

## مدت زمان انتظار رخداد بارش در استان کردستان

محمد دارند<sup>۱</sup>

بهرروز ابراهیمی<sup>۲</sup>

### چکیده

برای انجام این پژوهش داده‌های روزانه بارش ۱۶۲ ایستگاه همدید، اقلیمی و بارانسنجی بر روی پهنه استان کردستان و ۲۶ ایستگاه همدید، اقلیمی و بارانسنجی خارج از مرز استان مربوط به تحقیقات آب و سازمان هواشناسی طی بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۹۱/۱۰/۱۱ (۱۹۶۱/۳/۲۱ تا ۲۰۱۲/۱۲/۳۱) استفاده شد. به کمک روش زمین‌آماری کریجینگ مقادیر بارش روزانه بر روی یاخته‌های ۶×۶ کیلومتر میان‌یابی و برای هر روز یک نقشه رقومی ایجاد شد. سپس داده‌های روزانه مربوط به ۸۱۱ یاخته که کل استان را پوشش می‌دادند از نقشه‌ها استخراج شد. یک پایگاه داده (گاه‌جای) در ابعاد ۱۸۹۱۴×۸۱۱ ایجاد شد که بر روی سطرها روز (زمان) و بر روی ستون‌ها یاخته‌ها (مکان) قرار داشت. برای هر ماه از سال بر روی هر یاخته میانگین، آستانه بالا، آستانه پایین و انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد بارش محاسبه شد. برای شناسایی آستانه‌ها از آزمون *t-student* بهره گرفته شد. مقادیر آستانه‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد برآورد شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که پیکربندی ناهمواری‌ها نقش مهمی در پراکنش مدت زمان انتظار رخداد بارش استان کردستان دارند. مدت زمان انتظار رخداد بارش طی ماه‌های مختلف سال بر روی پهنه استان کردستان متفاوت است. پراکنش مدت زمان انتظار رخداد بارش طی فصل‌های مختلف سال به‌نوعی مسیر عبور سامانه‌های بارش‌زا را بر روی استان کردستان نشان می‌دهند. به‌طور کلی به‌لحاظ مکانی

Email:m.darand@uok.ac.ir

۱- دانشیار گروه آب‌هواشناسی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی دانشگاه کردستان.

هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار رخداد بارش در فصل بهار بر روی شمال غرب، در فصل تابستان بر روی شمال و شمال شرق، در فصل پاییز و زمستان بر روی شمال غرب و غرب استان قرار دارند. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین مدت زمان انتظار رخداد بارش به ترتیب مربوط به ماه‌های شهریور و بهمن است. در بهمن ماه بر روی بخش‌های غربی و شمال غرب استان کردستان مدت زمان انتظار رخداد بارش حدود ۳ روز است. در حالی که در شهریور ماه بر روی مناطق یاد شده مدت زمان انتظار رخداد بارش به بیش از ۶۰ روز می‌رسد.

**واژگان کلیدی:** مدت زمان انتظار، بارش، میان‌یابی، استان کردستان.

#### مقدمه

بارش آشوب‌مندترین و مهم‌ترین سنجه جوی است که نقش بسیار مهمی در اقلیم یک منطقه بازی می‌کند. وردایی و تغییرات ویژگی‌های بارش یکی از نمایه‌های ارزیابی و شناسایی تغییر اقلیم یک منطقه به‌شمار می‌رود. اگرچه پژوهش‌های متعددی در ارتباط با بارش در ایران انجام شده است ولی با وجود این هنوز پرسش‌هایی در ارتباط با ویژگی‌ها و رفتار این سنجه سرکش جوی وجود دارد که ذهن اندیشمندان را به‌خود جلب کرده است. برای نمونه می‌توان به مدت زمان انتظار رخداد بارش اشاره کرد. پایش مکانی-زمانی مدت زمان انتظار رخداد بارش برای انجام فعالیت‌های کشاورزی، برنامه‌ریزی‌های محیطی، سدسازی و منابع آب و کاربری زمین بسیار سودمند و مفید خواهد بود. بر همگان آشکار است که به‌لحاظ مکانی مدت زمان انتظار رخداد بارش در نواحی اقلیمی مختلف متفاوت است. علاوه بر وردایی مکانی زیاد بارش، به‌لحاظ زمانی (ماهانه، فصلی و سالانه) نیز مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی مناطق مختلف تغییرات زیادی از خود نشان می‌دهد. همان‌گونه که یاد شد بر روی بارش پژوهش‌های فراوانی انجام گرفته است. در یک دسته‌بندی کلی می‌توان پژوهش‌های انجام شده را در چهار طبقه جای داد: دسته اول به پایش مکانی و پهنه‌بندی مقادیر بارش و رژیم زمانی دریافت بارش پرداخته‌اند. دسته دوم شامل پژوهش‌هایی است که صرفاً نگاه آماری داشته‌اند. برای نمونه می‌توان به پژوهش‌هایی

اشاره کرد که وردایی، تحلیل طیفی و احتمال مقدار بارش، برآورد دوره‌های بازگشت مقادیر بارش و غیره را مدنظر داشته‌اند. آن دسته از پژوهش‌ها که به واکاوی هم‌دید دینامیکی رخداد بارش در قالب شدت‌های مختلف پرداخته‌اند، در دسته سوم طبقه‌بندی جای می‌گیرند. دسته چهارم پژوهش‌هایی هستند که ترکیبی از روش‌های یاد شده را برای کند و کاو بارش اتخاذ کرده‌اند. برای نمونه می‌توان به پژوهش‌های اشاره کرد که نگاه هم‌دید آماری داشته‌اند. در زیر برخی از پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با بارش در داخل و خارج از ایران آمده است. پیکربندی و چیدمان ناهمواری‌های ایران زمین، زاگرس در غرب و البرز در شمال، مانع از ورود رطوبت پهنه‌های آبی مجاور به مرکز ایران می‌شوند. بنابراین ماندگاری سامانه‌های بارش‌زا در دامنه‌های بادگیر ماندگاری رخداد بارش را افزایش می‌دهد و فاصله زمانی بین دو رخداد متوالی بارش را کاهش می‌دهد. بارش روزانه در بسیاری از قسمت‌های ایران، نامنظم و شدید است. بخش بزرگی از بارش سالیانه از چند رویداد بارش با شدت بالا دریافت می‌شود. تحلیل تمرکز بارش روزانه نشان می‌دهد که رویداد‌های بارندگی بیش از اندازه به طور گسترده‌ای در سرتاسر کشور پراکنده شده است. بیش از ۲۰ درصد مساحت ایران در معرض خطر بارش فرین هستند. حتی مرطوب‌ترین بخش‌های کشور در کرانه ساحلی دریای خزر، مقدار عمده‌ای از بارش خود را از رویدادهای بارش فرین دریافت می‌کنند (علیجانی و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۰-۹). مسعودیان (۱۳۷۷) با بررسی نظام تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران زمین نشان داد که سه گونه رژیم بارش اصلی در ایران دیده می‌شود. رژیم بارش آذری در شمال غرب که بارش آن بهاره است، رژیم بارش خزری در کرانه‌های خزری که بارش آن پاییزه است و رژیم بارش کردی، پاریسی، بلوچی و اراکی که بارش آن‌ها زمستانه است ولی درصد تمرکز بارش در در ماه‌های زمستانی آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. مسعودیان (۱۳۸۳: ۷۲-۶۳) روند بارش ایران در نیم سده گذشته (از ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۱۹۹۹) را بررسی کرد. یافته‌های وی نشان داد که بارش ایران طی نیم سده گذشته حدود نیم میلی‌متر در سال افزایش داشته است. اگر میانگین بارش ایران را حدود ۲۵۰ میلی‌متر در نظر بگیریم بارش کشور طی نیم سده گذشته حدود ۱۰ درصد افزایش یافته است. توابع منطقه‌ای بارش ایران نشان می‌دهد که ۸ منطقه همگن بارش در ایران وجود دارد که

می‌تواند تغییرات جغرافیایی و اقلیمی در ایران را نشان دهد اما یک تابع توزیع واحد برای هر منطقه همگن نمی‌توان یافت (مدرس، ۱۳۸۶: ۹۱-۸۶). مسعودیان و همکاران (۱۳۸۹: ۹۷-۸۷) با برازش خط رگرسیون بر روی سری زمانی تعداد روزهای بارانی ایران در بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹ نشان دادند که تعداد روزهای بارانی ایران زمین روند کاهشی از خود نشان می‌دهد. بیش‌ترین درصد مساحت کشور که تعداد روزهای بارانی دارای روند منفی و مثبت بوده به ترتیب مربوط به ماه فروردین و آذر است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ماندگاری‌های بارش بر روی استان کردستان ۱ الی ۳۷ روزه است. ماندگاری‌های بارش ۱ الی ۹ روزه بر روی کل گستره استان کردستان رخنمود دارند. ماندگاری‌های طولانی در نیمه غربی استان که به لحاظ میزان دریافتی بارش پربارش هستند دارای بسامد رخداد بیش‌تری هستند. ماندگاری‌های کوتاه مدت (۱ و ۲ روزه) بیش‌ترین بسامد روزهای بارشی و بیش‌ترین درصد مشارکت در تأمین مقدار بارش دریافتی نیمه کم‌بارش (شرق) استان را بر عهده دارند (دارند، ۱۳۹۳). روند وردایی در ماندگاری‌های بارش استان کردستان نشان می‌دهد که ماندگاری‌های بلندمدت بارش تغییرات قابل ملاحظه‌ای از خود نشان نمی‌دهند. سهم ماندگاری‌های کوتاه‌مدت در روزهای بارشی و تأمین مقدار بارش نیمه شرقی استان روبه کاهش است و برعکس برای نیمه غربی استان سهم ماندگاری‌های کوتاه‌مدت رو به افزایش است (دارند، ۱۳۹۳). علیجانی (۱۳۹۰: ۳۰-۹) تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران نشان داد که هر نقطه‌ای از کشور دست‌کم از نظر یک نمایه اقلیمی دچار بحران است. بحران‌های دماهای بالا در سواحل جنوب و مناطق مرکزی فراوان هستند، بحران‌های بارشی در همه جای کشور پراکنده است. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که روند نمایه‌های بارش فرین در مناطق جنوب‌غرب و غرب کشور مثبت و بر روی نوار باریکی در شمال ایران روند منفی دارند. در نیمه شرقی کشور نمایه‌های فرین روند معناداری از خود نشان نمی‌دهند. به‌طور کلی می‌توان گفت که نه تنها فراوانی رخداد بارش‌های فرین در مناطق جنوب‌غرب و غرب رو به افزایش است بلکه شدت و میزان بارش ناشی از آن‌ها نیز

بیش تر شده است (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲: ۲۵۷-۲۳۹). اریکسون<sup>۳</sup> (۱۹۶۵: ۴۹۷-۴۸۴) دوام و احتمال بارندگی در سوئد را مطالعه کرد. وی بر این باور است که سری زمانی دوام بارش تقریباً رفتاری هم‌چون زنجیره مارکف دارد. با افزایش شمار پیمونگاه‌های هواسنجی و تعداد سال‌های آماری اطلاعات بیش‌تری در مورد دوام بارش بر روی یک پهله کسب خواهیم کرد. دومروس و راناتونگا<sup>۴</sup> (۱۹۹۳: ۱۴۸-۱۳۷) در پژوهشی پراکنش مکانی مانایی بارش ماهانه و فصلی بر روی سری لانکا را بررسی کردند. یافته‌های این پژوهشگران نشان داد که توپوگرافی نقش بسیار مهمی در ماندگاری بارش دارد. شارارت<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۱: ۱۹۱-۱۸۳) فراوانی رخداد بارش بر روی شمال کمربند ذرت امریکا را بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که از شمال غرب به سمت جنوب شرق مقدار و فراوانی بارش سالانه افزایش می‌یابد. فراوانی رخداد بارش در بهار دو برابر فصل پاییز است. در پیمونگاه‌های شرقی منطقه مورد مطالعه در فصل بهار فراوانی روزهای بارشی ۳۰ درصد بیش‌تر از فصل پاییز است. سیبرت<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۷: ۱۵۳-۱۳۹) به بررسی الگوهای همید و منطقه‌ای بارش‌های سنگین در استرالیا پرداختند. یافته‌ها نشان داد که هفت الگوی همید متفاوت مسئول رخداد بارش‌های سنگین در استرالیا هستند. برای هر یک از الگوهای همید مسیر سامانه‌های همید شناسایی شد. هدف از انجام این پژوهش واکاوی و پایش مکانی-زمانی مدت زمان انتظار رخداد بارش در استان کردستان است.

### مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه بارش ۱۶۲ پیمونگاه همید، اقلیمی و بارانسجی بر روی پهله استان کردستان و ۲۶ پیمونگاه همید، اقلیمی و بارانسجی خارج از مرز استان مربوط به شرکت آب منطقه‌ای کردستان و سازمان هواشناسی طی بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۹۱/۱۰/۱۱ (۱۹۶۱/۳/۲۱ تا ۲۰۱۲/۱۲/۳۱) استفاده شد. با بهره‌گیری از روش زمین‌آمار

3- Erikson

4- Domroes and Ranatunga

5- Sharratt

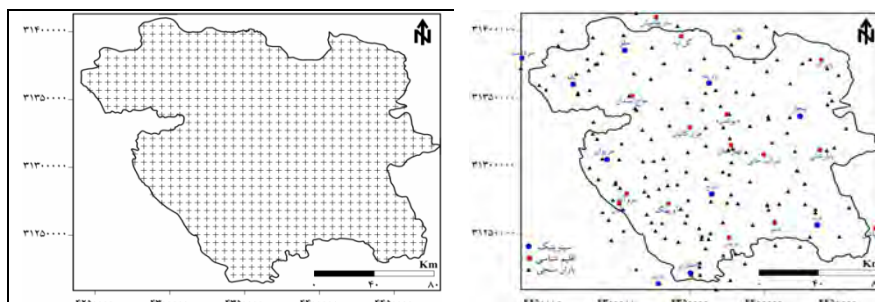
6- Seibert

کریگینگ و داده‌های ۱۸۸ پیمونگاه، مقادیر بارش بر روی یاخته‌های ۶×۶ کیلومتر میان‌یابی شد (شکل ۱). برای هر روز یک نقشه رقمی ایجاد شد. سپس داده‌های روزانه‌ی مربوط به ۸۱۱ یاخته که کل استان را پوشش می‌دادند، از نقشه‌ها استخراج شد. یک پایگاه داده (گاه‌جایی) در ابعاد ۱۸۹۱۴×۸۱۱ ایجاد شد که بر روی سطرها روز (زمان) و بر روی ستون‌ها یاخته‌ها (مکان) قرار داشت. روز بارشی در این پژوهش روزی در نظر گرفته شد که شدت بیش از ۰/۵ میلی‌متر در شبانه‌روز ثبت شده باشد. برای هر یک از ماه‌های مختلف سال میانگین ساده و انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی هر یاخته حساب شد. به کمک آزمون t-student آستانه بالا و پایین میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش در سطح اطمینان ۹۹ درصد محاسبه شد (رابطه ۱).

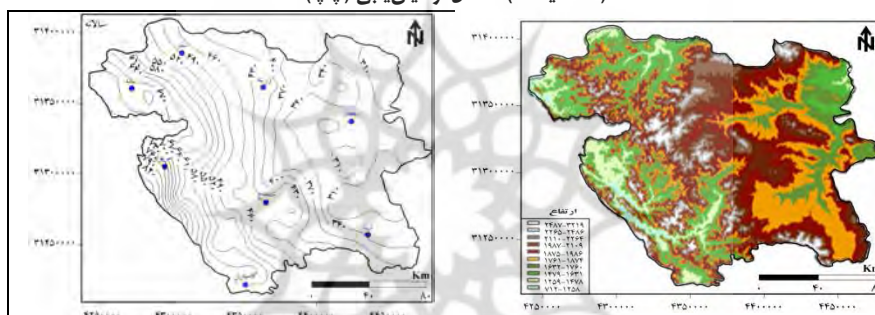
$$\bar{X} \pm (t_{\alpha/2}, n-1) \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

که در آن میانگین مدت زمان انتظار رخنمود بارش،  $t_{\alpha/2}$  برپایه درجه آزادی در جدول مربوطه برابر با ۲/۵۷۶ است. همچنین  $n$  شمار داده‌ها و  $s$  انحراف معیار داده‌ها می‌باشد.

پیکربندی ناهمواری‌ها و نرخ بارش دریافتی استان کردستان در شکل (۲) آمده است. ناهمواری‌های زاگرس با امتداد شمالی-جنوبی در مرکز استان کردستان قرار دارند. نقش پیکربندی ناهمواری‌ها بر پراکنش مقدار بارش دریافتی استان کاملاً آشکار است. بخش‌های روبه‌باد (بادگیر) بلندی‌های مرکزی استان بیش از دو برابر بخش‌های شرقی و پشت به باد (بادپناه) در طول سال بارش دریافت می‌کنند.



شکل (۱) موقعیت پیمونگاه‌های همدید، اقلیمی و بارانسنجی استان کردستان (راست) و موقعیت یاخته‌ها (۱۱۱ یاخته) حاصل از میان‌یابی (چپ)



شکل (۲) وضعیت ارتفاعی (راست) و پراکنش بارش دریافتی سالانه استان کردستان (چپ)

## یافته‌ها و بحث

همان‌طور که در بخش داده و روش‌شناسی ذکر شد برای هر ماه از سال و هر یاخته جداگانه میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش حساب شد و به کمک آزمون  $t$  در سطح اطمینان ۹۹ درصد حد بالا و پایین تغییرات میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش برآورد شد. انحراف معیار مقادیر مدت زمان انتظار رخداد بارش نیز جهت آگاهی از میزان تغییرات حساب شد. یافته‌ها نشان داد که در ماه فروردین در بخش‌های غربی استان مدت زمان انتظار رخداد بارش کمتر از بخش‌های شرقی استان است. بر روی برخی مناطق غربی (از جمله بانه) مدت زمان انتظار رخداد بارش در این ماه از سال به‌طور میانگین حدود ۳ الی ۳/۵ روز است. با حرکت به سمت بخش‌های شرقی استان به مقادیر میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش

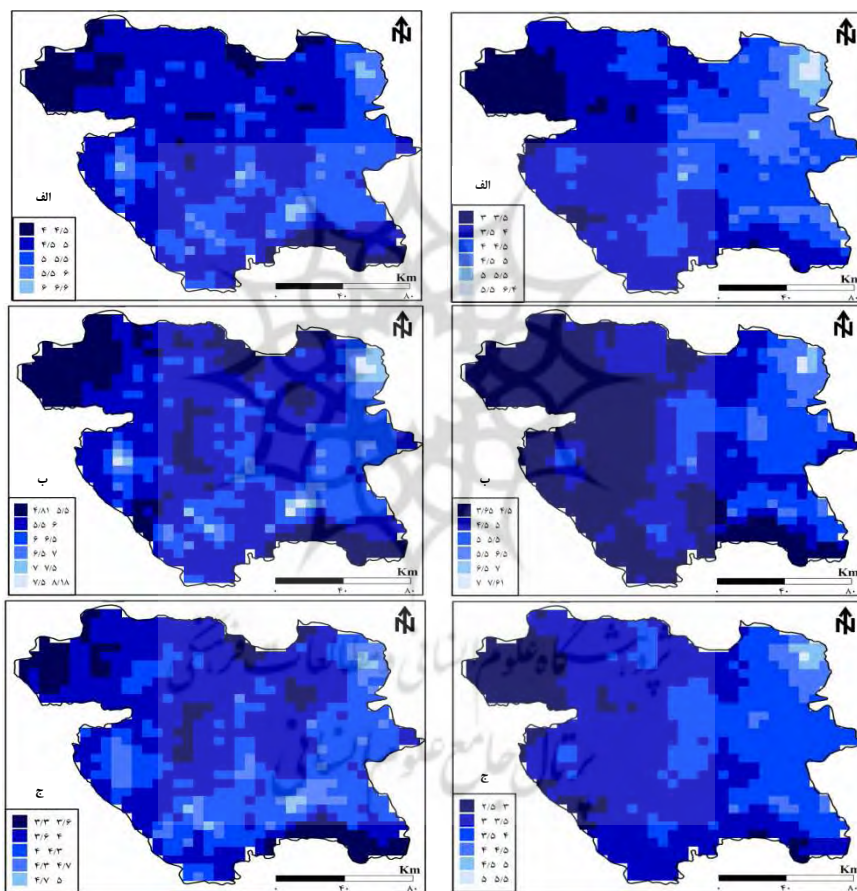
افزوده می‌شود و برای رخداد بارش مدت زمان بیش‌تری باید منتظر ماند. به‌طور کلی می‌توان گفت که پیکربندی ناهمواری‌ها در پراکنش و توزیع مدت زمان انتظار رخداد بارش در استان کردستان نقش بسیار چشمگیری دارند. در دامنه‌های روبه باد و پشت به باد مدت زمان انتظار رخداد بارش با همدیگر بسیار متفاوت است. در پایکوه‌ها و دامنه‌های غربی ناهمواری‌های استان که در راستای شمالی-جنوبی گسترده شده‌اند، در ماه فروردین حدود ۴ شبانه‌روز به‌طور میانگین باید در انتظار رخداد بارش بود ولی در دامنه‌ها و پایکوه‌های شرقی بلندی‌های مرکزی استان به‌طور میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش بیش از ۵ شبانه‌روز است. در بخش‌های شمال‌شرقی استان در ماه فروردین مدت انتظار به بیش از ۶ شبانه‌روز می‌رسد. در نیمه غربی استان که میزان بارش دریافتی بیش‌تری نسبت به نیمه شرقی دارد و بخش پربارش استان در پهنه یاد شده قرار دارد، با احتمال ۹۹ درصد آستانه بالای انتظار رخداد بارش در ماه فروردین ۳/۶ الی ۴/۵ شبانه‌روز است. بر روی برخی مناطق یاد شده آستانه‌ی پایین انتظار رخنمود بارش حدود ۲/۵ الی ۳ شبانه‌روز است. بر روی نیمه شرقی استان که بخش‌های کم‌بارش استان را در بر گرفته است، آستانه بالای انتظار رخنمود بارش متغیر است و به‌طور کلی بر روی گستره بزرگی از نیمه شرقی حدود ۶ شبانه‌روز و آستانه پایین انتظار رخداد بارش بر روی بخش بزرگی از آن حدود ۳/۵ الی ۴ شبانه‌روز است. به‌طور کلی میزان وردایی و تغییرات در مدت زمان انتظار رخداد بارش در نیمه پربارش (غربی) و نیمه شرقی (کم‌بارش) با همدیگر متفاوت است. نقشه مربوط به میزان انحراف معیار مقادیر مدت زمان انتظار رخداد بارش گویای آن است که در نیمه غربی میزان وردایی در انتظار رخنمود بارش کم‌تر از نیمه شرقی استان است. بر روی بخش‌های پربارش (غربی) انحراف معیار مقادیر سری زمانی مدت زمان انتظار رخداد بارش در دوره مورد مطالعه کم‌تر از ۳/۵ شبانه‌روز است ولی بر روی بخش‌های شرقی (کم‌بارش) انحراف معیار به بیش از ۶ شبانه‌روز می‌رسد. به‌طور کلی در ماه اردیبهشت مدت زمان انتظار رخداد بارش نسبت به ماه فروردین بر روی برخی مناطق حدود ۱ روز افزایش یافته است. همانند ماه فروردین بر روی بخش‌های غربی استان مدت زمان انتظار رخداد بارش کوتاه‌تر است. در بخش‌های شمال غربی استان (بانه) به‌طور متوسط در این ماه از سال مدت زمان انتظار برای رخداد بارش ۴

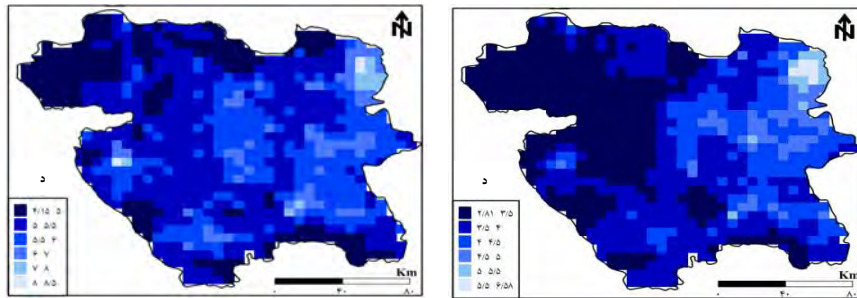


الی ۴/۵ روز است. بر روی برخی مناطق شرقی استان به طور میانگین مدت زمان انتظار بیش از ۶ روز است. در این ماه از سال انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی بخش‌های شمال غربی استان ۴ الی ۵ روز است در حالی که بر روی بخش‌های شرقی و شمال شرقی استان بیش از ۸ روز است (شکل ۳). با آغاز دوره‌ی گرما و جابه‌جایی امواج بادهای غربی به سمت شمال هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار رخداد بارش به سمت شمال و هسته‌های بیشینه به سمت جنوب جابه‌جا می‌شوند. همچنین مدت زمان بیش‌تری نیز باید در انتظار رخداد بارش بود. در یک نگاه کلی در خرداد ماه، مدت زمان انتظار رخنمود بارش نسبت به ماه اردیبهشت بیش از ۳ برابر است. برای بخش‌های جنوبی استان آستانه بالا و پایین انتظار به ترتیب به بیش از ۴۵ و ۱۹ روز می‌رسد. بطور کلی انحراف معیار مدت زمان انتظار در نیمه شمالی استان کم‌تر از نیمه جنوبی است. بسامد رخداد بارش‌های فصل تابستان بسیار کوچک و نادر است و سهم اینگونه بارش‌ها از مجموع بارش سالانه بسیار ناچیز است اگرچه ممکن است در برخی موارد رخنمود این‌گونه بارش‌ها آسیب‌های بسیار سنگینی به بخش کشاورزی وارد کند. در ماه تیر بر بخش‌های شمالی استان میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش بین ۲۴ الی ۵۸ شبانه‌روز است. بسامد رخداد بارش‌های فصل تابستان بسیار کوچک و نادر است و سهم اینگونه بارش‌ها از مجموع بارش سالانه بسیار ناچیز است اگرچه ممکن است در برخی موارد رخنمود این‌گونه بارش‌ها آسیب‌های بسیار سنگینی به بخش کشاورزی وارد کند. در ماه تیر در بخش‌های شمالی استان میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش بین ۲۴ الی ۵۸ روز است. با فاصله گرفتن از بخش‌های شمالی استان بر مدت زمان انتظار رخداد بارش افزوده می‌شود. به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد آستانه بالا و پایین مدت زمان انتظار رخداد بارش در بخش‌های جنوبی استان معنادار نیست و این بیانگر وردایی بسیار زیاد مدت زمان برای انتظار رخداد بارش است. لذا محاسبه میانگین برای این‌گونه مناطق به لحاظ آماری درست نیست. به همین دلیل در نقشه میانگین نیز مناطق یاد شده با رنگ سفید مشخص شده است. بر روی مناطقی که حد بالا و پایین میانگین مدت زمان انتظار معنادار است، تغییرات و انحراف معیار بسیار زیادی مشاهده می‌شود. به‌طور کلی از روی مقادیر انحراف معیار می‌توان متوجه شد که فاصله زمانی بین دو

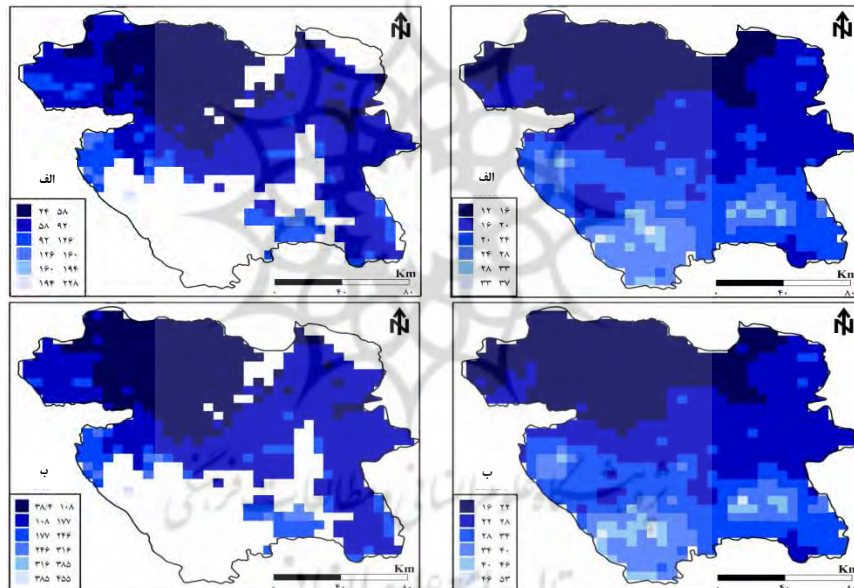
رخداد بارش متوالی و پیاپی در بخش‌های شمالی استان در ماه تیر به نسبت سایر مناطق کوچک‌تر است و طی بازه زمانی مورد مطالعه مدت زمان انتظار تغییرات به نسبت کوچک‌تری را بر روی مناطق یاد شده نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۵) آمده است در ماه مرداد کمینه مقادیر مدت زمان انتظار رخداد بارش به سمت بخش‌های شمال شرقی و شرق استان جابه‌جا شده است. به بیانی دیگر فاصله زمانی بین دو رخداد بارش پیاپی بر روی مناطق یاد شده در مرداد ماه به نسبت کوچک‌تر است. جابه‌جایی در هسته‌های کمینه و بیشینه مدت زمان انتظار رخداد بارش به نوعی جابه‌جایی مسیر ورود سامانه‌ها و سهم دریافت بارش مناطق مختلف از آن‌ها را نشان می‌دهد. مکانیزم و سازوکار بارش‌های فصل تابستانه استان کردستان کاملاً متفاوت با بارش‌های دوره‌ی سرد است. برهم‌کنش دو سامانه پرفشار شرق اروپا و کم‌فشار مونسون-خلیج فارس منجر به رخداد بارش‌های فصل تابستانه استان کردستان خواهد شد. با توجه به نحوه گردش دو سامانه یاد شده و مکان شکل‌گیری بیشینه شیو فشار ایجاد شده بویژه در بخش‌های شمال شرقی استان، میزان بارش دریافتی مناطق یاد شده بیشینه خواهد بود. بنابراین مسیر عبور سامانه‌های بارش‌زای تابستانه برخلاف مسیر آن‌ها در فصل سرد سال از شمال شرق به سمت جنوب غرب و غرب استان است (دارند، ۱۳۹۲). بر روی بخش‌های شمال شرقی استان میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش ۳۶ الی ۵۴ روز است. در مقابل بر روی مناطق جنوب غربی استان میانگین مدت زمان انتظار به بیش از ۱۲۴ روز می‌رسد. مقادیر حد بالا و پایین میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش بیانگر تغییرات بسیار زیاد زمان انتظار در این ماه از سال است. به بیانی دیگر برخلاف ماه‌های بارشی استان آهنگ زمانی انتظار کشیدن برای رخداد بارش از الگو و نظم خاصی پیروی نمی‌کند. انحراف معیار مدت زمان انتظار بر روی شمال غرب استان نسبت به سایر مناطق دیگر کمینه است و از وردایی کم‌تری برخوردار است. با افزایش شدت و گستره سامانه‌های دینامیکی واچرخندی در فصل گرما و افزایش شدت پایداری در جو، احتمال رخداد بارش بر روی استان بسیار نادر خواهد بود. به بیانی دیگر مدت زمان انتظار رخداد بارش افزایش می‌یابد. به دلیل بسامد اندک رخداد مشاهدات بارشی و تفاوت بسیار زیاد در مقادیر مشاهدات (زمان انتظار)، در سطح اطمینان ۹۹ درصد برآورد حد بالا و پایین مدت

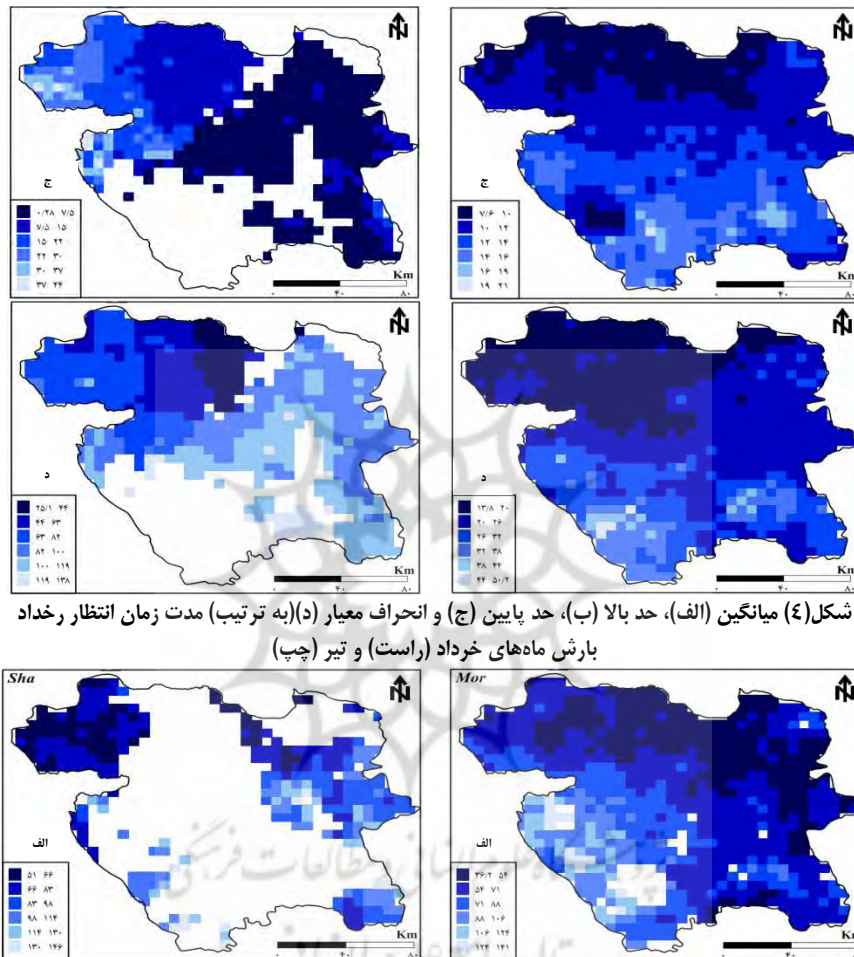
زمان انتظار رخداد بارش برای اغلب گستره استان در شهریور ماه به لحاظ آماری مجاز و معنادار نیست. بر روی گستره بسیار کوچکی از استان محاسبه نمایه‌های آماری یاد شده معنادار است. انحراف معیار مدت زمان انتظار بر روی این‌گونه مناطق نیز بیانگر تغییرات بسیار زیاد در زمان انتظار رخداد بارش است.

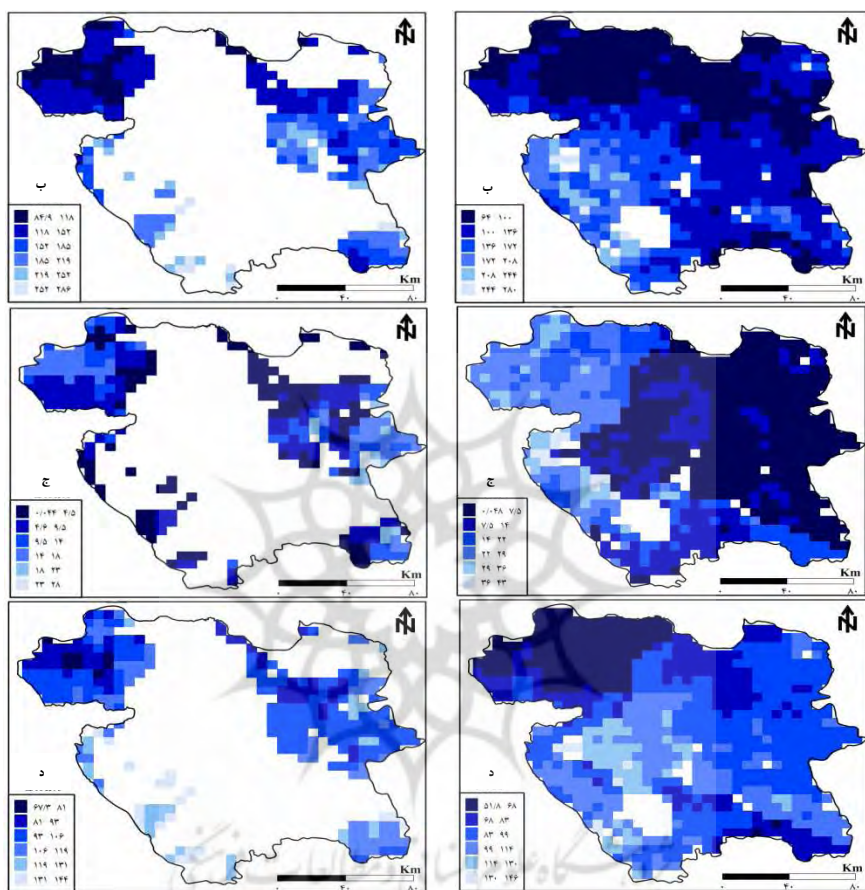




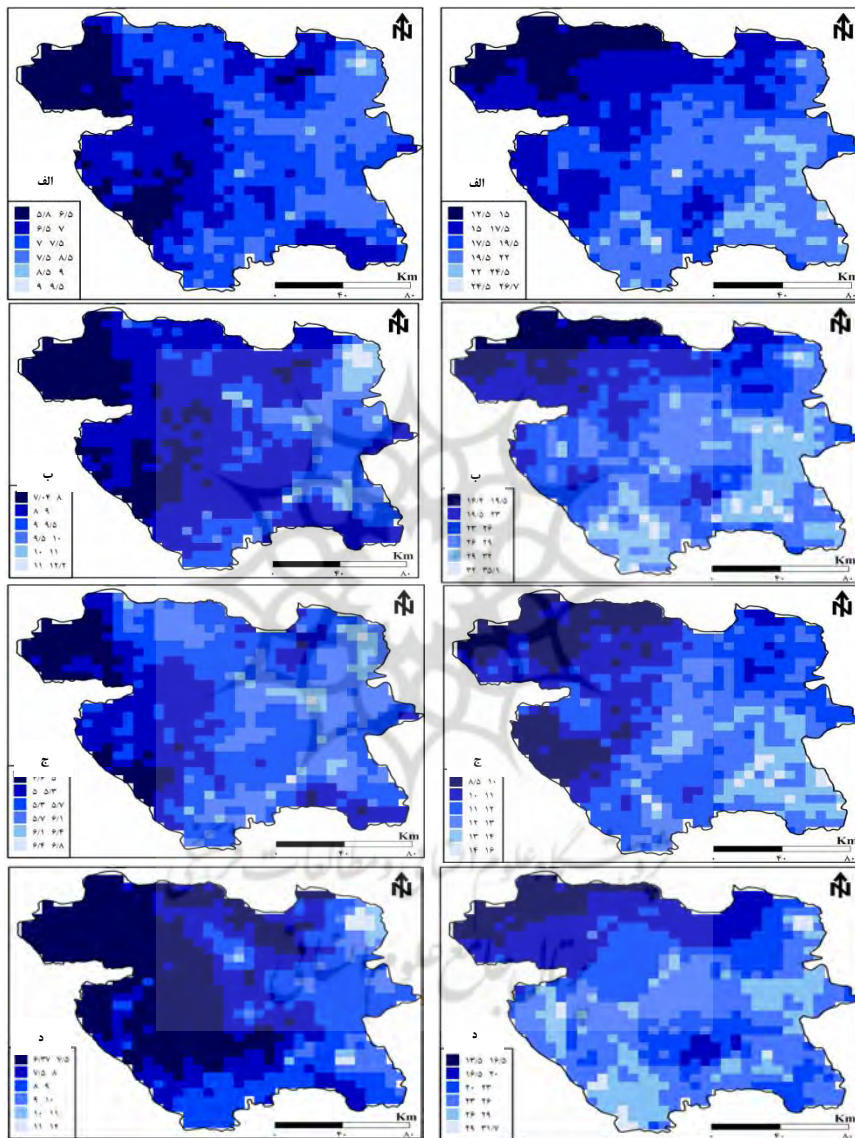
شکل (۳) میانگین (الف)، حد بالا (ب)، حد پایین (ج) و انحراف معیار (د) (به ترتیب) مدت زمان انتظار رخداد بارش ماه‌های فروردین (راست) و اردیبهشت (چپ)







شکل (۵) میانگین (الف)، حد بالا (ب)، حد پایین (ج) و انحراف معیار (د) (به ترتیب) مدت زمان انتظار رخداد بارش ماه‌های مرداد (راست) و شهریور (چپ)



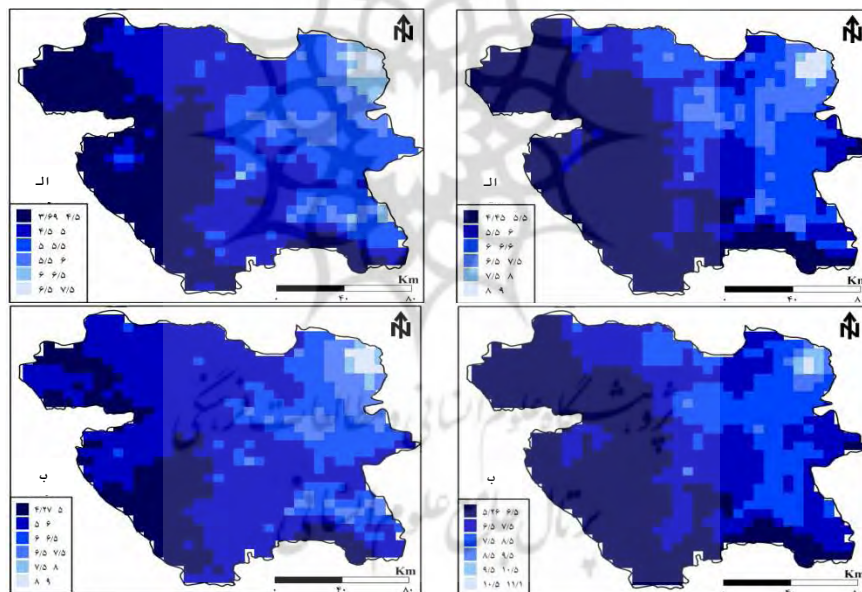
شکل (۶) میانگین (الف)، حد بالا (ب)، حد پایین (ج) و انحراف معیار (د) (به ترتیب) مدت زمان انتظار رخداد بارش ماه‌های مهر (راست) و آبان (چپ)

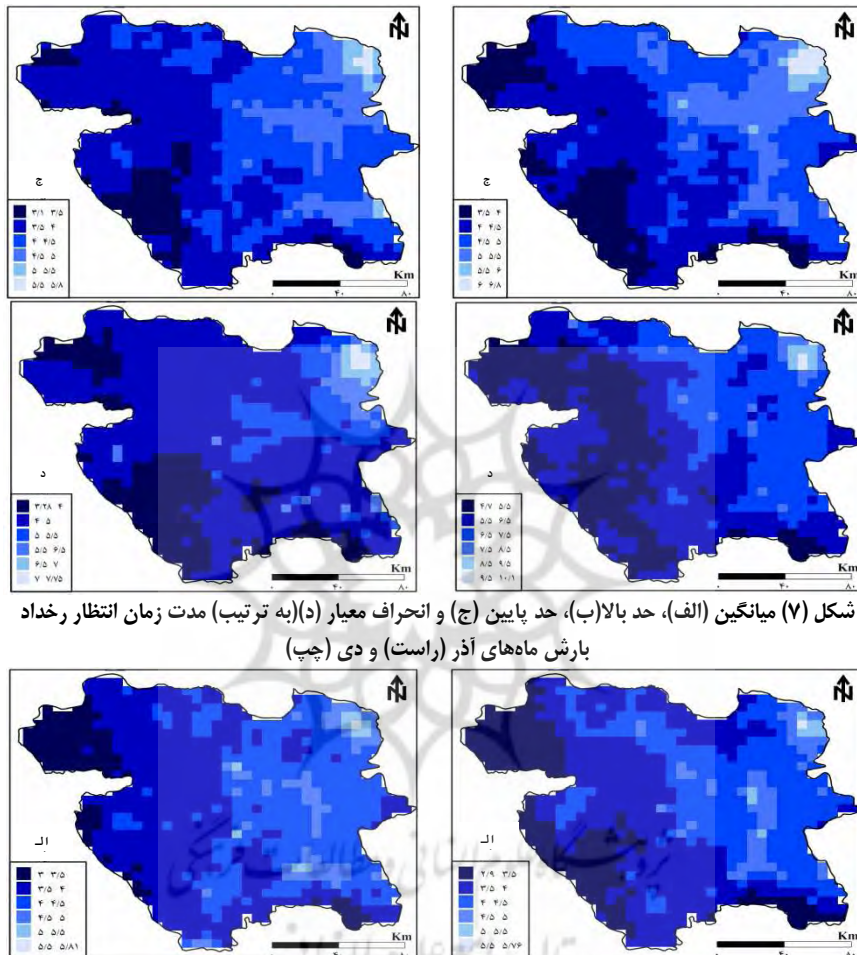
با آغاز فصل پاییز و جابه‌جا شدن قلمرو حاکمیت سامانه‌های واچرخندی به سمت عرض‌های جنوبی و گسترش بادهای غربی به سمت عرض‌های پایین احتمال رخداد بارش بر روی استان افزایش می‌یابد و مدت زمان انتظار رخداد بارش کوچک‌تر خواهد شد. یافته‌ها بیانگر آن است که واکنش مناطق مختلف به این جهش و تغییر در موقعیت الگوهای گردش جوی به لحاظ دریافت بارش بر روی استان کردستان یکسان و یک‌اندازه نیست. برخلاف فصل تابستان هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار رخداد بارش در ماه مهر در شمال غرب استان قرار دارند و از شمال شرق به سمت شمال غرب جابه‌جا شده‌اند. بنابراین برپایه‌ی پایش مکانی مدت زمان انتظار رخداد بارش در مهرماه می‌توان گفت که گسترش بادهای غربی و آغاز سازوکار ناپایداری‌های جوی از سمت شمال غرب استان کردستان شروع و به سمت عرض‌های پایین کشیده می‌شود. در شمال غرب استان، میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش در ماه مهر ۱۲/۵ الی ۱۵ روز است. انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی مناطق یاد شده نسبت به سایر مناطق کمینه است و بیانگر تغییرات به نسبت کوچک زمان انتظار رخداد بارش در این ماه از سال است. حد بالا و پایین مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی مناطق یاد شده به ترتیب ۱۶/۴ الی ۱۹/۵ و ۸/۵ الی ۱۰ روز است. بیشینه مدت زمان انتظار رخداد بارش در این ماه از سال بر روی بخش‌های جنوب شرقی و شرقی استان مشاهده می‌شود. در ماه آبان مدت زمان انتظار رخداد بارش نسبت به مهر ماه بر روی پهنه استان کردستان کاهش یافته است. به‌بیانی دیگر بسامد رخداد روزهای بارشی افزایش یافته است و از زمان انتظار رخداد بارش کاسته شده است. به‌لحاظ مکانی نیز هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار رخداد بارش از حالت مداری (غربی-شرقی) به نصف‌النهاری (شمالی-جنوبی) تبدیل شده و به سمت عرض‌های پایین‌تر و غرب استان جابه‌جا شده‌اند. برپایه آن می‌توان گفت که مسیر گذر بادهای غربی نسبت به مهر ماه به سمت جنوب جابه‌جا شده است. بر روی برخی مناطق نیمه غربی استان میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش حدود ۶ روز است. در مقابل در نیمه شرقی استان میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش در آبان ماه حدود ۹ روز است. در نیمه غربی استان حد بالای انتظار رخداد بارش در سطح اطمینان ۹۹ درصد ۷ الی ۸ و حد پایین آن ۴/۵ الی ۵ روز است. در نیمه شرقی استان



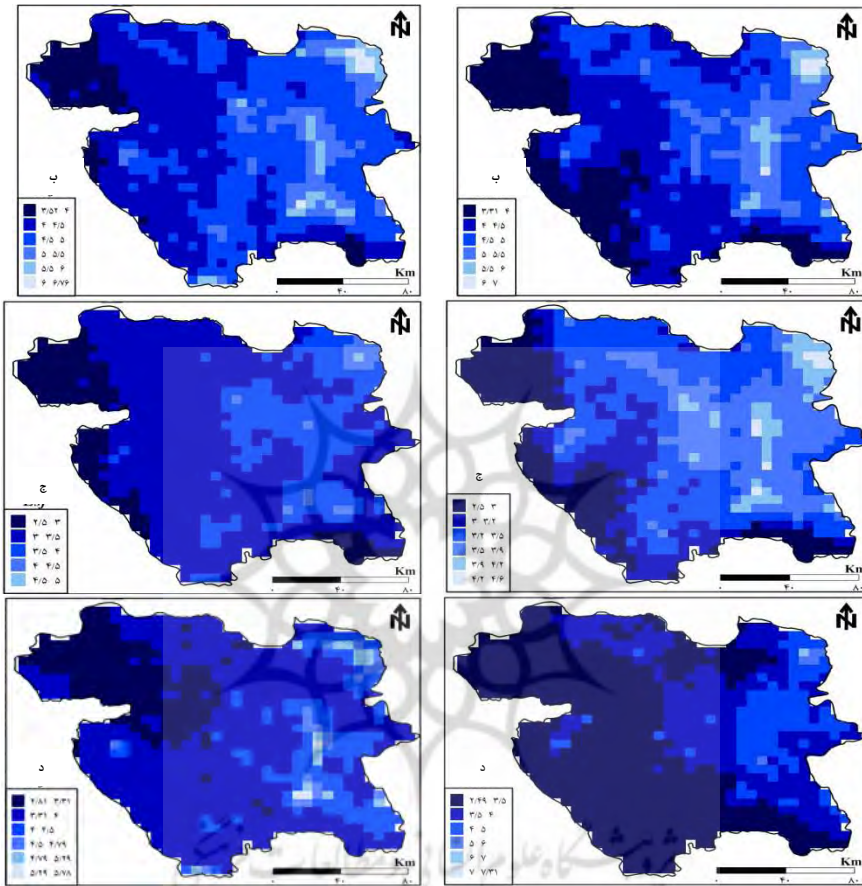
حد بالا برای زمان انتظار ۱۱ الی ۱۲ و حد پایین برابر با ۶/۵ الی ۷ روز است. سری زمانی مقادیر مدت زمان انتظار رخداد بارش در نیمه غربی تغییرات کوچکتری نسبت به نیمه شرقی استان از خود نشان می‌دهد. با نزدیک شدن به فصل سرما بر دوام و ماندگاری بارش‌ها افزوده شده و دوره‌های بدون بارش و انتظار رخداد بارش کوتاه‌تر می‌شوند. همچنین هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار نیز هماهنگ با جابه‌جایی مسیر عبور سامانه‌های بارش‌زا و بادهای غربی به سمت جنوب و جنوب‌غرب استان جابه‌جا می‌شوند. پیکربندی ناهمواری نقش بسیار مهمی در مانایی سامانه‌های بارش‌زای غربی دارند. در ماه آذر میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی بخش‌های غربی استان نسبت به سایر مناطق استان کمینه است و برابر با ۴/۵ الی ۵/۵ روز است. در بخش‌های شرقی و شمال شرقی استان مدت زمان انتظار رخداد بارش ۸ الی ۹ روز است. در سطح اطمینان ۹۹ درصد، طولانی‌ترین مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی نیمه غربی استان در آذر ماه ۵ الی ۶/۵ روز و کوتاه‌ترین آن برابر با ۳/۵ الی ۴ روز است. انحراف معیار سری زمانی مقادیر انتظار برای رخنمود بارش نیمه غربی برخلاف نیمه شرقی استان کوچک است. بر روی برخی یاخته‌های غربی استان میزان انحراف معیار برابر ۴/۷ الی ۵/۵ روز است. مدت زمان انتظار رخداد بارش پهنه استان کردستان در دی ماه نسبت به آذرماه کاهش یافته است. در مقایسه با ماه آذر به‌طور میانگین در این ماه از سال ۱ روز از انتظار رخداد بارش کاسته شده است. یا می‌توان گفت که ۱ روز بر ماندگاری و دوام بارش‌ها افزوده شده است. همانند آذرماه و سایر ماه‌های بارشی دوره سرد سال میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش نیمه غربی استان کوتاه‌تر از نیمه شرقی است. سری زمانی مقادیر انتظار رخنمود بارش بر روی بخش‌های جنوب‌غربی استان طی بازه زمانی مورد پژوهش نسبت به سایر مناطق تغییرات کمتری نشان می‌دهد و این بیانگر شبیه بودن مدت زمان‌های انتظار در مناطق یاد شده طی دوره مورد مطالعه است. کوتاه‌ترین مدت زمان انتظار رخداد بارش استان کردستان در بین ماه‌های سال مربوط به بهمن ماه است. در این ماه از سال میانگین حداکثر مدت زمان انتظار بر روی پهنه استان کردستان حدود ۵/۵ روز است که در بخش‌های شرق و شمال‌شرق استان مشاهده می‌شود. در ماه بهمن در نیمه غربی استان به‌طور میانگین هر ۳ الی ۳/۵ روز یکبار بارش رخنمود دارد.

نسبت به دی‌ماه مدت انتظار برای بخش‌های غربی استان تغییر چندانی از خود نشان نمی‌دهد. به بیانی دیگر به نسبت از مدت زمان انتظار بارش بخش‌های شرقی بیش‌تر کاسته شده است. بنابراین بر پایه آن می‌توان گفت که ماندگارترین بارش‌ها در این ماه از سال رخنمود دارند. کم‌ترین نرخ تغییرات برپایه نمایه انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد بارش در بهمن ماه مربوط به نیمه غربی استان است که ۲/۵ الی ۳/۵ روز است. در اواخر دوره سرد به تدریج امواج بادهای غربی به تدریج از عرض‌های جنوبی استان کردستان به سمت عرض‌های شمالی جابه‌جا می‌شوند. نقشه میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش در اسفندماه نشان می‌دهد که هسته کمینه مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی شمال‌غرب استان قرار دارد.

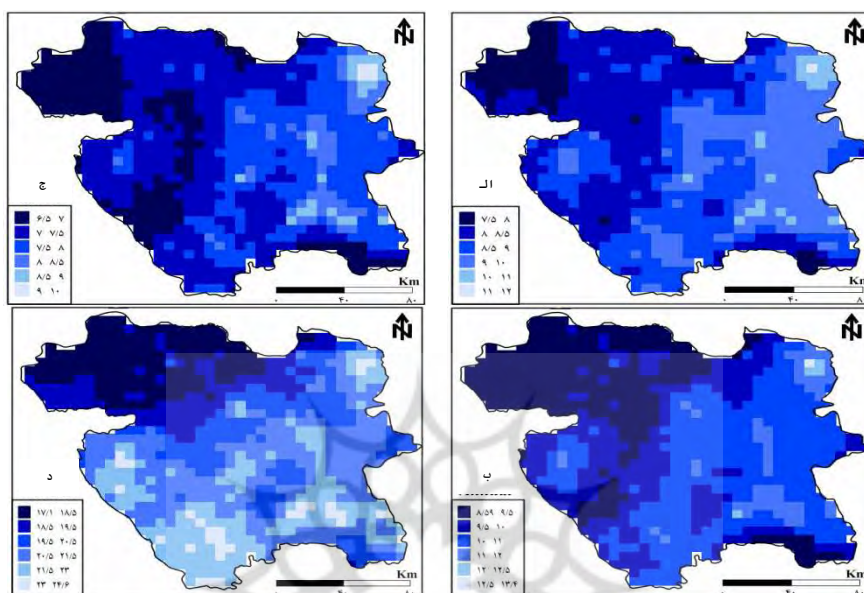




شکل (۷) میانگین (الف)، حد بالا (ب)، حد پایین (ج) و انحراف معیار (د) (به ترتیب) مدت زمان انتظار رخداد بارش ماه‌های آذر (راست) و دی (چپ)



شکل (۸) میانگین (الف)، حد بالا (ب)، حد پایین (ج) و انحراف معیار (د) (به ترتیب) مدت زمان انتظار رخداد بارش ماه‌های بهمن (راست) و اسفند (چپ)



شکل (۹) میانگین (الف) و حد بالا (ب)، حد پایین (ج) و انحراف معیار (د) مدت زمان انتظار رخداد بارش سالانه

در شمال غرب استان میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش ۳ الی ۳/۵ روز است و تفاوتی با میانگین مدت انتظار بارش در بهمن ماه از خود نشان نمی‌دهد. ولی میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش در مناطق غرب و جنوب غربی استان نسبت به ماه بهمن حدود ۱ روز افزایش یافته است. به بیانی دیگر فاصله زمانی بین رخداد دو بارش پیاپی افزایش یافته است و بر دوام انتظار افزوده شده است. در بخش‌های شرقی استان در این ماه از سال میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش ۵/۵ الی ۵/۸ روز است. در نیمه شرقی استان انحراف معیار سری زمانی مدت زمان انتظار رخداد بارش طی دوره مورد مطالعه نسبت به نیمه غربی استان بیش‌تر است. در شکل (۹) میانگین، حدبالا، پایین و انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد بارش سالانه آمده است. به‌طور کلی می‌توان گفت که پیکربندی ناهمواری‌های مرکزی استان بر ماندگاری سامانه‌های بارش‌زا و مدت زمان انتظار رخداد بارش نقش بسیار مهمی دارند. هر چه از غرب به سمت شرق حرکت کنیم مدت زمان انتظار رخنمود بارش

بیش‌تر می‌شود. میانگین مدت زمان انتظار رخداد بارش در شمال‌غرب استان کوتاه‌تر از سایر مناطق است. در بخش‌های شرقی استان مدت زمان انتظار رخداد بارش طولانی‌تر است. در شمال‌غرب استان در طول سال به‌طور متوسط هر ۸ روز و در بخش‌های شرقی استان هر ۱۲ روز یکبار بارش اتفاق می‌افتد. بنابراین می‌توان گفت که فاصله زمانی بین دو رویداد بارشی متوالی در شمال‌غرب استان کوتاه‌تر و بسامد رخداد روزهای بارشی بیش‌تر است. برعکس آن برای نیمه شرقی استان صادق است.

### نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که مدت زمان انتظار رخداد بارش در ماه‌های مختلف سال بر روی پهنه استان کردستان متفاوت است. به‌طور کلی می‌توان گفت که چیدمان و پیکربندی ناهمواری‌های مرکزی استان نقش مهمی در مدت زمان انتظار رخداد بارش دارند. به‌طور کلی در بخش‌های پربارش نیمه غربی استان و مناطق بادگیر (روبه‌باد) بلندی‌های مرکزی مدت زمان انتظار بارش کوتاه‌تر از بخش‌های کم‌بارش شرقی و بادپناه (پشت بی‌باد) بلندی‌های مرکزی است. پراکنش مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی پهنه استان طی ماه‌های مختلف سال به نوعی مسیر ورود سامانه‌های هم‌دید بارش‌زا و امواج بادهای غربی را نشان می‌دهند. طی ماه‌های فروردین و اردیبهشت از فصل بهار هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار در شمال‌غرب استان قرار دارند. با شروع فصل گرما و جابه‌جایی چیدمان سامانه‌های هم‌دید مدت زمان انتظار رخداد بارش در شمال و شمال‌شرق استان کوتاه‌تر می‌شود. همچنین با شروع فصل پاییز هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار به سمت شمال‌غرب جابه‌جا می‌شوند و به‌تدریج طی ماه‌های اواخر فصل پاییز و زمستان به سمت بخش‌های غربی و جنوبی استان جابه‌جا می‌شوند. به‌لحاظ مکانی هسته‌های کمینه و بیشینه مدت زمان انتظار رخداد بارش در تقابل هم‌دیگر قرار دارند. در صورتی که هسته‌های کمینه مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی غرب استان قرار گرفته باشند، هسته‌های بیشینه در شرق استان مشاهده می‌شوند. با جابه‌جایی هسته‌های کمینه به سمت شمال‌شرق، هسته‌های بیشینه نیز به سمت جنوب‌غرب استان جابه‌جا می‌شوند. دلیل آن را می‌توان در تخلیه رطوبتی سامانه‌های

بارش‌زا در دامنه‌های بادگیر بلندی‌ها طی مسیر حرکت جستجو کرد. به لحاظ زمانی طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین مدت زمان انتظار رخداد بارش بر روی پهنه استان کردستان به ترتیب در ماه شهریور و بهمن مشاهده می‌شود. طی ماه‌های بارشی استان فاصله زمانی رخداد بین دو بارش پیاپی کاهش می‌یابد ولی در ماه‌های خشک و کم‌بارش استان مدت زمان انتظار طولانی‌تر خواهد شد. در بهمن ماه به‌طور متوسط مدت زمان انتظار رخداد بارش در شمال غرب استان کردستان حدود ۳ روز است در حالی که بر روی مناطق یاد شده در ماه شهریور مدت زمان انتظار به‌طور میانگین بیش از ۶۰ روز است.



## منابع

- دارند، محمد (۱۳۹۲)، «شناسایی الگوهای فشار تراز دریا هنگام رخداد بارش‌ها سبیل‌آسای استان کردستان»، اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشک، سنندج، ایران.
- دارند، محمد (۱۳۹۳)، «روند سهم ماندگاری بارش در فراوانی روزهای بارشی و مقدار بارش استان کردستان، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، در حال چاپ.
- علیجانی، بهلول (۱۳۹۰)، «تحلیل فضایی دما و بارش‌های بحرانی در ایران»، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، شماره: ۲۰، صص ۳۰-۹.
- مدرس، رضا (۱۳۸۵)، «تابع توزیع منطقه‌ای بارش ایران»، *مجله پژوهش و سازندگی*، شماره: ۷۵، صص ۹۱-۸۶.
- مسعودیان، سیدابوالفضل و محمد دارند (۱۳۹۲)، «شناسایی و بررسی تغییرات نمایه‌های بارش فرین ایران طی دهه‌های اخیر»، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، شماره: ۲۰، صص ۲۵۷-۲۳۹.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۷۷)، بررسی نظام تغییرات زمانی-مکانی بارش در ایران زمین»، پایان‌نامه دکتری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۳)، «تحلیل روند بارش ایران طی نیم سده اخیر»، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، شماره: ۲، صص ۷۲-۶۳.
- مسعودیان، سیدابوالفضل؛ دارند، محمد و عبدالرضا کاشکی (۱۳۸۹)، «تحلیل روند تعداد روزهای بارانی ایران»، *چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم*، تهران، صص ۹۷-۸۷.
- Alijani, B. Brien, J.O. and Yarnal, B., (2008), "Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran", *Theoretical and Applied Climatology*, 94, PP.107-124.
- Domroes, M. and Ranatunga, E. (1993), "Analysis of inter-station daily rainfall correlation during the southwest Monsoon in the wet zone of Sri Lanka", *Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography*, 75 (3), PP.137-148.



- Eriksson, B. (1965), "A climatological study of persistency and probability of precipitation in Sweden", *Tellus*, 4, PP.484-497.
- Seibert, P. Frank, A and Formayer, H. (2007), "Synoptic and regional patterns of heavy precipitation in Austria", *Theoretical and Applied climatology*, 87, PP.139-153.
- Sharratt, B.S. Zandlo, J and Spoden, G. (2001), "Frequency of Precipitation across the Northern U.S. Corn Belt", *Journal of Applied Meteorology*, 40, PP.183-191.

