رخداد فرین بارشی فصل زمستان برروی ناهمواری های زاگرس در غرب ایران ؛ مطالعه موردی ماه ژانویه

حسن لشکری[۱]، مهرداد کیانی[۲*] ، هوشنگ قائمی[۳]

۱- دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی سینوپتیک،دانشکده علوم زمین ، دانشگاه شهید بهشتی ، تهران

ایمیل نویسنده مسئول: mhrddkiani@yahoo.com تلفن نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۵۱۶۷۸۶

۳- استاد پژوهشگاه هواشناسی و علوم جوی ، تهران

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲۸

چکیده

بارش های فصل زمستان در غرب ایران تأمین کننده منابع آب زیرزمینی منطقه می باشد. از این نقطه نظر مطالعه بارش های فرین زمستانی اهمیت زیادی دارد. در ماه ژانویه با گسترش بادهای غربی تمام ایستگاه ها زیر نفوذ سامانه های بارشی قرار می گیرند، با توجه به معیار فراگیر شدن بارش در سطح منطقه، ۱۰ مورد از دوره های بارشی چهار روزه ماه ژانویه با بیشینه بارش در سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ میلادی از طریق پردازش آماری تعیین شد و در نهایت از بین این موارد دوره بارشی چهار روزه ۳ تا ۶ ژانویه ۱۹۹۶ با بیشینه شدت بارش برای مطالعه انتخاب شد. نتایج نشان داد که هسته بیشینه بارش ها در بخش هایی از جنوب و دامنه های داخلی زاگرس مشاهده شده است. به استثنای محدوده اطراف مریوان بارش از جنوب به شمال منطقه روند کاهشی داشته است.تحلیل همدیدی الگوهای گردشی جو مشخص نموده است که غرب ایران زیر نفوذ منطقه همگرایی جریانات مرطوب غربی و جنوبی قرار گرفته است. نفوذ سامانه مدیترانه ای در بستر یک ناوه عمیق و همراهی آن توسط جریان نم ویژه از سمت دریاهای گرم عرض های پایین شرایط را برای رخداد بارش بیشینه در منطقه فراهم کرده است.

کلمات کلیدی

" بارش " ," ژانویه " ," ایران " ," زاگرس " ," همدید "

Extreme Precipitation Event of Winter Over the Zagros Mountains in Western Iran;case study January

Hasan Lashkari[1], Mehrdad Kiani[2*], Houshang Ghaemi[3]

[1] Associate Professor of Climatology, Earth sciences Department, Shahid Beheshti university,Tehran,Iran

[2*] PhD Student of Synoptic Climatology, Earth sciences Department, Shahid Beheshti university,Tehran,Iran

[3] Professor of Meteorology, Atmospheric Science & Meteorological Research Center, Tehran, Iran

Abstract

Winter precipitation in western Iran is the source of groundwater resources in the region. From this point of view, the study of Extreme winter precipitations in western Iran is very importance. in January, with the spread of western winds, all stations are under the influence of rainfall systems , thus In in this study, extreme precipitation of January have been analyzed in western .According to pervasiveness precipitation criterion in the region level, 10 items of the four-day precipitation periods of January with precipitation maximum from 1996 to 2017 by statistic processing. Finally, from these cases, the four-day period of 3 to 6 January 1996 with most intensity was selected for in this study. The results indicated that the maximum of precipitation has observed in the south, and inland aspects of the zagros. precipitation has been decreasing from south to north of the region. The influence of the Mediterranean system on the bed of a deep trough and its accompaniment with the special humidity stream from the side of warm seas of low Geographic latitudes has provided conditions for the maximum precipitation event in the region.

Keywords

‘‘precipitation’’, ‘‘ January’’, ‘‘ Iran’’, ‘‘ Zagros’’, ‘‘ synoptic’’

۱-مقدمه

رخداد بارش در فصل زمستان در کوه های زاگرس اهمیت زیادی در سیستم اقلیم منطقه ای غرب ایران دارد. مجموع کل بارش فصلی غرب ایران می تواند نقش مهمی در چرخه هیدرولوژی منطقه داشته باشد. بارش فصل زمستان محدوده کوه های زاگرس آب کافی برای کشاورزی ، صنعت و مصارف خانگی را در غرب ایران فراهم می نماید. از طرفی چنین رخدادهای بارشی می توانند اثر شدید منفی محیطی را در منطقه ایجاد نمایند. این اثر منفی زمانی اتفاق می افتد که بارش های فصلی در حجم زیادی اتفاق افتاده و سبب وقوع سیلاب های بزرگ شوند. در فصل زمستان بویژه در ماه ژانویه که در بیشتر مناطق عرض های معتدله سردترین ماه زمستان را تشکیل می دهد به سبب افت محیطی دما و جبهه سرد سامانه های بارشی مقادیر زیادی از بارش به صورت برف بر روی مناطق کوهستانی همانند رشته کوه های زاگرس انباشته می شود. بخشی از بارش ها در این فصل از طریق گسل ها ودرز و شکاف های موجود بر سطح کوهستان ها به صورت سفره های آب زیرزمینی ذخیره می شود و بخشی دیگر نیز به صورت رواناب در بستر دره ها جاری شده و در نهایت بوسیله رودخانه ها به سمت دریاها ، اقیانوس ها و سایر پهنه های آبی بزرگ جاری می شود. بارش های سنگین بر روی کوهستان زاگرس در غرب ایران ماحصل اندرکنش منابع رطوبتی با اهمیت همانند دریاهای عرب ، سرخ و مدیترانه با الگوهای گردشی جو همانند سامانه های چرخند حرارتی سودانی و چرخند دینامیکی مدیترانه ای می باشد.الگوی موجی شکل بادهای غربی بویژه در تراز میانی جو موجب فعال کردن سامانه های جوی و دینامیکی شدن آن ها می شود. این سامانه ها توسط جریانات هوا به سمت نواحی غربی ایران و کوه های زاگرس توسعه می یابند و با توجه به محتوای رطوبتی که دارند سبب رخداد بارش بر روی کوهستان زاگرس می شوند. به دلیل سردی هوا در ماه ژانویه همزمان با گسترش دامنه امواج بادهای غربی بیشتر بارش بر روی زاگرس به صورت برف اتفاق می افتد و بارش برف نقش تأمین کننده آب برای سفره های زیر زمینی را دارد. از این جهت مطالعه چگونگی رخداد بارش بر روی کوهستان زاگرس در ماه ژانویه اهمیت زیادی دارد. در زمینه رخداد بارش های سنگین بر روی مناطق کوهستانی کره زمین مطالعات گسترده ای انجام گردیده است. در این ارتباط می توان به مطالعه گرون والد و همکاران(۲۰۱۸) اشاره نمود که به بررسی ارتباط بارش و بویژه عمق برف و تغییرات آن با ارتفاع در کوه های آلپ اشاره نمود. در این مطالعه مشخص گردید که تا محدوده پایین تر از قله کوه ها بارش ها با ارتفاع افزایش داشته است و بر روی قلل کوه ها روند بارش کاهش یافته است. در مطالعه ای دیگر پوتکونن (۲۰۰۴) توزیع مکانی بارش در ارتباط با ارتفاع در کشور نپال را بررسی کرد و نشان داد که عمق برف در کوه های هیمالیا در دامنه های جنوبی تحت تأثیر وقوع بارش های موسمی از سمت اقیانوس هند به بیشترین مقدار خود می رسد. جینگرو دای و همکاران در تحقیق خود در سال ۲۰۱۴ میلادی یک مدل عددی برای وقوع بارش فصل زمستان در کوه های برفگیر جنوب شرقی استرالیا ارائه کردند. این مدل نشان داد که چهار الگو یا رژیم همدیدی در این کوهستان ها عامل وقوع بارش ها بوده که مقادیر بارش این الگوها متفاوت از یکدیگر بوده است .

یکی از پیامدهای بارش های سنگین وقوع سیل است که در مطالعه ای کورتس و همکاران (۲۰۱۸) ارتباط بین بارش های مدیترانه ای با خطرات ناشی از سیل در شمال شرقی اسپانیا را بررسی کرده و با طراحی یک مدل ریاضی به شبیه سازی احتمال وقوع سیل و خطرات ناشی از آن با افزایش بارش ها پرداختند. بخش زیادی از مطالعات انجام شده به روابط بین متغیرهای محلی همانند توپوگرافی با رخداد بارش بر روی مناطق کوهستانی و تغییرات مکانی و توزیع بارش اختصاص یافته است. از جمله می توان به رابطه بارش و توپوگرافی در عرض های میانه (باسیست و همکارن ،۱۹۹۴)، تغییرات بارش با توپوگرافی در یک دوره ۵۲ ساله بر روی فلات تبت (ژانگ و همکاران،۲۰۱۵)،روابط متقابل بارش و ارتفاع در ژاپن با مدل هواشناسی میان مقیاس) MM5 سوزوکی و همکاران،۲۰۰۳)، معادله رگرسیونی رابطه بارش با ارتفاع برای قلمروهای کوهستانی عرض های میانه (دالی و همکاران،۱۹۹۴)، رابطه بین ارتفاع و میانگین سالیانه بارش در در کوهستان های لوکویلو در پورتوریکو(مارتینو و همکاران،۱۹۹۶) ، توزیع مکانی بارش در سانتا بریان اسپانیا (مارکوییز و همکارن ۲۰۰۳)، تغییرپذیری بارش در آفریقای شرقی (اوتلی و همکاران ،۲۰۰۵)،توزیع بارش در ارتباط با باد و توپوگرافی در سوئد (یوهانسون و همکاران،۲۰۰۳)، منشأ بارش زمستانی در سواحل مرکزی عربستان (بارث و اشتینکوهل،۲۰۰۴)، منطقه بندی بارش بیشنه در ارتباط با توپوگرافی (ولتینگ،۲۰۰۰)، توزیع بارش زمستانی بر روی غرب شبه جزیره ایبری (لاورس و همکاران ،۲۰۱۸) و تغییرات بارش فصلی در جنوب غربی عربستان(سوبیانی،۲۰۰۰) اشاره نمود .

مطالعات داخلی زیادی درباره تغییرات بارش در ارتباط با فعالیت سامانه های بارشی در غرب و جنوب غربی کشور بویژه محدوده کوه های زاگرس انجام گردیده است. بخشی از مطالعات در باره تغییرات بارش در زاگرس می باشد. از جمله عزیزی و همکاران (۱۳۸۹) به روش رگرسیونی تغییرات مکانی بارش را در زاگرس میانی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با وجود هماهنگی نسبی بین بارندگی و ناهمواری هسته بیشینه بارندگی بر محور مرتفع ناهمواری ها منطبق نمی باشد و با فاصله از خط الرأس زاگرس رابطه بین بارش و ناهمواری معنی دار می شود. مهدی صداقت (۱۳۸۹) توزیع زمانی و مکانی بارش در استان ایلام را مورد تحلیل قرار داد و به این نتیجه رسیدکه با توجه به قرار گیری این منطقه در ناحیه زاگرس چین خورده ، ایستگاه هایی که در ارتفاعات بالاتری مستقر شده اند از ریزش جوی بیشتری برخوردار بوده اند(صداقت ، ۱۳۸۹). مسعودیان (۱۳۸۸) با قرار دادن دامنه های غربی و بخش های پرارتفاع زاگرس در ناحیه نیمه پربارش ایران ، اعتقاد دارد که هر چند مقدار بارش تا اندازه ای به ناهمواری ها وابسته است اما در زمان دریافت بارش ، مقدار بارش به به پیشروی و پسروی سامانه های همدیدی وابستگی دارد (مسعودیان ، ۱۳۸۸). رمضانی پور(۱۳۹۳) در بررسی نقش ناهمواری ها در شکل گیری نواحی بارشی، مهمترین عامل تأثیرگذار بر بارش استان کهیگلویه و بویراحمد را وجود رشته کوه های زاگرس و شکل کوهستانی آنها می داند (رمضانی پور ، ۱۳۹۳.

اکبری و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه همدیدی خود بیان می دارد که ورود سیستم های باران زا مدیترانه ای به غرب ایران با یک ناوه بسیار عمیق و نفوذ به غرب و جنوب غرب ایران از دلایل اصلی وقوع بارش های سنگین در منطقه می باشد. همچنین به نقش سیستم های کم فشار سودانی و تغذیه آنها از دریای سرخ و خلیج فارس در وقوع این بارش ها اشاره کرده است. عزیزی و همکاران (۱۳۸۸) در کار تحقیقی خود در ارتباط با بارش های سنگین غرب کشور ، نقش دریای مدیترانه ، دریای سیاه و دریای سرخ در تقویت سامانه های مدیترانه ای و سودانی در سطح زمین را با اهمیت دانسته اند. امینی و همکاران (۱۳۹۲)،در مطالعه خود ادغام سامانه مدیترانه ای با جهت شمال غربی با سامانه سودانی با جهت جنوب غربی را عامل وقوع بخشی از بارش های سنگین استان لرستان در غرب کشور در دوره بلند مدت دانسته اند. به این ترتیب در مطالعات انجام شده بارش در غرب ایران و در ارتباط با کوه های زاگرس و سامانه های همدیدی هم به صورت موردی و هم بلند مدت و با روش های مختلف آماری و همدیدی مورد بررسی قرار گرفته است.

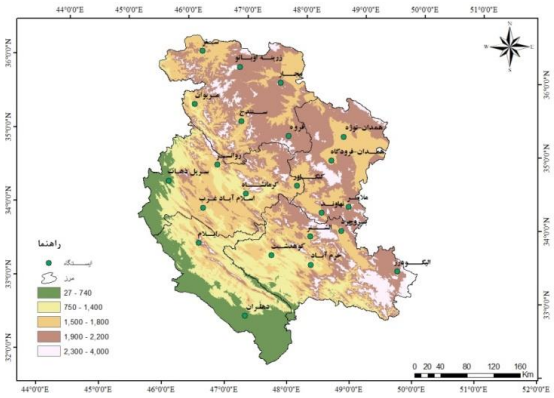
به این ترتیب مجموعه تحقیقات انجام شده در زمینه رخداد بارش در غرب کشور هم به نقش سامانه های سودانی و مدیترانه ای در وقوع بارش اشاره داشته اند و هم به اثرات عوامل جغرافیایی و توپوگرافی زاگرس در وقوع بارش ها . از طرفی در بعضی مطالعات همدیدی تغییرات بارش حاصل از سامانه های بارشی در بلند مدت مورد تحلیل قرار گرفته است.

در این مطالعه رخداد بارش های فرین و مداوم چهار روزه بر روی ناهمواری های زاگرس در ماه ژانویه مورد بررسی قرار می گیرد. هدف از این مطالعه مشخص کردن تغییرات مکانی بارش بر روی منطقه ، ارتباط بارش فرین با ارتفاع و عرض جغرافیایی و تعیین الگوهای گردشی جو که نقش تعیین کننده ای در رخداد بارش فرین در ماه ژانویه بر روی نواحی غربی ایران داشته اند.

۲-روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

کوه های زاگرس یکی از مرتفع ترین رشته کوه ها در ایران و آسیای غربی می باشد. بیشینه ارتفاع کوه های زاگرس در غرب ایران به ۴۰۰۰ متر می رسد. این کوه ها به شکل یک مانع در مسیر ورود بادهای غالب غربی به منطقه قرار دارد. عرض این کوه ها در غرب ایران نسبتاً گسترده و حدود ۳۰۰ کیلومتر است (شکل۱). ....



شکل۱. نقشه پراکندگی ناهمواری زاگرس و پراکندگی ایستگاه های مورد مطالعه در غرب ایران

- **داده ها و روش تحقیق**

در این پژوهش داده های بارش روزانه ۲۲ ایستگاه سینوپتیک پنج استان غربی ایران برای دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ میلادی را مورد

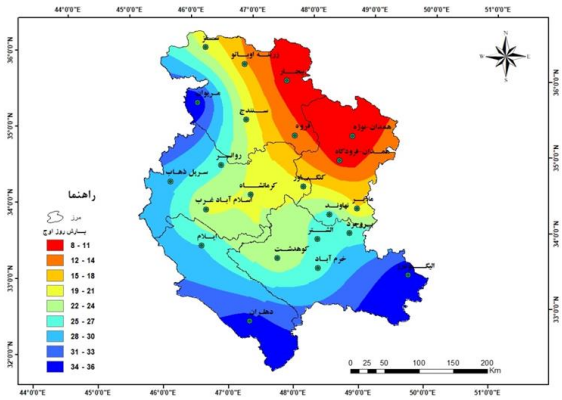
پردازش قرار گرفته است. از بین این ایستگاه ها ، تعداد ۱۱ ایستگاه در ارتفاع بالای ۱۵۰۰ متر قرار داشتند که به خوبی ویژگیهای بارشی محدوده کوه های زاگرس را می توانند نشان دهند. با هدف شناخت رخداد بارش های بیشینه زمستانی در منطقه غرب ایران و بر روی ناهمواری های زاگرس و با توجه به استیلای جریان بادهای غربی و سامانه های بارشی بر تمامی مساحت غرب ایران در ماه ژانویه ، رخدادهای بارشی با طول دوره ۴ روز در ماه ژانویه مورد بررسی قرار گرفته است. علت انتخاب دوره ۴ روزه فراگیر شدن بارش بر سطح همه ایستگاه های سینوپتیک منطقه بوده است. همچنین معیارهایی برای این انتخاب در نظر گرفته شده است از جمله بارش در ۴ روز متوالی در سطح منطقه اتفاق افتاده باشد و در هروز حداقل نیمی از ایستگاه ها دارای رخداد ثبت شده بارش باشند. بطوریکه در مجموع در همه ایستگاه ها بارش اتفاق افتاده باشد و هر ایستگاه دارای یک میانگین بارشی باشد. با انجام یک بررسی آماری تعداد ۱۰ دوره بارش ۴ روزه ماه ژانویه با این مشخصات شناسایی شد . برای هر دوره میانگین بارش هر کدام از روزها و میانگین بارش دوره تعیین گردید و در نهایت بر اساس این میانگین ها پر بارش ترین دوره ۴ روزه ماه ژانویه در طول ۲۲ سال تعیین شد. این دوره بارشی از ۳ تا ۶ ژانویه ۱۹۹۶ میلادی را شامل می شدکه میانگین بارش آن به ۱۱/۴۱ میلیمتر رسیده است. در این تحقیق جهت ترسیم نمودارهای روابط بین بارش با SPSSاز نرم افزار ارتفاع و بارش با عرض جغرافیایی و تعیین معادلات رگرسیون خطی استفاده شد. به جهت ناهموار بودن منطقه مورد مطالعه ، تحلیل کریجینگ برای انجام درون یابی بارش و ترسیم نقشه .توزیع بارش منطقه به کار رفته است

به منظور شناخت الگوهای گردشی همدیدی عامل ایجاد این رخداد ها در ارتفاع نزدیک به سطح زمین و تراز میانی جو ، ترکیبی از پارامترهای آب و هوایی شامل ارتفاع ژئوپتانسیل ، نم ویژه و جریان باد مداری و نصف النهاری برای ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از داده های پایگاه NCEP/NCAR به صورت نقشه ایجاد گردید. نقشه های ترکیبی با استفاده از نرم افزار گرادس و برای یک مختصات جغرافیایی شامل محدوده بین ۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی و با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ در ۲/۵ درجه جغرافیایی ترسیم شدند.

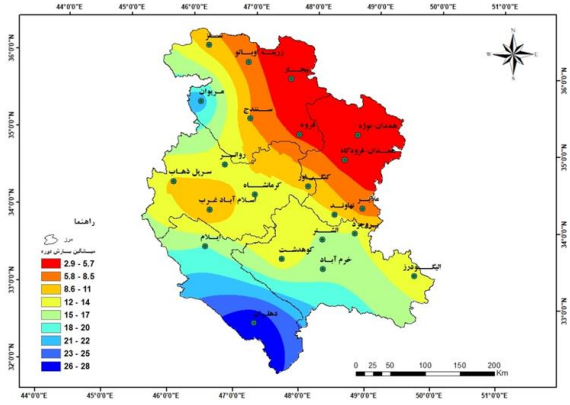
۳- نتایج

•بیشینه بارش ماه ژانویه در غرب ایران

بر اساس داده های بارش روزانه دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۶ میلادی بیشینه بارش ها در غرب ایران در دوره سرد سال از نوامبر تا آوریل اتفاق می افتد. سردترین ماه در غرب ایران ماه ژانویه می باشد که دوره اوج زمستان در این منطقه را نشان می دهد. به منظور گزینش فرین های بارشی ماه ژانویه بر اساس داده های بارش روزانه ، ۱۰ دوره فرین بارشی با بیشینه رخداد ثبت شده بارش انتخاب شد که در بین این دوره ها ، دوره چهار روزه از ۳ تا ۶ ژانویه ۱۹۹۶ دارای بیشینه مقادیر بارش ثبت شده در سطح ایستگاه های منطقه بود که به عنوان الگوی فرین بارشی ماه ژانویه مورد مطالعه قرار گرفته است. در طول این دوره ۴ روزه شدت بارش ها در روز ۶ ژانویه ۱۹۹۶ میلادی یعنی روز پایانی فعالیت سامانه بارشی اتفاق افتاده است که روز اوج بارش ها را تشکیل داده است. توزیع بارش به روش درون یابی کریجینگ بر سطح استان های غربی ایران نشان می دهد که در روز اوج بارش ها (۶ ژانویه) بیشینه بارش ها در نواحی جنوبی و غربی منطقه اتفاق افتاده است. در روز وقوع اوج بارش ها بیشینه بارش ها در سمت غربی منطقه در اطراف ایستگاه های مریوان و دهلران شکل گرفته است. هسته بیشنه بارش ها در بخش های جنوبی و داخلی منطقه به ترتیب بین ایستگاه های خرم آباد ، الیگودرز ، بروجرد ، الشتر در شرق استان لرستان و نهاوند درجنوب استان همدان بوده است (شکل۲). نقشه درون یابی میانگین بارش ها در طول دوره چهار روزه نشان داده است که بطور میانگین در طول دوره بارشی چهار روزه از غرب به شرق منطقه از شدت بارش ها کاسته شده است. همچنین به استثنای محدوده اطراف مریوان به طور کلی از جنوب به شمال منطقه نیز از مقدار بارش کاسته شده است(شکل ۳).



شکل۲. توزیع فرین بارشی ۶ژانویه ۱۹۹۶ میلادی بر روی نواحی غربی ایران



شکل۳. توزیع میانگین بارش دوره چهار روزه ۳ تا ۶ژانویه ۱۹۹۶ میلادی بر روی نواحی غربی ایران

• تحلیل رابطه خطی بین بارش با ارتفاع و عرض جغرافیایی

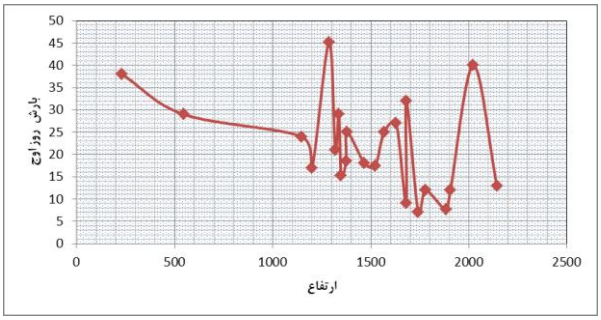
بررسی مشخصات ایستگاه های منطقه نشان می دهد که از مجموع ۲۲ ایستگاه سینوپتیک غرب ایران تعداد ۱۱ ایستگاه ارتفاعی بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا دارند که نیمی از ایستگاه های مورد مطالعه را شامل می شود. سایر ایستگاه ها ارتفاعی کمتر از ۱۵۰۰ متر دارند. تعداد ۹ ایستگاه در ارتفاعی بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا قراردارند. فقط ۲ ایستگاه سرپل ذهاب و دهلران با ارتفاعی کمتر از ۱۰۰۰ متر در دامنه های غربی و کوهپایه های بیرونی زاگرس قرار گرفته اند. در مجموع بیشتر منطقه مورد مطالعه مناطق مرتفع را شامل می شود. نقاط بالای ۱۵۰۰ متر ارتفاع ویژگی مناطق کوهستانی زاگرس در غرب ایران را نشان می دهند(جدول۱). در روز اوج بارش ها (۶ ژانویه ۱۹۹۶) پربارش ترین ایستگاه های غرب ایران با بارش بیش از ۳۰ میلیمتر به ترتیب ایستگاه های مریوان (۴۵ میلیمتر) در غرب استان کردستان و دامنه غربی زاگرس ، الیگودرز (۴۰ میلیمتر) در شرق لرستان و دامنه جنوبی اشترانکوه ، دهلران (۳۸ میلیمتر) در جنوب استان ایلام در دامنه جنوب غربی زاگرس و نهاوند (۳۲ میلیمتر) در جنوب استان همدان و دامنه داخلی کوه های زاگرس بوده اند. این ایستگاه ها در سطوح مختلف ارتفاعی بالای ۱۵۰۰ متر ، بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر و زیر ۱۰۰۰ متر قرار گرفته اند. بنابراین رخداد بارش بیشنه در همه سطوح ارتفاعی غرب ایران اتفاق افتاده است. شکل ۴. تغییرات بارش بیشینه ۶ ژانویه ۱۹۹۶ با ارتفاع در نواحی غربی ایران را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود تا تراز ارتفاعی ۱۲۰۰ متر از سطح دریا بارش با ارتفاع روندی کاهشی داشته است. از ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متری بارش با یک روند نوسانی گاهی با ارتفاع افزایش و گاهی کاهش یافته است.اما از ارتفاع ۲۰۰۰ متر به بالا مقدار بارش با ارتفاع کاهش یافته است(شکل۴).

ارتفاع ، عرض جغرافیایی متغیرهای جغرافیایی هستند که می توانند در ارتباط با رخداد بیشینه بارش ها در فصل زمستان و ماه ژانویه در مناطق کوهستانی غرب ایران تأثیر گذار باشند. میزان ارتباط این متغیرها با رخداد بارش بیشینه ۶ ژانویه ۱۹۹۶ را از طریق رابطه رگرسیون خطی مورد بررسی قرار می دهیم. بطوریکه این ارتباط می تواند مثبت ، منفی و یا نامشخص باشد. معادله خط رگرسیون بین دو متغیر بارش و ارتفاع ($y = -0.0106(Altitude) + 37.353$) به همراه مقدار ضریب تعیین برای آن ($R^2 = 0.192$) یک رابطه خطی منفی را نشان داده است(شکل۵). در اینجا عامل ارتفاع به علت پیچیدگی های خاصی که در بعضی از سطوح ارتفاعی بویژه در محدوده ۱۲۰۰تا ۲۲۰۰ متری زاگرس وجود دارد (شکل۳) ۰/۱۹۲ از رخداد فرین بارش منطقه را تبیین کرده است، یعنی در مجموع یک رابطه منفی بین بارش و ارتفاع در بیشتر ایستگاه های منطقه مشاهده شده است.

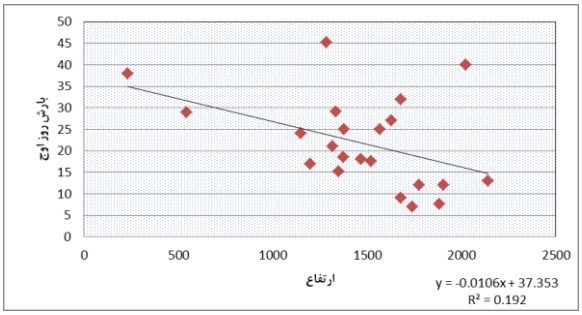
بین متغیر بارش و متغیر عرض جغرافیایی نیز یک رابطه خطی منفی بر اساس معادله خطی بین دو متغیر ($y = -6.3017(Altitude) + 237.12$) و ضریب تعیین آن ($R^2 = 0.3569$) مشاهده می شود(شکل۶). بطوریکه در مجموع با افزایش عرض جغرافیایی از مقدار بارش (به استثنای اطراف مریوان بر اساس شکل ۳) کاسته شده است. همچنانکه بر روی نقشه اوج بارش ها (۶ژانویه) هم مشاهده شد که از جنوب به شمال از مقدار بارش ها در بیشتر مساحت منطقه کاسته شده است. یعنی از جنوب به شمال عرض جغرافیایی افزایش یافته و متناسب با آن در یک روند کلی بارش کاهش یافته است (شکل۳).

جدول۱. مشخصات ایستگاه های سینوپتیک منطقه به همراه آمار بارش چهار روزه ۳ تا ۶ ژانویه ۱۹۹۶

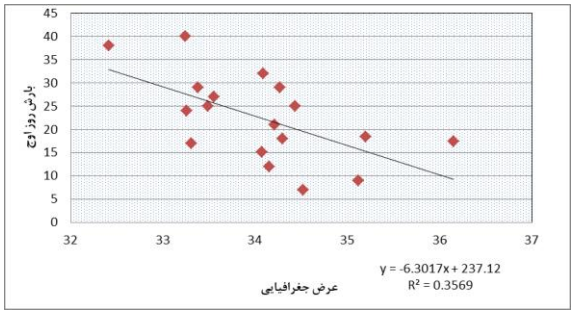
ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	بارش روز اوج (mm)	میانگین بارش دوره چهار روزه(mm)
ملایر	۱۷۷۷	۱۲	۵/۳۲
نهاوند	۱۶۸۰	۳۲	۱۱/۶۲
همدان- فرودگاه	۱۷۴۱	۷	۳/۹
همدان- نوژه	۱۶۷۹	۹	۴/۳۵
روانسر	۱۳۷۹	۲۵	۱۳/۲۷
سرپل ذهاب	۵۴۵	۲۹	۱۰/۳۵
کرمانشاه	۱۳۱۸	۲۱	۱۳/۰۷
کنگاور	۱۴۶۸	۱۸	۱۱/۴
اسلام آباد غرب	۱۳۴۸	۱۵/۲	۶/۷۷
ایلام	۱۳۳۷	۲۹/۱	۱۷/۷۷
دهلران	۲۳۲	۳۸	۲۹/۲۵
بروجرد	۱۶۲۹	۲۷	۱۵/۳
الشتر	۱۵۶۷	۲۵	۱۵/۳
خرم آباد	۱۱۴۷	۲۴	۱۵/۸۲
الیگودرز	۲۰۲۲	۴۰	۱۲/۲۵
کوهدشت	۱۱۹۹	۱۷	۱۰/۵
سقز	۱۵۲۲	۱۷/۵	۹/۳۲
سنندج	۱۳۷۳	۱۸/۵	۷/۵
بیجار	۱۸۸۳	۷/۶	۳/۱
زرینه اوباتو	۲۱۴۲	۱۳	۶/۴۲
مریوان	۱۲۸۶	۴۵/۲	۲۳/۵۲
قروه	۱۹۰۶	۱۲	۴/۸۷



شکل۴. تغییرات بارش با ارتفاع در روز اوج بارش



شکل ۵ . رابطه خطی بین بارش و ارتفاع



شکل۶ . رابطه خطی بین بارش و عرض جغرافیایی

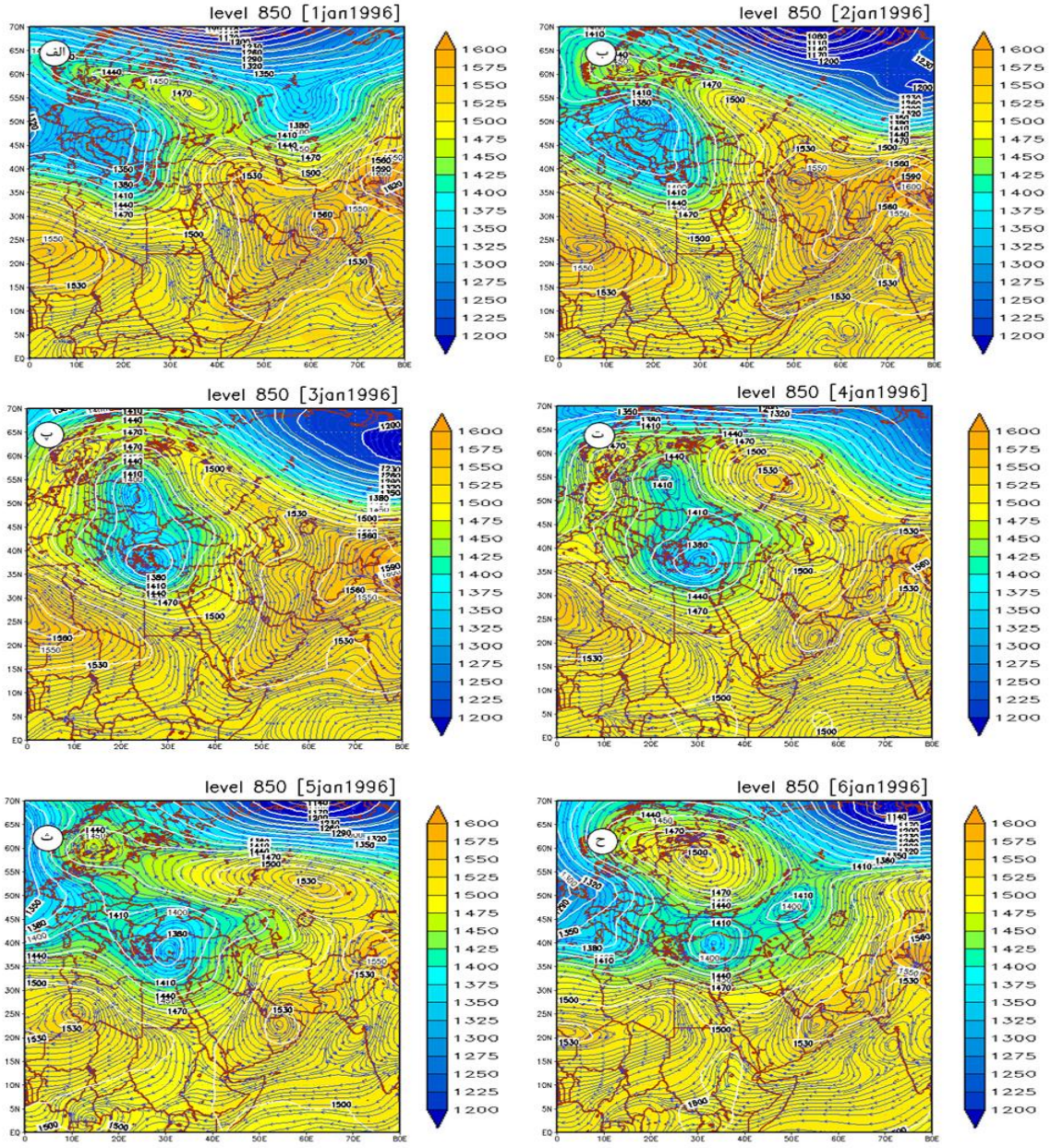
•تحلیل همدیدی رخداد بیشینه بارش ماه ژانویه :

علاوه بر نقش عوامل جغرافیایی تأثیرگذار همانند ارتفاع و عرض جغرافیایی ، الگوهای گردش جوی مهم ترین عامل شکل گیری بیشینه بارش های ژانویه غرب ایران می باشند. ما در این پژوهش از نقشه های ترکیبی پارامترهای ارتفاع ژئوپتانسیل ، نم ویژه و جریان هوا (مؤلفه های نصف النهاری و مداری) در یک شبکه از مختصات جغرافیایی ۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی برای نمایش و تحلیل چگونگی ورود و استقرار الگوهای همدیدی عامل وقوع رخداد بارش بیشنه بر روی نواحی غربی استفاده کردیم . ترازهای مورد مطالعه در این پژوهش ۸۵۰ هکتوپاسکال و ۵۰۰ هکتوپاسکال می باشد. تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ، وضعیت جریان هوای نزدیک به سطح زمین در غرب ایران را نشان می دهد. زیرا بخش عمده ای از مساحت غرب ایران را ارتفاعات و ناهمواری های زاگرس تشکیل داده است. تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تأثیر الگوهای دینامیکی جو همانند چرخندهای مدیترانه ای ، بادهای غربی و بویژه جابجایی شرق سوی ناوه مدیترانه ای را نمایش می دهد. نقشه های ترکیبی مورد مطالعه تغییرات الگوهای گردشی از ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش ها تا روز پایانی وقوع بارش را نشان داده است.

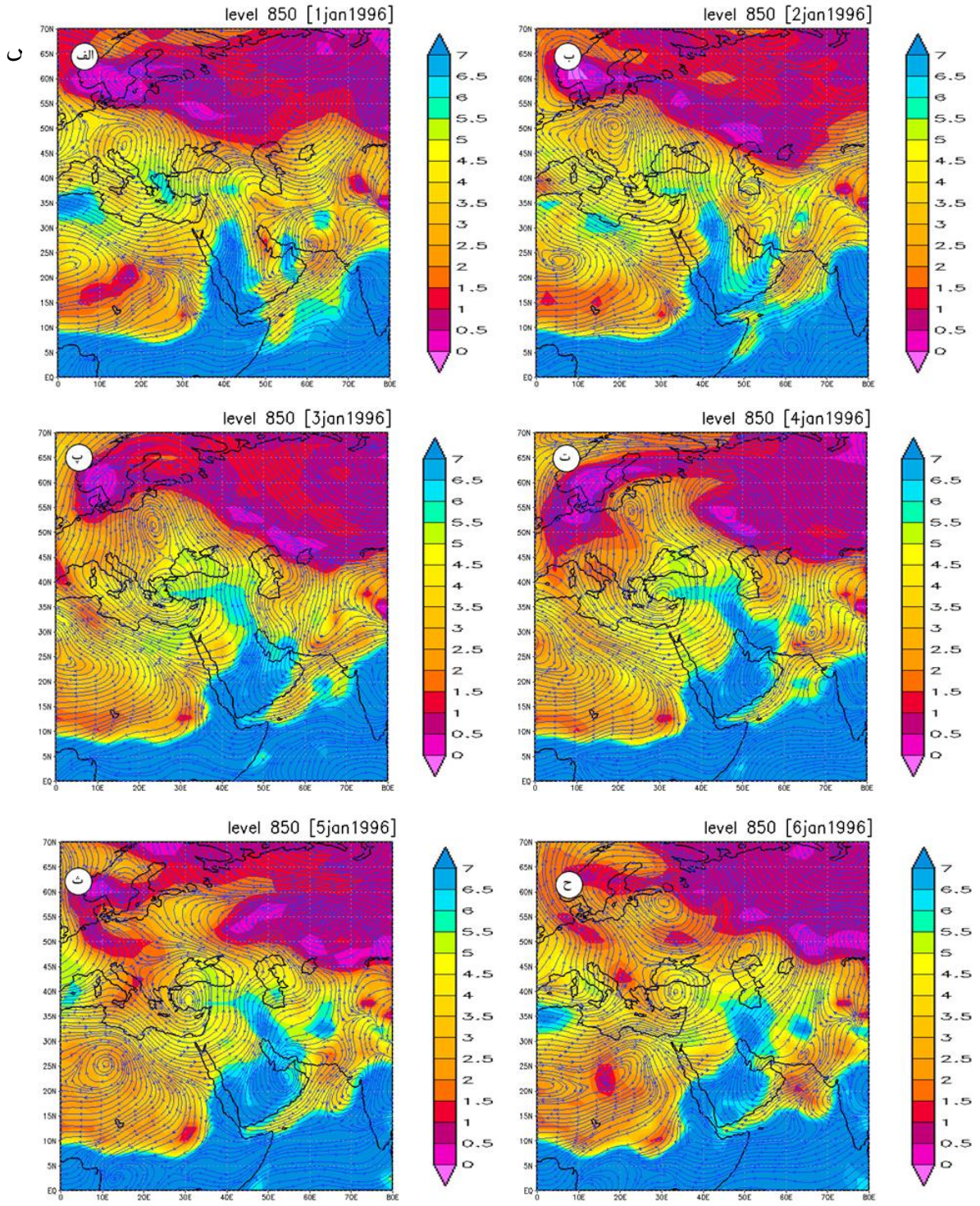
شکل شماره ۷. نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و جریان هوا (مؤلفه های مداری و نصف النهاری) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را نشان می دهد. مشاهده می شود که یک هسته کم ارتفاع بر روی

شمال دریای مدیترانه با ارتفاع مرکزی ۱۳۸۰ ژئوپتانسیل متر تشکیل شده و زبانه آن به سمت نواحی غربی ایران کشیده شده است. جریانات غربی که تحت تأثیر فعالیت این سامانه از سمت دریای مدیترانه به سمت شرق حرکت نموده است بر روی عربستان و عراق با جریان جنوبی همگرا شده و به شکل جریان جنوب غربی ، نواحی غربی ایران را تحت تأثیر قرار داده است. فشردگی منحنی های هم ارتفاع و وزش جریان جنوب غربی به موازات آن بر روی نواحی غربی ایران شدت فعالیت جریان همگرایی بادها که نشانه ای بر ناپایداری هوا در ترزا نزدیک به سطح زمین می باشد را نشان می دهد. در شکل ۸ جریان جنوب غربی مقادیر قابل توجهی از نم ویژه را به سمت نواحی غربی ایران و از سمت عرض های پایین فرارفت نموده است. این جریان نم ویژه ابتدا به شکل جریان شرقی از روی دریای عرب به سمت سودان و اتیوپی حرکت نموده و در آنجا به جریان جنوبی تبدیل شده است. جریان مرطوب جنوبی بر روی دریای سرخ و عربستان و عراق با جریان غربی که دارای نم ویژه کمتری می باشد برخورد نموده و همگرایی از بادها ایجاد شده که به شکل یک جریان جنوب غربی مرطوب به غرب ایران گسترش یافته است.

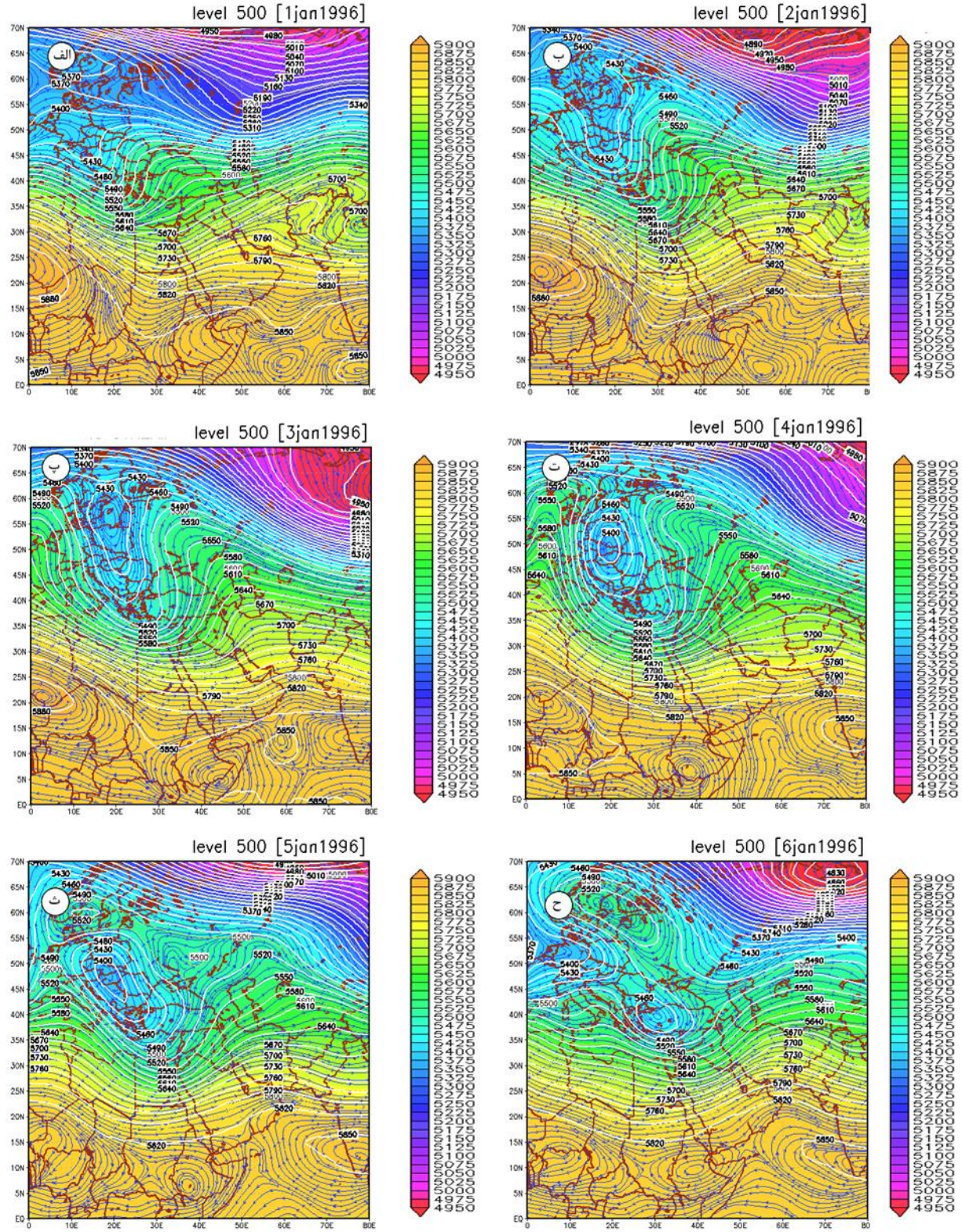
در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هسته کم ارتفاع روی دریای مدیترانه در بخش مرکزی ناوه عمیقی قرار گرفته است که محور آن بر روی دریای مدیترانه در روزهای اول تا چهارم ژانویه ۱۹۹۶ جهتی شمال غربی – جنوب شرقی داشته است . امتداد محور این ناوه در روزهای پنجم و ششم ژانویه با جهتی شمالی شرقی – جنوب غربی از سمت شرقی دریای دریای مدیترانه تا سودان در شرق آفریقا گسترش یافته و بیشتر بخش های کشور عراق و غرب ایران در سمت راست یا شرقی این محور قرار گرفته است. جایی که همگرایی جریانات جنوبی و غربی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال سبب فرارفت جریان نم ویژه از سمت عرض های پایین به سمت بخش های غربی ایران شده بود (شکل ۹). درتراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و در نقشه ترکیبی جریان و نم ویژه مشاهده می شود که جریان نم ویژه از سمت دریای سرخ توسط جریان جنوب غربی و از سمت دریای مدیترانه توسط جریان غربی فرارفت شده که همگرایی این جریانات مرطوب به شکل جریان جنوب غربی بر روی غرب ایران مشاهده می شود (شکل ۱۰). بنابراین استقرار مناطق غربی ایران در زیر منطقه همگرایی بادهای مرطوب غربی و جنوبی و فرارفت مقادیر قابل توجهی از جریان نم ویژه سبب رخداد ناپایداری به شکل بارش سنگین بر روی بخش وسیعی از نواحی غربی ایران بویژه ناهمواری های زاگرس شده است.



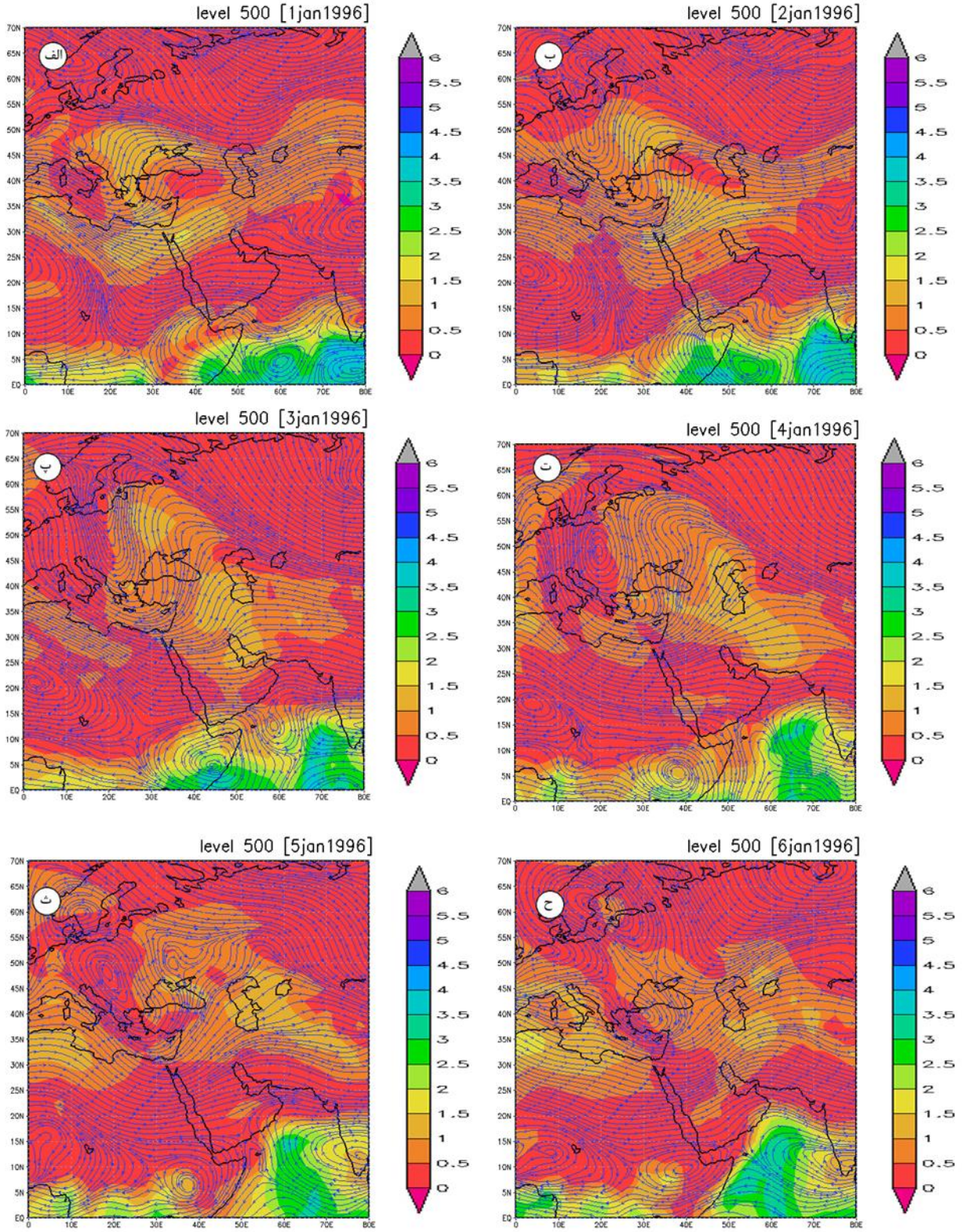
شـکل۷: نقشــه ترکیبــی ارتفــاع ژئوپتانسـیل و جریــان بادهــای مــداری و نصــف النهــاری در روزهــای اول تــا ششــم ژانویــه ۱۹۹٦



شکل۸.نقشه ترکیبی نم ویژه و جریان بادهای مداری و نصف النهاری در روزهای اول تا ششم ژانویه۱۹۹٦



شکل۹. نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و جریان بادهای مداری و نصف النهاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای اول تا ششم ژانویه



شکل۱۰. نقشه ترکیبی نم ویژه و جریان بادهای مداری و نصف النهاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای اول تا ششم ژانویه ۱۹۹٦

٤- نتیجه‌گیری

بخش عمده ای از نواحی غربی یاران را ناهمواری های زاگرس تشکیل داده است. ارتفاع زمین در بعضی از قله های کوهتان زاگرس به بیش از ۴۰۰۰متر می رسد. با توجه به اهمیت بارش های دوره سرد سال در تأمین منابع اب های زیر زمینی غرب ایران ، رخداد بارش های بیشینه فصل زمستان بویژه ماه ژانویه به عنوان سردترین ماه در تمام منطقه در این پژوهش مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه از روش های آماری ، همدیدی و درون یابی توزیع بارش با مدل کریجینگ برای نشان داده ویزگهای براش های بیشینه و فرین بر روی غرب ایران استفاده شده است.ابتدا با بررسی داده های بارش روزانه دوره ۱۹۹۶ تا ۲۱۰۱۷ ماه ژانویه برای تعداد ۲۲ ایستگاه سینوپتیک منطقه بر اساس معیارهایی از جمله انتخاب دوره های بارشی چهار روزه به منظور اطمینان از فراگیربودن بارش در سطح منطقه و ثبت رخداد بارش در طول دوره در تمام ایستگاه ها تعداد ۱۰ دوره بارشی چهار روزه ماه ژانویه در طول سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ انتخاب شد. سپس در بین این ایستگاه ها مشخص شد که بیشینه بارش ها مربوط به دوره ۳ تا ۶ ژانویه ۱۹۹۶ بوده است. بنابراین این دوره به عنوان الگوی مطالعاتی برگزیده شد.

نتایج بررسی این الگوی مطالعاتی نشان می دهد که در روز اوج بارش ها یعنی ۶ ژانویه ۱۹۹۶، هسته بیشنه بارش ها به ترتیب در بخش هایی از غرب ، جنوب و نواحی داخلی منطقه تشکیل شده است . بطوریکه هسته بیشینه بارش ها در غرب اطراف مریوان و دهران ، در جنوب اطراف الیگودرز در استان لرستان و به سمت نواحی داخلی، اطراف نهاوند در جنوب استان همدان اتفاق افتاده است.بطورمیانگین در طول دوره از اغرب به شرق و از جنوب به شمال منطقه از شدت بارش ها کاسته شده است.تحلیل آماری رابطه بارش با ارتفاع نشان داد که بیشتر ایستگاه های منطقه ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته اندو فقط ۲ ایستگاه ارتفاعی کمتر از ۱۰۰۰ متر داشته اند. بیشینه بارش های بیش از ۳۰ میلیمتر در روز اوج درهر سه سطح کمتر از ۱۰۰۰ متر، بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر و بیش از ۱۵۰۰ متر مشاهده شده است. این وضعیت بر روی نمودار تغییرات بارش با ارتفاع مشاهده شده است. در ارتفاع کمتر از ۱۲۰۰ متر و بیش از ۲۰۰۰ متر کاهشی و در سسطوح ارتفاعی بین ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متر نامنظم و نوسانی به صورت کاهشی و افزایشی بوده است.در مجموع یک رابطه خطی منفی بین بارش و ارتفاع بر اساس معادله خط رگرسیون مشاهده شده است. همچنین تغییرات بارش با عرض جغرافیایی بر اساس معادله خط رگرسیونی نیز در مجموع یک رابطه منفی را نشان داده است. همچنان که بر روی نقش درون یابی بارش مشخص شد از جنوب به سمت شمال منطقه که عرض جغرافیایی افزایش می یابد روندی کلی کاهش بارش اتفاق افتاده بود.

تحلیل همدیدی الگوهای گردشی جو ؤثر بر رخداد بیشینه بارش از ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش تا روز پایانی بارش ها مشخص نمود که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تشکیل یک چرخند بر روی دریای مدیترانه منجر به نفوذ زبانه آن توسط جریان غربی به سمت ایران و همگرا شدن آن با جریان جنوبی شده است. این جریان همگرا به صورت جریان جنوب غربی شکل گرفته است و در نتیجه غرب ایران زیر نفوذ وزش جریان همگرایی جنوب غربی قرار گرفته است. این همگرایی همراه با فرارفت مقادیر قابل توجهی از نم ویژه از سمت دریاهای گرم عرض های پایین جغرافیاییبه سمت غرب ایران شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه در سمت راست محور ناوه مدیترانه قرار گرفته است جایی که جریان نم ویژه از سمت دریای مدیترانه با جریان نم ویژه از سمت دریای سرخ همگرا شده و جو تمامی منطقه تحت تأثیر این جریان ناپایدار شده است. به این ترتیب نفوذ سامانه مدیترانه ای به شکل یک الگوی دینامکی در بسترناوه عمیق مدیترانه در تراز میانی جو و همراهی آن با جریان جنوب غربی با محتوای رطوبتی گسترده از سمت دریاهای گرم همانند دریای عرب و سرخ سبب گسترش همگرایی هوا و رخداد بیشینه بارشی در طول دوره ۳ تا ۶ ژانویه ۱۹۹۶ شده است.

منابع

– اکبری ، ز. ؛ نصیری ، ف. ؛ سیاه منصور ، م.،۱۳۹۳ . تحلیل الگوهای سینوپتیکی و شاخص های ناپایداری منجر به وقوع بارش های نیمه سنگین و سنگین در استان لرستان ، مجموعه مقالات ارائه شده توسط کارکنان هواشناسی استان لرستان . صص ۱–۱۲ .

– امینی، م.، لشکری ، ح. ، کرمپور ، م. ،حجتی ،ز. .۱۳۹۲. تحلیل سینوپتیک سامانه های همراه با بارش سنگین و سیل زادر حوضه رودخانه کشکان برای دوره آماری (۱۳۸۴–۱۳۵۰) ، نشریه علمی – پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی محیطی . سال ۱۷. شماره ۴۳. صص ۲۰–۱ .

– رمضانی پور ،م .، ۱۳۹۲ . بررسی نقش ناهمواری ها در شکل گیری نواحی بارش ؛ مطالعه موردی استان کهگیلویه و بویر احمد . همایش ملی آب انسان و زمین ، صص ۱–۱۴ .

– صداقت ،م. ،۱۳۸۹ . توزیع زمانی – مکانی بارش در استان ایلام . مجله آموزش جغرافیا . دوره ۲۴. شماره ۳. صص ۳۲–۳۵.

– عزیزی، ق.؛ عباسپور، ر. و صفرراد، ط. ،۱۳۸۹، مدل تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی. پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۲. صص ۴۲–۵۱.

– مسعودیان ، س. .۱۳۸۸. بررسی پراکندگی جغرافیایی بارش در ایران به روش تحلیل عاملی دوران یافته . مجله جغرافیا و توسعه . صص ۷۹–۸۸.

-Jingru Dai , Michael J.Manton , Steven T.Siems ,and Elizabeth E.Ebert .2014. Estimation of daily winter precipitation in snowy Mountains of southeastern Australia, Journal of hydrology ,volume 15.

-Garcia Martino,A.R.,Warner,G.S.,Scatena,F.N.,Civco,D.L.,1996,Raifall,runoff and elevation relationship in the Luquilo Mountains of Puerto Rico ,Caribbean journal of scince,vol.32,no.4,pp.41-42.

-Jaakko,K.Putkonen,(2004),Continuous Snow and Rain Data at 500 to 4400 m Altitude near Annapurna , Nepal,1992-2001,Arctic,Antractic and Alpine research ,vol.36,no.2,pp.244-248.

-Christopher, Daly;Ronald,P.Nilson,and Donald,L.phillips,(1994),A statistical – Topographical model for mapping climatological precipitation over Mountainous ,journal of applied meteorology,vol.33,pp.145-

-Suzuki,Y.,Nakakita,E.,Ikbuchi.Sh.,2003,Numerical study of rainfall-topography relationship in Mountainous regions of japan using a mesoscale meteorological model, weather radar information and distributed hydrological modeling,no.282,pp.43-50.

-Zhang,X.L.,Wang,S.J.,Zhsng,J.M.,Wang,G.,Tang,X.V.,2015,Temporal and spatial variability in precipitation trends in the southeast Tibtan plateau during 1961-2012,Clim.pastdiscuss.,no.11,pp.447-487.

- Grunewald,t.,Buhler,Y.,Lehning,M.L.,2014,Elevation dependence of mountain snow depth, The Cryosphere ,no.8,2381-2394.

-Cortes,M.,Turco,M.,Botija,M.L.,Llast,M.C.,,2018,The relationship between precipitation and insurance data for floods in a Mediterranean region (northeast Spain),Natural hazards and earth system sciences,no.18,pp.857-868.

-Alan,Basist;Grald,D,Bell;Veron,Meentemeyer,(1994),Statistical relationships between topography and precipitation patterns , journal of climate , volume.7,1305-1315.

-Jorge , Marquinez ; Javir, Lastra;Pilar , Grcia ,(2003),Estimation models for precipitation in mountainous regions : the use of GIS and multivariate analysis , journal of hydrology ,270,1-11.

-Otteli,P.,Cambrlin,P.,(2005),Influnce of topography on monthly rainfall distribution over east Africa,Climate research (Clim - Res) ,vol.28,pp.199-212.

-Barbro Johansson; Deliang Chen ,(2003), The influence of wind and topography on prccipitation distribution in Sweden : statistical analysis and modeling , international journal of climatology (Int .J.Climatolo)23;1523-1535.

-Hans .Jorg Barth ; Frank Steinkohl,(2004), Origin of winter precipitation in the central coastal lowlands of Saudi Arabia , journal of arid environments 57,101-115.

-Wotling, G., Bouvier, Ch., Danloux, J., Fritsch, J.-M., 2000. Regionalization of extreme precipitation distribution using the principal components of the topographical environment. J. Hydrol. 233, 86–101.

-Lavres.D.A.,Richardson,D.S.,Ramos,A.M.,Zsoter,E.,Pappenberger,F.,Trigo,R.M., Earlier awareness of extreme winter precipitation across the western Iberian Peninsula, Meteorological Applications,no.25,pp.622-628.

-Subyani.A.M., 2000, topographic and seasonal influences on precipitation variability south-west Saudi Arabia, JKAU:earth science ,11:89-102.