

بررسی الگوهای همدیدی بارش‌های فرین در جنوب غرب ایران در دوره گرم سال

نفسه فراهانی^{۱*}، عباسعلی علی اکبری بیدختی^۲ و مریم قرایلو^۳

^۱ دانشجوی دکتری، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۲ استاد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ استادیار، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

(دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۸، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹)

چکیده

بخش عمده‌ای از کشاورزی ایران در جنوب غرب کشور در دشت‌های خوزستان، بوشهر و ارتفاعات یاسوج متمرکز شده است. بارش در فصل تابستان برای جنوب غرب کشور از اهمیت زیادی برخوردار است. بارش مناسب می‌تواند موجب افزایش تولیدات کشاورزی و بارش سنگین و ناگهانی می‌تواند موجب هدررفت محصولات شود. شناخت الگوهای بارشی جنوب غرب ایران در دوره گرم سال برای اتخاذ سیاست‌های کلان کشاورزی حیاتی است.

در این پژوهش، دوره گرم سال از اواخر اسفندماه تا نیمه مهرماه تعریف شد. سپس با استفاده از داده‌های بارش مرکز پیش‌بینی اقلیمی (Climate Prediction Center, CPC) با تفکیک مکانی نیم درجه در راستای طول و عرض جغرافیایی، میانگین بارش در جنوب غرب ایران در این دوره گرم محاسبه و بارش‌های فرین در خارج از بازه ۹۹ درصد فراوانی تعیین شد. با این تعریف تعداد ۶۴ روز بارش فرین در جنوب غرب ایران در سی سال از ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ تشخیص داده شد که با استفاده از تحلیل عاملی الگوهای فشار سطحی تبدیل‌شده به سطح دریا طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد در دوره گرم سال می‌توان پنج الگوی بارش فرین در جنوب غرب ایران تشخیص داد که در این الگوها ترکیبی از سامانه‌های فشاری وجود دارد که باعث بارش در جنوب غرب کشور می‌شوند. همچنین در این پژوهش نشان داده شد که مهم‌ترین عامل رخداد بارش فرین در جنوب غرب کشور در دوره گرم سال، ناوه دریای سرخ است که عامل بارش حدود ۴۷ درصد از موارد بارش فرین است.

واژه‌های کلیدی: دوره گرم سال، جنوب غرب ایران، بارش فرین، تحلیل عاملی، ضریب همبستگی

۱ مقدمه

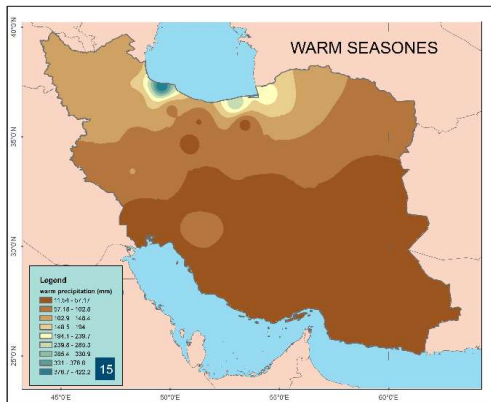
می‌شود و روی ایران باقی می‌ماند. علاوه بر این در چنین حالتی، سامانه پرارتفاع به لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابد و وضعیت مناسب برای صعود هوای مرطوب موسمی و بارش‌های همرفتی ایجاد می‌شود.

سلیقه و صادقی نیا (۱۳۸۹) بارش‌های نیمه جنوبی در فصل گرم را ناشی از فرایند موسمی در فصل تابستان می‌دانند ولی فرهادی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی الگوی بارش فرین تابستانه در جنوب غرب ایران، ارتباط این بارش‌ها را با فرایند موسمی منتهی و آن را وابسته به الگویی مانند الگوهای فصل سرد می‌دانند. آنها همچنین نشان دادند عوامل انحراف از میانگین شدید فشار تراز دریا در کم‌فشار خلیج فارس، پرفشار شمالی دریای خزر، شیب تغییرات فشار حاصله در راستای رشته کوه زاگرس، تشکیل جبهه ساکن بر فراز این منطقه، فراز و فرودهای مانع ایجاد شده در مسیر بادهای غربی و بی‌هنجاری منفی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، امکان ورود رطوبت به جنوب غرب ایران را از سوی دریاهای مدیترانه و سرخ فراهم ساخته و به ریزش باران منجر شده است.

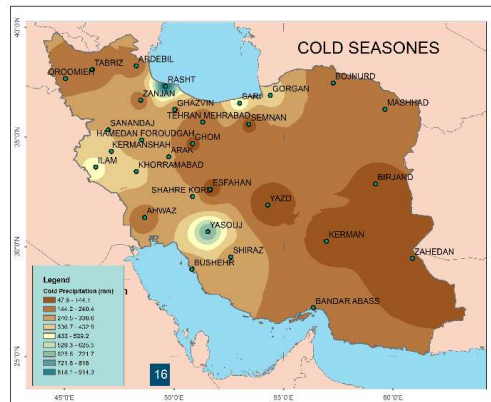
بارش در نیمه جنوبی کشور، به ویژه در جنوب شرق ایران، نسبت به نواحی شمالی ایران کمتر است (شکل‌های ۱- الف و ۱- ب). بارش کم در مناطق جنوب شرق ایران موجب خشکسالی‌های چندین ساله در این نواحی شده است. با توجه به شکل ۱ می‌توان مشاهده کرد که بیشینه بارش در نواحی جنوبی ایران از ماه اکتبر تا ماه مه اتفاق می‌افتد (پور اصغر و همکاران، ۱۳۹۲). شناخت بارش و منابع تأمین‌کننده رطوبت برای این بارش‌ها برای تصمیم‌گیری درباره امور آب، مهم و حیاتی است. نیمه گرم سال از لحاظ اقتصاد کشاورزی اهمیت بیشتری نسبت به دوره سرد سال دارد؛ عمده مصرف آب سالانه در بخش کشاورزی، در نیمه گرم سال صورت می‌گیرد. در این پژوهش، منابع تأمین رطوبت در بارش‌های نیمه گرم سال در جنوب غرب ایران مطالعه و بررسی می‌شوند. علت

در منطقه ایران بیابان‌های وسیعی ایجاد شده است. باران سالیانه کم و وجود اندک کم‌فشارهای مهاجر، اقلیم خشک و نیمه خشک را در مناطق جنوبی کشور ایران حاکم ساخته است. بارش اندک و دمای زیاد موجب شده است اقلیم مناطق جنوبی ایران در حاشیه خلیج فارس، آب‌وهوای گرم و مرطوب و در جنوب شرق ایران، آب‌وهوای گرم و خشک داشته باشد (نظری‌پور و همکاران، ۱۳۹۳).

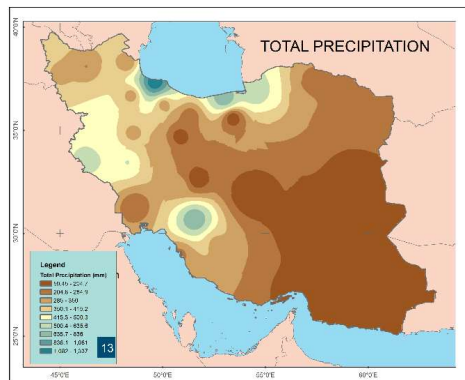
میانگین مجموع بارش ماهانه از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۰ برای نیمه سرد سال (شکل ۱- الف)، برای نیمه گرم سال (شکل ۱- ب) و طول سال (شکل ۱- ج) بیانگر وضعیت رخداد بارش در مناطق مختلف ایران است. بارش‌های تابستانه در نیمه جنوبی ایران مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. سلیقه و صادقی نیا (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های همدیدی نیمه جنوبی ایران، شش دوره بارش فراگیر را انتخاب کردند و بعد از بررسی نقشه فشار سطح زمین و ارتفاع ژئوپتانسیلی در ترازهای ۷۰۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال در روزهای بارش منتخب، دو الگوی متفاوت را شناسایی کردند. در الگوی نوع اول، در نتیجه حرکت چرخندی سامانه موسمی، رطوبت اقیانوس هند و دریاهای مجاور به سطوح پایین و در سپهر انتقال می‌یابد. در سطوح میانی، ناوه غربی به سمت نیمه جنوبی ایران گسترش می‌یابد و سبب عقب‌نشینی زبانه پرارتفاع جنب حاره به عرض‌های پایین می‌شود. در الگوی نوع دوم، سامانه موسمی به سمت ناحیه جنوبی ایران گسترش یافته و با نزدیک شدن کم‌فشارهای موسمی، بارش‌های شدیدی رخ داده است. در این نوع الگو، ناوه جریان‌ات غربی به سمت حوضه دریای مدیترانه گسترش می‌یابد و سبب عقب‌نشینی زبانه پرارتفاع جنب حاره به سمت شمال آفریقا می‌شود. در این حالت هسته پرارتفاع از آن جدا



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۱. میانگین مجموع بارش ایستگاه‌های همبندی ایران از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۰ در (الف) فصول سرد (ب) فصول گرم (ج) کل سال (بر اساس آمار دریافتی از سی ایستگاه سازمان هواشناسی ایران واقع در مراکز استان‌ها).

مقدار بارش روزانه از مقدار آستانه بیشتر باشد، باز هم ممکن است بارش فرین در نظر گرفته نشود (مور و همکاران، ۲۰۱۵ و ماهونی و همکاران، ۲۰۱۶).

تعریف مؤثر دیگری که هم گسترش جغرافیایی بارش و هم شدت بارش را نشان می‌دهد، تعریف بارش با استفاده از توزیع چگالی احتمال بارش است که در این تعریف، مقدار آستانه درصدی برای بارش فرین استفاده می‌شود (دیوریس و همکاران، ۲۰۱۳، ۲۰۱۸).

پس از مشخص شدن روزهای بارش فرین در جنوب غرب ایران، لازم است نقشه‌های فشار سطح زمین تبدیل شده به سطح دریا طبقه‌بندی شوند. علت این است که سامانه‌های فشاری سطح زمین تبدیل شده به سطح دریا حاوی بیشترین اطلاعات در زمینه بارش در یک منطقه

انتخاب منطقه جنوب غرب ایران، وجود دشت‌های وسیع و حاصلخیز در این مناطق است. استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان که دو قطب مهم کشاورزی ایران هستند، در جنوب غرب ایران قرار گرفته‌اند.

تعاریف مختلفی برای بارش فرین ارائه شده است. در ساده‌ترین تعریف، بارش فرین عبارت است از فراتر رفتن بارش روزانه از یک مقدار آستانه معین (بروک و استنسر، ۲۰۰۰؛ رالف و دتینگر، ۲۰۱۲ و هیت چنس و همکاران، ۲۰۱۲، ۲۰۱۳)؛ برای مثال، کارل و همکاران (۱۹۹۶) از مقدار آستانه ۵۰/۸ برای تعیین بارش فرین در آمریکا استفاده کردند. بعضی از پژوهشگران، ساختار بارشی مانند طول و پهنای منطقه بارشی را برای تعیین بارش فرین معرفی کرده‌اند. در این مطالعات حتی اگر

جویی از داده‌های میانگین روزانه فشار تراز دریا از سری داده‌های بازکاوی شده مرکز پیش‌بینی‌های محیطی ایالات متحده از تاریخ ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۸ استفاده کردند و نشان دادند مهم‌ترین الگوهای تراز دریا که بر ایران تأثیرگذار هستند عبارت‌اند از: الگوهای سرد بارشی؛ سرد کم‌بارش؛ معتدل کم‌بارش؛ بسیار سرد پربارش و گرم بسیار کم‌بارش. زمانی که دو هسته پرفشار قوی در شرق و غرب ایران واقع شوند، باعث رخداد بارش‌های سنگین در ایران خواهند شد. بیدل و مسعودیان (۱۳۹۳) نیز نشان دادند چهار الگوی مؤثر بر بارش ایران وجود دارد.

در ادامه، سامانه‌های بارشی مؤثر بر بارش ایران به‌صورت خلاصه معرفی می‌شوند (آلپرت و همکاران، ۱۹۹۰؛ آلپرت و همکاران، ۲۰۰۴ و سامان و گالوس، ۲۰۱۸). پژوهشگران این سامانه‌ها را با تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای انتخاب کرده‌اند. درضمن برای طبقه‌بندی سامانه‌ها، نه تنها از فشار سطح، بلکه از دمای سطح زمین و دمای سطح ۸۵۰ میلی‌باری و غیره نیز استفاده شده است.

الف) سامانه کم‌فشار قبرس: این سامانه از سامانه‌های اصلی مؤثر بر بارش ایران است و در اثر چرخندهای عبوری از دریای مدیترانه شکل می‌گیرد. این سامانه بارشی معمولاً در فصل زمستان بر آب‌وهوای ایران تأثیر دارد و بارشی به مدت دو تا سه روز را روی ترکیه، سوریه، لبنان، ایران و عراق ایجاد می‌کند.

ب) سامانه ناوه ایران: این ناوه از مرکز کم‌فشار سرچشمه گرفته است که در عرض‌های بالاتر قرار دارد و معمولاً در هر سه منطقه غرب، مرکز و شرق ایران دیده می‌شود. این ناوه معمولاً در فصل تابستان شکل می‌گیرد و گاهی نیز ناوه تابستانه نامیده می‌شود.

ج) سامانه ناوه دریای سرخ: این ناوه که گاه ناوه سودانی نامیده می‌شود، از سودان سرچشمه گرفته است و با گذر از روی دریای سرخ به سمت شمال امتداد می‌یابد. این ناوه می‌تواند در هر سه راستای شمال غرب، شمال و

هستند؛ زیرا در نقشه فشار سطح زمین تبدیل شده به سطح دریا، جهت‌گیری جبهه‌ها و سامانه‌های فشاری وجود دارد. چندین روش طبقه‌بندی برای الگوهای همدیدی بارش فرین پیشنهاد شده است که برای درک عمیق از محیط و تغییرات اقلیم استفاده می‌شوند (لمب، ۱۹۵۰؛ لاند، ۱۹۶۳؛ چن، ۲۰۰۰؛ هات، ۲۰۰۰؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۰۴؛ ونگ و همکاران، ۲۰۰۴ و رضی و همکاران، ۲۰۱۲). یارنال (۱۹۹۳) روش‌های طبقه‌بندی را با ارائه چندین مثال کاربردی تشریح کرد و نشان داد محاسبه ضریب همبستگی بین الگوهای همدیدی، روش مناسبی برای طبقه‌بندی الگوهای همدیدی است. رومرو و همکاران (۱۹۹۹) با استفاده از داده‌های ژئوپتانسیل در تراز ۹۲۵ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی در بازه زمانی ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۳ با محاسبه ضریب همبستگی و تحلیل عاملی، نوزده الگوی بارشی را برای کشور اسپانیا استخراج کردند. بیشوف و وارگاس (۲۰۰۳) با استفاده از نقشه‌های بی‌هنجاری تراز ۵۰۰ هکتو-پاسکال، هشت الگوی گردشی را برای جنوب آمریکای جنوبی پیشنهاد کردند. در خاورمیانه نیز طبقه‌بندی الگوهای جوی برای منطقه شرق دریای مدیترانه انجام شده است (آلپرت و همکاران، ۲۰۰۴ و تسویلی و زانگ ویل، ۲۰۰۵) که این مناطق متأثر از سامانه‌های کم‌فشار عبوری از دریای مدیترانه هستند. تأثیر سامانه‌های کم‌فشار، بیشتر در فصل زمستان دیده می‌شود که این سامانه‌ها از روی کشور قبرس عبور می‌کنند (آلپرت و همکاران، ۱۹۹۰). سامانه شناخته‌شده دیگری که بر منطقه خاورمیانه تأثیر می‌گذارد، ناوه دریای سرخ است که به‌صورت زبانه شمال شرقی از کم‌فشار مونسونی سودان امتداد یافته است (آشبل، ۱۹۳۸؛ ال فندی، ۱۹۴۸ و آلپرت و همکاران، ۲۰۰۴).

عزیزی و علیزاده (۱۳۹۲) با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، الگوهای گردشی مؤثر بر آب‌وهوای ایران در تراز دریا را طبقه‌بندی همدیدی کردند. آنها برای شناسایی الگوهای

نحوه طبقه‌بندی الگوهای همبندی بارش، در ادامه لازم است با دریافت داده‌های هواشناسی، روزهای بارش فرین در جنوب غرب ایران تعیین و الگوهای همبندی با استفاده از تحلیل عاملی طبقه‌بندی شوند. مراحل زیر برای دریافت داده‌های بارش و فشار تبدیل شده به سطح دریا در این پژوهش انجام شده است.

۲-۱ تعریف بارش فرین

مطابق تعریف دیوریس و همکاران (۲۰۱۸) برای بارش فرین در منطقه خاورمیانه، در این تحقیق نیز از آستانه ۹۷/۵ درصد و ۹۹ درصد برای تعریف بارش فرین استفاده شده است. در توزیع نرمال، هرگاه فاصله توزیع داده‌ها از میانگین برابر $\pm 2\sigma$ شود (σ انحراف معیار است)، ۹۵ درصد از فراوانی داده در این بازه قرار می‌گیرد و هرگاه فاصله توزیع داده‌ها از میانگین برابر $\pm 3\sigma$ شود، ۹۹ درصد از فراوانی داده‌ها در این بازه قرار می‌گیرد. با توجه به تعریف دیوریس و همکاران (۲۰۱۸)، فراوانی ۹۷/۵ درصد برای تعریف بارش فرین پیشنهاد شده است. در اولین گام با استفاده از رابطه توزیع نرمال، فاصله σ از میانگین داده‌ها برای پوشش ۹۷/۵ درصد از داده‌ها تعیین می‌شود. برای این کار لازم است انتگرال‌گیری از توزیع نرمال استاندارد از بازه $\pm 2\sigma$ تا $\pm 3\sigma$ صورت گیرد. در توزیع نرمال استاندارد، میانگین داده‌ها برابر صفر و $\sigma=1$ است. رابطه توزیع نرمال استاندارد به صورت زیر است:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} \quad (1)$$

سطح زیر منحنی توزیع نرمال از منفی بی‌نهایت تا مثبت بی‌نهایت، احتمال رخداد یک فرایند را در این بازه نشان می‌دهد. این عدد برای توزیع نرمال استاندارد، برابر یک است؛ یعنی احتمال رخداد یک فرایند در این بازه، ۱۰۰ درصد است. سطح زیر این منحنی از فاصله ۲- تا ۲ (از ۲۵- تا ۲۵) برابر ۰/۹۵ و از ۳- تا ۳ (از ۳۵- تا ۳۵) برابر

شمال شرق امتداد یابد. این ناوه، غرب و جنوب غرب ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد و معمولاً در ماه‌های اکتبر، نوامبر، مارس و آوریل دیده می‌شود. این ناوه که به ندرت در ماه‌های ژوئن تا آگوست مشاهده شده است، سبب شکل‌گیری سیل و بارش‌های سیل‌آسا در نواحی تحت تأثیر می‌شود (زانگوئل و ایزاکسون، ۱۹۹۵؛ کریچاک و آلپرت، ۱۹۹۸؛ دایان و همکاران، ۲۰۰۱؛ زیو و همکاران، ۲۰۰۵ و الخلاف و باسط، ۲۰۱۳).

د) سامانه پرفشار سبیری: این سامانه در فصل سرد سال روی دشت‌های سبیری و شمال شرق ایران شکل می‌گیرد و شمال شرق ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

ه) سامانه کم‌فشار عربستان: این کم‌فشار در شبه‌جزیره عربستان در بازه عرض جغرافیایی ۲۳ تا ۲۶ درجه شمالی و ۲۴ تا ۵۰ درجه شرقی شکل می‌گیرد و موجب بارش در شمال عربستان و جنوب غرب ایران می‌شود. بازه زمانی فعالیت این سامانه در فصل زمستان و بهار است. این کم‌فشار در تابستان با ماهیت حرارتی ظاهر می‌شود ولی بارشی را در جنوب غرب ایران و شمال عربستان ایجاد نمی‌کند و تنها ممکن است بارش‌های پراکنده در جنوب عربستان ایجاد کند.

نکته مهم در پژوهش حاضر این است که دوره گرم سال و جنوب غرب ایران برای شناسایی الگوهای بارشی انتخاب شده است و بین این پژوهش و سایر پژوهش‌ها درباره کشور ایران که اغلب دوره پربارش (بخش سرد سال) را در نظر می‌گیرند، همپوشانی وجود ندارد.

با مشخص شدن فاصله بارش فرین از میانگین داده‌ها، برای مشخص کردن رخداد بارش فرین در جنوب غرب کشور لازم است داده‌های بارش دریافت و روزهای بارش فرین مشخص شود که در بخش بعدی تشریح خواهد شد.

۲ مواد و روش‌ها

با توجه به تعریف بارش فرین در بخش قبل و توضیح

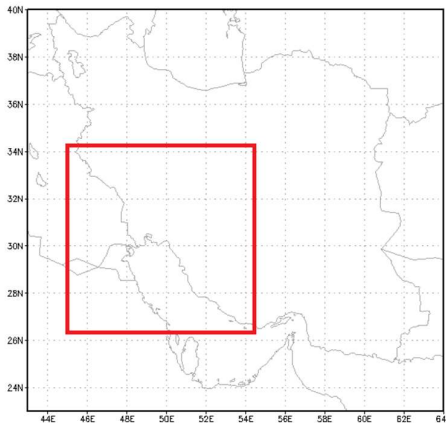
۲-۲ دریافت داده‌های بارش CPC از وبگاه NCEP-NCAR برای سی سال (از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸) برای مطالعه بارش‌های فرین در این پژوهش به داده‌های بارش در جنوب غرب ایران نیاز است. در میان پایگاه‌های داده که میانگین روزانه داده در مدت سی سال را داشته باشند، پایگاه داده CPC انتخاب شد. شایان ذکر است داده‌های Global Precipitation Climatology Project (GPCP) برای میانگین روزانه از سال ۱۹۹۶ موجود است و برای قبل از این تاریخ، فقط میانگین ماهانه وجود دارد. داده‌های CPC از داده‌های ۱۶۰۰۰ ایستگاه برداشت‌کننده داده بارش در سراسر جهان با استفاده از

۰/۹۹ است. با انتگرال‌گیری مکرر از رابطه توزیع نرمال استاندارد می‌توان سطحی را تعیین کرد که ۹۷/۵ یا ۹۹ درصد از مساحت کل را داشته باشد (جدول ۱). فاصله نرمال ۲/۲۵ از میانگین داده‌ها برای توزیع فراوانی ۹۷/۵ درصد و فاصله نرمال ۳ از میانگین داده‌ها برای توزیع فراوانی ۹۹ درصد محاسبه می‌شود. احتمال رخداد فرایند بارشی از فاصله منفی ۲/۲۵ تا مثبت ۲/۲۵ برابر ۹۷/۵ درصد و احتمال قرار گرفتن یک فرایند بارشی در خارج از این بازه، ۲/۵ درصد است. رخداد بارشی در خارج از این بازه، بارش فرین فرض می‌شود.

جدول ۱. انتگرال‌گیری از تابع توزیع نرمال استاندارد از بازه [۲،-۲] تا [۳،-۳].

بازه	انتگرال	بازه	انتگرال	بازه	انتگرال	بازه	انتگرال
۲/۰۱	۰/۹۵۵۵	۲/۲۶	۰/۹۷۶۱	۲/۵۱	۰/۹۸۷۹	۲/۷۶	۰/۹۹۴۲
۲/۰۲	۰/۹۵۶۶	۲/۲۷	۰/۹۷۶۷	۲/۵۲	۰/۹۸۸۲	۲/۷۷	۰/۹۹۴۳
۲/۰۳	۰/۹۵۷۶	۲/۲۸	۰/۹۷۷۳	۲/۵۳	۰/۹۸۸۵	۲/۷۸	۰/۹۹۴۵
۲/۰۴	۰/۹۵۸۶	۲/۲۹	۰/۹۷۷۹	۲/۵۴	۰/۹۸۸۹	۲/۷۹	۰/۹۹۴۷
۲/۰۵	۰/۹۵۹۶	۲/۳۰	۰/۹۷۸۵	۲/۵۵	۰/۹۸۹۲	۲/۸۰	۰/۹۹۴۸
۲/۰۶	۰/۹۶۰۶	۲/۳۱	۰/۹۷۹۱	۲/۵۶	۰/۹۸۹۵	۲/۸۱	۰/۹۹۵۰
۲/۰۷	۰/۹۶۱۵	۲/۳۲	۰/۹۷۹۶	۲/۵۷	۰/۹۸۹۸	۲/۸۲	۰/۹۹۵۱
۲/۰۸	۰/۹۶۲۴	۲/۳۳	۰/۹۸۰۱	۲/۵۸	۰/۹۹۰۱	۲/۸۳	۰/۹۹۵۳
۲/۰۹	۰/۹۶۳۳	۲/۳۴	۰/۹۸۰۷	۲/۵۹	۰/۹۹۰۴	۲/۸۴	۰/۹۹۵۴
۲/۱۰	۰/۹۶۴۲	۲/۳۵	۰/۹۸۱۲	۲/۶۰	۰/۹۹۰۶	۲/۸۵	۰/۹۹۵۶
۲/۱۱	۰/۹۶۵۱	۲/۳۶	۰/۹۸۱۷	۲/۶۱	۰/۹۹۰۹	۲/۸۶	۰/۹۹۵۷
۲/۱۲	۰/۹۶۵۹	۲/۳۷	۰/۹۸۲۲	۲/۶۲	۰/۹۹۱۲	۲/۸۷	۰/۹۹۵۸
۲/۱۳	۰/۹۶۶۸	۲/۳۸	۰/۹۸۲۶	۲/۶۳	۰/۹۹۱۴	۲/۸۸	۰/۹۹۶۰
۲/۱۴	۰/۹۶۷۶	۲/۳۹	۰/۹۸۳۱	۲/۶۴	۰/۹۹۱۷	۲/۸۹	۰/۹۹۶۱
۲/۱۵	۰/۹۶۸۴	۲/۴۰	۰/۹۸۳۶	۲/۶۵	۰/۹۹۱۹	۲/۹۰	۰/۹۹۶۲
۲/۱۶	۰/۹۶۹۲	۲/۴۱	۰/۹۸۴۰	۲/۶۶	۰/۹۹۲۱	۲/۹۱	۰/۹۹۶۳
۲/۱۷	۰/۹۶۹۹	۲/۴۲	۰/۹۸۴۴	۲/۶۷	۰/۹۹۲۴	۲/۹۲	۰/۹۹۶۵
۲/۱۸	۰/۹۷۰۷	۲/۴۳	۰/۹۸۴۹	۲/۶۸	۰/۹۹۲۶	۲/۹۳	۰/۹۹۶۶
۲/۱۹	۰/۹۷۱۴	۲/۴۴	۰/۹۸۵۳	۲/۶۹	۰/۹۹۲۸	۲/۹۴	۰/۹۹۶۷
۲/۲۰	۰/۹۷۲۱	۲/۴۵	۰/۹۸۵۷	۲/۷۰	۰/۹۹۳۰	۲/۹۵	۰/۹۹۶۸
۲/۲۱	۰/۹۷۲۸	۲/۴۶	۰/۹۸۶۱	۲/۷۱	۰/۹۹۳۲	۲/۹۶	۰/۹۹۶۹
۲/۲۲	۰/۹۷۳۵	۲/۴۷	۰/۹۸۶۴	۲/۷۲	۰/۹۹۳۴	۲/۹۷	۰/۹۹۷۰
۲/۲۳	۰/۹۷۴۲	۲/۴۸	۰/۹۸۶۸	۲/۷۳	۰/۹۹۳۶	۲/۹۸	۰/۹۹۷۱
۲/۲۴	۰/۹۷۴۹	۲/۴۹	۰/۹۸۷۲	۲/۷۴	۰/۹۹۳۸	۲/۹۹	۰/۹۹۷۲
۲/۲۵	۰/۹۷۵۵	۲/۵۰	۰/۹۸۷۵	۲/۷۵	۰/۹۹۴۰	۳/۰۰	۰/۹۹۷۳

توجه به اینکه اقلیم جنوب غرب کشور، گرم و مرطوب است و مدت زمان مطالعه نیز سی سال است؛ بنابراین پانزده روز به ابتدا و انتهای این بازه افزوده شد تا انطباق با دوره گرم سال در مدت سی سال ایجاد شود. درنهایت، دوره گرم سال از اواخر اسفند (۱۵ مارس) تا نیمه مهرماه (۱۵ اکتبر) و به مدت ۲۱۴ روز فرض شد.



شکل ۲. ناحیه مستطیلی برای محاسبه بارش میانگین در جنوب غرب ایران.

۴-۲ بررسی آماری

پس از دریافت داده‌های بارش با دقت ۰/۵ درجه در راستای طول و عرض جغرافیایی، این داده‌ها در منطقه تعریف شده در شکل ۲ میانگین‌گیری شدند و برای هر روز در دوره گرم سال، یک مقدار برای بارش منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. پس از میانگین‌گیری، آرایه‌ای با ۶۴۵۰ درایه تشکیل شد. میانگین بارش برای این آرایه، ۰/۱۷۷۳ و انحراف معیار نیز ۰/۷۱۰۴ است. تعداد بارش فرین برای درصد فراوانی ۹۷/۵ درصد برابر ۱۹۴ بارش و برای ۹۹ درصد، ۱۴۴ بارش در سی سال است. کمینه میانگین بارش برای درصد فراوانی ۹۷/۵ برابر ۱/۷۹ میلیمتر و بیشینه آن ۱۴/۰۸ میلیمتر است که نشان می‌دهد مقدار میانگین و انحراف معیار در مقایسه با بارش فرین بسیار کمتر است. پس از بررسی اولیه مشخص شد دلیل

درون‌یابی تشکیل شده است. داده‌های بارش حاصل از ۱۶۰۰۰ ایستگاه را دو نهاد بین‌المللی National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) و CPC جمع‌آوری و کنترل کیفیت کرده‌اند. داده‌های دریافت شده از ایستگاه‌های برداشت‌کننده، به صورت نامنظم در کره زمین توزیع شده‌اند و برای توزیع داده‌ها در یک شبکه منظم، از روش‌های درون‌یابی استفاده شده است. در داده‌های CPC از سه روش درون‌یابی کرسمن (۱۹۵۹)، شپرد (۱۹۶۸) و درون‌یابی بهینه (گاندین، ۱۹۶۵) استفاده و خطای حاصل از درون‌یابی با هریک از این روش‌ها محاسبه و مقایسه (اگری و همکاران، ۲۰۰۷) و درنهایت، روش درون‌یابی بهینه انتخاب شده است. میانگین خطای درون‌یابی با استفاده از این روش روی کل نقاط شبکه کمتر از یک درصد است (چن و همکاران، ۲۰۰۸). تفکیک مکانی داده‌های CPC، نیم درجه در راستای طول و عرض جغرافیایی است که به صورت میانگین روزانه از سال ۱۹۷۹ در دسترس است. گفتنی است در این پژوهش از داده‌های فشار تبدیل شده به سطح دریا استفاده شده است. این داده از سایت NOAA و با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه دریافت شده است.

۳-۲ تعیین منطقه جنوب غرب ایران برای محاسبه میانگین بارش

برای محاسبه بارش فرین لازم است داده‌های بارش در جنوب غرب ایران میانگین‌گیری شود؛ بنابراین باید منطقه جغرافیایی دربرگیرنده محدوده جنوب غرب ایران مشخص شود. مختصات جغرافیایی در نظر گرفته شده برای این پژوهش، محدود به عرض جغرافیایی ۲۶/۲۵ تا ۳۴/۲۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶/۲۵ تا ۵۴/۲۵ درجه شرقی است (شکل ۲).

نکته بعدی دوره گرم سال است که در این پژوهش در ابتدا از اول آوریل تا اول اکتبر در نظر گرفته شده بود. با

انحراف معیار، ۱/۰۹۴۶ است.

۲-۵ محاسبه بارش فرین در بازه ۳۵ از میانگین

بارش در جنوب غرب ایران

با استفاده از مقدار میانگین ۰/۴۶۸۹ و انحراف معیار ۱/۰۹۴۶، بارش فرین با ۹۷/۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد. با حذف داده‌های صفر در میانگین روزانه و افزایش مقدار میانگین و انحراف معیار می‌توان انتظار داشت بارش‌های فرین مؤثرتری انتخاب شود. تعداد روز بارش فرین در حالت ۹۷/۵ درصد، ۱۰۶ و در حالت ۹۹ درصد، ۶۴ روز (جدول ۲) است. در جدول ۲، تعداد و میزان بارش فرین نشان می‌دهد انتخاب بارش فرین در تاریخ‌های ذکر شده در جدول، انتخاب مناسبی است.

این موضوع، وجود تعداد زیادی از روزهای بی‌بارش در جنوب غرب ایران است که موجب شده است در داده‌های میانگین روزانه، مقدار بارش صفر برای روزهای بی‌بارش منظور شود. وجود این مقادیر صفر موجب کاهش میانگین و انحراف معیار و افزایش تعداد روزهای بارش فرین ۹۷/۵ درصد شده است. تعداد روزهای بی‌بارش در جنوب غرب ایران در خلال سی سال در بازه زمانی دوره گرم سال، ۴۰۱۱ روز است که حدود دو برابر روزهای با بارش (۲۴۳۹) است. این تعداد بارش صفر در آرایه اولیه بارش روزانه، روند محاسبه بارش فرین را با اختلال همراه می‌کند؛ پس لازم است روزهای با بارش صفر از آرایه اولیه حذف و آرایه‌ای با ۲۴۳۹ روز بارشی تشکیل شود. در آرایه ثانویه بارشی، میانگین بارش، ۰/۴۶۸۹ میلی‌متر و

جدول ۲. میانگین بارش برای درصد فراوانی ۹۹ درصد با حذف داده‌های صفر.

ردیف	تاریخ	الگو	ضریب همبستگی	میانگین بارش (mm)	دامنه تغییرات	ضریب تغییرات
۱	۱۹۹۲/۰۳/۱۹	۱	۰/۷۹	۵/۴۱	۲۸/۷	۱/۳
۲	۱۹۹۳/۰۴/۲۷	۱	۰/۸۵	۷/۸۹	۷۵/۲	۱/۷
۳	۱۹۹۴/۰۷/۰۱	۴	۰/۸۶	۴/۲۹	۶۱/۸	۲/۶
۴	۱۹۹۵/۰۳/۲۰	۲	۰/۷۱	۶/۳۲	۴۸/۲	۱/۳
۵	۱۹۹۵/۰۳/۲۱	۲	۰/۷۴	۵/۶۸	۸۰/۵	۲/۰
۶	۱۹۹۶/۰۳/۲۳	۱	۰/۹۴	۵/۲۱	۲۷/۵	۱/۰
۷	۱۹۹۶/۰۳/۲۴	۱	۰/۸۷	۳/۹۹	۲۶/۰	۱/۶
۸	۱۹۹۶/۰۴/۱۴	۵	۰/۸۰	۴/۱۸	۳۴/۹	۱/۶
۹	۱۹۹۶/۰۴/۱۵	۳	۰/۶۶	۴/۳۶	۳۲/۴	۱/۴
۱۰	۱۹۹۷/۰۳/۲۹	۲	۰/۷۹	۱۴/۰۸	۵۵/۳	۱/۰
۱۱	۱۹۹۸/۰۳/۱۸	۵	۰/۸۷	۶/۲۰	۲۲/۰	۱/۱
۱۲	۱۹۹۸/۰۶/۰۶	۱	۰/۷۳	۵/۳۶	۳۳/۳	۱/۵
۱۳	۱۹۹۸/۱۰/۱۰	۱	۰/۸۱	۴/۷۴	۴۳/۸	۱/۹
۱۴	۲۰۰۱/۰۳/۲۵	۳	۰/۳۲	۴/۰۲	۲۳/۲	۱/۳
۱۵	۲۰۰۲/۰۳/۱۸	۱	۰/۹۴	۳/۹۲	۴۳/۹	۲/۰
۱۶	۲۰۰۲/۰۳/۲۸	۳	۰/۵۶	۴/۳۷	۲۷/۹	۱/۳
۱۷	۲۰۰۲/۰۴/۰۳	۵	۰/۶۶	۵/۹۹	۶۰/۳	۱/۸
۱۸	۲۰۰۲/۰۴/۱۲	۱	۰/۹۴	۷/۰۶	۵۴/۸	۱/۳

ردیف	تاریخ	الگو	ضریب همبستگی	میانگین بارش (mm)	دامنه تغییرات	ضریب تغییرات
۱۹	۲۰۰۳/۰۳/۲۶	۵	۰/۸۳	۴/۹۶	۵۵/۳	۱/۷
۲۰	۲۰۰۳/۰۴/۲۲	۱	۰/۷۲	۵/۷۶	۵۸/۵	۱/۹
۲۱	۲۰۰۴/۰۴/۰۵	۱	۰/۷۰	۳/۷۶	۲۰/۱	۱/۳
۲۲	۲۰۰۴/۰۴/۰۶	۳	۰/۵۵	۴/۱۱	۵۴/۶	۲/۰
۲۳	۲۰۰۶/۰۳/۲۹	۲	۰/۷۷	۴/۶۴	۳۲/۳	۱/۴
۲۴	۲۰۰۶/۰۳/۳۰	۲	۰/۸۶	۵/۴۳	۲۸/۴	۱/۳
۲۵	۲۰۰۶/۰۴/۰۷	۲	۰/۴۵	۵/۰۹	۴۴/۴	۱/۸
۲۶	۲۰۰۷/۰۳/۲۶	۱	۰/۵۵	۴/۲۶	۲۵/۷	۱/۲
۲۷	۲۰۰۷/۰۳/۲۷	۱	۰/۸۵	۹/۶۲	۸۶/۲	۱/۴
۲۸	۲۰۰۷/۰۳/۲۸	۱	۰/۹۰	۶/۹۲	۶۰/۴	۱/۶
۲۹	۲۰۰۷/۰۴/۰۳	۱	۰/۸۴	۴/۱۶	۲۵/۷	۱/۳
۳۰	۲۰۰۷/۰۴/۱۲	۱	۰/۵۳	۴/۲۹	۳۲/۰	۱/۵
۳۱	۲۰۰۷/۰۴/۱۴	۱	۰/۶۰	۴/۰۳	۲۶/۰	۱/۴
۳۲	۲۰۰۷/۰۴/۱۵	۵	۰/۴۷	۴/۴۰	۲۷/۰	۱/۶
۳۳	۲۰۰۹/۰۳/۳۰	۱	۰/۸۶	۷/۹۱	۳۸/۱	۱/۱
۳۴	۲۰۰۹/۰۳/۳۱	۱	۰/۸۷	۹/۱۰	۴۶/۷	۱/۰
۳۵	۲۰۰۹/۰۴/۱۰	۱	۰/۶۳	۵/۱۰	۹۱/۱	۲/۳
۳۶	۲۰۱۰/۰۳/۲۷	۱	۰/۸۴	۴/۶۹	۲۳/۳	۱/۳
۳۷	۲۰۱۰/۰۵/۰۲	۱	۰/۸۷	۳/۷۷	۲۸/۲	۱/۶
۳۸	۲۰۱۰/۰۶/۱۰	۴	۰/۸۳	۶/۹۴	۵۷/۶	۱/۹
۳۹	۲۰۱۰/۰۶/۱۸	۴	۰/۷۲	۴/۵۶	۵۷/۴	۲/۶
۴۰	۲۰۱۰/۰۶/۲۶	۴	۰/۷۲	۵/۵۶	۵۶/۹	۲/۴
۴۱	۲۰۱۰/۰۷/۰۷	۴	۰/۸۰	۳/۹۷	۵۵/۹	۲/۴
۴۲	۲۰۱۲/۰۳/۲۹	۳	۰/۸۶	۴/۹۴	۳۶/۰	۱/۴
۴۳	۲۰۱۳/۰۴/۰۶	۲	۰/۷۹	۷/۳۴	۳۵/۵	۱/۲
۴۴	۲۰۱۳/۰۴/۰۷	۱	۰/۵۲	۵/۳۷	۵۳/۷	۱/۹
۴۵	۲۰۱۳/۰۵/۰۲	۱	۰/۹۲	۶/۱۸	۳۶/۳	۱/۵
۴۶	۲۰۱۴/۰۳/۳۱	۳	۰/۸۰	۴/۶۲	۳۲/۴	۱/۶
۴۷	۲۰۱۴/۰۴/۰۳	۱	۰/۷۲	۷/۹۴	۴۱/۷	۱/۲
۴۸	۲۰۱۵/۰۳/۱۸	۱	۰/۹۷	۵/۱۰	۳۵/۳	۱/۷
۴۹	۲۰۱۵/۰۳/۲۰	۱	۰/۸۶	۳/۸۸	۳۱/۰	۱/۶
۵۰	۲۰۱۵/۰۳/۲۲	۳	۰/۸۴	۷/۱۴	۴۸/۰	۱/۳
۵۱	۲۰۱۵/۰۳/۲۳	۳	۰/۵۰	۴/۵۷	۳۳/۳	۱/۳
۵۲	۲۰۱۶/۰۳/۲۳	۲	۰/۸۶	۳/۹۶	۲۱/۴	۱/۳

ردیف	تاریخ	الگو	ضریب همبستگی	میانگین بارش (mm)	دامنه تغییرات	ضریب تغییرات
۵۳	۲۰۱۶/۰۴/۱۴	۲	۰/۶۳	۷/۲۷	۶۴/۸	۱/۶
۵۴	۲۰۱۶/۰۴/۱۵	۲	۰/۸۹	۵/۳۴	۶۱/۳	۲/۲
۵۵	۲۰۱۶/۰۴/۱۶	۲	۰/۸۵	۷/۶۶	۴۶/۲	۱/۵
۵۶	۲۰۱۷/۰۳/۱۹	۲	۰/۸۴	۴/۴۳	۲۸/۰	۱/۴
۵۷	۲۰۱۷/۰۳/۲۰	۲	۰/۶۸	۷/۹۸	۵۳/۰	۱/۵
۵۸	۲۰۱۷/۰۳/۲۴	۱	۰/۸۹	۴/۲۵	۳۰/۶	۱/۳
۵۹	۲۰۱۷/۰۳/۲۵	۱	۰/۷۶	۷/۸۶	۶۱/۱	۱/۴
۶۰	۲۰۱۷/۰۳/۲۶	۱	۰/۶۳	۵/۸۵	۶۱/۹	۲/۴
۶۱	۲۰۱۸/۰۴/۱۲	۱۲	۰/۷۹	۴/۳۴	۶۲/۵	۲/۲
۶۲	۲۰۱۸/۰۴/۲۳	۳	۰/۸۰	۴/۷۷	۳۳/۲	۱/۶
۶۳	۲۰۱۸/۰۴/۲۹	۱	۰/۷۰	۵/۰۲	۴۰/۴	۱/۴
۶۴	۲۰۱۸/۰۵/۱۰	۵	۰/۳۹	۵/۵۴	۲۴/۴	۱/۰

در جدول ۳ ویژگی‌های آماری ۶۴ بارش فرین جنوب غرب ایران در دوره گرم سال آورده شده است. دامنه تغییرات، از تفاضل بیشینه بارش و کمینه بارش رخ داده در منطقه در هر روز به دست می‌آید. ضریب تغییرات نیز از تقسیم انحراف معیار بر میانگین حاصل

می‌شود. بررسی ضریب تغییرات مکانی (جدول ۲) نشان می‌دهد این ضریب اغلب برابر ۱/۵ است که نشان‌دهنده این است که انحراف معیار (از شاخص‌های پراکندگی) ۱/۵ برابر میانگین است. البته در بعضی از موارد به ۱ و ۲ نیز رسیده است.

جدول ۳. ویژگی‌های آماری ۶۴ بارش فرین جنوب غرب ایران در دوره گرم سال.

نمایه	
۵/۵۸	میانگین
۳/۷۶	مد
۱۰/۳۱	دامنه تغییرات
۳/۱۹	وردایی
۰/۵۷	ضریب تغییرات
۱/۷۸	انحراف معیار
۲/۰۷	چولگی
۹/۳۳	کشیدگی
۳/۷۶	کمینه
۴/۳۱	چارک اول
۵/۰۹	چارک دوم
۶/۲۶	چارک سوم
۱۴/۰۸	بیشینه

۲-۶ تحلیل عاملی

هنگامی که داده‌های تحلیل شونده زیاد باشند، پژوهشگر به دنبال کم کردن عوامل و نتایج داده‌های زیاد است. برای مثال در پژوهش حاضر، ۶۴ بارش فرین تشخیص داده شده است. تعداد الگوهای اصلی بارش فرین، قطعاً از ۶۴ بارش کمتر است؛ لذا بر اساس روش تحلیل عاملی، عوامل پنهانی در نظر گرفته می‌شود و ضریب همبستگی بین تک‌تک عوامل با این عوامل پنهان محاسبه و در نهایت، بر اساس چگونگی همبستگی تک‌تک عوامل با عوامل پنهان، مهم‌ترین عامل پنهان تشخیص داده می‌شود.

پژوهشگران در بسیاری از تحقیقات علمی با تعداد زیادی از متغیرها مواجه می‌شوند که موجب سردرگمی در پژوهش می‌شود و کار نتیجه‌گیری را مشکل می‌کند. هدف از تحلیل عاملی، کاهش یا دسته‌بندی متغیرها است و تا آنجا که ممکن است، اطلاعات موجود در متغیرها حفظ می‌شود؛ یعنی مجموعه متغیرهای اصلی به یک یا چند مجموعه کوچک‌تر تبدیل می‌شوند به طوری که این مجموعه کوچک‌تر، حاوی دلیل بیشتر تغییرات موجود در داده‌ها است. فرض کنید در یک تحقیق علمی، بیست متغیر در مسئله تأثیرگذار هستند. با استفاده از تحلیل عاملی می‌توان تعداد متغیرها را برای مثال به ده متغیر کاهش داد که این ده متغیر، نود درصد علل ایجاد تغییرات در متغیر وابسته را تبیین می‌کنند و ده عامل باقیمانده، تنها ده درصد از تغییرات در متغیر وابسته را بیان می‌کنند؛ لذا می‌توان گفت که ده عامل باقیمانده، که نقش چندانی در مسئله ندارند، حذف و تحلیل مسئله ساده‌تر می‌شود (سبحانی فرد و اخوان خرازیان، ۱۳۹۱).

نکته قابل تأمل دیگر، متغیرهای پنهان و آشکار در تحقیقات علمی است. متغیر آشکار، متغیری است که می‌توان آن را مستقیماً اندازه‌گیری کرد، مانند فشار، دما و غیره. متغیرهای پنهان متغیرهایی هستند که مستقیماً نمی‌توان آنها را اندازه‌گیری کرد و محقق می‌پندارد که

با استفاده از این متغیرها می‌تواند متغیرهای آشکار را اندازه‌گیری کند. همچنین می‌توان گفت که هر چند متغیر آشکار، یک متغیر پنهان دارد. کارکرد این متغیر در ساده‌سازی تحلیل و همچنین در پیش‌بینی متغیرها است. مراحل تحلیل عاملی عبارت‌اند از:

الف) استخراج عوامل

در این مرحله، متغیرهای پنهان، استخراج و رابطه همبستگی این متغیرها با متغیرهای آشکار مشخص می‌شود. جهت استخراج عوامل، روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل عاملی، از معروف‌ترین روش‌ها است؛

ب) تحلیل عوامل با تحلیل عاملی

تحلیل عاملی روشی آماری است که با استفاده از آن تعداد متغیرهای موجود در مسئله کاهش می‌یابد. این روش به تحلیلگر اجازه می‌دهد که ساختارهای جدید برای متغیرهای مسئله ایجاد کند؛ بنابراین نحوه تحلیل داده‌های پیچیده ساده می‌شود. روش تحلیل عاملی در ابتدا روی ماتریس همبستگی و کوواریانس بین متغیرها تمرکز می‌کند و با توجه به مقدار همبستگی بین داده‌ها با یکدیگر، معادله ویژه‌مقداری برای مسئله حل و متغیرهای پنهان را شناسایی می‌کند. فرض بر این است که وقتی متغیرهای پنهان کشف شدند، این متغیرها با یکدیگر همبستگی ندارند. در این روش هدف آن است که متغیرهای پنهان غیروابسته، تعداد زیادی از متغیرهای آشکاری را تحلیل کنند که با یکدیگر همبستگی دارند.

در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل عاملی انجام شده است. برای انجام دادن تحلیل عاملی، یک ماتریس داده آماده شده است که ستون‌های آن، روزه‌های بارش فرین و سطرها، آن، مقادیر فشار سطح در نقاط شبکه است.

۳ نتایج و بحث

در پژوهش حاضر، بارش‌های فرین بر اساس فاصله ۲۵ و ۳۵ از میانگین تعیین شدند که در حالت اول ۱۰۶ بارش و در حالت دوم ۶۴ بارش تشخیص داده شد. وسعت منطقه مورد مطالعه در این پژوهش از لحاظ جغرافیایی بزرگ است و با وجود حذف داده‌های صفر، باز هم میانگین و انحراف معیار داده‌ها مقادیر کمی هستند؛ لذا روزهای بارانی در محدوده ۹۹ درصد برای انتخاب موارد فرین مناسب‌تر است. وجود ناهنجاری بارش با مقدار زیاد در چند نقطه شبکه و نبود بارش در بقیه نقاط شبکه، به میانگین بارش اندک در کل منطقه مورد مطالعه منجر خواهد شد؛ بنابراین وقتی تعریف بارش فرین، مقادیر بارش ۹۹ درصد باشد، به معنای بارش سیل‌آسا در کل منطقه نیست و فقط گویای این است که بارش در بیشتر نقاط شبکه اتفاق افتاده است. توزیع زمانی بارش‌های فرین حاصل در جدول ۲ نشان می‌دهد به‌طور متوسط در هر سال، حدود دو بارش فرین در دوره گرم دیده می‌شود.

بارش فرین بر اساس فاصله ۳۵ از میانگین بارش در جنوب غرب ایران (جدول ۲) تعیین شد و تعداد ۶۴ بارش فرین در آن منطقه به‌دست‌آمد. برای طبقه‌بندی الگوهای بارشی در جنوب غرب ایران در دوره گرم سال، از روش آماری تحلیل عاملی استفاده شد تا الگوهای یکسان در طبقه‌های مشترک قرار داده شود. با استفاده از تحلیل عاملی، پنج الگو برای بارش فرین در جنوب غرب ایران به‌دست‌آمد که در گام بعدی، نقشه‌های هم‌دیدگی مربوط به این الگوها با هم مقایسه می‌شوند. قبل از وارد شدن به مقوله تحلیل عاملی و طبقه‌بندی الگوهای فشاری، لازم است سامانه‌های مؤثر بر بارش ایران به‌اختصار معرفی شوند تا الگوهای حاصل از تحلیل عاملی به‌درستی شناخته شوند.

با شناخت سامانه‌های مؤثر بر بارش ایران باید الگوهای فشاری بارش فرین در جنوب غرب ایران در دوره گرم

سال طبقه‌بندی شوند. برای طبقه‌بندی الگوهای فشاری از روش تحلیل عاملی استفاده شد. در این روش با استفاده از ضرایب همبستگی و ویژه‌مقدار ماتریس فشار سطح زمین تبدیل‌شده به سطح دریا، الگوهای پنهان شناسایی می‌شوند. سپس ضریب همبستگی برای هر روز بارش فرین به این الگوی پنهان محاسبه می‌شود و الگوها بر اساس این ضریب همبستگی استخراج می‌شوند؛ بنابراین برای انجام دادن تحلیل عاملی، ماتریسی از داده‌های فشار سطح زمین تبدیل‌شده به سطح دریا به‌گونه‌ای آماده شد که سطرها این ماتریس مقادیر فشار در نقاط شبکه و ستون‌های آن، ماتریس فشار برای هر روز بارش فرین باشد. با انجام دادن تحلیل عاملی در نرم‌افزار SPSS برای هر روز بارش فرین، ضرایب همبستگی با عوامل پنهان محاسبه می‌شود. برای مثال، روز اول ممکن است ضریب همبستگی زیاد با عامل پنهان اول و ضرایب همبستگی کم با سایر عوامل داشته باشد. الگوی فشار روزانه که بیشترین ضریب همبستگی را با الگوی پنهان دارد، الگوی پنهان فرض می‌شود.

پس از انجام دادن تحلیل عاملی، پنج الگوی فشاری برای بارش‌های فرین جنوب غرب ایران در دوره گرم سال به‌دست‌آمد. در جدول ۲ الگوی مربوط به هر روز بارش فرین و ضریب همبستگی شماره الگوی ذکرشده با بارش در آن روز آورده شده است. در ادامه، الگوها و سامانه‌های بارشی مرتبط با هر یک از این الگوهای فشاری بررسی می‌شود.

۳-۱ الگوی اول

فراوانی این الگو که حاوی ۳۱ بارش فرین جنوب غرب ایران در دوره گرم سال است، ۴۸ درصد است. خصوصیت بارز این الگو، وجود مناطق کم‌فشار در جنوب غرب ایران است. این مناطق کم‌فشار می‌توانند از دو عامل ناوه دریای سرخ و کم‌فشار عربستان ایجاد شده باشد. با

عربستان قرار گرفته است. نکته جالب این است که در این الگو یک مرکز کم‌فشار در شرق ایران وجود دارد که سامانه مؤثر بر بارش ایران معرفی شده است (حقیقی و همکاران، ۱۳۹۶) ولی پژوهشی برای تحلیل فراوانی این مرکز کم‌فشار بر اساس فصل انجام نشده است (یا به نظر نگارنده نرسیده است). در پژوهش حاضر، این سامانه فشاری، سامانه مؤثر بر بارش ایران معرفی نشد. شایان ذکر است مرکز کم‌فشار روی عربستان، در مواردی قوی‌تر بوده و مرکز کم‌فشار روی ایران را تحت الشعاع قرار داده است (شکل ۴-ه مربوط به ۱۹ مارس ۲۰۱۷ یا ردیف ۵۶ جدول ۲) و در مواردی نیز مرکز کم‌فشار شرق ایران نسبت به مرکز کم‌فشار عربستان قوی‌تر بوده است (شکل ۴-ب مربوط به ۲۳ مارس ۲۰۱۶ یا ردیف ۵۲ جدول ۲) و در چند مورد نیز هر دو مرکز کم‌فشار شرق ایران و عربستان به وضوح روی نقشه دیده می‌شوند (شکل‌های ۴-الف، ج، د، و).

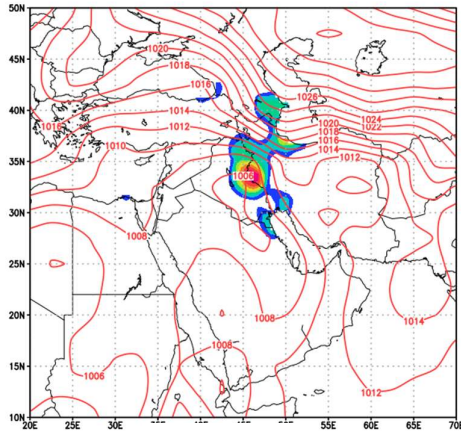
۳-۳ الگوی سوم

این الگو باعث ایجاد نه بارش فرین در جنوب غرب ایران در دوره گرم شده و درصد فراوانی آن ۱۴ درصد است. ضریب همبستگی سه بارش فرین با شماره‌های ۴۲، ۴۶ و ۶۲ که برای تحلیل سامانه بارشی انتخاب شده‌اند، بیشتر از ۰/۸ با الگوی سوم است. الگوی سوم مانند الگوی دوم است و مراکز کم‌فشار عربستان و شرق ایران در این الگو نیز دیده می‌شوند. تفاوت اصلی این الگو با الگوی دوم، وجود مرکز پرفشار در شمال ایران است. در شکل ۵ الگوهای بارش فرین ۴۲، ۴۶ و ۶۲ (به ترتیب در شکل‌های ۵-الف، ب، ج) که ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۸ با الگوی سوم دارند و بارش فرین شماره ۲۲ با ضریب همبستگی ۰/۵۵ با الگوی سوم (شکل ۵-د) آورده شده است. مانند الگوی دوم، مرکز کم‌فشار در شرق ایران ممکن است واضح نباشد و به صورت ناوه باشد (شکل ۵-

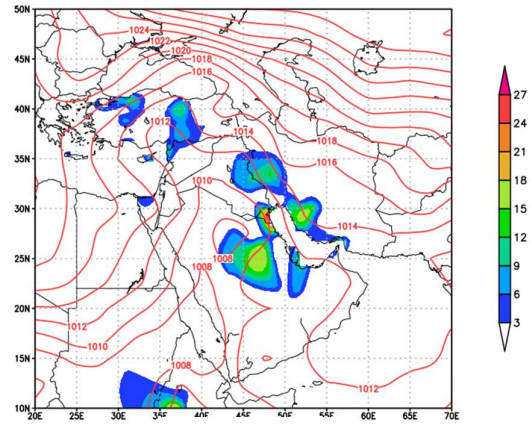
توجه به زیاد بودن ضریب همبستگی فشار سطح زمین در روز بارشی با الگو، می‌توان نسبت به تحلیل این الگو اقدام کرد. در شکل ۳، نقشه‌های میانگین روزانه فشار تبدیل شده به سطح دریا به همراه بارش روزانه برای شش روز با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹ با الگوی اول آورده شده است. در جدول ۲، این روزها در ردیف‌های ۶، ۱۵، ۱۸، ۲۸، ۴۵ و ۴۸ هستند. در روزهای ۲۳ مارس سال ۱۹۹۶ (بارش فرین با شماره ۶)، ۲ مه ۲۰۱۳ (بارش فرین با شماره ۴۵) و ۱۸ مارس ۲۰۱۵ (بارش فرین با شماره ۴۸)، ناوه دریای سرخ در جهت شمال و شمال غرب از دریای سرخ تا ترکیه امتداد یافته و غرب و جنوب غرب ایران را تحت تأثیر قرار داده است. در روز ۲۸ مارس ۲۰۰۷ (بارش فرین با شماره ۲۸ در جدول ۲) کم‌فشار عربستان عامل بارش در جنوب غرب ایران است. در ۱۸ مارس ۲۰۰۲ (بارش فرین با شماره ۱۵ در جدول ۲) و ۱۲ آوریل ۲۰۰۲ (بارش فرین با شماره ۱۸)، مراکز کم‌فشار در غرب و مرکز ایران در نقشه میانگین روزانه فشار تبدیل شده به سطح دریا دیده می‌شود، درحالی که نقشه فشار تبدیل شده به سطح دریا در ساعت ۰۰ این دو روز بارش فرین، مرکز کم‌فشار روی عربستان را نشان می‌دهد.

۳-۲ الگوی دوم

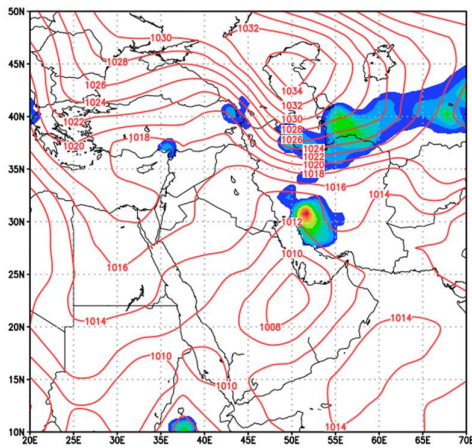
الگوی دوم حاوی ۱۳ بارش فرین (فراوانی ۲۰ درصدی) است. در شکل ۴، نقشه‌های میانگین روزانه فشار تبدیل شده به سطح دریا به همراه بارش روزانه برای شش روز با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۸ با الگوی دوم آورده شده است. در جدول ۲، این روزها در ردیف‌های ۲۴، ۵۲، ۵۴، ۵۵ و ۵۶ هستند. در تمامی نقشه‌های فشاری الگوی دوم، مرکز کم‌فشار عربستان و یک مرکز کم‌فشار در شرق ایران دیده می‌شود (شکل ۴). در این الگو اثری از ناوه دریای سرخ دیده نمی‌شود و مرکز کم‌فشار در جنوب غرب، همان مرکز کم‌فشاری است که روی



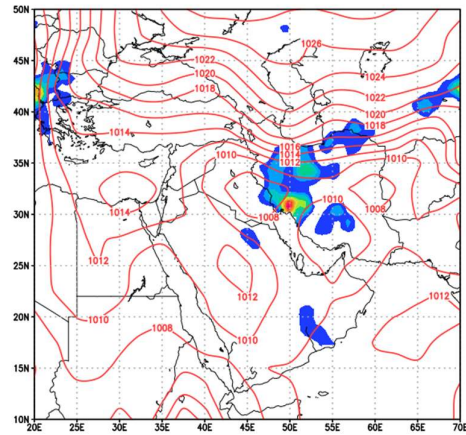
(ب)



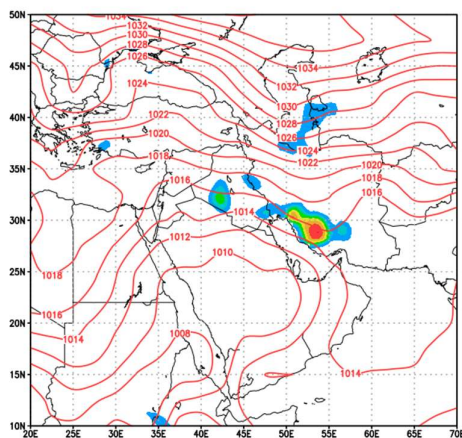
(الف)



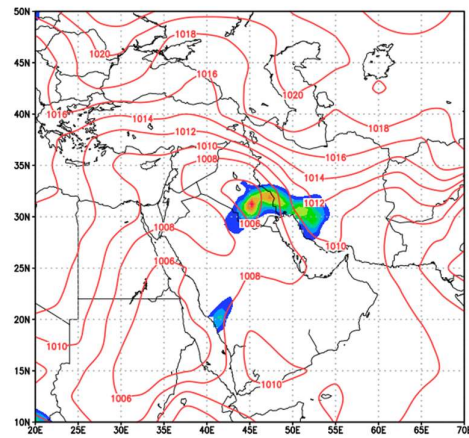
(د)



(ج)

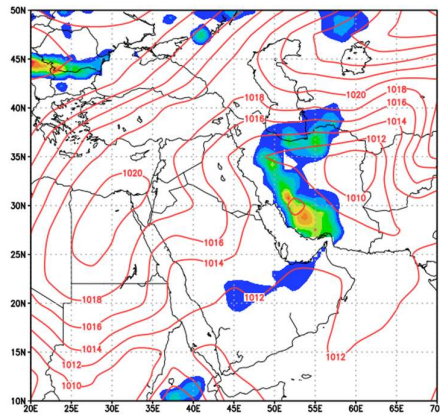


(و)

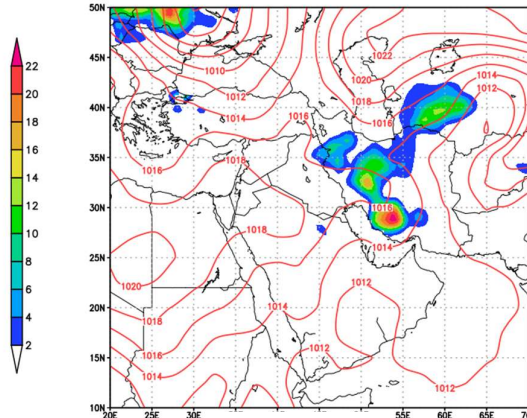


(ه)

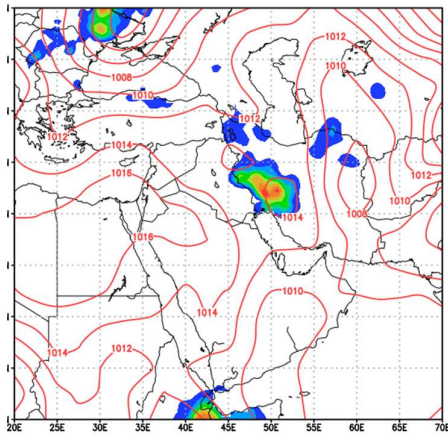
شکل ۳. روزها با ردیف‌های ۶ (الف)، ۱۵ (ب)، ۱۸ (ج)، ۲۸ (د)، ۴۵ (ه) و ۴۸ (و) از جدول ۲ که ضرب همبستگی میانگین روزانه فشار با الگوی اول بیشتر از ۰/۹ است.



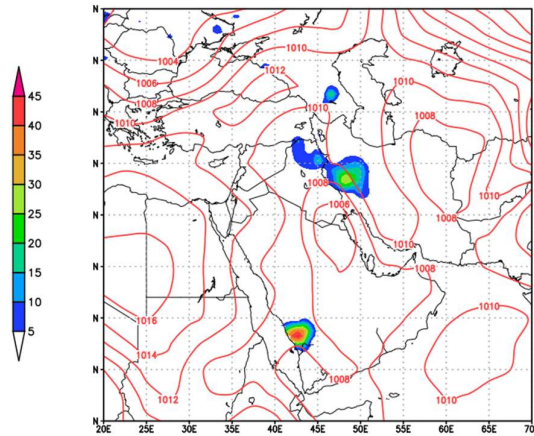
(ب)



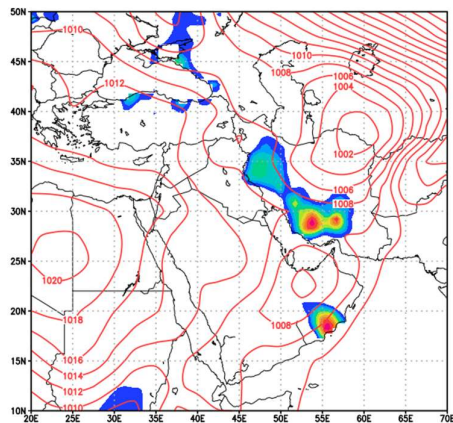
(الف)



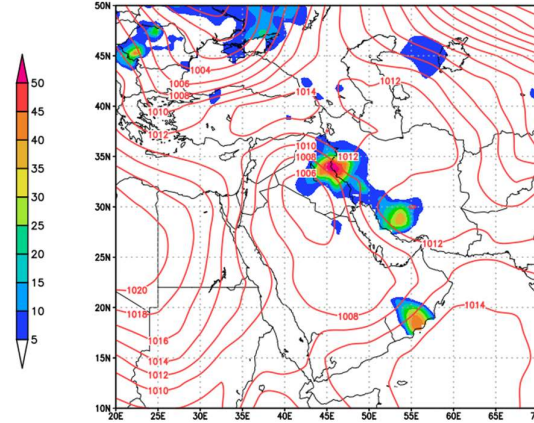
(د)



(ج)



(و)



(ه)

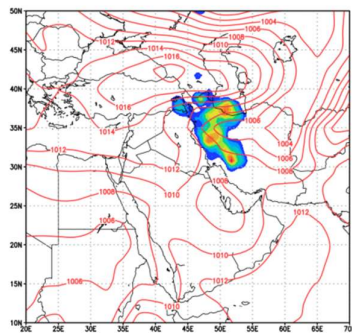
شکل ۴. روزها با ردیف‌های ۲۴ (الف)، ۵۲ (ب)، ۵۴ (ج)، ۵۵ (د)، ۵۶ (ه) و ۵۷ (و) در جدول ۲ که ضریب همبستگی میانگین روزانه فشار با الگوی دوم بیشتر از ۰/۸ است.

کم فشار و پرفشار آن به وضوح در شرق و شمال ایران دیده می شود. با افت ضریب همبستگی روزهای بارشی با این الگو، سامانه های بارشی دیگر نیز در این روزهای بارشی مشاهده می شوند (کم فشار عربستان). البته کم فشار عربستان در این الگو وجود ندارد و شکل گیری آن در روزهای بارشی مربوط به الگوی چهارم موجب کاهش ضریب همبستگی بین میدان فشار سطح زمین تصحیح شده به سطح دریا با این الگو می شود. به همین دلیل ملاحظه می شود که در روزهای بارشی ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱، شکل گیری مرکز کم فشار عربستان موجب شده است که ضریب همبستگی میدان فشار سطح زمین تصحیح شده به سطح دریا کاهش یابد و به حدود ۰/۷ برسد.

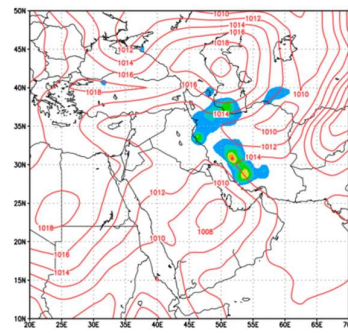
د. مرکز پرفشار در شمال ایران نیز می تواند به صورت پشته ظاهر شود و مرکز واضحی نداشته باشد (شکل ۵-ج). به طور کلی این الگو از یک مرکز پرفشار در شمال ایران، مرکز کم فشار در شرق ایران به همراه یک مرکز کم فشار روی عربستان تشکیل شده است (شکل های ۵-الف، ب).

۳-۴ الگوی چهارم

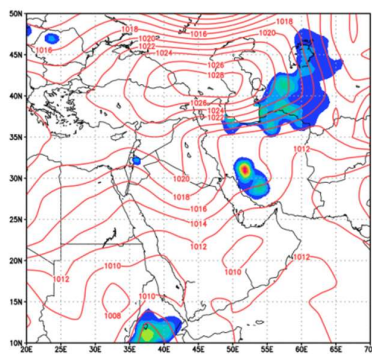
این الگو پنج بارش فرین در دوره گرم سال در جنوب غرب ایران دارد. مراکز کم فشار در شرق ایران و پرفشار در شمال ایران عامل بارش در این الگو هستند. تنها روزی که ضریب همبستگی با این الگو زیاد (۰/۸۵) است، روز بارشی ۳ در جدول ۲ است (شکل ۶) که مرکز



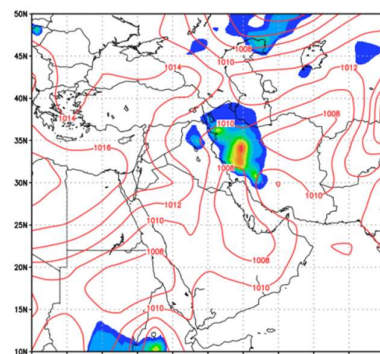
(ب)



(الف)

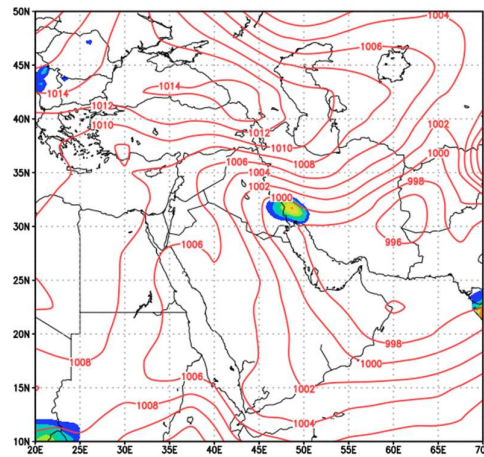


(د)



(ج)

شکل ۵. روزهای ۴۲ (الف)، ۴۶ (ب) و ۶۲ (ج) از جدول ۲ که ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۸ با الگوی سوم است و روز ۲۲ (د) با ضریب همبستگی ۰/۵۵ با الگوی سوم.

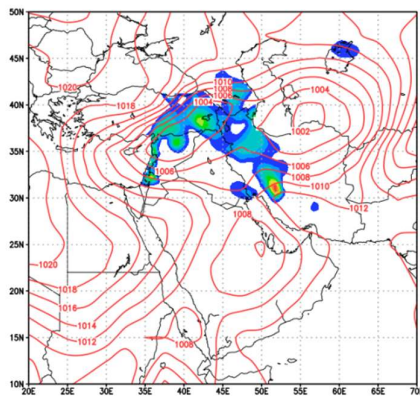


شکل ۶. خطوط فشار تبدیل شده به سطح دریا (برحسب میلی‌بار) و بارش فرین (ناحیه رنگ برحسب میلی‌متر) برای روز ۳ از بارش فرین در جدول ۲ با ضریب همبستگی ۰/۸۶ با الگوی چهارم.

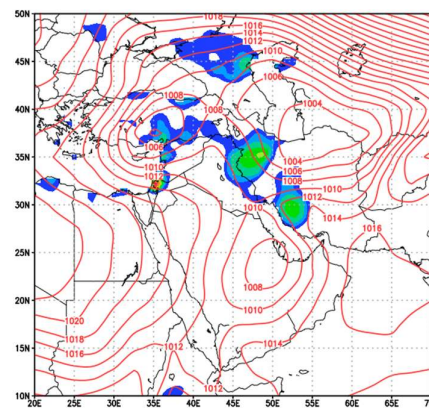
۳-۵ الگوی پنجم

این الگو شش بارش فرین و ۹/۳ درصد فراوانی از سامانه‌های بارشی را در دوره گرم سال در جنوب ایران تشکیل داده است. دو روز بارش فرین ۱۱ (۱۸ مارس ۱۹۹۸) و ۱۹ (۲۶ مارس ۲۰۰۳) از جدول ۲ بیشترین ضریب همبستگی را به ترتیب برابر ۰/۸۷ و ۰/۸۳ با این

الگو دارند (شکل ۷). در این الگو سه مرکز کم‌فشار عربستان، شرق ایران و قبرس در ایجاد بارش نقش دارند. از برهم‌کنش این سه مرکز کم‌فشار بارش فرین در جنوب غرب ایران، سازوکار بارش جبهه‌ای کاملاً فعال‌تری نسبت به موارد قبل در این الگو مشاهده می‌شود. الگوی بارش در شکل ۷ نشان می‌دهد کم‌فشار شرق ایران به‌عنوان



(ب)



(الف)

شکل ۷. خطوط فشار تبدیل شده به سطح دریا (برحسب میلی‌بار) و بارش فرین (ناحیه رنگ برحسب میلی‌متر) برای ۱۸ مارس ۱۹۹۸ (الف) و ۲۶ مارس ۲۰۰۳ (ب) بیشترین ضریب همبستگی را به ترتیب برابر با ۰/۸۷ و ۰/۸۳ با الگوی پنجم دارند.

جنوب غرب ایران در دوره گرم سال با استفاده از روش ضریب همبستگی - تحلیل عاملی طبقه‌بندی شد. در این مطالعه نشان داده شد که سامانه‌های فشاری مسبب بارش فرین در جنوب غرب ایران در دوره گرم سال، به پنج الگوی اصلی طبقه‌بندی می‌شوند. این الگوهای اصلی عبارت‌اند از:

الف) الگوی اول در اثر وجود ناوه دریای سرخ و مرکز کم‌فشار روی عربستان ایجاد می‌شود. گفتنی است در این الگو، نقش ناوه دریای سرخ نسبت به کم‌فشار عربستان بارزتر است. در برخی موارد، کم‌فشار در امتداد ناوه دریای سرخ شکل گرفته است که نشان می‌دهد عامل ایجاد مرکز کم‌فشار عربستان، ناوه دریای سرخ است؛

ب) الگوی دوم در اثر کم‌فشار عربستان و مرکز کم‌فشار در شرق ایران شکل می‌گیرد. مرکز کم‌فشار در شرق و تا حدودی مرکز ایران از سامانه‌های فشاری مهم در بارش ایران است که به‌جز در الگوی اول، در بقیه الگوها دیده می‌شود. وجود این مرکز کم‌فشار در نیمه شرقی کشور باعث می‌شود جبهه‌های جوئی در ایران شکل گیرند. منطقه بارشی نشان می‌دهد بارش‌هایی که مرکز کم‌فشار نیمه شرقی ایران ایجاد می‌کند، در اثر فعالیت جبهه سرد این مرکز شکل می‌گیرند؛

ج) الگوی سوم، شبیه به الگوی دوم است با این تفاوت که یک مرکز پرفشار در شمال ایران قرار می‌گیرد. وجود این مرکز پرفشار نشان از فرارفت هوای سرد در پشت جبهه سرد مرکز کم‌فشار نیمه شرقی ایران دارد؛

د) در الگوی چهارم، مرکز کم‌فشار نیمه شرقی ایران و مرکز پرفشار در شمال و شمال غرب ایران وجود دارد. این الگو به الگوی سوم شبیه است و تمایز آن نیز حذف مرکز

سامانه اصلی، هر سه جبهه سرد، گرم و مخلوط را دارد که جبهه مخلوط آن در کم‌فشار قبرس امتداد یافته و به جبهه سرد ثانویه در ترکیه و سوریه تبدیل شده است.

قلی‌زاده و بختیاری (۱۳۹۰) تابع جبهه‌زایی را در بارش فرین در استان کردستان در سطوح مختلف جوئی محاسبه کردند و نشان دادند فرایند جبهه‌زایی در بارش فرین کردستان در تراز ۱۰۰۰ میلی‌باری نقش فعالی دارد. نتیجه پژوهش قلی‌زاده و بختیاری (۱۳۹۰) نشان می‌دهد بارش‌های فرین در غرب ایران منشأ جبهه‌ای دارند که این نتیجه با بارش الگوی پنجم در این پژوهش همخوانی دارد.

۴ نتیجه‌گیری

به دلیل تأمین منابع آبی مورد نیاز برای کشاورزی و مصارف شرب و بهداشتی، بارش پدیده‌ای مطلوب برای انسان‌ها است. این پدیده همواره مورد توجه بوده است و پژوهشگران سعی در شناخت سازوکار آن از لحاظ همدیدی، دینامیکی، اقلیم‌شناسی و غیره دارند. بارش فرین علاوه بر مزیت تأمین منابع آبی، جنبه مخربی مانند سیل نیز دارد. از سوی دیگر، بارش‌های فرین، سازوکار بارش یک منطقه را با وضوح بیشتری نشان می‌دهند؛ زیرا سامانه‌های فشاری به‌وجودآورنده بارش، با وضوح بیشتری ردیابی می‌شوند. در این تحقیق، بارش‌های فرین در جنوب غرب ایران در بازه زمانی سی ساله شناسایی و طبقه‌بندی شده است. در ابتدا منطقه و زمان مورد مطالعه تعریف شد و در ادامه، با استفاده از داده‌های بارش CPC، بارش‌های فرین در بازه زمانی سی ساله با فراوانی ۹۹ درصد مشخص شدند. ۶۴ بارش فرین از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ با فراوانی ۹۹ درصد حاصل شد. در این پژوهش طبقه‌بندی سامانه‌های بارش فرین بر اساس میدان فشار تبدیل‌شده به سطح دریا انجام شد. با استفاده از داده‌های میدان فشار تبدیل‌شده به سطح دریا با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه از مرکز NCEP-NCAR، بارش‌های فرین در

سبحانی فرد، ی.، اخوان خرازیان، م.، ۱۳۹۱، تحلیل عاملی مدل‌سازی معادلات ساختاری و چندسطحی: انتشارات دانشگاه امام صادق، ۲۵۲ صفحه.

سلیقه، م.، صادقی‌نیا، ع.، ۱۳۸۹، بررسی تغییرات مکانی پرفشار جنب حاره در بارش‌های تابستانه نیمه جنوبی ایران: مجله جغرافیا و توسعه، ۸۳، ۱۷-۹۸.

عزیزی، ق.، علیزاده، ت.، ۱۳۹۲، طبقه‌بندی همدید الگوهای گردشی مؤثر بر آب‌وهوای ایران در تراز دریا: جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۴، ۲۳-۳۸.

فرهادی، ن.، گندمکار، ا.، عساکره، ح.، منتظری، م.، ۱۳۹۳، تحلیل شرایط جوئی توأم با بارش‌های تابستانه در زاگرس جنوبی: فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۹(۴)، ۲۱۵-۲۲۸.

قلی‌زاده، م. ح.، محمدی، ب.، ۱۳۹۰، تحلیل شرایط جبهه‌زایی در زمان بارش‌های سنگین استان کردستان: فضای جغرافیایی، ۳۵، ۱۹-۳۶.

نظری پور، ح.، دوستکامیان، م.، اسدی، آ.، بیات، ع.، ۱۳۹۳، ناحیه‌بندی اقلیمی جنوب و جنوب غرب ایران با رویکرد برنامه‌ریزی منطقه‌ای: فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۴(۱۵)، ۱۱۹-۱۳۲.

ALKhalaf, A. K., and Basset, H. A., 2013, Diagnostic study of a severe thunderstorm over Jeddah: Atmospheric and Climate Sciences, 03(01), 150-164.

Alpert, P., Neeman, B., and Shay-El, Y., 1990, Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data: Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography, 42(1), 65-77.

Alpert, P., Osetinsky, I., Ziv, B., and Shafir, H., 2004, Semi-objective classification for daily synoptic systems: Application to the eastern Mediterranean climate change: International Journal of Climatology.

کم‌فشار عربستان است. اثرهای دینامیکی شبیه به الگوی سوم دارد و بارش فرین ناشی از این الگو به دلیل وجود جبهه سرد مرکز کم‌فشار نیمه شرقی ایران ایجاد می‌شود؛

ه) الگوی پنجم مانند الگوی سوم از دو سامانه کم‌فشار قسمت شرقی ایران و کم‌فشار عربستان تشکیل شده است و تمایز آن نیز وجود کم‌فشار قبرس است. وجود کم‌فشار قبرس در این الگو موجب شده است الگوی بارش کلاسیک (شکل‌گیری جبهه هم‌رسیده) در این الگو رخ دهد. جبهه مخلوط در این الگو از کم‌فشار شرقی ایران به سمت کم‌فشار قبرس گسترش یافته و طی چند مرحله فرایند جبهه‌زایی به جبهه سرد ثانوی تبدیل شده است.

در این پژوهش، سامانه‌های بارش فرین جنوب غرب ایران در دوره گرم سال با پنج الگو طبقه‌بندی شدند که مهم‌ترین عامل بارش در منطقه جنوب غرب ایران، ناوه دریای سرخ با درصد فراوانی رخداد ۴۸ درصد است؛ لذا می‌توان نتیجه گرفت عامل تقریبی نیمی از بارش‌های فرین جنوب غرب ایران در دوره گرم سال، این ناوه است که از دریای سرخ تا غرب ایران گسترش یافته است.

منابع

بیدل، ر.، مسعودیان، ا.، ۱۳۹۳، شناسایی توده‌های هوای ایران به روش طبقه‌بندی همدید مکانی: جغرافیا و توسعه، ۳۵، ۱-۱۸.

پوراصغر، ف.، قائمی، ه.، جهانبخش، س.، ساری، ص.، ۱۳۹۲، بررسی شار رطوبت از دریاهاى مجاور در دوره‌های مرطوب و خشک فصل زمستان نیمه جنوبی کشور: پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۵، ۲-۱۶.

حقیقی، ا.، قلی‌زاده، م.، دوستکامیان، م.، قادر، ف.، ۱۳۹۶، بررسی ماهیت و ساختار ورودش‌های جوئی به هنگام بارش‌های بهاری فراگیر ایران: پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۹(۳)، ۵۲۳-۵۳۹.

- A Journal of the Royal Meteorological Society, **24**(8), 1001-1011.
- Ashbel, D., 1938, Great floods in Sinai Peninsula, Palestine, Syria and the Syrian desert, and the influence of the Red Sea on their formation: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **64**(277), 635-639.
- Bischoff, S. A., and Vargas, W. M., 2003, The 500 and 1000 hPa weather type circulations and their relationship with some extreme climatic conditions over southern South America: International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, **23**(5), 541-556.
- Brooks, H. E., and Stensrud, D. J., 2000, Climatology of heavy rain events in the United States from hourly precipitation observations: Monthly Weather Review, **128**(4), 1194-1201.
- Chen, D., 2000, A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study: International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, **20**(10), 1067-1076.
- Chen, M., Shi, W., Xie, P., Silva, V. B. S., Koussky, V. E., Higgins, R. W., and Janowiak, J. E., 2008, Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation: Journal of Geophysical Research: Atmospheres, **113**(D4).
- Cressman, G. P., 1959, An operational objective analysis system: Monthly Weather Review, **87**(10), 367-374.
- Dayan, U., Ziv, B., Margalit, A., Morin, E., and Sharon, D., 2001, A severe autumn storm over the middle-east: synoptic and mesoscale convection analysis: Theoretical and Applied Climatology, **69**(1-2), 103-122.
- De Vries, A. J., Ouwersloot, H. G., Feldstein, S. B., Riemer, M., El Kenawy, A. M., McCabe, M. F., and Lelieveld, J., 2018, Identification of tropical-extratropical interactions and extreme precipitation events in the Middle East based on potential vorticity and moisture transport: Journal of Geophysical Research: Atmospheres, **123**(2), 861-881.
- De Vries, A. J., Tyrlis, E., Edry, D., Krichak, S. O., Steil, B., and Lelieveld, J., 2013, Extreme precipitation events in the Middle East: dynamics of the Active Red Sea Trough: Journal of Geophysical Research: Atmospheres, **118**(13), 7087-7108.
- El-Fandy, M., 1948, The effect of the Sudan monsoon low on the development of thundery conditions in Egypt, Palestine and Syria: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **74**(319), 31-38.
- Gandin, L. S., 1963, Objective analysis of meteorological field: Gidrometeorologicheskoe Izdate'stvo, 286.
- Hitchens, N. M., Baldwin, M. E., and Trapp, R. J., 2012, An object-oriented characterization of extreme precipitation-producing convective systems in the midwestern United States: Monthly Weather Review, **140**(4), 1356-1366.
- Hitchens, N. M., Brooks, H. E., and Schumacher, R. S., 2013, Spatial and temporal characteristics of heavy hourly rainfall in the United States: Monthly Weather Review, **141**(12), 4564-4575.
- Huth, R., 2000, A circulation classification scheme applicable in GCM studies: Theoretical and Applied Climatology, **67**(1-2), 1-18.
- Jiang, N., Hay, J. E., and Fisher, G. W., 2004, Classification of New Zealand synoptic weather types and relation to

- the Southern Oscillation Index: *Weather and Climate*, **23**, 3-23.
- Karl, T. R., Knight, R. W., Easterling, D. R., and Quayle, R. G., 1996, Indices of climate change for the United States: *Bulletin of the American Meteorological Society*, **77**(2), 279-292.
- Krichak, S., and Alpert, P., 1998, Role of large scale moist dynamics in November 1-5, 1994, hazardous Mediterranean weather: *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **103**(D16), 19453-19468.
- Lamb, H., 1950, Types and spells of weather around the year in the British Isles: annual trends, seasonal structure of the year, singularities: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **76**(330), 393-429.
- Lund, I. A., 1963, Map-pattern classification by statistical methods: *Journal of Applied Meteorology*, **2**(1), 56-65.
- Mahoney, K., Jackson, D. L., Neiman, P., Hughes, M., Darby, L., Wick, G., White, A., Sukovich, E., and Cifelli, R., 2016, Understanding the role of atmospheric rivers in heavy precipitation in the southeast United States: *Monthly Weather Review*, **144**(4), 1617-1632.
- Moore, B. J., Mahoney, K. M., Sukovich, E. M., Cifelli, R., and Hamill, T. M., 2015, Climatology and environmental characteristics of extreme precipitation events in the southeastern United States: *Monthly Weather Review*, **143**(3), 718-741.
- Ralph, F., and Dettinger, M., 2012, Historical and national perspectives on extreme West Coast precipitation associated with atmospheric rivers during December 2010: *Bulletin of the American Meteorological Society*, **93**(6), 783-790.
- Raziei, T., Mofidi, A., Santos, J. A., and Bordi, I., 2012, Spatial patterns and regimes of daily precipitation in Iran in relation to large-scale atmospheric circulation: *International Journal of Climatology*, **32**(8), 1226-1237.
- Romero, R., Sumner, G., Ramis, C., and Genovés, A., 1999, A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area: *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, **19**(7), 765-785.
- Samman, A. E., and Gallus Jr., W. A., 2018, A classification of synoptic patterns inducing heavy precipitation in Saudi Arabia during the period 2000-2014: *Atmósfera*, **31**(1), 47-67.
- Shepard, D., 1968, A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data: *Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference*, 517-524.
- Tsvieli, Y., and Zangvil, A., 2005, Synoptic climatological analysis of 'wet' and 'dry' Red Sea troughs over Israel: *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, **25**(15), 1997-2015.
- Weng, H., Sumi, A., Takayabu, Y. N., Kimoto, M., and Li, C., 2004, Interannual-interdecadal variation in large-scale atmospheric circulation and extremely wet and dry summers in China/Japan during 1951-2000, part II: Dominant time scales: *Journal of the Meteorological Society of Japan, Ser. II*, **82**(2), 789-804.
- Xie, P. et al., 2007, A gauge-based analysis of daily precipitation over East Asia: *Journal of Hydrometeorology*, **8**(3), 607-626.

- Yarnal, B., 1993, Synoptic Climatology in Eenvironmental Analysis: A primer: Belhaven Press.
- Zangvil, A., and Isakson, A., 1995, Structure of the water vapor field associated with an early spring rainstorm over the eastern Mediterranean: Israel Journal of Earth Sciences, **44**, 159-168.
- Ziv, B., Dayan, U., and Sharon, D., 2005, A mid-winter, tropical extreme flood-producing storm in southern Israel: synoptic scale analysis: Meteorology and Atmospheric Physics, **88**(1-2), 53-63.

Synoptic pattern of extreme precipitation in southwestern Iran during warm season

Nafiseh Farahani ^{1*}, Abbas_Ali Aliakbari Bidokhti ² and Maryam Gharaylou ³

¹Ph.D Student, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

²Professor, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

³Assistant Professor, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: 07 June 2020, Accepted: 29 December 2020)

Summary

Precipitation is a favorable phenomenon for human due to the water resources for agriculture, drinking water and health purposes. Because of the importance of precipitation, understanding the mechanism of this phenomenon in synoptic, dynamics and climatology has always been of interest for researchers. Although heavy rainfall is useful for water supply, it has destructive effects, such as floods. Heavy rains show the mechanism of precipitation more clearly because the pressure generating systems are more clearly detectable.

In this study, mean sea level pressure pattern of severe precipitation in southwestern Iran over a period of 30 years was identified and classified. Moreover, the area and time of research were defined, and using the Climate Prediction Center (CPC) precipitation data, the 30-years extreme precipitation with 99th percentiles was determined. There were 64 cases of extreme precipitation from 1989 to 2018 with 99th percentiles.

Classification of extreme precipitation systems based on mean sea level pressure field was performed with a spatial resolution of 2.5° data from the NCEP-NCAR center. Extreme precipitation in southwestern Iran at warm time of year was classified using factor analysis technique. In this study, it was shown that the pressure systems that cause extreme precipitation in southwestern Iran during the warm season are classified into five main patterns:

(A) The first dominant pattern is created by the Red Sea trough and the low-pressure center of Saudi Arabia. It should be noted that in this pattern, the role of the Red Sea trough is more prominent than the low-pressure Saudi Arabia. In some cases, Saudi Arabia has formed along the Red Sea trough, reflecting the influence of the Red Sea on creation and development of the Saudi Arabian low-pressure center.

(B) The second dominant pattern is formed by the low pressure of Saudi Arabia and the low-pressure center in eastern Iran. The low-pressure center in the eastern part of Iran has an important role in the precipitation of Iran. It is present in all patterns, but first one. The presence of this low-pressure center has created atmospheric fronts in Iran. The rainfall region of this pattern shows that the cold front activity of this low-pressure center causes precipitation.

(C) The third pattern is similar to the second one, but a high-pressure center located in the north and northwest of Iran. The presence of this high-pressure center indicates the cold air advection behind the low-pressure cold front of eastern Iran.

(D) The low-pressure center of the eastern part of Iran and the high-pressure center in the north and northwest of Iran exist in the fourth pattern. The difference between this pattern and the third one is elimination of Saudi low-pressure center in this pattern. Therefore, the dynamic effects are similar to the third pattern and the extreme precipitation caused by this pattern is due to the cold front of the low-pressure system of the eastern part of Iran.

(E) The fifth pattern, like the third one, consists of low-pressure systems in eastern Iran and Saudi Arabia. The difference between these patterns is presence of low-pressure of Cyprus in the fifth pattern.

*Corresponding author:

ngodarzy@ut.ac.ir

The low-pressure of Cyprus is cause of classical precipitation pattern (formation of the occluded front) in this pattern. The occluded front in this pattern has expanded from low-pressure eastern of Iran to low-pressure in Cyprus and converted into a secondary cold front over several stages of the frontogenesis process.

In this research, the southwestern precipitation systems of Iran during the warm season are classified into five patterns. The most important factor of precipitation in the southwestern part of Iran is the Red Sea trough with 48% frequency of occurrence. Therefore, it can be concluded that almost half of the extreme precipitation of southwestern Iran during the warm season is related to this area that extends from the Red Sea trough to the west of Iran.

Keywords: Warm season of year, southwest of Iran, extreme precipitation, factor analysis, correlation coefficient