

دو فصلنامه آب و هواشناسی کاربردی، سال دوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۲

K. Omidvar, PhD
M. Narangifard

کمال امیدوار، استاد گروه جغرافیا طبیعی، آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران
مهدی نارنگی فرد، دانشجوی دوره دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران

Email: mahdi.narangifard@gmail.com

وصول: ۱۳۹۳/۷/۲۷ پذیرش: ۱۳۹۴/۷/۲۸

صص: ۱۱۸-۱۰۵

بررسی پراکنش زمانی - مکانی بیشینه بارش محتمل (PMP) در استان فارس

چکیده

در پژوهش حاضر، با بکارگیری روش‌های آماری و فنون سنجش از دور، برآورد و پهنه‌بندی پراکنش بیشینه بارش محتمل در استان فارس مورد بررسی قرار گرفته است. هدف اصلی از انجام این پژوهش، پهنه‌بندی مقادیر بیشینه بارش محتمل با رویکرد استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تعیین نحوه توزیع مکانی این مقادیر می‌باشد. جهت حصول به این هدف، پهنه‌بندی مقادیر بیشینه بارش محتمل با استفاده از روش درون‌یابی وزن‌دهی معکوس فاصله انجام پذیرفته است. بدین جهت داده‌های ماهانه بارش مستخرج از ماهواره TRMM در بازه زمانی ۱۵ ساله (۱۹۹۸-۲۰۱۲) با تفکیک مکانی 0.25×0.25 درجه مشتمل بر ۱۸۳ نقطه دریافت شد. سپس پراکنش زمانی - مکانی بیشینه بارش محتمل در فصول چهارگانه ترسیم گردید. یافته‌های پژوهش نشان داد که روند افزایشی از جهت جنوب و خاور استان فارس به سمت نواحی باختری و مرکزی بجز در فصل تابستان وجود دارد. شهرستان‌های رستم، ممسنی و سپیدان از بیشترین میزان (۷۷۰-۵۹۰ میلی‌متر) در فصل زمستان و شهرستان‌های لارستان، زرین دشت، داراب و آباده از کم‌ترین میزان بیشینه بارش محتمل در فصل تابستان (۴ میلی‌متر) برخوردار می‌باشند. همچنین بیشترین مقدار و شدت بارش روزانه مشاهده شده منطقه مورد مطالعه در ۲۰ فوریه سال ۱۹۹۹ با دامنه بارشی ۱۱۰-۱۳۰ میلی‌متر روی داده است.

واژه‌های کلیدی: بیشینه بارش محتمل، ماهواره TRMM، پراکنش زمانی - مکانی، استان فارس

مقدمه

شناخت آب و هوا یک منطقه در اغلب فعالیت‌های انسان می‌تواند به عنوان نخستین گام و ضروری‌ترین اقدام مطالعاتی قلمداد گردد. در این میان بارش در بین عناصر اقلیمی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (عزیزی و حنفی، ۱۳۹۰، ۵۶). بارش به عنوان یکی از پرنمودترین پدیده‌های جوی، از تنوع زمانی و مکانی قابل ملاحظه‌ای در ایران برخوردار است. برهم کنش مداوم سامانه‌های گردش جوی در طول سال به طور برجسته و گسترده‌ای چنین تنوعی را موجب گردیده است (علی‌جانی و همکاران، ۱۳۸۶، ۹؛ علی‌جانی و همکاران، ۱۳۸۹، ۲). پدیده بارش به دلیل پیوند با اجزاء مختلف دستگاه اقلیم، رفتاری پیچیده دارد. رخداد بارش نیازمند تأمین شرایط متعددی است. مهیائی رطوبت، مهیائی

ناپایداری عمیق، سرمایه‌ش و غیره شرایط لازم برای رخداد بارش به شمار می‌آیند (مسعودیان و محمدی، ۱۳۸۹، ۲). اطلاعات مربوط به توزیع بارش با توجه به کاربردهای گوناگون هیدرولوژیکی از جمله مدیریت صحیح منابع آب، برآورد حداکثر بارش محتمل و تخصیص الگوی مناسب کشت، از اهمیت زیادی برخوردار است (بیات و همکاران، ۱۳۹۰، ۹۱). بارش‌های سنگین یکی از پدیده‌های خسارت بار محیط می‌باشد که در بیشتر مکان‌ها به ویژه در مناطق کم باران اتفاق می‌افتد (غیور و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۲). از این رو ضرورت مطالعه و بررسی بارش به عنوان عنصر آب و هوایی سرکش، ضروری به نظر می‌رسد. در این میان بیشینه بارش محتمل به عنوان یک رویداد فرین در پژوهش‌ها و محاسبات مربوط به بارش حائز اهمیت است.

بنا به تعریف بیشینه بارش محتمل^۱ (PMP)، بزرگ‌ترین بارانی که از نظر مقدار با یک تداوم مشخص، احتمال وقوع آن را می‌توان انتظار داشت (علیزاده، ۱۳۸۵، ۲۰۸). حداکثر بارش محتمل با فرض رخداد هم‌زمان دو عامل حداکثر مقدار رطوبت و حداکثر مقدار همگرایی جرمی برای ایجاد بارش در درون توفان از توسعه فرآیندهای بارش‌زا به وجود می‌آید (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۷، ۳۸۵).

بنابراین توانایی برآورد حداکثر بارش محتمل و آب قابل بارش کلی در پیش بینی میزان باران و وقوع سیلاب مفید می‌باشد. که به طور کلی به دو روش هواشناسی و آماری برآورد می‌شود. در روش اول نیاز به وجود اطلاعات هواشناسی از توده‌های هوای بالای هواسپهر مانند رطوبت نسبی، دما، طوفان‌های رخ داده، باد، نقطه شبنم و غیره است. روش هواشناسی خود نیز به چند نوع تفکیک می‌شود (پژند و قهرمان، ۱۳۸۷، ۶۴). پایه برآورد بیشینه بارش محتمل با محاسبات آماری آغاز گردید، هرشفیلد^۲ (۱۹۶۱)، بت لاهی^۳ (۱۹۸۴)، الیاسن^۴ (۱۹۹۷) از جمله پژوهشگرانی بودند که در این زمینه مطالعه کردند. همچنین در روش‌های همدید می‌توان به حداکثر کردن توفان‌های رخ داده و انتقال آن به منطقه مورد نظر، استفاده از منحنی‌های عمق - مساحت - مدت (DAD)^۵ برای توفان‌های شدید مشاهده‌ای و روابط تجربی اشاره کرد.

در زمینه برآورد و محاسبه بیشینه بارش محتمل با رویکردهای آماری و همدید پژوهش‌های بسیاری توسط پژوهشگران انجام گرفته است. از آن جمله دسا^۶ و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهشی، بیشینه بارش محتمل ۲۴ ساعته منطقه سلانگور مالزی در جنوب شرقی آسیا، همچنین دسا و راجچا^۷ (۲۰۰۷) نیز در جوهور مالزی میزان بیشینه بارش محتمل ۲۴ ساعته در مناطق استوایی را مورد بررسی قرار دادند. رزاکووا^۸ و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی، به برآورد میزان بیشینه بارش محتمل در جمهوری چک و داگلاس^۹ و باروس^{۱۰} (۲۰۰۵) در شرق ایالات متحده پرداختند. احمدی^{۱۱} و همکاران

1 - Probable Maximum Precipitation

2 - Hershfield

3 - Bethlahmy

4 - Eliason

5 - Depth-Area-Duration

6 - Desa

7 - Rakhecha

8 - Rezacova

9 - Douglas

10 - Barros

11 - Ahmadi

(۲۰۱۳) بیشینه بارش محتمل در حوضه آبریز جاجرود در بارش‌های ۲۴ ساعته با روش همگرایی همدید مورد بررسی قرار دادند. چاوان^۱ و سرینیواس^۲ (۲۰۱۵) در پژوهشی، به برآورد بیشینه بارش محتمل در حوضه رودخانه ماهانیدی^۳ در هندوستان جهت محاسبه بیشینه سیلاب محتمل^۴، با رویکرد آماری پرداختند.

در ایران، عزیزی و حنفی (۱۳۹۰) در مقاله‌ای تحت عنوان برآورد حداکثر بارش محتمل (PMP) حوضه آجی چای به روش همدیدی به برآورد حداکثر بارش محتمل در این حوضه پرداختند آن‌ها در این پژوهش با استفاده از داده‌های ترازهای فشار ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های همدید مربوطه و همچنین ترسیم نقشه‌های هم باران برای توفان‌های منتخب و منحنی‌های عمق-مساحت-مدت هر یک از توفان‌ها را محاسبه کردند. خلجی و سپاس‌خواه (۱۳۸۱) با رسم منحنی‌های حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته با روش‌های مختلف آماری و همسنجی آن با روش همدیدی برای ایران پرداختند، یافته‌های پژوهش نشان داد که کم‌ترین مقدار این بارش‌ها در مناطق مرکزی ایران برابر ۱۱۰ میلی‌متر اتفاق افتاده، و بیشترین مقدار آن در نقاط شمالی و جنوبی برابر با ۲۶۰ میلی‌متر می‌باشد. تاج‌بخش و همکاران (۱۳۸۶) با محاسبه بیشینه بارش محتمل ۲۴ ساعته به روش هانسون در شمال استان خراسان پرداختند. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله با عنوان برآورد حداکثر بارش محتمل حوزه آبخیز کویر میقان با استفاده از روش همگرا در آن حوضه پرداختند، آن‌ها در آن پژوهش با استفاده از تئوری همگرایی و انتقال توفان و بیشینه سازی دمای نقطه شبنم و باد، آب قابل بارش و بیشینه بارش محتمل حوزه آبخیز کویر میقان برآورد و محاسبه نمودند. عباسی جعفرپور (۱۳۸۸) و عباسی و قائمی (۱۳۹۲) مقادیر بیشینه بارش محتمل در حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی کرج را به روش‌های آماری و همدید برآورد کردند. مجرد و معصوم‌پور (۱۳۹۲) در پژوهشی با استفاده از داده‌های ۵ ایستگاه همدید استان کرمانشاه مقادیر بیشینه بارش محتمل به روش همدید با تداوم ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته در دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله برآورد کردند. همچنین می‌توان به پژوهش‌های دیگر آماری در برآورد بیشینه بارش محتمل از جمله: حجازی‌زاده و صالحی (۱۳۸۰)، معروفی (۱۳۸۵)، شفیع‌ی و قهرمان (۱۳۸۸)، خام‌چین و همکاران (۱۳۸۹)، اشاره کرد.

به جهت عدم توانایی ارائه داده‌های مکانی بارش با وضوح بالا با استفاده از ایستگاه‌های باران سنجی و محدودیت در انعکاس تغییرات مکانی بارندگی به طور موثر، به ویژه در مناطقی که به دلیل پراکندگی ایستگاه‌های همدید و باران سنجی، داده‌های مورد نیاز از نظر مکانی وجود ندارد، بکارگیری داده‌های سنجش از دور بیش از پیش مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. با فراگیر شدن استفاده از فن‌آوری سنجش از دور امکان برآورد مکانی بارش با قدرت تفکیک مکانی مناسب فراهم شد. بنابراین ضرورت بکارگیری فنون سنجش از دور از اهمیت بیشتری برخوردار گردیده است. بدین جهت در این پژوهش با بکارگیری داده‌های بارشی ماهانه و فصلی استخراج شده از ماهواره TRMM^۵، با استفاده از فنون زمین‌آمار^۶، پهنه‌بندی بیشینه بارش محتمل در محدوده جغرافیایی استان فارس انجام گرفته است، با توجه

1 - Chavan

2 - Srinivas

3 - Mahanadi

4 - probable maximum flood (PMF)

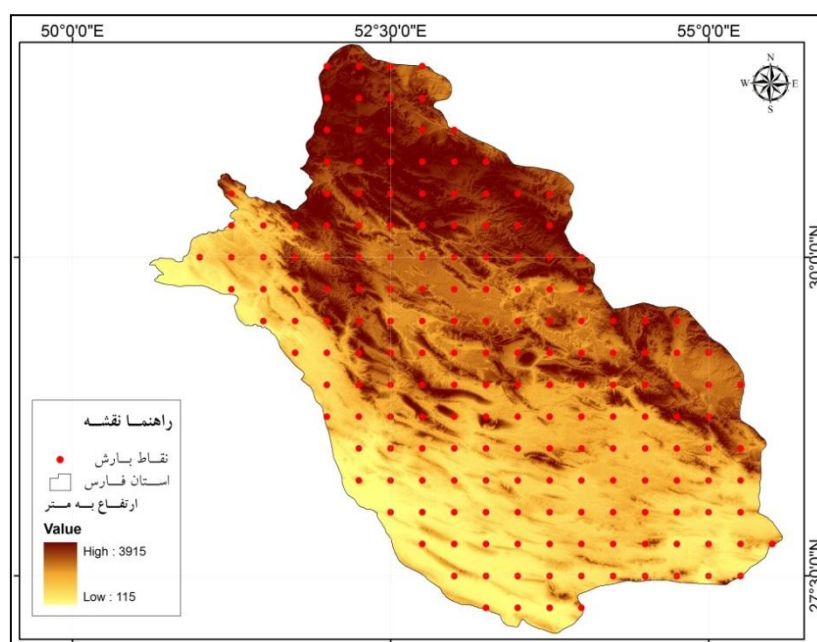
5 - Tropical Rainfall Measuring Mission

6 - Geostatistic

به موارد اشاره شده، هدف اصلی در این پژوهش، مقایسه مکانی مقادیر بارش بیشینه محتمل در فصول مختلف، با برآورد پراکنش زمانی - مکانی این مقادیر با بکارگیری داده‌های ماهواره TRMM در سطح استان فارس می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

محدوده جغرافیایی استان فارس بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه باختری تا ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲ دقیقه و ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی واقع شده است. میانگین بارش ماهانه استان، ۴۸ میلی‌متر بوده که بیشتر در محدوده آبان ماه هر سال تا اردیبهشت ماه سال بعد رخ می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار بارش برابر با ۱۸۴ و صفر میلی‌متر به ترتیب مربوط به آذر ماه و تیر ماه است. وقوع بارش‌های استان فارس عموماً به حرکت شرق سوی جریان‌های باران‌زا در ماه‌های سرد سال بستگی دارد (ناظم‌السادات و قائدامینی، ۱۳۹۰: ۱۴). در این پژوهش داده‌های بارشی استخراج شده از نسخه ۷ ماهواره TRMM (3B43 V7) از تارنمای سازمان فضایی آمریکا <http://disc2.nascom.nasa.gov> در قالب داده‌های زمانی روزانه، ماهانه و فصلی در دوره زمانی ۱۵ ساله (۱۹۸۹-۲۰۱۲) با تفکیک مکانی $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ درجه مشتمل بر ۱۸۳ نقطه با فرمت ASCII دریافت گردید (نگاره ۱).



نگاره ۱ - نقشه موقعیت جغرافیایی داده‌های بارشی ماهواره TRMM در منطقه مورد مطالعه

ماهواره TRMM در ۲۷ نوامبر سال ۱۹۹۷ با همکاری مشترک سازمان ملی هوانوردی سازمان فضایی آمریکا (NASA)^۱ و آژانس اکتشافات هوا فضایی ژاپن (JAXA)^۲ به فضا پرتاب شد. هدف از پرتاب این ماهواره اندازه‌گیری

1 - National Aeronautics and Space Administration
2 - Japan Aerospace and Exploration Agency

بارندگی در سطح اقیانوس‌ها و مناطق گرمسیری و چگونگی تاثیر این بارش بر آب و هوای جهانی با استفاده از ابزار تصویربرداری میکروموج TMI^۱، رادار بارش PR^۲، و اسکنر فرسرخ و مرئی VISIR^۳ است (Kummerow et al, 1998, 809) علاوه بر این از اطلاعات این ماهواره می‌توان در اندازه‌گیری بارش در سطح خشکی‌ها و مخصوصاً مناطقی که دارای آمار و اطلاعات ثبت شده مناسبی نمی‌باشند استفاده نمود. این ماهواره در ارتفاع تقریبی ۳۵۰ کیلومتری زمین قرار داشته و دارای پنچ سنجنده اصلی است که هر یک به نوعی پارامترهای وابسته به بارش را اندازه‌گیری می‌کنند. ماهواره TRMM در هر روز چندین بار از مناطق مختلف کره زمین عبور کرده و اطلاعات لازم را برداشت می‌کند. تکرار برداشت‌ها و عبور این ماهواره برای مناطق مختلف کره زمین متفاوت است و بستگی به عرض جغرافیایی محدوده مورد نظر دارد (ارشادی و خیابانی، ۱۳۸۳، ۱۲۳). همچنین به منظور اعتبارسنجی داده‌های ماهواره TRMM با توجه به نتایج پژوهش‌های صورت گرفته توسط (شیروانی و فخاری‌زاده شیرازی، ۱۳۹۳) و (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳) در منطقه مورد مطالعه که بیانگر این است که داده‌های بارش ماهواره‌ای از دقت و انطباق بالایی برخوردار می‌باشند، بنابراین بکارگیری داده‌های مذکور به ویژه در مناطق فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

سپس در ادامه پژوهش با بکارگیری داده‌های استخراج شده بر اساس روش آماری، بیشینه بارش محتمل در منطقه مورد مطالعه از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$PMP = \bar{R} + K.S$$

که در این رابطه $PMP =$ بیشینه بارش محتمل، $\bar{R} =$ میانگین بارش t ساعته، S انحراف از معیار و K ضریب ثابت است (علیزاده، ۱۳۸۵، ۲۰۹). مقدار K از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$K = (X_i - \bar{X}_{n-1}) / \sigma_{n-1}$$

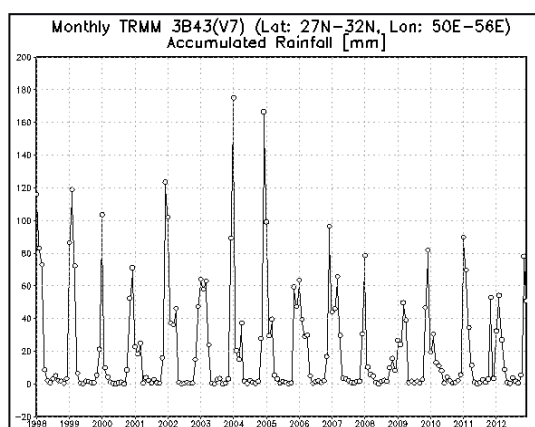
که در آن X_i حداکثر بارندگی مشاهده شده در سری داده‌ها، \bar{X}_{n-1} میانگین بارندگی‌های سالانه بدون احتساب بارندگی حداکثر، σ_{n-1} انحراف معیار بارندگی‌های سالانه بدون احتساب بارندگی حداکثر می‌باشد (Tingsanchali and Tanmanee, 2012, 1200).

در ادامه جهت تبدیل داده‌های نقطه‌ای بارش به پهنه‌های بارشی از فنون زمین‌آمار استفاده گردید. تخمین زمین‌آمار، فرآیندی است که طی آن، مقدار یک کمیت مجهول در نقاطی با مختصات معلوم با استفاده از مقدار معلوم همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات مشخص به دست می‌آید (مظفری و همکاران، ۱۳۹۱، ۶۶). در همین راستا پس از برآورد بیشینه بارش محتمل، با استفاده از روش اسپلاین^۴ نقشه‌های پراکنش مکانی و زمانی الگوهای بارشی به کمک نرم‌افزار ARCGIS 9.3 انجام پذیرفت.

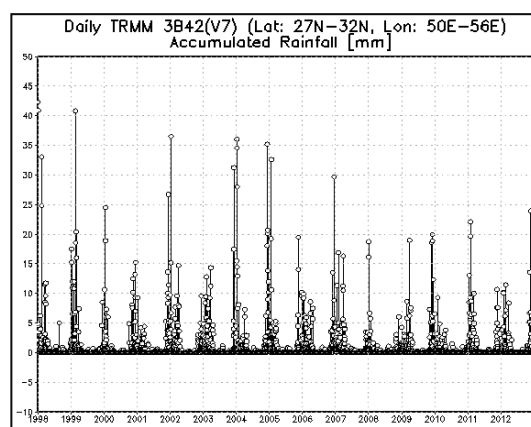
1 - TRMM Microwave Imager
2 - Precipitation Radar
3 - Visible and Infrared Scanner
4 - Spline

بحث

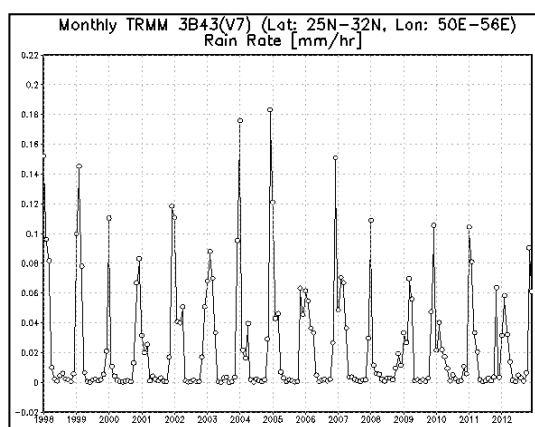
بررسی پراکنش بارش فصلی نشان می‌دهد میانگین بارش فصل زمستان با ۵۷/۲۲ درصد بیشترین میزان بارندگی و فصل تابستان ۲/۱۶ درصد کم‌ترین میزان بارندگی برخوردار است؛ فصول پاییز و بهار به ترتیب ۳۱/۹ و ۸/۷۲ درصد بارش را به خود اختصاص داده است. روند روزانه و ماهانه میانگین بارش منطقه مورد مطالعه به میلی‌متر (نگاره ۲) و (نگاره ۳) و شدت بارش میلی‌متر بر ساعت در منطقه نیز در (نگاره ۴) و (نگاره ۵) نمایش داده شده است. بر این اساس روند کاهشی میزان بارش‌های شدید در منطقه قابل مشاهده است. همچنین ماه‌های ژانویه و دسامبر سال ۲۰۰۴ بیش‌ترین بارش رخ داده در بازه زمانی را نشان می‌دهد. اما بیشترین مقدار و شدت بارش مشاهده شده روزانه منطقه مورد مطالعه در ۲۰ فوریه سال ۱۹۹۹ روی داده است.



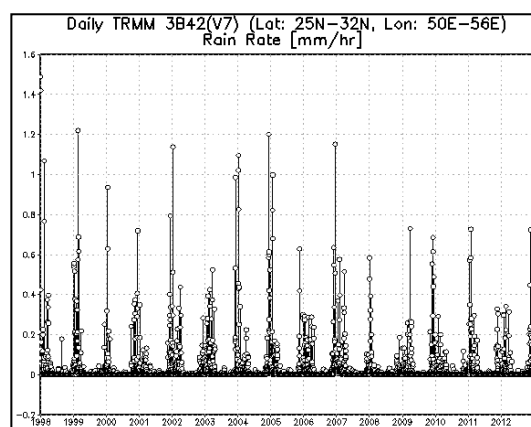
نگاره ۳- روند سالانه بارش به میلی‌متر در کل منطقه مورد مطالعه (۱۹۹۸-۲۰۱۲)



نگاره ۲- روند روزانه بارش به میلی‌متر در کل منطقه مورد مطالعه (۱۹۹۸-۲۰۱۲)

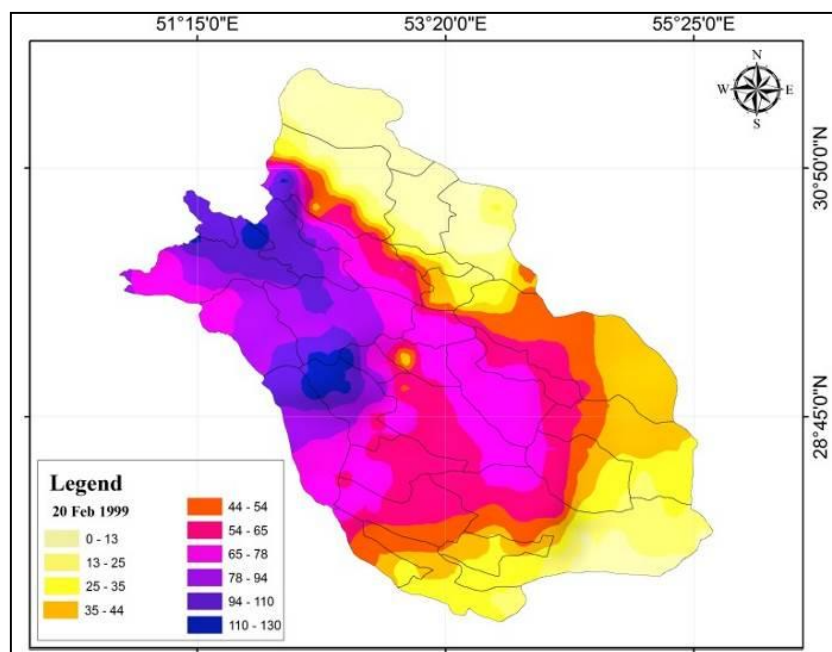


نگاره ۵- روند سالانه شدت بارش میلی‌متر در ساعت (۱۹۹۸-۲۰۱۲)



نگاره ۴- روند روزانه شدت بارش میلی‌متر در ساعت (۱۹۹۸-۲۰۱۲)

بیشینه بارش رخ داده (مقادیر بارش مشاهده شده) در ۲۰ فوریه سال ۱۹۹۹ در (نگاره ۶) به نمایش در آمده است. بر اساس این نگاره توزیع بارش در مناطق باختری شمال شهرستان ممسنی و فیروزآباد با دامنه بارشی ۱۱۰-۱۳۰ میلی متر و نواحی شمالی و جنوبی با کمتر از ۱۳ میلی متر کمترین مقدار بارش رخ داده در سطح استان فارس است. ویژگی‌های آماری بیشینه بارش رخ داده در (جدول ۲) نشان داده شده است، که با توجه به این جدول بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر به ترتیب ۱۳۳، ۰ و ۵۲ میلی متر می‌باشد.



نگاره ۶ - بیشینه بارش رخ داده در ۲۰ فوریه سال ۱۹۹۹

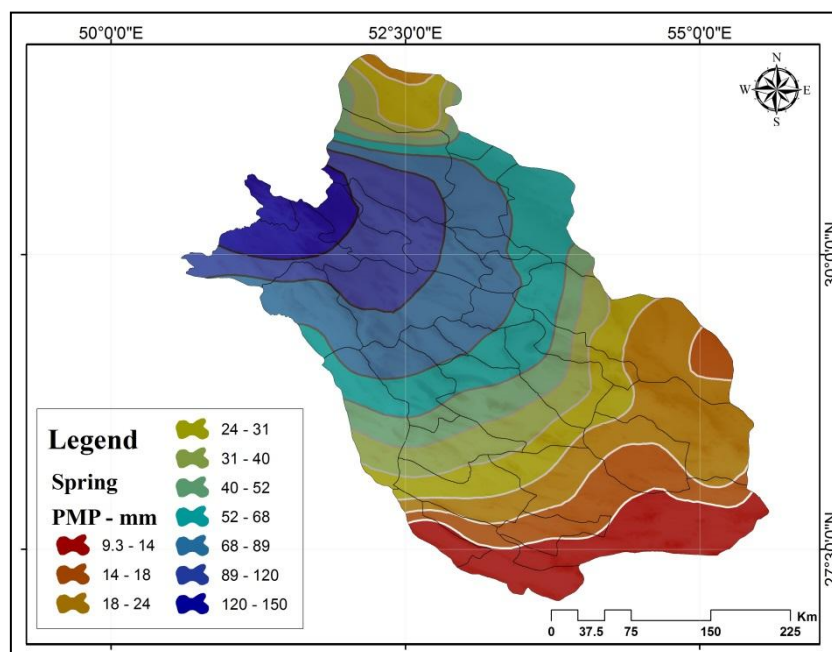
جدول ۱ - مشخصات آماری بیشینه بارش رخ داده در ۲۰ فوریه سال ۱۹۹۹

Value/ season	Min	Max	Mean	Std.Dev	Skewness	Kurtosis	Median
Spring	۰	۱۳۳	۵۲	۳۳	۰/۱۹	۲/۳۳	۷۵

فصل بهار

با توجه به داده‌های بارشی مقادیر بیشینه بارش محتمل، به طور جداگانه برای فصول چهارگانه ترسیم گردید. در دوره آماری مورد مطالعه بیشترین فراوانی بیشینه بارش محتمل در فصل بهار به ترتیب در نواحی شمال باختر و سپس در مرکز منطقه مطالعاتی روی داده است و کمترین مقدار مربوط به نواحی جنوبی، خاوری و شمال منطقه است. شهرستان رستم و مناطق شمالی شهرستان‌های ممسنی و سپیدان، با بیشترین میزان بیشینه بارش محتمل (پهنه بارشی ۱۲۰-۱۵۰ ملی- متر) همراه می‌باشند. در مقابل شهرستان‌های جنوبی لارستان، داراب، زرین دشت و نیریز همچنین آبادیه در شمال استان از

کمترین میزان بیشینه بارش محتمل برخوردار است. به طور کلی یک روند کاهشی از مناطق باختری به سمت مناطق خاوری و جنوب استان قابل مشاهده است (نگاره ۷).



نگاره ۷- بیشینه بارش محتمل استان فارس در فصل بهار

ویژگی‌های آماری مقادیر (PMP) در فصل بهار در (جدول ۲) نشان داده شده است، که با توجه به این جدول مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین (PMP) به ترتیب ۱۵۴، ۹ و ۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

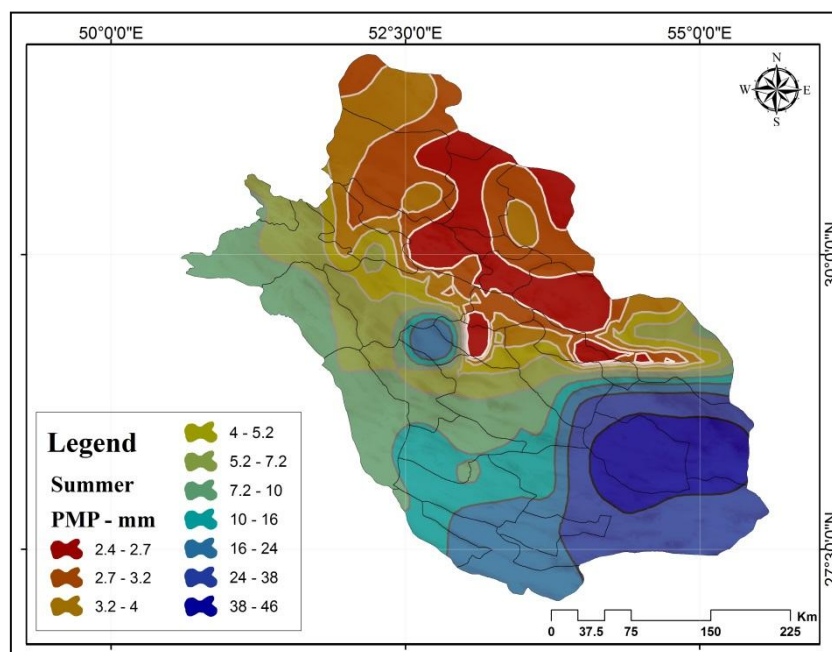
جدول ۲- مشخصات آماری فصل بهار طی دوره آماری ۱۹۸۹-۲۰۱۲

Value/season	Min	Max	Mean	Std.Dev	Skewness	Kurtosis	Median
Spring	۹	۱۵۴	۵۰	۳۴	۰/۸۲	۲/۹	۴۰

فصل تابستان

در فصل تابستان توزیع مکانی متفاوتی با دیگر فصول قابل مشاهده است. در این فصل کمترین میزان بارش در استان فارس رخ می‌دهد. نواحی جنوب خاوری شامل شهرستان‌های داراب، زرین دشت و لارستان (بهنه بارشی ۳۸-۴۶ میلی-متر) همچنین شهرستان کوار (بهنه بارشی ۱۶-۲۴ میلی‌متر) در مرکز استان نیز با بیشترین فراوانی بیشینه بارشی همراه است. کمترین این میزان نیز شامل مناطق شمالی استان شهرستان‌های آباده، اقلید، خرمبید، بوانات، پاسارگاد، مرودشت، ارسنجان و نیریز با کمتر از ۴ میلی‌متر می‌باشد (نگاره ۸). عامل اصلی تغییرات در آرایش فضایی بارش، به دلیل تأثیرات

و نفوذ موسمی‌های هند در اثر عقب نشینی زبانه پرفشار آزور به سطوح بالاتر و ایجاد بارش‌های همرفتی به ویژه در مناطق خاوری و جنوبی استان می‌باشد.



نگاره ۸ - بیشینه بارش محتمل استان فارس در فصل تابستان

مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین (PMP) در فصل تابستان نیز به ترتیب ۴۶، ۲/۵ و ۱۲/۷ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۳). که کم‌ترین میزان در بین فصول چهارگانه می‌باشد. پراکنش مکانی متفاوت مقادیر بیشینه بارش محتمل به دلیل تغییر جهت و ماهیت سامانه‌های بارش‌زا ورودی به استان است.

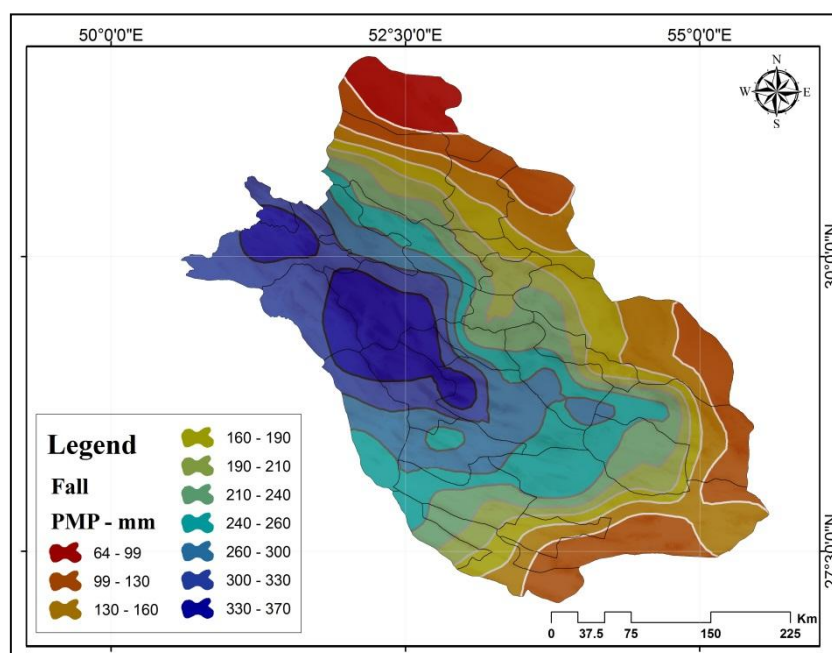
جدول ۳ - مشخصات آماری فصل تابستان طی دوره آماری ۱۹۸۹-۲۰۱۲

Value/ season	Min	Max	Mean	Variance	Std.Dev	Skewness	Kurtosis	Median
Summer	۲/۵	۴۶	۱۲/۷	۸۶	۱۲/۴۵	۱/۳	۳/۲	۷/۲

فصل پاییز

در نیمه دوم سال هم‌زمان با فصل پاییز شاهد بیشترین میزان فراوانی بیشینه بارش محتمل در مناطق باختری شامل شهرستان‌های رستم و ممسنی، همچنین نواحی باختری شهرستان شیراز و شمالی شهرستان‌های کازرون و فیروزآباد با پهنه بارشی ۳۳۰-۳۷۰ میلی‌متر است. نوار خاوری و جنوبی استان هم از کم‌ترین میزان بیشینه بارش محتمل برخوردار می‌باشد. در مجموع روند بارشی از باختر به سمت خاور و جنوب کاهش می‌یابد (نگاره ۹). در فصل پاییز با آغاز بارش،

تغییر در الگوهای بارشی ملاحظه می‌شود، که دلیل عمده آن تغییر در سامانه‌های بارش‌زا ورودی به استان می‌باشد. با توجه به (جدول ۴) میزان کمینه، بیشینه و میانگین مقادیر (PMP) فصل پاییز به ترتیب ۶۳/۵، ۳۷۱ و ۲۱۶ میلی‌متر می‌باشد.



نگاره ۹- بیشینه بارش محتمل استان فارس در فصل پاییز

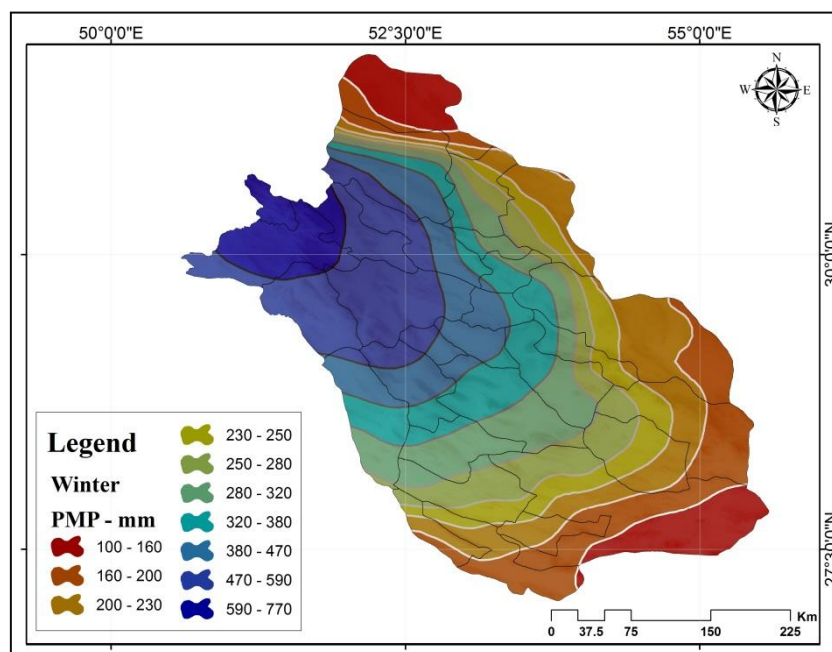
جدول ۴- مشخصات آماری فصل پاییز طی دوره آماری ۱۹۸۹-۲۰۱۲

Value/ season	Min	Max	Mean	Std.Dev	Skewness	Kurtosis	Median
Fall	۶۳/۵	۳۷۱	۲۱۶	۷۹	۰/۱	۱/۹	۲۱۷

فصل زمستان

یافته‌های حاصل از پهنه‌بندی بیشینه بارش محتمل فصل زمستان در (نگاره ۱۰) نشان داده شده است. با توجه به این نگاره شهرستان‌های رستم، ممسنی و سپیدان (پهنه بارشی ۵۹۰-۷۷۰ میلی‌متر) همچنان از بیشترین مقدار و شهرستان‌های لارستان در جنوب و آبادیه در شمال استان از کم‌ترین میزان بیشینه بارش محتمل (پهنه بارشی ۱۰۰-۱۶۰ میلی‌متر) برخوردار است. فصل زمستان به عنوان پر باران‌ترین فصل در سال می‌باشد. الگوهای بارش همچنان با روند باختری-جنوبی همراه است. گسترش وسعت پهنه بارشی بیشینه در استان و راهیابی بیشتر آن به سمت جنوب قابل مشاهده است. الگوهای بارشی در این فصل از توزیع یکنواخت‌تری برخوردار است. مشخصات آماری مقادیر (PMP) در فصل

زمستان در (جدول ۵) به نمایش درآمده است، با توجه به این جدول بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر (PMP) به ترتیب ۷۶۵، ۱۰۲ و ۳۲۱ میلی متر می باشد.



نگاره ۱۰ - بیشینه بارش محتمل در فصل زمستان

جدول ۵- مشخصات آماری فصل زمستان طی دوره آماری ۱۹۸۹-۲۰۱۲

Value/ season	Min	Max	Mean	Std.Dev	Skewness	Kurtosis	Median
Winter	۱۰۲	۷۶۵	۳۲۱	۱۴۸	۰/۹۵	۳/۳۳	۲۷۸

نتیجه گیری

با توجه به اینکه میزان بیشینه بارش محتمل عامل اصلی در برآورد بیشینه سیلاب محتمل (PMF) می باشد. با در نظر گرفتن این موضوع محاسبه مقادیر بیشینه بارش محتمل به ویژه جهت طراحی و ساخت سازه های آبی اهمیتی دوچندان می یابد. با مقایسه توزیع مکانی میزان بیشینه بارش محتمل در فصول چهارگانه، نحوه پراکنش مکانی مقادیر بیشینه بارش محتمل، بجز در فصل تابستان که از روند کاهشی از مناطق باختری استان فارس به سمت نواحی خاوری و جنوبی برخوردار است؛ دیگر فصل ها از الگوی متفاوتی پیروی می نماید. در فصل تابستان مناطق خاوری و جنوبی استان بر خلاف دیگر فصول از بیشینه مکانی بیشینه بارش محتمل با دامنه بارشی ۳۸-۴۶ میلی متر در جنوب و نواحی با وسعت کمتر در شهرستان کوار با دامنه بارشی ۱۶-۲۴ میلی متر برخوردار می باشد. دلیل اصلی این تغییر در آرایش بارش و به دنبال آن بیشینه بارش محتمل به جهت تأثیرات و نفوذ موسمی های شبه جزیره هند (جلیلی و بلیانی، ۱۳۸۹) در اثر عقب

نشینی زبانه پرفشار آזור به سطوح بالاتر و ایجاد بارش‌های همرفتی (قادری و علیجانی، ۱۳۸۹) در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در فصول پاییز و زمستان شباهت نسبتاً زیاد در توزیع مکانی مقادیر بیشینه بارش محتمل در استان مشاهده می‌گردد؛ که هسته بیشینه بارشی در شهرستان‌های رستم و ممسنی با دامنه بارشی ۳۳۰-۳۷۰ میلی‌متر در فصل پاییز و ۵۹۰-۷۷۰ میلی‌متر در فصل زمستان در مناطق باختری است. در فصل بهار به دنبال کاهش میزان بارش، مقادیر بیشینه مکانی بیشینه بارش محتمل به سمت مناطق باختری متمایل می‌گردد. به طور کلی شهرستان‌های رستم، ممسنی و سپیدان در نواحی باختری استان از بیشترین میزان مقادیر بیشینه بارش محتمل برخوردار است. همچنین نواحی شمالی و خاوری استان به همراه مناطق جنوبی کم‌ترین مقدار و نواحی باختری و مرکزی بیشترین مقدار (PMP) را به خود اختصاص داده‌اند. فصول تابستان، بهار، پاییز و زمستان به ترتیب از بیشترین مقدار (PMP) برخوردار هستند. در بررسی روند روزانه و ماهانه میزان و شدت بارش (میلی‌متر بر ساعت) در منطقه مورد مطالعه شاهد روند کاهشی میزان بارش‌های شدید در منطقه، همچنین ماه‌های ژانویه و دسامبر سال ۲۰۰۴ بیشترین بارش رخ داده در بازه زمانی به خود اختصاص داده است و بیشترین مقدار و شدت بارش مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه در ۲۰ فوریه سال ۱۹۹۹ رخ داده است.

منابع

- ۱- احمدی، محمود، نارنگی‌فرد، مهدی و فنودی، محسن. ۱۳۹۳. اعتبار سنجی داده‌های بارشی ماهواره TRMM بر اساس داده‌های زمین‌مبنا در استان فارس، دوازدهمین کنگره جغرافیدانان ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.
- ۲- اردکانی، حسین، مرادی، محمد، قائمی، هوشنگ. ۱۳۸۴، تخمین بارش به وسیله سرعت قائم و آب بارش شو، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۸، صص ۵۰-۶۵
- ۳- ارشادی، علی، خیابانی، حمید، ۱۳۸۳. کاربرد سنجش از دور در ارزیابی سیستم یکپارچه منابع آب حوضه‌های آبریز مطالعه موردی: پروژه طرح جامع مدیریت منابع آب حوضه آبریز کابل، کارگاه آموزشی کاربرد GIS و RS در آبیاری و زهکشی، صص ۱۲۹-۱۴۴.
- ۴- بیات، بردیا، زهرایی، بنفشه، تقوی، فرحناز و ناصری، محسن، ۱۳۹۰، ارزیابی روش‌های زمین آماری مکانی در تعیین الگوی فضایی بارش: تحقیق موردی حوضه آبریز دریاچه نمک، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۵، شماره ۴، صص ۸۹-۱۱۰.
- ۵- تاج‌بخش، محمد، ایزدی، عزیزا...، قهرمان، بیژن. ۱۳۸۶، محاسبه حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته (PMP₂₄) به روش هانسون (مطالعه موردی: شمال استان خراسان)، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.
- ۶- جلالی، مسعود، بلیانی، یداله. ۱۳۸۹. تحلیل هم‌دید بارش‌های ماهانه و فصلی استان فارس طی دوره آماری ۲۵۰۵-۱۹۸۲ میلادی، فضای جغرافیایی، سال نهم، شماره ۳۱، صص ۱۸۶-۱۵۹.
- ۷- حجازی‌زاده، زهرا و ته‌مینه صالحی پاک. ۱۳۸۰، برآورد حداکثر بارش محتمل در حوضه آبخیز ماملو، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت معلم، سال ۱۰، شماره ۳۵-۳۹، صص ۵۱-۸۵.

- ۸- خام‌چین مقدم، فرهاد، صدقی، حسین، کاوه، فریدون و محمد منشوری. ۱۳۸۹، پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۴، شماره ۱، صص ۱۰۶-۹۷.
- ۹- خلجی پیر بلوطی، مهدی، سپاس خواه، علیرضا. ۱۳۸۱، رسم منحنی‌های حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته با روش‌های مختلف آماری و مقایسه آن با روش سینوپتیکی برای ایران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ششم، شماره اول، صص ۱-۱۰.
- ۱۰- ذوالفقاری، مرتضی، هاشمی، محمد ناصر، مجدلی، مازیار. ۱۳۸۷، برآورد حداکثر بارش محتمل حوزه آبخیز کویر میقان (اراک) با استفاده از روش «همگراء»، سیزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، صص ۳۸۵-۳۸۹.
- ۱۱- رضائی پزند، حجت، قهرمان، بیژن ۱۳۸۷، برآورد حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته به روش چند ایستگاهی: مطالعه موردی شمال خراسان، تحقیقات منابع آب، سال دوم، شماره ۱، صص ۵۳-۴۵.
- ۱۲- شفیعی، مجتبی و بیژن قهرمان. ۱۳۸۸، بررسی تغییرات مکانی حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته در حوضه آبریز قره‌قوم، مجله آبیاری و زهکشی، شماره ۲، صص ۵۹-۵۰.
- ۱۳- شیروانی، امین، فخاری‌زاده شیرازی، الهام. ۱۳۹۳. مقایسه مقادیر مشاهداتی بارش و برآوردهای ماهواره TRMM در استان فارس، نشریه هواشناسی کشاورزی، سال دوم، شماره ۲، صص ۱-۱۵.
- ۱۴- عباسی، افسانه و جعفرپور زین‌العابدین. ۱۳۸۸، مقایسه برآورد حداکثر بارش محتمل به دو روش آماری در حوضه آبریز رودخانه کرج، نشریه جغرافیا، دوره ۳، شماره ۱۱، صص ۱۳-۳۱.
- ۱۵- عباسی، افسانه و قائمی هوشنگ. ۱۳۹۲، برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیکی در حوضه آبریز رودخانه کرج، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۳، صص ۱۴۵-۱۶۸.
- ۱۶- عزیززی، قاسم، حنفی، علی. ۱۳۸۹، برآورد حداکثر بارش محتمل (PMP) حوضه آجی چای به روش سینوپتیکی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره دوم، صص ۷۱-۵۵.
- ۱۷- علیزاده، امین. ۱۳۸۵، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ نوزدهم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
- ۱۸- علیجانی، بهلول، جعفرپور، زین‌العابدین، علی‌اکبری بیدختی، عباسعلی، مفیدی، عباس، ۱۳۸۶، تحلیل سینوپتیکی الگوهای گردشی بارش‌های موسمی جولای ۱۹۹۴ در ایران، نشریه علوم جغرافیایی، سال ۷، شماره ۱۰، صص ۷-۳۸.
- ۱۹- علیجانی، بهلول، خسروی، محمود، اسمعیل نژاد، مرتضی، ۱۳۸۹، تحلیل هم‌مدیدی بارش سنگین ششم ژانویه ۲۰۰۸ در جنوب شرق ایران. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۱، شماره ۳ و ۴، صص ۱-۱۲.
- ۲۰- غیور، حسنعلی، حلیبان، امیرحسین، صابری، بیژن، حسینعلی‌پور جزئی، فرشته، ۱۳۹۱، بررسی رابطه بارش‌های سنگین با الگوهای گردشی جو بالا (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). مجله مخاطرات محیطی، سال ۱، شماره ۲، صص ۱۱-۲۷.

- ۲۱- قادری، حیدر، علیجانی، بهلول، ۱۳۸۹. تحلیل سینوپتیکی بارش های شدید لارستان، جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۸، صص ۱۷-۳۶.
- ۲۲- مجرد، فیروز و معصوم پور جعفر ۱۳۹۲، برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیکی در استان کرمانشاه، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال چهارم، شماره ۱۳، صص ۱-۱۶.
- ۲۳- مسعودیان، ابوالفضل، محمدی، بختیار. ۱۳۸۹، تحلیل فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در زمان رخداد بارش- های ابر سنگین ایران، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان، ایران.
- ۲۴- مظفری، غلامعلی، میرموسوی، سید حسین، خسروی، یونس. ۱۳۹۱، ارزیابی روش های زمین آمار و رگرسیون خطی در تعیین توزیع مکانی بارش مورد: استان بوشهر، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۷، صص ۶۳-۷۶.
- ۲۵- معروفی، صفر. ۱۳۸۵، مقایسه حداکثر بارش محتمل با مقادیر بارش های طراحی روزانه برای دوره های بازگشت مختلف در منطقه همدان، فصلنامه نیوار، شماره ۶۲-۶۳، صص ۳۷-۴۷.
- ۲۶- ناظم السادات، محمدجعفر، قائدامینی اسدآبادی، حبیب اله ۱۳۹۰، ارزیابی تأثیر پدیده مادن جولیان (MJO) بر رخداد دوره های خشک و تر در استان فارس، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۵، شماره ۵۵، صص ۱۳-۲۵.
- 27- Ahmadi, M., Fattahi, E., & Noormohmmadi, A., 2013, Probable maximum precipitation (PMP) in the Jajroud basin of Iran using a synoptic model, IAHS-AISH publication, pp 320-327.
- 28- Bethlahmy, N., 1984, Long-term Hydrologic Events from Short-term Records, Journal of Hydrology, No. 68, pp. 141-148
- 29- Chavan, S. R., & Srinivas, V. V. (2015). Probable Maximum Precipitation Estimation for Catchments in Mahanadi River Basin. Aquatic Procedia, Vol. 4, 892-899.
- 30- Desa M, M.N., Noriah, A.B., Rakhecha, P.R., 2001, Probable maximum precipitation for 24 h duration over Southeast Asian monsoon region—Selangor, Malaysia, Atmospheric Research, Vol. 58, pp 41-54.
- 31- Desa M. M.N., Rakhecha, P.R., 2007, Probable maximum precipitation for 24-h duration over an equatorial region: Part 2-Johor, Malaysia, Atmospheric Research, Vol. 84, pp. 84-90.
- 32- Douglas, E. M., & Barros, A. P. (2003). Probable maximum precipitation estimation using multifractals: application in the Eastern United States. Journal of Hydrometeorology, Vol. 4, No 6, 1012-1024.
- 33- Eliason, J., 1997, A Statistical model for extreme precipitation, Water Resources Research, Vol. 33, No. 3, pp. 449- 455.
- 34- Hershfield, D.M., 1961, estimating the probable maximum precipitation. J. Hydraul. Div., ASCE 887(HY5), pp. 99-116.
- 35- <http://disc2.nascom.nasa.gov>
- 36- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue J.S., and Simpson, J., 1998. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, NO. 15, P. 809-817.
- 37- Rezacova, D., Pesice, P., Sokol, Z., 2005, An estimation of the probable maximum precipitation for river basins in the Czech Republic, Atmospheric Research, Vol. 77, pp. 407-421.
- 38- Tingsanchali, T., & Tanmanee, S. (2012). Assessment of hydrological safety of Mae Srui Dam, Thailand. Procedia Engineering, Vol. 32, 1198-1204.