

بررسی تغییرات زمانی - مکانی احتمال وقوع بارش با تداوم‌های مختلف در ایران^۱

زهرا ربیعی غفار^۱، حسین عساکره*^۲، یونس خسروی^۳

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۲. استادگروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۳. دانشیار علوم محیط زیست، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2024.24732.1245

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۱۲

چکیده

بارش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی در ایران با الگوهای زمانی - مکانی پیچیده‌ای مشخص می‌شود. در این تحقیق به منظور بررسی یکی از این جنبه‌های پیچیده، تغییرات احتمالی بارش ایران، احتمال و روند تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از پایگاه داده اسفزاری نسخه سوم (حاصل میان‌یابی داده‌های بارش روزانه ۲۱۸۸ ایستگاه همدید، اقلیمی و بارانسنجی سازمان هواشناسی به مدت ۴۶ سال، ۱۳۴۹-۱۳۹۴) استفاده شد. ابتدا به منظور بررسی تغییرات بارش، احتمال وقوع و تعداد روزهای بارانی در ارتباط با عوامل مکانی (طول، عرض و ارتفاع) از الگوی رگرسیون خطی استفاده شد. سپس به منظور بررسی تداوم، روزبارانی (روزی که بارش آن از میانگین بارش آن روز در هر پیکسل نقشه بیشتر باشد) مشخص شد. براساس روش مارکوف احتمال وقوع روزهای بارانی و احتمال تداوم بارش ۱ تا ۷ روزه محاسبه و نقشه کلی آن برای ایران ترسیم شد. نتایج بررسی وقوع احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه حاکی از آن بود که احتمال وقوع بارش‌هایی با تداوم ۱ روزه برای اکثر مناطق ایران بیش از سایر تداوم‌های بارش بود. باوجود این که جنوب غربی دریای خزر دارای بیشترین بارش سالانه و روزانه ایران بود، احتمال رخداد تداوم بارش یک روزه (بیش از ۱۰ درصد) در سواحل شرقی دریای خزر بیشتر بود. با توجه به اینکه قسمت جنوب غربی خزر دارای بیشترین بارش سالانه و روزانه در ایران می‌باشد. در تداوم‌های بالاتر اگرچه احتمال وقوع بارش برای کل ایران وجود داشت، اما بیشترین احتمال رخداد بارش در سواحل خزر دیده شد. در روند احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش بیشترین درصد تغییرات مربوط به سواحل شمالی و محدوده شمال غرب ایران و همچنین مناطقی از جنوب شرق ایران (سیستان و بلوچستان و هرمزگان) بود.

واژگان کلیدی: روز بارانی، تداوم، احتمال وقوع، روند، ایران.

نکات برجسته:

- احتمال رخداد و تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش بر ایران براساس احتمالات مارکوفی، به‌عنوان روش احتمالاتی متناسب با بررسی‌های اقلیمی بررسی شد.
- احتمال رخداد و تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش اگرچه بیشتر مربوط به سواحل خزر است، اما هم در این ناحیه و هم در شمال غرب و مناطقی از جنوب شرق ایران تغییراتی در این رویدادها رخ داده است.

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان بررسی تغییرات زمانی - مکانی احتمال وقوع بارش با تداوم‌های مختلف در ایران می‌باشد که در دانشگاه زنجان به وسیله نویسنده نخست با راهنمایی نویسنده دوم دفاع شده است.

*نویسنده مسئول: asakereh@znu.ac.ir

۱. مقدمه

اقلیم دستگاه بسیار بزرگی است که خود از اندرکنش میان چندین دستگاه بزرگ دیگر (هواسپهر، آب سپهر، یخ سپهر، سنگ سپهر و زیست سپهر) پدید می‌آید (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱). پیوستگی اجزای این دستگاه با واسطه‌های مختلفی رخ می‌دهد؛ در نتیجه و به دلیل زمان واکنش متفاوت اجزا این دستگاه، سرعت و پویایی آن در زمان و مکان متفاوت است. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که هم عوامل تغییرزا و هم نتایج تغییراقلیم، حاوی وردایی زمانی و تنوع مکانی باشد (عساکره و ترکرانی، ۱۳۹۹). تغییر اقلیم به تغییرات معنی‌دار آماری در میانگین‌های اقلیمی یا تغییرپذیری آن برای دوره‌های طولانی مدت (دهه‌ای یا بیشتر)، اشاره دارد که این تغییرات به علت رخدادهای طبیعی یا تداوم تغییرات ناشی از فعالیت‌های بشر در ترکیب‌های جوی و یا کاربری زمین می‌باشد (IPCC, 2007). تغییر اقلیم از طریق ردیابی مشخصاتی نظیر کمیت و الگوی زمانی و مکانی عناصر اقلیمی نظیر بارش قابل مطالعه است (رودباری و همکاران، ۱۳۹۵). برخی از تغییرات اقلیمی توسط قوانین احتمالاتی قابل آشکارسازی و ردیابی هستند. اگرچه قوانین احتمالاتی کلاسیک در این زمینه بسیار مفید هستند، اما احتمالات مارکوفی قادرند تصویری روشن‌تر از احتمال رویدادهای اقلیمی و تغییرات آنها ارائه دهند (عساکره، ۱۳۸۷). یکی از شرایط جوی که اقلیم را شکل می‌دهد و خود نیز تحت تأثیر اقلیم است «عنصر بارش» است. بارش پدیده اقلیمی است که به دلیل پیوند با اجزای مختلف دستگاه اقلیم، رفتار پیچیده‌ای دارد. بارش سرکش‌ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک و از آن جمله ایران است. تفاوت‌های بسیار زیاد مکانی بارش در ایران از یک سو به طبیعت رفتار مکانی بارش باز می‌گردد که اساساً متغیری سرکش است و تغییرات مکانی شدیدی از خود نشان می‌دهد. از سوی دیگر تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران سبب شده است تا در هر منطقه از ایران، مقدار ریزش‌های جوی و زمان بارش متفاوت باشد. علاوه بر تفاوت مکانی، با توجه به اینکه ایران در منطقه‌ای خشک واقع شده است، تغییرات زمانی بارش نیز در آن بسیار زیاد می‌باشد (مسعودیان، ۱۳۹۰). با توجه به این که بارش‌های ایران دارای تغییرپذیری بالایی هستند (عساکره و همکاران، ۱۳۹۹)، مطالعه و شناخت رفتارها و احتمال وقوع یا عدم وقوع بارش می‌تواند توان مدیریت منابع آب را بهبود بخشد (خورشید دوست و فخاری، ۱۳۹۵). از این رو پژوهش حاضر احتمال وقوع تداوم‌های مختلف روزهای بارانی و روند آن طی دوره آماری ۱۳۴۹-۱۳۹۴ را در معرض توجه قرار خواهد داد. بدین ترتیب این دانسته‌ها به لحاظ مدیریت و برنامه ریزی مبتنی بر منابع آب حاصل از بارش از اهمیت شایان توجهی برخوردار است.

۲. مبانی نظری

بارش پدیده حاصل از اندرکنش‌های پیچیده جو است که نسبت به پدیده‌های اقلیمی دیگر از پیچیده‌گی رفتاری چشم‌گیرتری برخوردار است (محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۹). پیچیدگی‌های بارش در ایران که در توزیع زمانی - مکانی ناپیکنواخت آن جلوه می‌کند، عمدتاً تحت تأثیر موقعیت جغرافیایی این سرزمین پهناور بوده است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۳). متنوع بودن سامانه‌های بارشی، به گونه‌ای برجسته و گسترده تغییرپذیری به لحاظ مکانی و زمانی بارش را در طول سال موجب شده است (سبزی پرور و همکاران، ۲۰۱۵). یکی از رفتارهای بارش که طی دهه‌های گذشته تحت تأثیر تغییر اقلیم نمایان‌تر شده است، تغییر در مقدار، زمان و تداوم بارش است (Pendergrass and Hartmann, 2014; O’Gorman and Schneider, 2015; Innocenti et al, 2019; Safavi et al, 2019; Basumatary and Sil, 2018; al, 2017). تداوم یکی از با اهمیت‌ترین جنبه‌های بارش در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران به حساب می‌آید بارش در نواحی مختلف به دلایل متعدد با تداوم‌های مختلف روی می‌دهد (Richman and Lam, 1985; Mishra et al, 2009; Liji et al, 2010; Mirza et al, 2013; Ratan and Venugopal, 2013; Yang and Fu, 2019; Donia and Asraa, 2020).

این رفتار بارش در شرایط مختلف، اثرات متفاوتی بر محیط برجای می‌گذارد. بارش و تداوم آن در هر قلمرو جغرافیایی دارای اهمیت متفاوتی است. هر چند تداوم بارش به همراه شدت آن در اقلیم‌های پربارش چندان خوشایند نمی‌باشند. اما، بدون در نظر گرفتن شدت، تداوم به همراه گستره آن برای اقلیم‌های کم بارش و به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک، بسیار خوشایند و مطلوب است (نظری پور، ۱۳۹۰).

دانسته‌ها درباره تداوم، مقدار و فراوانی رویدادهایی نظیر بارش - خشکی برای طراحی ساختارهای حمل آب و حفاظت (زیرساخت‌های آب شهری نظیر فاضلاب، کانال و) از خطر سیلاب، تعیین ظرفیت آب گذری کانال‌ها، ظرفیت ایستگاه‌های

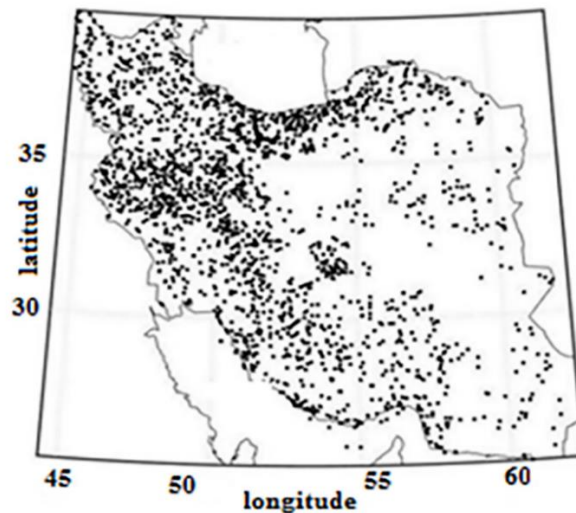
پمپاژ... و نیز به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی ضروری است (عساکره، ۱۳۹۲). با توجه به تغییرات رفتار بارش و ویژگی‌های آن طی سال‌های اخیر که منجر به مخاطراتی از قبیل سیل و خشکسالی گردیده است، اهمیت مطالعه ویژگی‌های رفتاری بارش (تداوم) افزون می‌شود.

۳. پیشینه پژوهش

شناخت تداوم‌های بارش هر مکان به همراه سایر ویژگی‌های آن، در تأمین روزهای بارشی و مقدار بارش نواحی حائز اهمیت فراوان است (نظری پور، ۱۳۹۱). تنوع منشاء بارش در نقاط گوناگون ایران و تغییرات زمانی و مکانی سازوکارهای باران‌زا به همراه عوامل اقلیمی (نظیر ناهمواری‌ها، عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به منابع رطوبت) باعث می‌شود تا رفتار (مانند تداوم و شدت) بارش نیز از تغییرات زمانی و مکانی (الگوی جغرافیایی) پیروی کند (نظری پور، ۱۳۹۱). برای مثال: قلی زاده و حمیدی (۱۳۹۹) کاهش تداوم بارش در ماه‌های پربارش و افزایش آن در ماه‌های خشک استان کردستان را تأیید کرده است. در مطالعه عساکره و اشرفی (۲۰۲۳) نشان داده شده است که فراوانی توالی‌های کوتاه مدت به‌ویژه توالی‌های ۲ روزه در بخش‌های وسیعی از کشور روند افزایشی و توالی بلندمدت در بسیار از نواحی کشور روند کاهشی داشته است. طبق پژوهش نظری پور و همکاران (۱۳۹۱؛ ۱۳۹۰) طی بازه زمانی ۱۳۴۰-۱۳۸۳ در یک چهارم از گستره ایران از سهم بارش‌های یک روزه در تأمین روزهای بارشی کاسته شده و فقط در ۳ درصد از گستره ایران بر سهم آن‌ها افزوده شده است. از طرف دیگر، ارزیابی تغییرات ماهانه سهم بارش‌های یک روزه در تأمین بارش ایران نشان می‌دهد که گستره روند منفی آنها در ماه‌های بارانی سال بزرگ‌تر از گستره روند مثبت آنها است. از این رو سهم بارش در مرکز و شرق با افزایش تداوم بارش به شدت کاهش می‌یابد، اما در غرب و شمال غرب ایران این شرایط برعکس می‌باشد. در برخی مناطق پربارش نیمه غربی و شمالی ایران، افزایش تداوم بارش با افزایش سهم آن در تأمین بارش همسو بوده است. در بررسی دیگر از دارند (۱۳۹۷) در استان کردستان بارش‌های یک و دو روزه بیشترین تکرار روزهای بارشی و بیشترین درصد مشارکت در تأمین مقدار بارش دریافتی نیمه کم‌بارش (شرق) استان را برعهده دارند و در نیمه غربی استان، تداوم بارش‌های طولانی (۴ الی ۹ روزه) درصد مشارکت زیادی در تأمین مقدار کل بارش و بسامد رخداد روزهای بارشی دارند. علیجانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز بیشترین فراوانی تداوم دو روزه، سه روزه و چهار روزه بارش ایران را طی دوره سرد سال مربوط به ایستگاه انزلی و کم‌ترین این تداوم‌ها را به قسمت اعظمی از نواحی مرکزی و جنوبی ایران مربوط می‌داند. تداوم بارش در اقلیم‌های مختلف تحت تاثیر سامانه‌های همدید و عوامل دیگر متنوع است (Williams and Nottage, 2006; Francis and Sulochana, 2006; Lee et al, 2008; Liji et al, 2010).

۴. روش پژوهش

در این پژوهش از داده‌های شبکه‌ای پایگاه اسفزاری ویرایش نسخه سوم به وسیله مسعودیان (۱۳۹۸) طراحی شده، استفاده شد. شبکه داده‌های اسفزاری از حدود ۲۱۸۸ ایستگاه وابسته به سازمان هواشناسی کشور به‌دست آمده‌اند. این داده‌ها براساس روش‌های زمین آمار معتبر کریجینگ میان یابی شده‌اند. با توجه به مطالعات گسترده‌ای که پیش از این در زمینه ارزیابی انواع روش‌های میان‌یابی برای تهیه نقشه‌های هم‌بارش ایران انجام گرفته است (عساکره، ۱۳۸۷: ۴۲-۲۵؛ مسعودیان و دیگران، ۱۳۹۳: ۳۱-۱۵)، روش میان‌یابی کریجینگ همگانی با مدل نیم‌پراش خطی برای میان‌یابی برگزیده شد. در میان روش‌های مختلف زمین آمار، روش کریجینگ به شرط برخورداری از صلاحیت‌های اولیه، نظیر پراکنش نامنظم ایستگاه‌ها، می‌تواند میانگین موزون بهینه از یک پهنه ارائه دهد. نسخه‌های مختلف پایگاه داده اسفزاری در مطالعات پرشمار ملی عساکره و همکاران (۱۳۹۹؛ ۱۴۰۰) و بین‌المللی (Nasrabadi et al, 2013; Sabziparvar et al, 2015; Asakereh et al, 2018; Asakereh et al, 2022a, b, c; Asakereh and Ashraf, 2023) استفاده شده‌اند. داده‌های شبکه‌ای روزانه ایران که از این پایگاه برداشت شده دارای تفکیک زمانی روزانه و از ۱۳۴۹/۱/۱ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ (۴۶ سال و معادل ۱۶۸۰۱ روز) است. تفکیک مکانی داده‌ها ۱۰ کیلومتر است که در سیستم تصویر لامبرت مخروطی نگاشته شده‌اند.



شکل ۱. پراکنش ایستگاه های به کار رفته در ایجاد پایگاه داده ای بارش اسفزاری نسخه سوم

با توجه به مختصات یاد شده سراسر ایران با ۱۶۲۰۳ یاخته پوشیده می شود. ابعاد نهایی پایگاه داده ۱۶۸۰۱×۲۰۵×۱۶۷ (تعداد روز × طول جغرافیایی × عرض جغرافیایی) به دست آمد. پراکنش مکانی ایستگاه های مورد مطالعه در این میان یابی در شکل ۱ ارائه شده است. با استفاده از این پایگاه داده می توان تغییرات مشخصه بارش ایران را مورد بررسی قرار داد. برای اجرای فرآیند پژوهش سه مرحله بر اساس پایگاه داده یاد شده در بالا انجام گرفت. این مراحل در ذیل بیان شده اند:

۱- ابتدا برای کل دوره میانگین بارش (۱۳۹۴-۱۳۴۹) محاسبه و آماره مکانی بارش سالانه برای این دوره محاسبه شد. به منظور بررسی روابط متقابل بین بارش سالانه با عوامل مکانی (طول، عرض و ارتفاع) از همبستگی خطی ساده به عنوان روش بهینه برآورد روابط عساکره و همکاران (۱۴۰۰) استفاده شد. همچنین به منظور بررسی و تفکیک سهم عوامل مکانی (طول، عرض و ارتفاع) در ارتباط با بارش سالانه از الگوی رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد.

۲- در گام بعد میانگین شمار روزهای بارندگی طی دوره آماری (۱۳۴۹-۱۳۹۴) محاسبه و نقشه آن ترسیم شد. روز بارانی برای هر نقطه روزی تعریف شده است که بارش آن روز بیش از متوسط بارندگی در همان نقطه باشد. بدین ترتیب هر پیکسل بر روی نقشه نسبت به شرایط نرمال خود (میانگین دراز مدت) مقایسه شده است. علاوه بر این، با انتخاب این معیار تمامی ایران به لحاظ روز بارانی پوشش داده خواهد شد. سپس برای به دست آوردن نقشه های متوسط شدت بارش (میلی متر در روز)، طی همین دوره، مجموع بارش سالانه به روزهای بارندگی تقسیم و نقشه آن ترسیم شد. در این قسمت نیز رابطه تعداد روزهای بارندگی و متوسط شدت بارش با عوامل مکانی (طول، عرض و ارتفاع) از طریق الگوی رگرسیون چند متغیره سنجیده شد. در این مرحله پس از بررسی انواع رگرسیون و احراز شایستگی مدل و به پیروی از اصل امساک (ساده ترین شرح که بتواند به توضیح اطلاعات علمی که در دسترس می باشد بپردازد بر سایر توضیحات پیچیده تر برتری دارد) بهترین الگوی رگرسیون انتخاب شد. نتایج نشان داد که رگرسیون چند متغیره معمولی (کمینه مربعات خطا) از میان مدل های بررسی شده به عنوان مدل بهینه در بیان روابط مکانی بارش تلقی شد. رگرسیون چند متغیره از طریق مشارکت دو یا چند متغیره مستقل، پراش متغیره وابسته را تبیین می کند. اگر k متغیره مستقل برای توجیه y_i در معادله استفاده شود، معادله رگرسیون چند متغیره به صورت زیر خواهد بود (عساکره، ۱۳۹۰)

$$Y_i = a + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_k x_{ik} + e_i$$

بر اساس این مدل با تعمیم ایده بر بارش، می توان ادعان داشت که متغیره پاسخ y ، که در اینجا بارش می باشد، ممکن است به K عامل اقلیمی دیگر بستگی داشته باشد. در این پژوهش سعی می شود پراش رفتار متغیره وابسته (شامل بارش سالانه، تعداد روز بارانی، متوسط شدت باران و احتمال مارکوفی روز بارانی) به وسیله رابطه با سایر متغیره ها که در این پژوهش فراسنج های مکانی نامیده شده اند، برآورد شود.

۳- در این پژوهش احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه بررسی شد. تداوم به معنای استمرار یک رویداد در یک بازه زمانی معین است. منظور از تداوم بارش در یک مکان، فراوانی روزهای متوالی بارشی است. بنابراین روز بارشی اساس بررسی تداوم بارش است. روز

بارشی نیز طبق تعریف فرهنگ واژگان انجمن هواشناسی آمریکا دوره ای ۲۴ ساعته است که در آن بارشی حداقل یک میلی متر رخ دهد (Dictionary of the American Meteorological Society, 2000). قابل ذکر است که معیارهای گوناگونی برای آستانه‌های روز بارشی ارائه شده و همچنین در برخی منابع یک روز بارانی نشان‌دهنده روزی با حداقل یک میلی متر بارش در نظر گرفته شده است (et 2021; Kutiel et al, 2020; Florian and Vaittinada Ayar and Mailhot, 2021; Abhijit and Basavaraj, and Diedhiou, 2017 and Arona, 2018; Froidurot al, 2019; Adeline

پژوهشگرانی که در تحقیق خود آستانه‌های متنوعی (۰/۱، ۰/۵، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی متر) استفاده نمودند (Coscarelli, Caloiero and 2020; Hengchun and Eric, 2019; Tommaso Caloiero et al, 2015; Parmendra et al, 2014; Ratan and Venugopal, 2013). روزی که بارش آن روز از میانگین بارش در هر پیکسل بیشتر باشد به عنوان روز بارانی اطلاق شد. سپس بر اساس روش مارکوف احتمال وقوع روزهای بارانی و احتمال تداوم بارش ۱ تا ۷ روزه بارش برای کل ایران محاسبه و نقشه کلی آن برای ایران ترسیم شد. مطالعات پیشین (عساکره، ۱۳۸۷ و عساکره و مازینی، ۱۳۸۹) نشان داده است که از منظر اقلیم‌شناسی، قوانین احتمالات مارکوفی در قیاس با قوانین احتمالات کلاسیک، تبیین دقیق‌تری از رویدادها و تغییرات آنها ارائه می‌کند.

طبق نظر کاویانی و علیجانی (۱۳۸۸) سامانه‌های همدیدی مولد بارش به طور متوسط و در مقیاس اقلیم شناختی حدود ۷ روز تداوم دارند. از آن جا که در مطالعه حاضر هدف ارائه وضعیت اقلیم شناختی (شرایط معمول) تداوم‌ها و نیز فراگیری آنها در ارتباط با سامانه‌های همدید مورد نظر بود، تداوم‌ها تا ۷ روز اختیار شد.

روش زنجیره مارکوف یک نوع احتمال شرطی است که احتمال رخداد رویدادها را براساس فراوانی رخدادهای پیشین و پسین بیان می‌دارد (عساکره و ترکارانی، ۱۳۹۹: ۱۲۲). زنجیره گویای این واقعیت است که هر برآمد به t رویداد قبل از خودش وابسته می‌باشد و به رویدادهای ماقبل دیگر مربوط نمی‌شود. در واقع در این رویه احتمال وقوع یک حالت اقلیمی در زمان t به وضعیت آن در زمان قبل یعنی $t-1$ بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۸۵: ۲۸۴-۲۸۵). در تحقیق حاضر به منظور مطالعه احتمالاتی روز بارانی براساس زنجیره مارکوف مراحل زیر انجام گرفت: ابتدا داده‌های بارش روزانه به صورت زنجیره مارکوفی و بر حسب آستانه صفر و یک مرتب شدند. بدین ترتیب دو حالت بدون بارش D و توأم با بارش W مشخص شد. سپس در مرحله بعد فراوانی وقوع هر یک از حالات دوگانه و تغییر حالات از D به W محاسبه گردید تا بر اساس آن‌ها محاسبه ماتریس احتمال تغییر حالت به دست آید. ماتریس فراوانی دو حالتی در زیر نشان داده شده است. در این ماتریس D نشان دهنده وقوع خشکسالی و W نشانگر عدم وقوع خشکسالی است.

$$F = \frac{D}{W} \begin{bmatrix} n_{11} & n_{10} \\ n_{01} & n_{00} \end{bmatrix}$$

با توجه به ماتریس فراوانی بالا می‌توان چنین استنباط نمود که تغییر وضعیت از خشکی به خشکی (D با D) و تغییر خشکی به شرایط مرطوب (D با W) را با n_{10} تغییر شرایط مرطوب به خشکی (W با D) و تغییر شرایط مرطوب به مرطوب (W با W) را با n_{00} نشان می‌دهد. شیوه‌های برآورد ماتریس احتمال به طرز تفکر - هدف پژوهشگر بستگی دارد و شامل روش‌های بیزی، کم‌ترین توان دوم خطا^۱ (LSE)، برآورد بیزی تجربی^۲ و حداکثر (بیشینه) درست‌نمایی^۳ است (عساکره، ۱۳۸۷). در این پژوهش به منظور دستیابی به دقیق‌ترین روش برآورد احتمال، از فرایند آزمون و خطا استفاده شد. دستاورد این فرایند با یافته‌های حاصل از مطالعات پیشین (عساکره، ۱۳۸۷ و عساکره و مازینی، ۱۳۸۹) هماهنگی داشت. از این رو روش بیشینه درست‌نمایی به کار گرفته شده است. در این روش فراوانی نسبی را به عنوان برآوردی از ارزش احتمال در نظر می‌گیرند. برای مثال هرگاه طول دوره آماری n ساله را داشته باشیم و رویدادی معین m بار رخ دهد، آن‌گاه احتمال (فراوانی نسبی) با $\frac{m}{n}$ محاسبه می‌شود. این احتمال غالباً با p نشان داده می‌شود. آرایه این ماتریس بیانگر احتمال تغییر وضعیت از یک حالت به حالت دیگر

¹ - Bayes

² - Least Squares Error

³ - Empirical Bayes

⁴ - Maximum Likelihood

می‌باشد. این ماتریس یک ماتریس تصادفی است. زیرا هیچ یک از درایه‌های آن منفی نیست و مجموع درایه‌های در هر ردیف برابر یک است.

$$P = \frac{D}{W} \begin{bmatrix} p_{11} & p_{10} \\ p_{01} & p_{00} \end{bmatrix}$$

شایان توضیح است که همه توان‌های ماتریس احتمال (P^k) نیز ماتریس تصادفی خواهند بود. همچنین از یک مقدار به بعد با افزایش k هیچ تغییری در ماتریس احتمال ایجاد نمی‌شود و مقادیر ردیف‌های متناظر در ماتریس یکسان و برابر خواهند بود. در این حالت گفته می‌شود که ماتریس به ایستایی (پایایی) رسیده است. این ماتریس احتمال وقوع را ماتریس ایستا (پایا) گویند (عساکره، ۱۳۸۷). در ماتریس پایا تنها دو مقدار، احتمال وقوع و احتمال عدم وقوع باقی می‌ماند. در تحقیق حاضر، احتمال وقوع ارائه شده است. در نهایت به منظور بدست آوردن روند احتمال وقوع تداوم بارش ۱ تا ۷ روزه بارش از روند رگرسیون خطی بهره گرفته شد. روند براساس روش‌های پارامتری معرفی شده توسط (عساکره ۱۳۸۶: ۱۰-۱۱) برآورد شد.

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

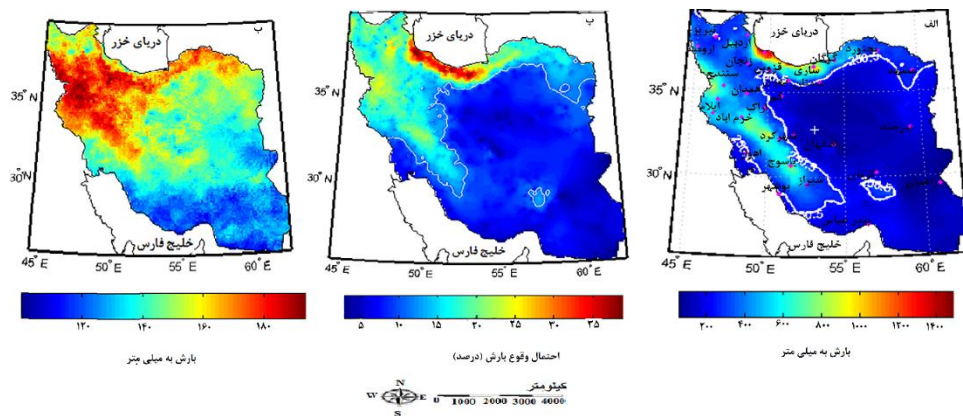
۵.۱. مشخصات بارش سالانه ایران

شکل ۲ توزیع مکانی بارش سالانه ایران را نشان می‌دهد. در جدول ۱ ویژگی‌های آماری، همبستگی متغیرهای مکانی با بارش و رگرسیون چند متغیره بارش سالانه براساس متغیرهای مکانی ارائه شده است. همان‌گونه که می‌توان دید، مقدار بارندگی سالانه از غرب به شرق و از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. زیرا طبق نظر علیجانی (۱۳۸۸) بیش‌ترین مقدار بارندگی در محل ورود بادهای غربی به داخل ایران و در دامنه بادگیر موانع کوهستانی قرار دارد. ضریب همبستگی بین بارش و عرض جغرافیایی (۰/۳۸) تغییرات بارش در امتداد عرض جغرافیایی را توجیه می‌کند، اما همبستگی قوی‌تر بین بارش و طول جغرافیایی (۰/۵۹-) بر نقش منابع رطوبتی غرب ایران، نظیر دریای مدیترانه و دریای سرخ گواهی می‌دهد و بر کاهش غرب به شرق بارش ایران دلالت دارد. ایران سرزمینی ناهموار و دامنه تغییرات ارتفاع در آن بسیار زیاد است. در این میان، همان‌گونه که مسعودیان (۱۳۹۰) نشان داد، می‌توان به نقش رشته‌کوه‌های زاگرس و البرز اشاره کرد که آرایش مکانی بارش را تعیین می‌کنند. به دلیل تمرکز ارتفاعات در نواحی غربی و شمالی ایران ضریب همبستگی بین بارش و ارتفاع در حدود ۰/۲۶۱ و نشان از مقدار همبستگی کم (اثر ناحیه‌ای ارتفاعات بر بارش ایران) است. کاویانی (۱۳۷۲) بر این باور است که تغییرات مکانی بارش ایران با ناهمواری‌ها هماهنگی نسبی خوبی دارد. انحراف معیار مکانی بارش حدود ۱۷۰/۵ میلی‌متر است که بیان‌گر تفاوت مکانی بسیار زیاد بارش ایران است. به طوری اختلاف بین کم‌باران‌ترین مناطق ایران (حوضه‌های داخلی کویر لوت و دشت کویر) و پر باران‌ترین نواحی (سواحل خزر) کاملاً چشمگیر بوده است. علیجانی (۱۳۸۸) این ویژگی را به نقش کانون‌های رطوبتی نسبت می‌دهد (علیجانی، ۱۳۸۸). ضریب چولگی حدود ۱/۷ است بیان‌گر این واقعیت است که توزیع مکانی بارش چوله به چپ بوده و گویای مساحت بسیار کم مناطق پر بارش است. ۶۳/۱ درصد از وسعت ایران بارش کم‌تر از میانگین و ۳۶/۹ درصد نیز بارش بیشتر از میانگین دریافت می‌کنند. آماره ضریب کشیدگی ۸/۴ مثبت است که نشان دهنده تغییرپذیری مکانی زیاد بارش در قیاس با توزیع مکانی متقارن است. بنابراین تمرکز مکانی بارش زیاد است.

با توجه به مقادیر جدول (۱) می‌توان دریافت اگر ارتفاع و طول جغرافیایی ثابت باشد، به‌ازای هر درجه افزایش عرض جغرافیایی میزان بارش حدود ۴/۰۲ میلی‌متر افزایش می‌یابد و اگر طول و عرض جغرافیایی ثابت باشد، به‌ازای هر متر افزایش ارتفاع بارش ۰/۰۱ میلی‌متر افزایش می‌یابد. توجه کنید که این مقدار یک میانگین از تغییر بارش به‌ازای ارتفاع است. زیرا چنان که علیجانی (۱۳۷۴) نشان داد، بارش در دامنه‌های شمالی البرز با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد (برای مثال بارش میزان بارش سالانه در انزلی بیش از رودبار است). علاوه بر این، دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز و نیز دامنه‌های شرقی - غربی زاگرس نیز به لحاظ تغییرات ارتفاعی بارش باهم تفاوت دارند. به‌عنوان مثال اثر بارشی در دامنه‌های غربی زاگرس بسیار نمایان است. پس اگر کل ایران را به صورت میانگین در نظر بگیریم، اینها یکدیگر را خنثی می‌کنند. بنابراین مقدار ۰/۰۱ میلی‌متر به‌ازای یک متر ارتفاع

گویای غلبه نقش ارتفاعات در افزایش بارش ایران است، این دانسته‌ها ضمن ارائه نقش متغیرهای مکانی، شرایط الگوسازی فضایی را برای مطالعات بعدی مهیا می‌سازد. همچنین نقش عوامل کنترل کننده و واداشتهای بارشی را منعکس می‌سازد. اگرچه نقش طول و عرض جغرافیایی (به‌ازای هر واحد تغییر در هر درجه) از ارتفاع بیشتر به نظر می‌آید (واقعیتی که حاصل تأثیر کمتر پرفشار جنب حاره و اثر بیشتر چرخندهای عرض‌های میانه است)، اما تغییرات ارتفاع و نیز جهت‌گیری آن در مقیاس ناحیه‌ای بیشتر از دو عامل دیگر بوده و می‌تواند تغییرات مکانی بیشتری برای بارش به‌همراه داشته باشد (عساکره و همکاران، ۱۴۰۰). در نهایت براساس داده‌های جدول ۱ با شرط ثابت بودن عرض جغرافیایی و ارتفاع، با افزایش هر درجه طول جغرافیایی حدود ۱۵/۲۰ میلی‌متر از مقدار بارش کاسته می‌شود. بنابراین عرض جغرافیایی و ارتفاع رابطه مستقیم با میزان بارش دارند، در حالی که طول جغرافیایی نقش برجسته‌ای در تغییرات سالانه بارش ایفا می‌کند. البته این نقش به صورت منفی ظاهر شده است؛ یعنی با افزایش طول جغرافیایی مقدار بارش کم‌تر شده است (از غرب به شرق میزان بارش کم می‌شود).

شکل (۲ ب) احتمال مارکوفی روزهای بارانی طی دوره مورد بررسی را نشان می‌دهد. ایران از نظر پراکندگی مکانی بارش از تنوع بالایی برخوردار است. این تنوع به دلیل تعدد سازوکارهای صعود و منابع رطوبتی تأمین کننده بارش در قسمت‌های مختلف ایران، حتی در نواحی مختلف با بارندگی به نسبت مساوی (علیچانی، ۱۳۸۸)، است. قسمت‌های بیشتری از ایران از بارندگی کم برخوردار است. با توجه به شکل (۲ ب) می‌توان دریافت که در نواحی از مرکز، جنوب شرقی و سواحل جنوبی ایران (سیستان و بلوچستان، جنوب هرمزگان، یزد و کرمان) احتمال ۵ درصد وقوع روزهای بارانی وجود دارد. بنابراین ریزش‌های جوی با توجه به نقشه میانگین سالانه به کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر می‌رسد. خشکی بخش وسیعی از مناطق مرکزی ایران به دلیل واقع شدن در دامنه بادپناه و دوری از منابع رطوبتی بیان شده است (ستوده و همکاران، ۱۳۹۷). در سواحل جنوبی نیز وجود سامانه‌های پرفشار مانعی برای شکل‌گیری بارش می‌باشد. طبق شکل سواحل شمالی ایران، با مساحت ناچیز، به دلیل برخوردار شدن از رطوبت فراوان و قرار گرفتن در مسیر بادهای غربی بارش بیشتر را دریافت می‌کنند. در این محدوده احتمال وقوع روزهای بارانی به بالاترین مقدار یعنی بیش از ۳۵ درصد رسیده است. طبق شکل (۲ الف) این ناحیه بیشترین مقدار میانگین سالانه بارش را دریافت می‌دارد. طبق نظر علیچانی (۱۳۸۸) در بخش جنوب‌غربی دریای خزر علاوه بر ورود بادهای غربی و چرخندهای مدیترانه‌ای، بادهای شرقی و شمال شرقی نیز با گذر از مسیری طولانی از روی دریا خزر، در این ناحیه به‌ویژه انزلی سازوکارها همرفت وزشی و در نهایت بارش را مهیا می‌سازند. از این رو یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین روزهای بارانی در سواحل شمالی ایران متمرکز شده است. میانگین بارش سالانه نشان داد، بیشینه بارش سالانه بعد از سواحل دریای خزر در دامنه بادگیر زاگرس شمالی و زاگرس مرکزی قرار دارد. بیشینه احتمال وقوع در این نواحی منطبق بر قله‌ها (بین ۲۵ - ۲۰ درصد) بود. کمترین روزهای بارانی نیز در مناطق مرکزی، شرقی و جنوب شرقی وجود دارد. در مناطق وسیعی از نواحی ذکر شده، احتمال وقوع روزهای بارانی ۵ درصد و در برخی نواحی کمتر از این مقدار است. احتمال وقوع روزهای بارانی نیز مانند بارش‌های سالانه از شرق به غرب و از جنوب به شمال روند افزایشی دارد.



شکل ۲. الف مجموع سالانه بارش. ب احتمال مارکوفی روز بارانی. پ تعداد روز بارانی طی دهه ۱۳۴۹-۱۳۹۴

گفت میانگین شمار روزهای بارانی نواحی مرکزی و جنوب شرقی ایران کم تر از مناطق شمال و شمال غرب ایران است. نتایج مطالعه (رضیئی و همکاران، ۲۰۰۵؛ عزیزی و روشنی، ۲۰۰۸) گویای تفاوت آشکار در شمار روزهای بارانی سالانه و مقدار میانگین بارش این دو ناحیه از کشور است. علاوه بر این در مناطقی که میانگین بارش بالا است، احتمال وقوع بارش نیز بیشتر است. از این رو شمار روزهای بارانی در این مناطق بیشتر بوده است. رابطه احتمال رخداد بارش با میزان بارش، عرض جغرافیایی و ارتفاع مستقیم و با طول جغرافیایی معکوسی است.

جدول ۲. همبستگی و رگرسیون چند متغیره تعداد روزبارانی و احتمال وقوع بارانی با عوامل مکانی طی دوره آماری ۱۳۴۹-۱۳۹۴

پارامتر	ضریب همبستگی		
	طول	عرض	ارتفاع
تعداد روز بارانی	-۰/۵۹	۰/۳۵	۰/۱۱۲
احتمال وقوع روز بارانی	-۰/۶۸۲	۰/۶۶۱	۰/۲۸۱

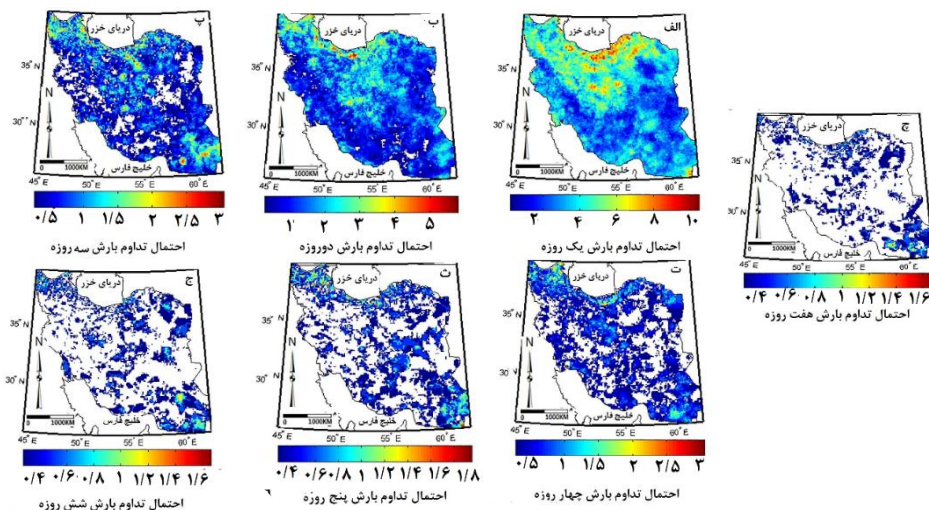
۵.۲. احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش

شکل ۳ توزیع مکانی احتمال تداوم بارش ۱ تا ۷ روزه را در طی دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۱۶ نشان می دهد. با توجه به نقشه های به دست آمده احتمال تداوم بیش از ۷ روزه بارشی و سعت مناطقی که بارش دریافت می کنند به کمترین و سعت خود رسیده است. این وضعیت را می توان به نقش عوامل محلی، نظیر ناهمواری ها، در تکوین کم گستره بارش های پرتداوم نسبت داد. از این رو کاهش وسعت و ناپیوستگی مکانی از ویژگی های این نوع بارش ها است؛ احتمال وقوع بارش با تداوم ۴ روز و بیش تر از ۴ روز در سراسر ایران بسیار ناچیز است. با اینکه احتمال وقوع بارش هایی با تداوم ۱ روزه برای اکثر مناطق ایران بیش از سایر تداوم های بارشی است، اما تنها برای نیمی از گستره ایران احتمال وقوع بارش با تداوم یک روزه وجود دارد. کاهش احتمال وقوع تداوم های بالا (بیش از ۱) در گستره ای مانند ایران، به عنوان گستره ای خشک با میانگین تعداد روزهای بارانی ۵۲ روز (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷)، دور از انتظار نیست. مطالعه (عساکره و اشرفی ۲۰۲۳: نظری پور و همکاران، ۱۳۹۰) نیز نشان داد تداوم های یک روزه بارش بیشترین فراوانی رخداد را در میان تداوم های بارش کشور دارند.

طبق شکل ۳ الف توزیع مکانی احتمال بارش با تداوم ۱ روزه در بخش شمالی کشور از شمال غرب به سمت شمال شرق و در محدوده کوچکی از ایران مرکزی (مرکز و جنوب شرق سیستان و بلوچستان) دیده می شود. بیشترین احتمال رخداد تداوم بارش یک روزه (بیش از ۱۰ درصد) در سواحل شرقی دریای خزر می باشد. می توان گفت در نیمه شمالی کشور به دلیل قرار گیری در مسیر بادهای غربی و بهره گیری از رطوبت این سامانه ها (علیجانی، ۱۳۸۸: ۷۸)، شرایط برای شکل گیری بارش مهیاتر است. کمترین احتمال تداوم بارش یک روزه بین ۲ تا ۴ درصد در بخش عظیمی از کشور در شرق، جنوب شرق و جنوب غرب دیده می شود. به سمت جنوب از رخداد تداوم بارش های ۱ روزه کاسته می شود. احتمال توزیع تداوم بارش ۱ روزه در محدوده بسیار کوچکی با احتمال ۴ تا ۶ درصد جنوب شرق و شرق ایران نیز دیده می شود. البته در نیمه جنوبی ایران در قسمت های مرتفع رخداد تداوم های ۱ روزه بارش به میزان کمتری بیشتر از نواحی اطراف است. این ویژگی در قسمت های مرتفع به دلیل برخورداری ارتفاعات از بارش همرفت دامنه ای می تواند باشد. زیرا اختلاف دمای ناشی از اختلاف ارتفاع می تواند به صعود هوا و ایجاد بارش بینجامد (کاویانی و علیجانی، ۱۳۸۸: ۲۴۵). روزهای بارشی نواحی مرکزی، جنوب شرقی و شرق عمدتاً تداوم یک روزه می باشد. نکته مهم در احتمال تداوم بارش یک روزه می توان به نقش ارتفاعات زاگرس و البرز اشاره کرد. مطالعه عساکره و اشرفی (۲۰۲۳) نیز نشان داد تداوم های یک روزه بارش بیشترین فراوانی رخداد را در میان تداوم های بارش کشور دارند. بیشترین احتمال تداوم بارش دو روزه بیش از ۵ درصد در سواحل غربی خزر دیده می شود. طبق بررسی علیجانی و همکاران (۱۳۹۳): دوره سرد بیشترین فراوانی تداوم در بارش های دو روزه با ۵۴ بار تکرار در سال در جنوب غرب دریای خزر را دارد.

در شکل ۳ ب احتمال تداوم بارش دو روزه به شکل کانون‌های کوچکی نیز در شمال غربی و شرق دریای خزر و حتی در مناطقی از اصفهان و سمنان (بین ۴ تا ۳ درصد) دیده می شود. در تداوم دو روزه از وسعت و تراکم مناطق بارشی نسبت به تداوم یک روزه بسیار کاسته شده است و گسترده‌ی وسیعی از ایران فقط ۱ تا ۲ درصد احتمال تداوم بارش دو روزه را تجربه می‌کند که محدوده شامل مناطق (شرق، جنوب شرق و جنوب غرب) می باشد. یافته‌های یافته‌های علیجانی و همکاران (همان منبع) بیان می‌کند که در تداوم دو روزه بارش کمترین تعداد آن با ۳ بار تکرار در دوره سرد سال در جنوب شرق مشاهده شده است. بیشترین احتمال تداوم‌های ۳ روزه بارش بین (۲/۵ تا ۳ درصد) به صورت هسته‌های کوچکی در شمال غربی، ساحل غربی و شرقی خزر و بخشی از جنوب شرقی در شکل ۳- C مشاهده می شود. این واقعیت را می‌توان به نقش مؤثرتر ارتفاعات در عرض‌های جغرافیایی بالاتر نسبت داد.

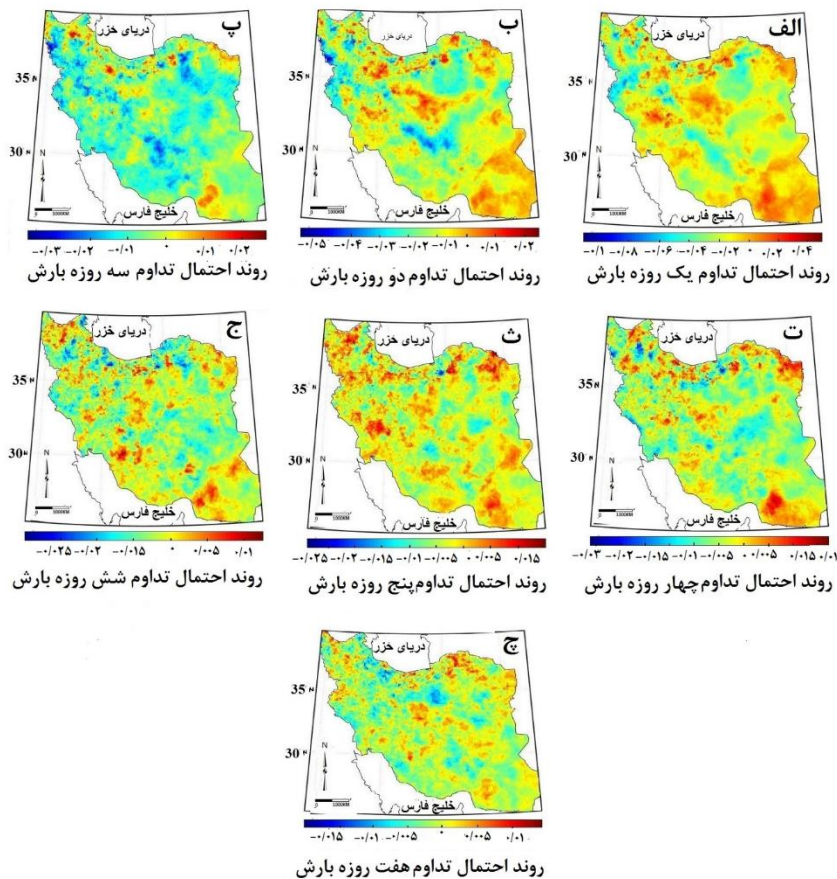
طبق شکل C در احتمال تداوم بارش ۳ روزه نقاطی مانند خراسان جنوبی، یزد، کرمانشاه، جنوب فارس احتمال تداوم بارش در آنها به صفر رسیده است. یافته‌های علیجانی و همکاران (همان) نشان داد که تداوم ۳ روزه بارش نیز بیشترین فراوانی مربوط به شمال ایران و به خصوص جنوب غربی خزر و کمترین مربوط به جنوب شرق می باشد و ضریب تداوم ۳ روزه بارش حاکی از منفی بودن آن برای کل ایران است. نتایج مطالعه علیجانی و همکاران (همان) درباره احتمال تداوم ۱، ۲، ۳ روزه بارش تاییدی بر این امر است. با توجه به شکل ۳ (ت، ث، ج، چ) احتمال تداوم بارش ۴ تا ۷ روزه در سراسر ایران بسیار ناچیز است و بخش وسیعی از جنوب شرق و حتی غرب کشور تداوم بالاتر از ۴ را تجربه نمی‌کنند و رخداد احتمال تداوم‌ها بالاتر محدود به قسمت شمالی ایران می شود. در مطالعه عساکره و اشرفی (۲۰۲۳) نیز نشان داد در تداوم‌های ۴ الی ۱۰ روزه بارش سواحل شمالی کشور (به ویژه جنوب غربی مازندران) دارای فراوانی رخداد بیشینه است. در احتمال تداوم پنج، شش و هفت روزه بارش شکل ۳ (ث، ج، چ) بیشترین میزان احتمال تداوم بارش (بین ۱/۴ تا ۱/۶ درصد) وجود دارد و بارش‌ها بیشتر تحت تأثیر عوامل محلی شکل می‌گیرند. در برخی قسمت‌هایی از اردبیل، آذربایجان شرقی و غرب گیلان، مازندران احتمال تداوم ۴ روزه بارش شکل ۳ پ (بین ۲ تا ۳ درصد) وجود دارد و حتی احتمال وقوع در صد تداوم‌های بالاتر در این مناطق نیز کاهش یافته است. با توجه به شکل در تداوم‌های بالاتر فراوانی رخداد تداوم‌ها تنها به نواحی مرتفع محدود می شود. مطالعه دارند (۱۳۹۷) و عساکره و همکاران (۱۳۹۹؛ ۱۴۰۰) نشان داد پیکربندی ناهمواری‌ها در الگوی مکانی تداوم بارش نقش دارد. با توجه به نقشه احتمالاتی تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش می‌توان دریافت که ناحیه خزری تنها منطقه‌ای است که احتمال تداوم بارش با تمام تداوم‌های گوناگون با روندی آرام رو به کاهش می‌گذارد. طبق بررسی نظری پور و همکاران (۱۳۹۰: ۲۴۹) در ناحیه خزری (پربارش) رویدادهای بارش، عمدتاً با تداوم‌های طولانی‌تر از یک روز رخ می‌دهند. این امر می‌تواند بیانگر حضور عوامل بارشی در این ناحیه باشد. هرچند که تمام عوامل بارشی در طی سال به صورت مداوم وجود دارد. طبق یافته‌های پیشین ناحیه خزری جزء مناطقی است که با وجود مساحت کم دارای بیشترین بارش سالانه و تعداد روزهای بارانی زیاد است (علیجانی، ۱۳۸۸: ۱۲۱).



شکل ۳. الف توزیع مکانی احتمال تداوم یک روزه بارش. ب دو روزه بارش. پ سه روزه بارش. ت چهار روزه بارش. ث پنج روزه بارش. ج شش روزه بارش. چ هفت روزه بارش طی دهه ۱۳۹۴-۱۳۴۹

۵.۳. روند احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش

شکل ۴ روند احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش براساس رگرسیون خطی پارامتری را برای دوره آماری ۱۳۴۹-۱۳۹۴ نشان می‌دهند. در بررسی روند احتمال تداوم یک تا دو روزه بارش شکل ۴ الف و ب می‌توان دید که در جنوب شرقی کشور در قسمت‌هایی از شمال شرقی و جنوب غربی سیستان و بلوچستان، شرق استان هرمزگان تغییرات بیشتری در میزان مقادیر روند احتمال تداوم بارش رخ داده است. طبق نتایج رحیم زاده و همکاران (۱۳۹۰) در استان هرمزگان دامنه نوسانات بارش از سالی به سال دیگر بسیار زیاد می‌باشد و این نوسانات با تعداد روزهای توأم با بارش‌های کم مقدار همراه می‌شود. اما رخداد بارش‌های سنگین در این استان افزایش یافته است. افزایش تعداد دفعات بارش ۱ روزه در این منطقه را می‌توان به عوامل محلی و تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی نسبت داد. یافته‌های عساکره و همکاران (۱۳۹۹) نیز نشان داد نیمه جنوبی عموماً دارای روند کاهشی می‌باشد و با توجه به اینکه خلیج بنگال، دریای سرخ و مدیترانه تغذیه می‌شود، الگوهای بارشی این ناحیه از کشور متأثر از تعامل عوامل و فرایندهای محلی و عناصر گردشی جو متفاوت هستند و به نظر می‌رسد الگوهای پربارش مناطق جنوبی در حال عقب‌نشینی است. لذا این عامل در روند کاهشی تداوم یک روزه می‌تواند در جنوب نقش داشته باشد. طبق شکل ۴- الف و ب روند احتمال تداوم بارش ۱ و ۲ روزه نوار باریکی از شمال غرب به سمت شمال شرق کشیدگی پیدا می‌کند و همچنین مناطقی از غرب و جنوب غرب را نیز شامل می‌شود. قلی زاده و حمیدی (۱۳۹۷) بیان کردند در استان کردستان روند کاهش تداوم بارش در ماه ژانویه گستره ی بیشتری را در بر می‌گیرد، اما نرخ کاهشی روند تداوم بارش در ماه مارس بیشتر از ماه‌های دیگر این فصل از سال است.



شکل ۴. الف روند احتمال تداوم یک روزه بارش. ب دو روزه بارش. (پ سه روزه بارش. ت چهار روزه بارش. ث پنج روزه بارش. ج شش روزه بارش. چ هفت روزه بارش طی دهه ۱۳۴۹-۱۳۹۴

جدول ۳ نیز که ارتباط روند احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش را با عوامل مکانی نشان می‌دهد. عامل عرض و ارتفاع رابطه منفی و معکوس با روند احتمال تداوم یک و دو روزه را نشان می‌دهد؛ بدین معنا که به طرف عرض و ارتفاعات بالاتر، روند احتمال

تداوم یک و دو روزه کمتر می‌شود. اما طول رابطه مثبتی را با روند احتمال تداوم بارش یک و دو روزه نشان می‌دهد. گستردگی نواحی بارشی در روند احتمال تداوم بارش ۳ روزه بسیار کم می‌باشد. در شکل ۴ پ نیز بیشترین تغییر مقدار روند تداوم بارش ۳ روزه (۰/۰۲ درصد) نیز به صورت هسته‌هایی در شمال غرب، سواحل و غربی خزر، شمال شرق مشاهده می‌شود. قسمت جنوب شرقی و ایران مرکزی بین (۰ تا ۰/۰۱ درصد) احتمال تغییر در میزان روند بارش را تجربه کرده‌اند. رابطه طول و عرض جغرافیایی در روند احتمال تداوم ۳ روز مثبت، اما عامل ارتفاع منفی و معکوس می‌باشد. در احتمال تداوم سه روزه بیش از ۰/۰۲ درصد تغییر در میزان روند بارش در قسمت‌هایی از شمال غرب، شرق و غرب سواحل خزر و بین (۰ تا ۰/۰۱ درصد) تغییر در میزان روند بارش در جنوب شرق نشان می‌دهد.

طبق جدول ۳ رابطه ارتفاع با احتمال تداوم‌های (ت، ث، ج و چ) چها تا هفت روزه بارش مستقیم می‌باشد. در این تداوم‌ها وسعت بیش‌تری از شمال غرب دارای بیش‌ترین میزان تغییرات در میزان روند بارش نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان تغییر روند احتمال در تداوم‌های چهار تا شش روزه بارش (ت، ث، ج و چ) نیز در شمال غرب، ارتفاعات خراسان شمالی و رضوی، سواحل غربی و شرق خزر و جنوب شرق می‌باشد و مقادیر تغییر با درصد کمی در تداوم‌های (ت، ث و ج) در این مناطق رخ داده است. عساکره و اشرفی (۲۰۲۳) بیان کردند در قسمت‌های کوچکی از غرب، شمال غرب و شمال کشور، بیش‌ترین تداوم، بیش از ۲۵ روز است در همین نواحی، تداوم‌های بیشینه روند کاهشی را تجربه کرده‌اند. وجود روند کاهشی در تداوم‌های بیشینه می‌تواند بدین معنا باشد که در این نواحی بارش در حال متمرکز شدن در روزهای اندک است. مطالعه (شیقته صومعه و همکاران ۲۰۱۲؛ عساکره و رزمی، ۱۳۹۰؛ رسولی و همکاران، ۱۳۹۲) نیز نشان دهنده وجود روند کاهشی بارش در اغلب نواحی شمال غرب کشور می‌باشد. طبق بررسی‌های عساکره و همکاران (۱۳۹۹) عمده‌ترین نواحی متأثر از تغییرات عوامل بیرونی در داخل ایران و ناحیه شمال غرب کشور بوده است. در نتایجی دیگر از عساکره و همکاران (۱۴۰۰) بارش در کرانه‌های دریای خزر، عمان و خلیج فارس، دامنه‌های غربی رشته کوه‌های زاگرس و دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های البرز، تغییرات بارشی بیش‌تری را نسبت به بخش‌های دیگر کشور (نظیر نواحی مرکزی، شرقی و شمال شرقی) متحمل شدند. این تغییرات بارشی باعث می‌شود به تبع آن تداوم بارش در این مناطق دچار تغییراتی شود. طبق بررسی‌های محمدی و لشکری (۱۳۹۸) نیز روند شدت الگوی تداوم یک، دو، چهار و روزه بارش از گذشته نسبت به امروز روندی افزایشی داشته اما روند فراوانی بارش سه روزه رفتار کاهشی ضعیفی را نشان می‌دهد و سهم بارش دو روزه طی دوره تاریخی در حال افزایش است و تغییرات افزایشی و کاهشی در الگوهای بارشی ریشه در تغییرات ایجاد شده در الگوی گردش منطقه دارد و می‌تواند آثاری از تغییرات اقلیمی حادث شده در منطقه جنوب غرب آسیا باشد. نتایج درصد مساحت روند ۱ تا ۷ روزه تداوم بارش در شکل ۴ روند آرام و به سمت افزایش در میزان تغییر در روند بارش نواحی ایران نشان می‌دهد و از پیوستگی سطوح کاسته شده و گسستگی در نواحی دریافت بارش در شکل‌ها به وضوح دیده می‌شود. طبق نتایج عساکره و اشرفی (۲۰۲۳) ۲۲/۶ درصد از سطح کشور، روند افزایشی بیشینه تداوم سالانه و ۷۷/۴ درصد روند کاهشی بیشینه تداوم سالانه را تجربه کرده‌اند. طبق نتایج بدست آمده در کرانه‌های شمالی و شمال غربی تغییرات افزایشی و به سمت جنوب تغییرات کاهشی است.

جدول ۳. روند احتمال تداوم ۱ تا ۷ روزه بارش و ارتباط آن با عوامل مکانی و الگوی رگرسیون بدست آمده طی دوره آماری

۱۳۴۹-۱۳۹۴

رگرسیون چند متغیره (الگوی برازنده و فراسنج‌های مربوط)	
$R = -0.283 + 0.00696\phi + 0.0068\lambda - 0.0000146h$	احتمال تداوم ۱ روزه بارش
$R = -0.025 + 0.0023\phi + 0.0043\lambda - 0.0000098h$	احتمال تداوم ۲ روزه بارش
$R = -0.0222 + 0.0010\phi + 0.0023\lambda - 0.0000042h$	احتمال تداوم ۳ روزه بارش
$R = -0.0084 + 0.013\phi + 0.00095\lambda - 0.00000129h$	احتمال تداوم ۴ روزه بارش
$R = 0.046 + 0.0052\phi + 0.00086\lambda - 0.000000412h$	احتمال تداوم ۵ روزه بارش
$R = 0.0037 + 0.0014\phi + 0.000193\lambda - 0.0000010h$	احتمال تداوم ۶ روزه بارش
$R = -0.0114 + 0.00079\phi + 0.000135\lambda - 0.00000014h$	احتمال تداوم ۷ روزه بارش

۶. نتیجه‌گیری

بارش از عناصر و فرایندهای اقلیمی پیچیده در زمان و مکان است (Fang et al, 2016). یکی از ویژگی‌های رفتاری بارش که تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار گرفته است، تداوم آن است (O'Gorman and Schneider, 2015). در این پژوهش با استفاده از پایگاه داده شبکه‌ای ایران طی دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۷۱) احتمال تداوم روزهای بارانی و روند آن به‌عنوان یکی از مشخصه‌های بارش مورد بررسی قرار گرفت. توزیع مکانی نامتوازن بارش سالانه ایران، به همراه مقدار کم آن (۲۵۰/۴ میلی متر) حاصل تنوع عوامل صعود - منابع رطوبتی در نقاط مختلف و نیز منجر به کاهش احتمال وقوع روزهای است علیجانی (۱۳۸۸). اختلاف مکانی شمار روزهای بارانی (بین سواحل دریای خزر - زاگرس مرکزی و شمالی و جنوب ایران) قابل توجه است. احتمال وقوع بارش‌هایی با تداوم ۱ روزه برای اکثر مناطق ایران بیش از سایر تداوم‌های بارشی باست. این یافته‌ها با یافته‌های مطالعات پیشین همخوانی دارد (عساکره و اشرفی، ۲۰۲۳؛ نظری پور، ۱۳۹۱؛ ۱۳۹۰) احتمال وقوع بارش با تداوم بالا بسیار کم و گستره‌های محدودی را پوشش می‌داد؛ به طوری که درصد احتمال وقوع بارش با تداوم ۴ روزه بارش و بیشتر از ۴ روز در سراسر ایران بسیار ناچیز بود. روند کاهشی احتمال رخداد بارش‌های یک تا ۲ روزه، که احتمالاً حاصل تغییر در مقادیر بارش است، در اکثر مناطق دیده می‌شود. این روند در جنوب شرقی کشور در قسمت‌هایی از شمال شرقی و جنوب غربی سیستان و بلوچستان، شرق استان هرمزگان با میزان بیشتری رخ داده است. علاوه بر این روند مذکور در شمال غرب به صورت نواری تا شمال شرق نیز کشیده شده است. احتمال تداوم‌های بالاتر نیز این روند را با میزان کمتری تجربه کرده است. با توجه به اینکه بیش از ۷۳ درصد از بارش‌های ایران به‌ویژه در شمال غرب، غرب و جنوب غرب تحت تأثیر سامانه‌های همدیدی هستند که به همراه موج‌های غربی از مدیترانه وارد کشور می‌شوند علیجانی (۱۳۸۶) روند مزبور را می‌توان به تغییر در مسیر و فراوانی چرخندها و کاهش عبور سامانه‌های همدیدی که در مطالعات پیشین تایید شده اند (Lucas et al, 2014; Hudson, 2012) و (بابائیان، ۱۳۸۰؛ رحیم زاده و همکاران، ۱۳۹۰) نسبت داد. با عنایت به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان استنباط نمود که علاوه بر کاهش میزان بارش ایران طی دهه‌های اخیر، بارش‌های پرتداوم نیز کاسته شده‌اند. مطالعات پیشین این نوع تغییرات را به گرمایش جهانی و نیز جابه‌جایی هرچند ناچیز الگوهای جوی نسبت می‌دهند.

۷. حامیان پژوهش

این پژوهش حامی مالی و معنوی نداشته است.

۸. مشارکت نویسندگان

نویسندگان در تمام مراحل و بخشهای انجام شده سهم برابر داشته‌اند.

۹. تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

۱۰. تقدیر و تشکر

نویسندگان بدینوسیله از همه کسانی که به نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده‌اند قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آتشی، ناهید (۱۳۹۲). شناسایی گونه‌های هواهای جزیره ابوموسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، استاد راهنما دکتر مسعودیان، گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان.
- بابائیان، ایمان (۱۳۸۰). بررسی الگوی سیل تابستان ۱۳۸۰ استان گلستان و شمال خراسان. *بولتن علمی مرکز اقلیم‌شناسی*، (۵)، صص. ۲۴-۴۳.

- خورشید دوست، محمدعلی و فخاری، مجتبی (۱۳۹۵). بررسی احتمال تداوم و تواتر روزهای بارانی در جنوب غرب ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. *جغرافیا و برنامه ریزی*، ۲۰ (۵۵)، صص. ۸۷-۱۰۴.
- داداشی رودباری، عباسعلی؛ قاهره، عباسعلی؛ غلام عباس؛ کرمی، مختار و باعقیده، محمد (۱۳۹۵). تحلیل تغییرات بارش حوضه آبریز هراز با استفاده از روش های آماری و تکنیک تحلیل طیفی. *هیدروژئومورفولوژی*، ۳(۷)، صص. ۸۶-۵۹.
- دارند، محمد (۱۳۹۷). پایش مکانی تداوم بارش کردستان. *جغرافیا و توسعه*، ۱۶(۵۲)، صص. ۲۴۶-۲۴۷.
- محمدی، فهیمه و لشگری، حسن (۱۳۹۸). بررسی تغییرات بارش سامانه کم فشار سودان طی روند تاریخی در منطقه جنوب غرب ایران. *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، ۵۱ (۲) صص. ۳۷۳-۳۸۷.
- رسولی، علی اکبر؛ روشنی، رقیه و قاسمی، احمدرضا (۱۳۹۲). تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش سالانه ایران. *تحقیقات جغرافیایی*، ۲۸ (۱۰۸)، صص ۲۲۴-۲۰۵.
- رحیم زاده، فاطمه؛ دزفولی، اکرم و پوراصغریان، آرزو (۱۳۹۰). ارزیابی جهش و روند نمایه های حدی دما و بارش در استان هرمزگان. *جغرافیا و توسعه*، ۹(۲۱)، صص ۹۷-۱۱۶.
- رضائی، بهمن و فرهی، صدیقه (۱۳۸۹). پهنه بندی مقدار بارش روزانه و تعداد روزهای بارندگی در حوضه تالاب انزلی. *تالاب*، ۱(۴)، صص ۲۰-۱۱.
- ستوده، فاطمه؛ علیجانی، بهلول؛ سلیقه، محمد و اکبری، مهری (۱۳۹۷). اثر کوه های زاگرس بر چرخندهای بارش زای ایران، پژوهش های *جغرافیای طبیعی*، ۵۰(۴)، صص. ۶۳۹-۶۵۳.
- شکی، فاطمه (۱۳۹۳). واکاوی مکانی روزهای بارندگی در ایران. *آب و هوا شناسی کاربردی*، ۱(۱)، صص. ۲۷-۳۶.
- عساکره، حسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ترکرانی، فاطمه (۱۴۰۰). تفکیک نقش عوامل درونی و بیرونی در وردایی دهه ای بارش سالانه ایران زمین طی چهار دهه اخیر (۱۳۹۴-۱۳۵۵). *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، ۵۳ (۱)، صص. ۹۱-۱۰۷.
- عساکره، حسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و ترکرانی، فاطمه (۱۳۹۹). بررسی وردایی دهه ای بارش سالانه ایران زمین طی چهار دهه اخیر (۱۳۹۴-۱۳۵۵). *جغرافیا و برنامه ریزی*، ۲۵ (۷۶)، صص. ۱۸۷-۲۰۲.
- عساکره، حسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و ترکرانی، فاطمه (۱۳۹۹). آشکار سازی روند بلند مدت بارش سالانه ایران زمین در ارتباط با تغییر فراوانی فرین های بارش روزانه، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۹(۳۶)، صص. ۱۲۱-۱۴۱.
- عساکره، حسین (۱۳۹۰). مبانی اقلیم شناسی آماری، زنجان: دانشگاه زنجان.
- عساکره، حسین (۱۳۹۲). موسم تر و خشک در شهر زنجان. *جغرافیا و توسعه*، ۱۱(۳۱)، صص. ۴۷-۵۶.
- عساکره، حسین و ترکرانی، فاطمه (۱۳۹۹). برخی مشخصات توصیفی و روند بلند مدت تغییرات فصل خشک در ایران. *جغرافیا و توسعه*، ۱۱۳-۱۳۲ (۵۸)، صص.
- عساکره، حسین (۱۳۸۷). بررسی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در شهر تبریز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، *تحقیقات منابع آب ایران*، ۲(۲۴)، صص. ۴۶-۵۶.
- عساکره، حسین و مازینی، فرشته (۱۳۸۹). بررسی احتمال وقوع روزهای خشک در استان گلستان با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، *جغرافیا و توسعه*، ۸ (۱۷)، صص. ۲۹-۴۴.
- عساکره، حسین و رزمی، رباب (۱۳۹۰). تحلیل تغییرات شمال غرب ایران. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳ (۴۷)، صص. ۱۴۷-۱۶۲.
- عساکره، حسین (۱۳۸۷). کاربرد روش کریجینگ در میان یابی بارش مطالعه موردی: میان یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ در ایران زمین، *جغرافیا و توسعه*، ۶۳ (۱۲)، صص. ۲۵-۴۲.
- عساکره، حسین (۱۳۸۶). کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای سالانه تبریز، *تحقیقات جغرافیایی*، ۴(۸۷)، صص. ۳-۲۶.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۸). *آب و هوای ایران*، چ نهم، تهران: پیام نور.
- علیجانی، بهلول؛ محمدی، حسین و بیگدلی، آتوسا (۱۳۸۶). نقش الگوهای فشار در بارش های دریای خزر. *جغرافیای سرزمین*، ۴(۱۶)، صص. ۳۷-۵۲.
- علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). نقش رشته کوه های البرز در توزیع ارتفاعی بارش، *تحقیقات جغرافیایی*، ۱۲ (۳۸)، صص ۳۷-۵۲.
- علیجانی، بهلول؛ محمودی، پیمان؛ شاهوزنی، عبدالرئوف و محمدی، عبدالمجید (۱۳۹۳). بررسی احتمال تداوم روزهای بارش در ایران زمین، *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۲۵(۴)، صص. ۱-۱۶.
- عسگری، احمد و رحیم زاده، فاطمه (۱۳۸۵). مطالعه تغییرپذیری بارش دهه های اخیر ایران، *پژوهش های جغرافیایی*، ۱۴(۵۸)، صص. ۶۷-۸۰.

- علیزاده، امین (۱۳۸۵). *اصول هیدرولوژی کاربردی*. مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
- قلی زاده، محمدحسین و حمیدی، سمیرا (۱۳۹۷). *جغرافیا و برنامه ریزی*، ۲۴(۷۱)، صص. ۱۹۷-۲۱۷.
- کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۲). تحلیل آماری از رژیم بارندگی ایران، *مجله رشد آموزش جغرافیا*، ۸۵(۱۳)، صص. ۴-۱۲.
- کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۸۸). *مبانی آب و هواشناسی*، چاپ پانزدهم، تهران: سمت.
- محمدی، بختیار و مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۹). تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین ایران (مطالعه موردی آبان ۱۳۷۳). *جغرافیا و توسعه*، ۱۲(۱۹)، صص. ۴۷-۷۰.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۸). *نواحی بارشی ایران، جغرافیا و توسعه*، ۷(۱۳)، صص. ۷۹-۸۱.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). *آب و هوای ایران*، چاپ اول، مشهد: انتشارات شریعه توس.
- مسعودیان، سید ابوالفضل؛ رعیت پوشه، فاطمه و کیخسروی کیانی، محمد صادق (۱۳۹۳). معرفی و مقایسه پایگاه داده بارشی Trmm3b43 و پایگاه داده بارش اسفزاری، ژئوفیزیک ایران، ۲۴(۱)، صص. ۱۵-۳۱.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۴۰۱). پایگاه داده شبکه بارش ایران نسخه سوم، *جغرافیا و توسعه*، ۳۶(۶۹)، صص. ۱۰۷-۱۲۷.
- مسعودیان، سید ابوالفضل و کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۷). *اقلیم شناسی ایران*، اصفهان: دانشگاه اصفهان.
- مفیدی، عباس (۱۳۸۸). آب و هواشناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل زا با منشاء دریای سرخ در خاورمیانه. *تحقیقات جغرافیایی*، ۴(۷۵)، صص. ۷۱-۹۳.
- محمدی، فهیمه و لشکری، حسن (۱۳۹۸). بررسی تغییرات بارش سامانه سودانی طی روند تاریخی در جنوب غرب ایران، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۱(۲)، صص. ۳۷۳-۳۸۷.
- نظری پور، حمید؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و کریمی، زهرا (۱۳۹۱). بررسی تغییرات فضایی سهم بارش‌های یک روزه در تامین روزهای بارشی و مقدار بارش ایران، *فیزیک زمین و فضا*، ۳۸(۴)، صص. ۲۴۱-۲۵۸.
- نظری پور، حمید؛ خسروی، محمود و مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۰). الگوهای فضایی اهمیت تداوم بارش ایران، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۱(۳)، صص. ۳۷-۵۸.
- Abhijit, M. Z., & Prashant Basavaraj, B. (2021). Dry Spell and Wet Spell Characterisation of Nandani River Basin, Western Maharashtra. *India Climate Change Impa on Water Resources Water Sciencean. Technology Library*, 98(2), pp.9-18. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64202-0_2.
- Adeline, B., & Arona, D. (2018). West African Sahel has become wetter during the last 30 years, but dry spells are shorter and more frequent. *CLIMATE RESEARCH Clim Res*, 75(14), pp. 155-162.
- Asakereh H., & Ashrai, S. (2023). Variation in frequency and share of duration of rainy days in Iran, *Sprcepitation. Theoretical and Applied Climatology*, 1(96), PP. 1-24.
- Asakereh H., & Mazzini, F. (2009). Investigating the probability of dry days in Golestan province using the Markov chain model. *Geography and development*, 17(78), pp. 29-44.
- Asakereh, H., Darand M., & Doostkamian, M. (2018). Analysis of pervasive precipitation in similar gradient areas of Iran. *Arab J Geosci*, 12(96), PP.1-19. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3873-z>.
- Asakereh H., Darand, M., & Zandkarim, I. (2022c). Investigating the relationship between change of Tropopause Pressure's level (TPL) and cyclones associated with Widespread Precipitation (WP) in Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 48(1), PP.75-92.
- Asakereh, H., Masoodian, SA., & Tarkarani, F. (2022a). Spatial Analysis of variation of inter-annual distribution of precipitation in Iran over recent decades (1970-2016). *Isaeh*, 8(4), PP.103-122.
- Asakereh, H., Masoodian, SA., Tarkarani F., & Zandkarimi S. (2022b). Tropospheric features associated with the onset and cessation of the rainy season in Iran. *Acta Geophys*, 2(96). PP.1063-1084. <https://doi.org/10.1007/s11600-022-00996-0>
- Azizi, G., & Roshani, M. (2008) Study of climate change on the southern coast of the Caspian Sea to approach me-kendall. *Geographical research*, 64(52), PP.13-28.
- Basumatary, V., & Sil, B.S. (2018). Generation of rainfall intensity-duration-frequency curves for the Barak River Basin. *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications*, 6(34), PP. 1-22.
- Caloiero, T., & Coscarelli, R. (2020) Analysis of the Characteristics of Dry and Wet Spells in a Mediterranean Region Environmental Processes, 67(102), pp. 1-11.
- Caloiero, T., Coscarelli, R., Ferrari, E., & Sirangelo, B. (2015). Analysis of Dry Spells in Southern Italy (Calabria). *Water*, 7(23), pp.3009-3023.
- Donia, Q. H., & Abdulkareem A. (2020). Study the Daily Behavior of Rainfall over Iraq. *Journal of Physics*, 89(3), P.1-6.

- Fang Q., Mingjun Z., Shengjie W., Yangmin L., Zhengguo, R., & Xiaofann Z. (2016). Estimation of areal precipitation in the Qilian Mountains based on a gridded dataset since 1961. *Journal of Geographical Sciences*, 26(1), PP. 59-69
- Farancis, P. A., & Sulochana, G. (2006). Intense rainfall events over the west coast of India. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 48(1), PP. 27-38.
- Florian, R., Albi, U., Yves, T, Philippe, D., & Pierre, C. (2019). Evolution of Mediterranean extreme dry spells during the wet season under climate change. *Regional Environmental Change*, 19(34) PP. 2339–2351. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01526-3>.
- Hengchun, Y., & Fetzer, E. (2019). Asymmetrical shift towards longer dry spells associated with warming temperatures during Russian summers. *American Geophysical Union*, 69(4), PP. 1-10.
- Hudson, R. D. (2012). Measurements of the movement of the jet streams at midlatitudes, in the Northern and Southern Hemispheres 1979 to 2010. *Atmos Chem Phys*, 12(2), PP. 7797–7808.
- Innocenti, S., Mailhot, A., & Frigon, A. (2017). Simple scaling of extreme precipitation in North America. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(14) PP. 5823-5846.
- IPCC (2007). Climate Change 2007 Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II & III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kutiel Jim, H., Salinger, D., & Kingston, G. (2020). Spatial and temporal characteristics of rain-spells in New Zealand. *Theoretical and Applied Climatology*, 196(20), pp.1-20. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03287-0>
- Kutiel Jim, H., Salinger D., & Kingston G. (2020). Spatial and temporal characteristics of rain-spells in New Zealand. *Theoretical and Applied Climatology*, 45(94), pp.1-20. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03287-0>.
- Lee, D. K., Park, J.G., & Kim, J.W. (2008). Heavy Rainfall Events Lasting 18 Days from 31 to August 17, 1998, over Korea. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 86(2), PP. 313-333.
- Liji, W., Ronghui, H., Haiyan, H., & Yaping, S., & Zhiping, W. (2010). Synoptic Characteristics of Heavy Rainfall Events in Pre-Monsoon Season in South China. *advances in atmospheric sciences*, 27(2), PP. 315-327.
- Lucas, C., Timbal, B., & Nguyen, H. (2014). The expanding tropics: a critical assessment of the observational and modeling studies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(1), pp. 89-112.
- Mirza, M. Q., Warrick, R. A., Ericksen, N.J., & Kenny, G.J. (2013) Trends and Duration in precipitation in the Ganges Brahmaputra and Meghna river basins. *Hydrological Sciences Journal*, 43(2), PP. 845-858.
- Mishra, A.K., Ozger, M., & Singh, V.P. (2009). Trend and duration of precipitation under climate change scenarios for Kansabati basin India. *Hydrological Processes*, 23(87), PP. 2345–2357.
- Nasrabadi, E., Masoodian, S.A., & Asakereh, H. (2013). Comparison of gridded precipitation time series data in APHRODITE and Asfazari databases within Iran's territory. *Atmos Climate Sci*, 3(2), PP. 235–248. <https://doi.org/10.4236/acs.2013.32025>
- O'Gorman P.A., & Schneider, T. (2015). The physical basis for increases in precipitation extremes in simulations of 21st-century climate change. *Proc Natl Acad Sci USA*, 106(8), PP. 14 773–14 777.
- Parmendra, P., Kuntal Purkayastha, D., & Aram M. (2014). Dry and wet spell probability by Markov chain model—a case study of North Lakhimpur (Assam), India. *Department of Agricultural Engineering*, 7(6), PP. 6-13.
- Pendergrass, A., & Hartmann, D. L. (2014). Changes in the distribution of rain frequency and intensity in response to warming. *Journal of Climate*, precipitation in Thailand. *American Meteorological Society*, 169(3), PP. 8372-8383.
- Ratan, R., & Venugopal, V. (2013). Wet and dry spell characteristics of global tropical rainfall, *Water Resources Research*, 49(1), PP. 3830–3841.
- Raziei, T., Daneshkar, A., & Sagafian, B. (2005). Annual Rainfall trend analysis in arid and semiarid region of central and eastern Iran. *Water and Wastewater*, 54(17), PP. 37-81.
- Richman, M.B., & Lamb, P.J. (1985). Climate Pattern Analysis of Three and Seven Day Summer Rainfall in the Central United States. Some Methodological Considerations and a Regionalization. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24(65), PP. 1325-1343.
- Sabziparvar, A., Movahedi, S., Asakereh, H., Maryanaji, Z., & Masoodian, S. (2015) Geographical factors affecting variability of precipitation regime in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, 12 (121), PP. 367-376.
- Safavi, H.R., Dadjou, S., & Naeimi G. (2019.) Extraction of Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curves under Climate Change, Case study: Isfahan Synoptic Station, *Iran Water Resources Research*, 15(2), PP. 217-227.
- Vaittinada Ayar, P., & Mailhot, A. (2021). Evolution of dry and wet spells under climate change over northeastern North America. *Journal of Geophysical Research Atmospheres environments*, *Quaternary International*, 150(1), PP. 82-94.
- Williams, M., & Nottage J. (2006). Impact of extreme rainfall in the central Sudan during 1999 as a partial analogue for reconstructing early Holocene prehistoric environments, *Quaternary International*, 185(58), PP. 82-94.
- Yang, L., & Fu, Z. (2019). Process-dependent persistence in precipitation records. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 527(2), pp 1-10.

References:

- Abhijit, M. Z., & Prashant Basavaraj, B. (2021). Dry Spell and Wet Spell Characterisation of Nandani River Basin, Western Maharashtra. *India Climate Change Impa on Water Resources Water Sciencean. Technology Library*, 98(2), pp.9-18. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64202-0_2.
- Adeline, B., & Arona, D. (2018). West African Sahel has become wetter during the last 30 years, but dry spells are shorter and more frequent. *CLIMATE RESEARCH Clim Res*, 75(14), pp. 155–162.
- Alijani, B. (1996). The role of the Alborz mountain range in the altitudinal distribution of precipitation. *Geographical Research Quarterly*, 38(12), PP. 37-52. [In Persian]
- Alijani, B., Mohammadi H., & Begdeli A. (2016). The role of pressure patterns in the Caspian Sea, 16(4), PP. 37-52 [In Persian]
- Alijani, B., Mahmoudi, P., Shahouzni, A., & Mohammadi, A. (2013). Investigating the possibility of continuation of rainy days in Iran. *Geography and environmental planning*, 25(4), PP. 1-16. [In Persian]
- Alijani, B. (2008). *Weather of Iran, Tehran: Payam-e- Noor*. [In Persian]
- Alizadeh, A. (2007). Principles of applied hydrology. Mashhad: *Ferdowsi University of Mashhad*. [In Persian]
- Asakereh H., & Ashrai, S. (2023). Variation in frequency and share of duration of rainy days in Iran, *Sprcepitation. Theoretical and Applied Climatology*, 1(96), PP. 1-24.
- Asakereh H., & Mazzini, F. (2009). Investigating the probability of dry days in Golestan province using the Markov chain model. *Geography and development*, 17(78), pp. 29-44.
- Asakereh, H., Darand M., & Doostkamian, M. (2018). Analysis of pervasive precipitation in similar gradient areas of Iran. *Arab J Geosci*, 12(96), PP.1-19. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3873-z>.
- Asakereh H., Darand, M., & Zandkarim, I. (2022c). Investigating the relationship between change of Tropopause Pressure's level (TPL) and cyclones associated with Widespread Precipitation (WP) in Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 48(1), PP.75–92.
- Asakereh, H., Masoodian, S.A., & Tarkarani, F. (2022a). Spatial Analysis of variation of inter-annual distribution of precipitation in Iran over recent decades (1970-2016). *Jsaeh*, 8(4), PP.103–122.
- Asakereh, H., Masoodian, S.A., Tarkarani F., & Zandkarimi S. (2022b). Tropospheric features associated with the onset and cessation of the rainy season in Iran. *Acta Geophys*, 2(96). PP.1063-1084. <https://doi.org/10.1007/s11600-022-00996-0>
- Asakere, H., & Razmi, R. (2012). Analysis of the changes in northwest Iran. *Geography and environmental planning*, 3(47): PP.147-162. [In Persian]
- Asakereh, H., & Ashrai, S. (2023). Variation in frequency and share of duration of rainy days in Iran, *Sprcepitation. Theoretical and Applied Climatology*, 1(96), PP. 1-24.
- Asakereh, H. (2006). The application of linear regression in the analysis of the annual temperature trend in Tabriz. *Geographical Research*, 87(4) PP. 26-3. [In Persian]
- Asakereh, H. (2009). Application of kriging method in precipitation estimation case study: precipitation estimation 1998/3/17 in Iran Earth. *Geography and Development*, 12(63), PP.25-42. [In Persian]
- Asakereh, H. (2018) *Basics of statistical climatology*. Zanjan: Zanjan University. [In Persian]
- Asakereh, H., & Tarkarani, F. (2019). Some descriptive characteristics and long-term trend of dry season changes in Iran. *Geography and Development*, 58(36), PP.113-132. [In Persian]
- Asakereh, H., Masoodian S.A., & Tarakaran F. (2019). Verdaï study of decadal rainfall of Iran during the last four decades (1977-2016). *Scientific journal of geography and planning*, 76(4), PP.187-202. [In Persian]
- Asakereh, H., Masoodian, S.A., & Tarakarani, F. (2019). Revealing the long-term trend of annual precipitation in Iran in relation to the change in the frequency of daily precipitation trends. *Geography and environmental hazards*, 36(45), PP. 121-141. [In Persian]
- Asakereh H., Masoodian S.A., & Tarkarani F. (2022). Separation of the role of internal and external factors in the decadal variability of Iran's annual rainfall during the last four decades (1977-2016). *Natural Geography Research*, 53(1), PP. 91-107. [In Persian]
- Asakereh, H. (2007). Investigating the probability of the frequency and continuity of rainy days in Tabriz using the Markov chain model. *Iran Water Resources Research*, 2(78), PP. 46-56. [In Persian]
- Asakereh, H. (2012). Wetter and dry seasons in Zanjan city. *Geography and Development* 31(12), PP.47-56. [In Persian]
- Atashi, N. (2012). Identification of air types of Abu Musi island. master's thesis in climatology, supervisor DrMasoudian, *Department of Geography*, University of Isfahan. [In Persian]
- Azizi, G., & Roshani, M. (2008) Study of climate change on the southern coast of the Caspian Sea to approach me-kendall. *Geographical research*, 64(52), PP.13-28.
- Babaian, I. (2010). Investigating the flood pattern of the summer of 2010 in Golestan and North Khorasan Province. *Scientific Bulletin of the Climatology Center*, 5(1), PP. 24-43. [In Persian]
- Basumatary, V., & Sil, B.S. (2018). Generation of rainfall intensity-duration-frequency curves for the Barak River Basin. *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications*, 6(34), PP. 1-22.

- Caloiero, T., & Coscarelli, R. (2020) Analysis of the Characteristics of Dry and Wet Spells in a Mediterranean Region Environmental Processes, 67(102), pp. 1-11.
- Caloiero, T., Coscarelli, R., Ferrari, E., & Sirangelo, B. (2015). Analysis of Dry Spells in Southern Italy (Calabria). *Water*, 7(23), pp.3009-3023.
- Dadashi Rudbari, A., Qalhari, A., Karami G., & Bagheeda, M. (2015). Analysis of rainfall changes in Haraz watershed using statistical methods and spectral analysis techniques, *Hydrogeomorphology* 7(3), PP.59-86. [In Persian]
- Darand, M. (2017). Local monitoring of Kurdistan rainfall. *Geography and Development*, 52(3), PP.247-266. [In Persian]
- Donia, Q. H., & Abdulkareem A. (2020). Study the Daily Behavior of Rainfall over Iraq. *Journal of Physics*, 89(3), P.1-6.
- Fang Q., Mingjun Z., Shengjie W., Yangmin L., Zhengguo, R., & Xiaofann Z.(2016). Estimation of areal precipitation in the Qilian Mountains based on a gridded dataset since 1961. *Journal of Geographical Sciences*, 26(1), PP. 59-69
- Farancis, P. A., & Sulochana, G. (2006). Intense rainfall events over the west coast of India. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 48(1), PP. 27-38.
- Florian, R., Albi, U., Yves, T, Philippe, D., & Pierre, C. (2019). Evolution of Mediterranean extreme dry spells during the wet season under climate change. *Regional Environmental Change*, 19(34) PP. 2339–2351. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01526-3>.
- Hengchun, Y., & Fetzer, E. (2019). Asymmetrical shift towards longer dry spells associated with warming temperatures during Russian summers. *American Geophysical Union*, 69(4), PP. 1-10.
- Hudson, R. D. (2012). Measurements of the movement of the jet streams at midlatitudes, in the Northern and Southern Hemispheres 1979 to 2010. *Atmos Chem Phys*, 12(2), PP.7797–7808.
- Innocenti, S., Mailhot, A., & Frigon, A. (2017). Simple scaling of extreme precipitation in North America. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(14) PP. 5823-5846.
- IPCC (2007). Climate Change 2007 Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II & III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kaviani, M.R., & Alijani, B. (2008). *Basics of Hydrology and Meteorology*, Tehran: Samt. [In Persian]
- Kaviani, M. (2012). statistical analysis of Iran's rainfall regime. *Journal of Geography Education Development* 13(85), PP.4-12. [In Persian]
- Khurshid Dost M., & Fakhari, M. (2015). Investigating the probability of continuity and frequency of rainy days in the southwest of Iran using the Markov chain model, *Scientific-research journal of geography and planning*, 20 (55), PP. 87-104. [In Persian]
- Kutiel Jim, H., Salinger, D., & Kingston, G. (2020). Spatial and temporal characteristics of rain-spells in New Zealand. *Theoretical and Applied Climatology*, 196(20), pp.1-20. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03287-0>
- Kutiel Jim, H., Salinger D., & Kingston G. (2020). Spatial and temporal characteristics of rain-spells in New Zealand. *Theoretical and Applied Climatology*, 45(94), pp.1-20. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03287-0>.
- Lee, D. K., Park, J.G., & Kim, J.W. (2008). Heavy Rainfall Events Lasting 18 Days from 31 to August 17, 1998, over Korea. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 86(2), PP. 313-333.
- Liji, W., Ronghui, H., Haiyan, H., & Yaping, S., & Zhiping, W. (2010). Synoptic Characteristics of Heavy Rainfall Events in Pre-Monsoon Season in South China. *advances in atmospheric sciences*, 27(2), PP. 315-327.
- Lucas, C., Timbal, B., & Nguyen, H. (2014). The expanding tropics: a critical assessment of the observational and modeling studies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(1), pp. 89-112.
- Masoodian, S.A. & Kaviani, M. (2007). *Climatology book of Iran*. Publications of Isfahan University. [In Persian]
- Masoodian, S.A. (2010). Rainy areas of Iran. *Geography and Development*, 7(13), PP. 79-81. [In Persian]
- Masoodian, S.A. (2012). *Iran's weather*. first edition, Mashhad: Shariah Toos. [In Persian]
- Masoodian, S.A., Rait Pisheh, F., & Kiyhosravi Kayani, M. S. (2013) Introduction and comparison of Trmm3b43 precipitation database and Esfazari precipitation database. *Iran Geophysics Journal*, 1(24), P. 15-3. [In Persian]
- Mirza, M. Q., Warrick, R. A., Erickson, N.J., & Kenny, G.J. (2013) Trends and Duration in precipitation in the Ganges Brahmaputra and Meghna river basins. *Hydrological Sciences Journal*, 43(2), PP. 845-858.
- Mishra, A.K., Ozger, M., & Singh, V.P. (2009). Trend and duration of precipitation under climate change scenarios for Kansabati basin India. *Hydrological Processes*, 23(87), PP. 2345–2357.
- Mofidi, A. (2013). Synoptic meteorology of flood-causing rains originating from the Red Sea in the Middle East. *Geographical Research*, 75(4), PP.71-93. [In Persian]
- Mohamadi, F., & Lashgari, H. (2018). Investigating the changes in precipitation of the low pressure system of Sudan during the historical trend in the southwestern region of Iran. *Natural Geography Research*, 51(2), PP. 373-387. [In Persian]
- Mohammadi, B., & Masoodian S.A. (2010). Synopsis analysis of heavy rains in Iran (case study of November 1995). *Geography and development* 19(12), PP. 47-70. [In Persian]

- Nasrabadi, E., Masoodian, S.A., & Asakereh, H. (2013). Comparison of gridded precipitation time series data in APHRODITE and Asfazari databases within Iran's territory. *Atmos Climate Sci*, 3(2), PP. 235–248. <https://doi.org/10.4236/acs.2013.32025>
- Nazaripour, H., Khosravi, M., & Masoudian, S.A. (2018). Spatial patterns of the importance of continued rainfall in Iran. *Geographical studies of arid regions*, 3(11) PP. 37-58. [In Persian]
- Nazaripour, H., Maooudian, S.A., & Karimi, Z. (2012). Investigating the spatial variations of the contribution of one-day rainfall in providing rainy days and the amount of rainfall in Iran. *Earth and Space Physics*. 38(4): PP. 241-258. [in Persian]
- O’Gorman PA., & Schneider, T. (2105). The physical basis for increases in precipitation extremes in simulations of 21st-century climate change. *Proc Natl Acad Sci USA*, 106(8), PP.14 773–14 777.
- Parmendra, P., Kuntal Purkayastha, D., & Aram M. (2014). Dry and wet spell probability by Markov chain model- a case study of North Lakhimpur (Assam), India. *Department of Agricultural Engineering*, 7(6), PP. 6-13.
- Pendergrass, A., & Hartmann, D. L. (2014). Changes in the distribution of rain frequency and intensity in response to warming *Jornal Climate, precipitation in Thailand*, American Meteorological Society, 169(3), PP. 8372-8383.
- Qolizadeh, M.H., & Hamidi S. (2017). *Scientific Journal of Geography and Planning*, 24(71), 197-217. [In Persian]
- Rahimzadeh, F., Dezfuli, A.k., & Pour Asgharian, A. R (2018). Evaluation of the jump and trend of extreme profiles of temperature and precipitation in Hormozgan province. *Geography and Development*, 21(9), PP. 116-97. [In Persian]
- Rasooli, A.k., Roshni, R., & Qasemi, A.R. (2012). Analysis of temporal and spatial changes of Iran's annual rainfall. *Geographical Research Quarterly*, 28 (108), PP. 205-224. [In Persian]
- Ratan, R., & Venugopal, V. (2013). Wet and dry spell characteristics of global tropical rainfall, *Water Resources Research*, 49(1), PP. 3830–3841.
- Raziei, T., Daneshkar, A., & Sagafian, B. (2005). Annual Rainfall trend analysis in arid and semiarid region of central and eastern iran. *water and wastewater*, 54(17), PP. 37-81.
- Richman, M.B., & Lamb, P.J. (1985). Climate Pattern Analysis of Three and Seven Day Summer Rainfall in the Central United States. Some Methodological Considerations and a Regionalization. *Journad of Climate and Applied Meteorology*, 24(65), PP. 1325-1343.
- Sabziparvar, A., Movahedi, S., Asakereh, H., Maryanaji, Z., & Masoodian, S. (2015) Geographical factors affecting variability of precipitation regime in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, 12 (121), PP. 367-376.
- Safavi, H.R., Dadjou, S., & Naeimi G. (2019.) Extraction of Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curves under Climate Change, Case study: Isfahan Synoptic Station, *Iran Water Resources Research*, 15(2), PP. 217-227.
- Shaki. F. (2013). Spatial analysis of rainy days in Iran. *Applied Meteorology*, 1(1) , PP. 27-36. [In Persian]
- Sotoodeh, F., Alijani, B., saligeh, & Akbari, M. (2017). The effect of the Zagros mountains on Iran's rainfall gyres, *Natural Geography Research*, 50(4), PP. 653-639. [In Persian]
- Vaittinada Ayar, P., & Mailhot, A. (2021). Evolution of dry and wet spells under climate change over northeastern North America. *Journal of Geophysical Research Atmospheres environments, Quaternary International*, 150(1), PP. 82-94.
- Williams, M., & Nottage J. (2006). Impact of extreme rainfall in the central Sudan during 1999 as a partial analogue for reconstructing early Holocene prehistoric environments, *Quaternary International*, 185(58), PP. 82-94.
- Yang, L., & Fu, Z. (2019). Process-dependent persistence in precipitation records. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 527(2), pp 1-10.

نحوه استناد به این مقاله:

ربیعی غفار، زهرا؛ عساکره، حسین و خسروی، یونس (۱۴۰۳). بررسی تغییرات زمانی - مکانی احتمال وقوع بارش با تداوم‌های مختلف در ایران. *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*. ۲۵(۲)، ۱-۱۹.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2024.24732.1245

Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

