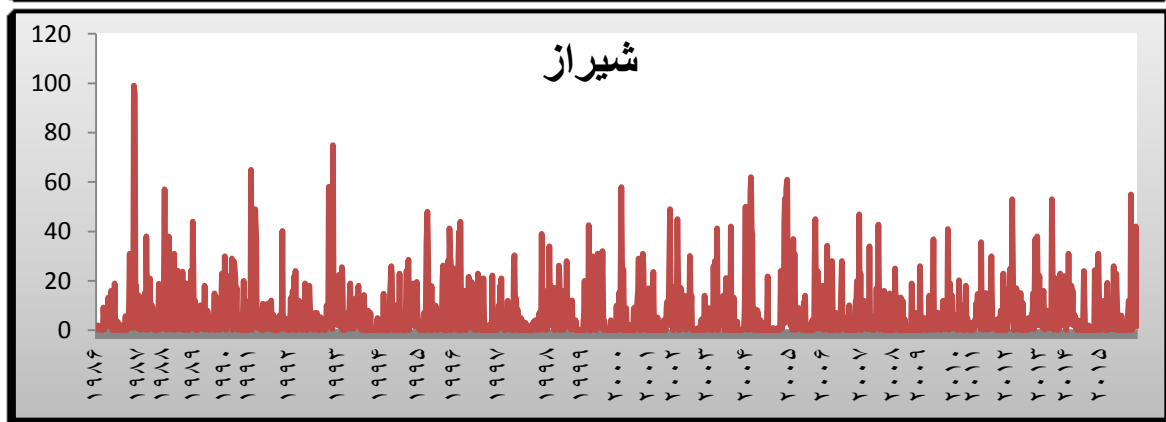
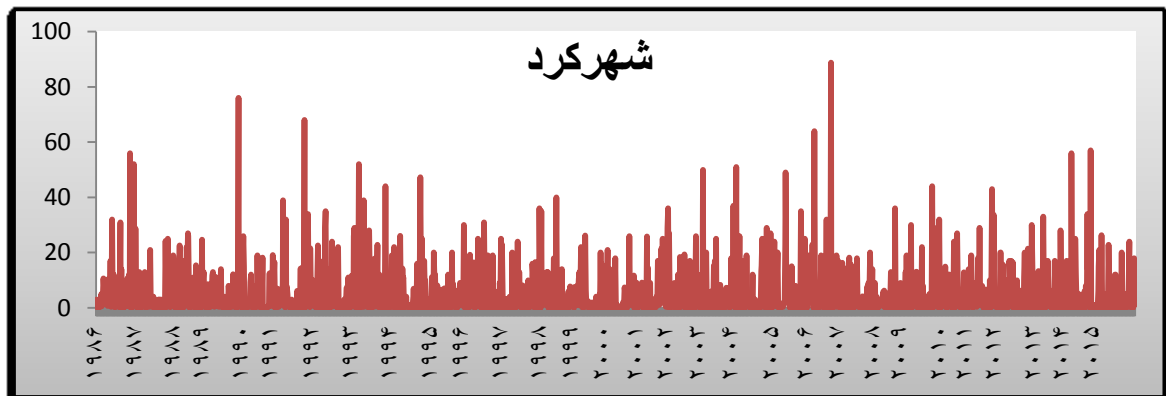
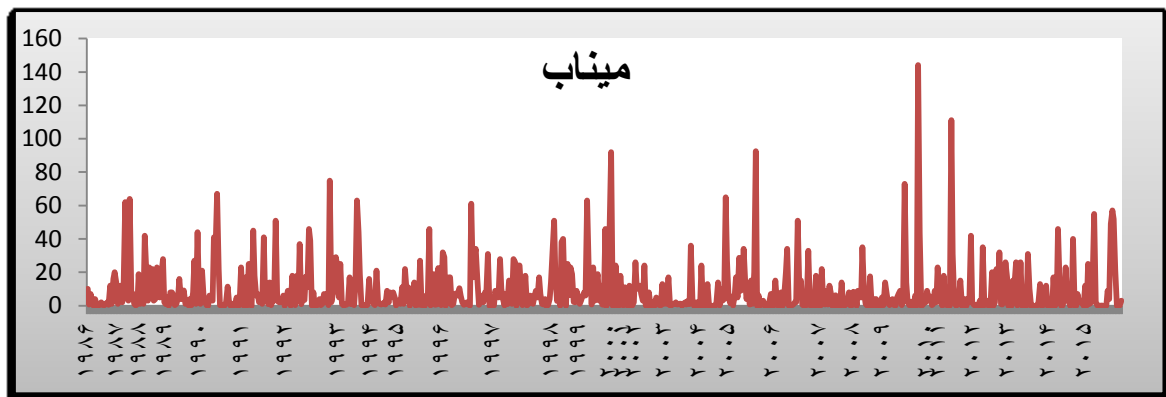
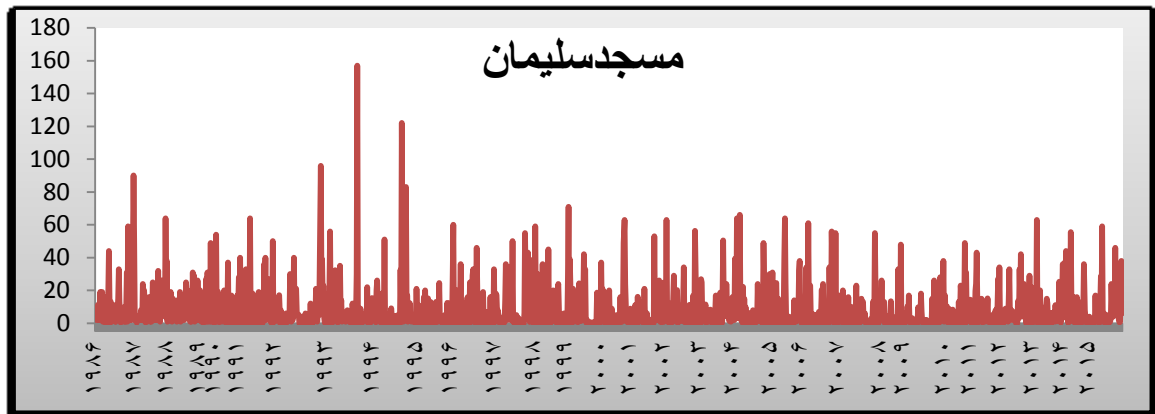
شکل (۶) میزان بارش سنگین را از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ به تفکیک ایستگاه های مورد مطالعه در جنوب و جنوب غرب ایران نشان می‌دهد. ایستگاه کوه‌رنگ با ۱۸۰ میلی متر در

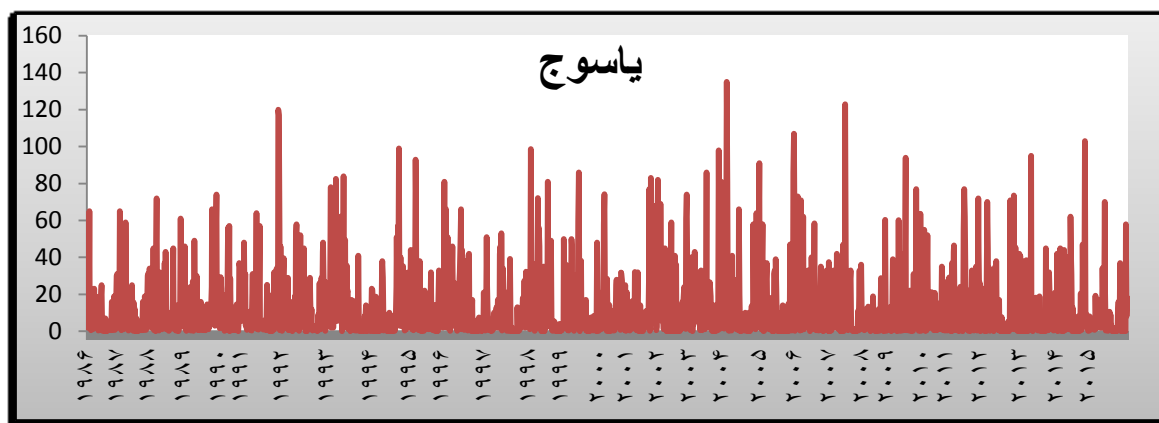
مورد مطالعه می باشد. در این میان ایستگاه آبادان و آبداه نیز کمترین میزان بارش سنگین را در طول روز دارا می باشند.











شکل (۶): میزان بارش سنگین به تفکیک ایستگاههای مورد مطالعه از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵

توجه است. در جدول (۱) میزان بارندگی روزانه در ایستگاه‌های منتخب در روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ نشان داده شده است. بر اساس این جدول. در این روز ۴۵۵ میلی متر بارندگی از ایستگاه‌های منتخب در یک روز گزارش شد. بیشترین میزان بارش مربوط به ایستگاه یاسوج با ۹۱ میلی متر می‌باشد. در این روزهای ایستگاه‌های جنوبی مانند کیش و بندرلنگه و میناب گزارش بارش نداشته‌اند. اما همانطور که مشاهده می‌شود در روز بعد از اوج بارش در ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ این ایستگاهها میزان قابل توجهی بارش را داشته‌اند. در طی این دو روز تمام ایستگاههای مورد مطالعه در منطقه بارش را گزارش کرده‌اند.

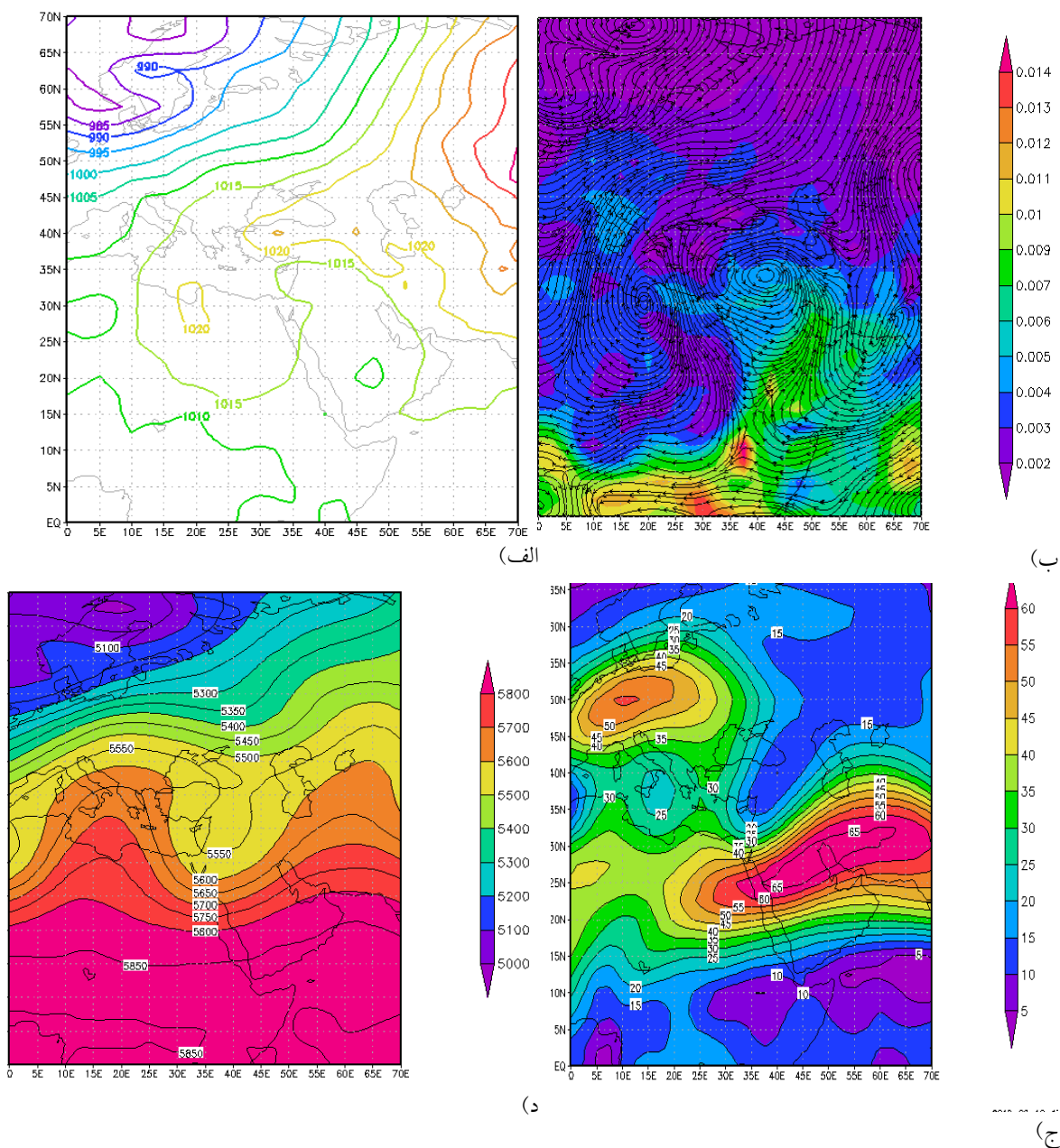
تحت تاثیر این سیستم قرار دارد. همان‌گونه که در شکل ۴ (ب) نشان داده شده است در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، جریان‌های جنوب غربی رطوبت دریای عرب، عمان، خلیج عدن و بخشی از رطوبت شرق آفریقا را با هم ادغام کرده و از دریای سرخ با محور جنوب غربی-شمال شرقی به منطقه‌ی مورد مطالعه گسیل می‌کنند. شکل ۷ (ج) نقشه پربندی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای بارش سنگین ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴ نمایش می‌دهد. با توجه به نقشه، ناوه‌ی تاوه‌ی قطبی که به صورت یک سامانه‌ی کم ارتفاع ظاهر شده است بر روی دریای سرخ قرار گرفته است. بر روی بخش شرقی محور این ناوه، آشفته‌گی هوا از شرق دریای سرخ تا شمال دریای خزر وجود دارد و همین امر باعث می‌شود تا کم فشارهای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی تا ارتفاعات زیاد به بالا

در مطالعات همدید دو نوع رویکرد داریم: گردشی به محیطی و محیطی به گردشی. در مطالعه‌ی بارش از طبقه-بندی و رویکرد محیطی به گردشی استفاده می‌گردد دلایل هم اینست که تغییرات زمانی و مکانی بارش شدید بوده و روش محیطی به گردشی به محقق این امکان را می‌دهد تا روی بارش‌ها و در نتیجه الگوهای همدیدی متمرکز شود که قصد مطالعه‌ی آن‌ها را دارد (غیور و همکاران، ۱۳۹۱). پس از شناسایی رخداد‌های بارش سنگین در منطقه‌ی مورد مطالعه، یک رخداد به عنوان نمونه در جنوب و جنوب غربی ایران شناسایی شد. رویداد بارش سنگین در ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴ است که از لحاظ شدت و فراگیر بودن قابل

شکل ۷ (الف) نقشه‌ی سطح زمین را برای بارش سنگین ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴ نشان می‌دهد. در شرق نقشه بر روی اروپا یک سیستم پرفشار توسعه یافته است. همچنین در شمال شرقی آفریقا، غرب و جنوب دریای سرخ منطقه‌ای با فشار کم، معروف به فشار کم سودان وجود دارد که زبانه‌های آن در جنوب غربی-شمال شرقی به سمت منطقه مورد مطالعه (جنوب و جنوب غربی ایران) جریان دارد. با حرکت پرفشار اروپای شرقی، سیستم کم فشار سودان به سمت شمال شرقی حرکت می‌کند. این سیستم (کم فشار سودان) یکی از عناصر تشکیل دهنده‌ی گردش عمومی جو در شمال آفریقا است که بیشتر سال در غرب اتیوپی و سودان شکل گرفته است. قدرت سیستم کم فشار سودان زمینه‌ی ناپایداری و بارش را فراهم می‌کند که منطقه مورد مطالعه

است. با تغییر مکان رودباد جبهه‌ی قطبی به عرض‌های پایین و جابجایی رودباد جنب حاره‌ای به سمت شرق، میزان بارش به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد.

کشیده شوند و رطوبت بالایی که در این روز در نقشه مشاهده می‌شود باعث ایجاد بارندگی شدید شده است. در شکل ۷ (د) هسته‌ی رودباد جنب حاره‌ای با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در جهت غربی- شرقی بر روی ایران واقع شده



شکل ۷- الف) نقشه‌ی ایزوباری سطح زمین، ب) نقشه‌ی وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ج) نقشه‌ی ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، د) نقشه‌ی رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال

جدول ۱- بارندگی روزانه‌ی ایستگاههای مورد مطالعه در روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴

ایستگاه	۲۵/۱۲	۲۶/۱۲
آبادان	8	7.8
اهواز	27	0
بستان	30	0
بوشهر	34.8	2
دزفول	38	0.1
دوگنبدان	53	0
کوهرنگ	62	7
مسجد سلیمان	30	0
شهرکرد	27	0.2
یاسوج	91	4
کیش	0	31.3
میناب	0	65
بندرعباس	0/5	22.2
آباده	4	3
فسا	16	62
شیراز	30	27
بندر لنگه	0	16
مجموع بارش	455.3	245.5

نتیجه گیری

شرایط رطوبت را از منابع رطوبت مانند دریای سرخ و عرب جذب کرده و به سوی منطقه مورد مطالعه گسیل می‌کند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز بر روی بخش شرقی محور ناوه‌ی تاوه‌ی قطبی، آشفتگی هوا از شرق دریای سرخ تا دریای خزر وجود دارد و همین امر باعث می‌شود تا کم فشارهای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی تا ارتفاعات زیاد به بالا کشیده شوند و رطوبت بالایی که در این روز در نقشه مشاهده می‌شود باعث ایجاد بارندگی شدید شده است.

مراجع

- Ahmadi, E. Alijani, B, 2014. Identification of Synoptic Patterns Causing Heavy Rainfall in Northern Coast of Persian Gulf, Physical Geography Research Quarterly, 46 (3).p. 276
- Amini, M. Lashkari, H.Karampour, M. Hojjati, Z, 2013. Synoptic Analysis of Systems with Heavy and That Cause Flooding Precipitation on the Kashkan Basin

بررسی آماری داده‌ها حاکی از آن است که در طول دوره‌ی مورد مطالعه، سال ۱۹۹۱ دارای بیشترین تعداد روزهای همراه با بارش سنگین بوده است، ایستگاه کوهرنگ نیز دارای بیشترین میزان بارش در طول ۱ روز با میزان ۱۸۰ میلی متر بوده است. تحلیل نقشه‌های همدید نشان داد که گرادیان فشار بین پرفشار اروپا و کم فشار سودان باعث ایجاد ناپایداری و شرایط سیکلونی در منطقه است. این

- for during (1350-1384), Journal of Geography and Planning, Volume:17 Issue: 43. p. 1
- Ghaur, h. Hlabian, A. Saberi, B. Hoseinalipourjezi, F, 2013. Investigating the Relation Between Heavy Precipitation and Circulation Patterns of the Upper Atmosphere (case study: Southern Khorasan Province,

- Journal of Natural environment hazards, Volume:1 Issue: 2.
4. Jahanbakhsh, S. Zolfaghari, H, 2002. A synoptic analysis of daily precipitation in west of Iran, GEOGRAPHICAL RESEARCH, Number: Winter-Spring , Volume 16-17 , Number 4-1 (63-64) ; Page(s) 234 To 258
 5. Journal of the Ministry of Energy, Iran Water Resources Management Company, Journal No. 296-A, May 2006, Page 2
 6. Lashkari, H, 1996, synoptic pattern of heavy rainfall in south and south west of Iran, phd thesis, tarbiat modarres university, Faculty of Humanities, department of geography.
 7. Lee, Dong-Kyou., Jeong-Gyun PARK, and Joo-Wan KIM., (2008), "Heavy Rainfall Events Lasting 18 Days from July 31 to August 17, 1998, over Korea", Journal of the Meteorological Society of Japan,
 8. Masoudian, A. Jafarishendi, F, 2015. The Relationship between Synoptic Systems Influencing Heavy Rainfall in the Northern Low Rainfall Region, Journal of Geography and Planning, Volume:18 Issue: 50, pages 305-331
 9. Mastrangelo, D., Horvath, K., Riccio, A., Miglietta, M.M., (2011) Mechanisms for convection development in a long-lasting heavy precipitation event over southeastern Italy, Atmospheric Research, 100, 586-602.
 10. Mohammadi, B. Masoudian, A, 2010. Synoptic Analysis of Heavy Precipitation Events in Iran, Geography and Development Iranian Journal, Volume:8 Issue: 19, page 47
 11. Nouri, H. Ghaur, H. Masoudian, A. Azadi, M, Investigation on Synoptic-Dynamic patterns of Heavy and Convective or No convective Precipitation Events in the Southern Coasts of Caspian Sea Using WRF Model, Geographical Research, Volume:28 Issue: 2, 2014, pages 215-238.
 12. Paltan, H., Waliser, D., Lim, W. H., Guan, B., Yamazaki, D., Pant, R., & Dadson, S. (2017). Global floods and water availability driven by atmospheric rivers. Geophysical Research Letters.
 13. Sobhani, B. Alijahan, M, Zeinali, B. Synoptic - Satellite Analysis of Super Heavy Rainfall Wave in Chaharmahal-O Bakhtiari Province, Geography and invironmental hazards, 5(4), 109-134.
 14. Shadmani, L. Nasresfahani, M. Ghasemi, A, 2018. Determination of humidity sources and accurate trajectory of moist air mass effective on heavy rainfalls in west and south of Iran (case study: flooding events of October and November 2015, Iranian Journal of Geophysics, Vol 12, No 2, P. 4
 15. Wick, G. A., Neiman, P. J., Ralph, F. M., & Hamill, T. M. (2013). Evaluation of forecasts of the water vapor signature of atmospheric rivers in operational numerical weather prediction models. Weather and Forecasting, 28(6), 1337-1352.
 - 16.
 - 17.