تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هشتم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۱
Volume 8, No. 3, Winter 2013 (IR-WRR)
۳۹-۵۳

مشخصات زمانی – مکانی بارش‌های روزانهٔ فرین بالا در شمال غرب ایران

حسین عساکره[۱*] ، فاطمه ترکارانی[۲]
و صغری سلطانی[۳]

چکیده

فرین‌های بارشی در هر نقطه، به بارش‌های نادر و نابهنجار گفته می شود که در دنباله و دور از نقطه تمرکز توزیع فراوانی (میانگین و یا میانه) بارش آن نقطه قرار گرفته باشد. اخیراً فرین‌های بالا و دنبالهٔ بالایی توزیع فراوانی بارش مورد توجه بسیار بوده‌اند. در این راستا به فراخور ویژگی‌های جغرافیایی هر پهنه، آستانه‌های متعدد و متنوعی برای این ویژگی بارش معرفی و به کار گرفته شده است. یکی از نمایه‌های پرکاربرد مربوط به بارشِ روزانه، مبتنی بر چندک های توزیع فراوانی مشاهدات می‌باشد.

در نوشتار حاضر، تحلیل مکانی ـ زمانی بارش‌های فرینِ بالای بارش روزانهٔ شمال غرب ایران براساس داده‌های شبکه‌ای حاصل از تعداد ۷۲۹ ایستگاه همدید، اقلیم شناسی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور و ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو طی دورهٔ ۱۹۶۷-۲۰۰۷ و نیز بر پایهٔ صدکِ نودِ توزیع فراوانی بارش مورد بررسی قرار گرفت. توزیع احتمال بارش برای هر یاخته از شبکه داده‌ای برآورد و آستانهٔ صدک ۹۰ توزیع فراوانی مربوط به هر یاخته محاسبه شد. تعداد روزهای توأم با بارش بیش تر یا مساوی صدک‌های۹۰ از توزیع هر یاخته محاسبه و تعداد یاخته‌هایی که از آستانهٔ مزبور به دست آمد، شمارش شد. بدین ترتیب چند پهنهٔ توأم با بارش فرین حاصل گردید. به منظور تحلیل زمانی بارش‌های فرین، تغییرات بلندمدت فراوانی سالانهٔ این نوع بارش‌ها برای گستره‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. روند کاهشی معنی‌دار برای بارش‌های فرین تنها برای بارش‌هایی با گسترهٔ ۳۰-۲۰ درصد دیده شد. در حالی که بارش‌های فرین با گسترهٔ بیش‌تر، ایستا بوده‌اند. همچنین تحلیل ماهانه بارش‌های فرین نشان داد که به جز برای گسترهٔ تحت تأثیر۷۰-۶۰ درصد، بیش‌ترین دفعات وقوع بارش‌های فرین در ماه آوریل بوده است. دومین ماه به لحاظ فراوانی بیشینه برای گستره‌های ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و نیز ۴۰-۳۰ درصد از مساحتِ زیرِ پوششِ بارش‌های فرین، ماه می است. در گسترهٔ ۴۰-۵۰ ، ۵۰-۶۰، ماه مارس به لحاظ فراوانی رخداد بارش‌های فرین در مقام دوم قرار دارد. در حالتی که ۷۰-۶۰ درصد گسترهٔ مورد مطالعه زیر پوشش بارش‌های فرین باشد، ماه‌های مارس، می و اکتبر با فراوانی‌های برابر (۲ بار برای هرماه)، فراوانی بیشینه را به خود اختصاص داده‌اند.

کلمات کلیدی: آستانهٔ بارشی، بارش فرین، بهنجار، گرانیگاه بارش، شمال غرب ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۲۳ فروردین ۱۳۹۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۵ آبان ۱۳۹۱

۱- دانشیار اقلیم شناسی – دانشگاه زنجان- زنجان – ایران
۲- کارشناس ارشد اقلیم شناسی از دانشگاه اصفهان- اصفهان- ایران
۳- کارشناس ارشد اقلیم شناسی از دانشگاه زنجان- زنجان- ایران
*- نویسنده مسئول

On Tempo-Spatial Characters of Extreme Daily Precipitation of Northwest of Iran

H.Asakereh [1], F.Tarkarani [2] and S.Soltani [3]*

Abstract

Extreme precipitation in every given point is defined as rare and abnormal precipitations in which could happened far from the center of frequency distribution. The high extreme and upper tail of distribution of precipitation has been taken a lot of experts' attentions. The thresholds values for extreme precipitations that have been chosen are varied by geographical locations. One of the most usage indices is based on deciles of any given distributions.

The current paper has analyzed tempo-spatial characters of extreme precipitation of northwest of Iran based on daily observations database created from of 729 synoptic, climatology and rain gauges stations by using90th percentiles of precipitation distribution . The period under investigation is 41 years which started in 1967to 2007(14975 days).

The 90th percentiles of precipitation probability distribution have been estimated for every single pixel as extreme threshold. The numbers of pixels have experienced the extreme threshold or more, had been calculated. Many kinds of coverage of this character have been recognized. Based on analyzing temporal and trends characters it has cleared that there is a significant decreasing trend in 20-30 percent coverage of extreme precipitation. Meanwhile there are stationary in other extreme coverage except for 60% -70% coverage's. The coverage of 40%-5% and 50% - 60% in March is the second order in extreme precipitation events. Monthly analyses showed the months with most extreme (two times in every month) are April, May, March and October r.

Keywords: Precipitation Threshold, Extreme Precipitation, Normal, Precipitation Center of Gravity. Northwest of Iran.

Received: April 11, 2012
Accepted: November 5, 2012

1- Associated Prof. in Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
E-Mail: asakereh@znu.ac.ir
2- MS in Climatology from University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3- MS in Climatology from University of Zanjan , Zanjan, Iran.
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

براساس تعریف فرهنگستان زبان و ادب فارسی (۱۳۸۶)، فرین[۱] به بیش‌ترین و (یا) کم ترین مقدار از هر متغیر گفته می‌شود. بنابراین فرین‌های اقلیمی[۲] حالاتی خاص (بالا یا پایین) از عناصر اقلیمی به شمار می‌آیند. علی رغم این که تعاریف کمابیش مشابهی برای فرین‌ها ارائه گردیده، آستانه‌های متفاوت برای آن‌ها پیشنهاد شده است. برای مثال Benestad (2006) معتقد است که رویداد فرین به رویدادی شدید و غیر معمول گفته می‌شود که مشاهدات بزرگ یا کوچک یک سری زمانی را شامل می‌شود. Becker et al., (2007) نیز معتقدند که فرین اقلیمی به رویدادی گفته می‌شود که مقدار آن در هر محل و برای یک دوره معین از یک آستانهٔ خاص همان محل فراتر می‌رود. بنابراین و طبق تعریف: رویدادهای فرین جوی به رویدادهای جویِ نادر و نابهنجار گفته می‌شود (Bartolini et al., 2008) که در دنباله و دور از نقطه تمرکز توزیع فراوانی (میانگین و یا میانه) قرار گرفته باشد (Becker et al., 2007).

توجه به فرین‌های بالا و دنبالهٔ بالایی توزیع فراوانی بارش موردِ توجه بسیار بوده‌اند. برخی اندیشمندان، آستانه‌هایی معین و نمایه‌هایی مطلق برای این نوع فرین‌ها تعریف کرده‌اند؛ Karl et al., (1996) آستانه ۲ اینچ (۵۰/۸ میلی متر) را برای ایالات متحده ارائه نموده‌اند. درحالیکه Mekis and Hogg (1999) این آستانه را برای کانادا مناسب نمی‌دانند. زیرا میانگین شدتِ شدیدترین بارش های روزانه در بالاتر از عرض ۵۰ درجه شمالی (و گسترهٔ بزرگی از کشور کانادا)، بسیار کم تر از ۵۰ میلی متر است. بدین دلیل ایشان صدک ۹۰ بارش‌های روزانه را به عنوان بارش فرین بالا انتخاب کرده اند. Mizrahi (2000) بارش روزانه بیش از ۲۰ میلی‌متر را برای شرق فرانسه، به عنوان بارش فرین بالا در نظر گرفت. Hellstrom (2005) مقدار بارش برابر یا بیش از ۴۰ میلی متر را برای کشور سوئد به عنوان آستانهٔ بارش فرین بالا پیشنهاد کرده است.(2006) .Wang et al در بررسی بارش‌های فرین روزانه شهر سئول تعداد روزهای با بارش روزانه بیش از ۷۵ میلی‌متر را ملاکی برای فرین‌های بالا معرفی کرده‌اند. Burt and Horton (2007) برای تحلیل مجموع بارش روزانه دورهام (انگلستان)، سه آستانهٔ ۱۵، ۲۲/۶ و ۲۵ میلی متر را تعریف نموده‌اند.

برخی دانشمندان برای تحلیل فرین‌ها، نمایه‌های نسبی را کارآتر از نمایه‌های مطلق می دانند. به عنوان مثال اندیشمندان هندی نظیر Mooly and Parthasarity (1984) با استفاده از میانگین($\overline{R}$)، انحراف معیار (σ_R) میزان بارش هرسال (R_i) را ارزیابی کردند. ایشان با به کار گیری سطح ۱۰و ۹۰ درصد توزیع نرمال استاندارد؛ یعنی: ۱/۲۸± ، به کمک مقادیر استاندارد شدهٔ سری زمانی بارش ($Z_R = \frac{R_i - \overline{R}}{\sigma_R}$)، سال‌های بسیار کم بارش و بسیار پربارش (فرین‌های بارشی) را افراز نمودند. Bordi et al (2006) نیز با مقایسه فرین‌های بارش و فرین‌های نمایهٔ استاندارد شدهٔ بارش (*SPI*[۳]) دوره‌های تر و خشک در سیسیل ایتالیا را بررسی کردند. نتایج تحلیل ایشان نشان داد که نمایه *SPI* برای نمایش و تعریف دوره‌های خشک و تر بهتر از نمایش مقادیر بارش، واقعیت‌ها را نشان می‌دهد.

کمیته مشترک اقلیم شناسی سازمان جهانی هواشناسی(CCL)[۴] برنامه پژوهش دراقلیم جهان (WCRR)[۵] مربوط به پروژه قابلیت پیش بینی و تغییرپذیری اقلیم (CLIVAR)[۶] متشکل از گروه متخصصین پیش‌بینی،پایش و نمایه‌های تغییر اقلیم (ETCCDMI)[۷] به منظور مطالعه و تعیین نمایه‌های فرین اقلیمی درسال ۱۹۹۸شکل گرفت. این تشکیلات نمایه‌های فرین را به منظور بررسی تغییر اقلیم برای دما و بارش روزانه معرفی نمودند. نتایج یافته‌های این گروه در گزارش‌های هیات بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC 2007 و IPCC 2001) ارائه شده است. نمایه‌های ارائه شده در پروژه قابلیت پیش بینی و تغییرپذیری اقلیم، شامل ۱۶ نمایهٔ مربوط به دما و ۱۱ نمایهٔ مربوط به بارشِ روزانه، مبتنی بر چندک‌های توزیع فراوانی مشاهدات می‌باشد. این مشخصات از تارگاه *ETCCOM*[۸] قابل دستیابی است.

به دلیل پیامدها، ناهنجاری‌ها و تهدیدهای حاصل از فراوانی، تداوم و شدت عناصر و پدیده‌های جوی ـ اقلیمی (به عنوان جدی‌ترین چالش‌های جوامع انسانی طی سده اخیر) این پدیده‌ها در کانون توجه بسیاری شاخه‌های دانش بشری قرار گرفته و از اهمیت شایان توجهی برخوردار شده اند. به طوری که بعضاً از فرین‌های جوی – اقلیمی با عنوان چالش‌های اجتماعی نیز یاد کرده، بعضاً توسعه اقتصادی پایدار و شرایط زیستی مناسب را به توانایی مدیریت مرتبط با فرین‌ها می‌دانند (WMO 2009). به عنوان مثال آب شناسان براین باورند که حتی تغییر کم در فرین‌های بارندگی، مجموع فصلی بارش هر نقطه و تامین آب آشامیدن را متاثر می‌سازد (Liebmann et al. 2001).

تحلیل فراوانی مقادیر فرین اقلیمی به ویژه فرین‌های بالا، برای شناخت و حل مسائل مرتبط با طراحی مهندسی، مدیریت خطرِ

زیرساخت‌هایی نظیر ساختمان‌ها، پل‌ها و سامانه‌های زهکشی شهری و نیز سامانه‌های حمل و نقل بسیار مهم و حیاتی است. توضیح این که بیشتر سامانه‌های مرتبط با منابع آب و نیز زیرساخت‌های مرتبط، برخلاف واقعیت‌های طبیعی و با فرض تغییرپذیری اقلیم حول میانگین ثابت (ایستایی میانگین) طراحی می‌شوند. دانسته‌ها دربارهٔ بزرگی، تداوم و فراوانی رویدادهای فرین اقلیمی نظیر بارش‌های فرین، برای طراحی ساختارهای حمل آب و حفاظت (زیرساخت‌های آبیِ شهرها نظیر فاضلاب،کانال و ...) از خطر سیلاب، تعیین ظرفیت آب‌گذری کانال‌ها، ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ و ... و نیز به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی، ضروری است. همچنین این دانسته‌ها در بسیاری مواقع می‌تواند آثار مخرب مالی ـ جانی و ناهنجاری‌های زیست بومی را کاهش داده، از جمعیت انسانی در معرض خطر محافظت کند (Sugahara et al. 2009). از این رو ارزیابی فرین‌ها ضمن فهم الگوی زمانی – مکانی آن‌ها و شناسایی پهنه‌های خطر، امکان و فرصت مهیا شدن برای اتخاذ تدابیر مدیریتی ـ برنامه‌ریزی و استراتژی مقابله، ترمیم، تقویت، بازسازی و یا سازگاری با سیلاب را میسر می‌سازد. توضیح این که به خاطر نادر بودن داده‌های مربوط به اندازه‌گیری‌های سیلاب، تشریح مشخصات سیلاب معمولاً با برآورد فراوانی بارش‌های فرین بالا قابل ردیابی است (Ramos et al. 2006).

به دلیل ضرورت‌های یاد شده، بررسی و مطالعهٔ رویدادهای فرین اقلیمی به ویژه فرین‌های بارش از دهه آخر قرن بیستم رو به فزونی نهاده است. دراین راستا اندیشمندان شاخه‌های مختلف دانش بشری نظیر اندیشمندان علوم جوی، آب شناسان، دانشمندان علوم کشاورزی و بوم شناسان، زمین ریخت شناسان و... به این پدیده‌ها توجه داشته اند. به عنوان مثال Kunkel and Andsager (1999) روند بارش‌های فرین کوتاه مدت (۷-۱ روزه) با دوره بازگشت یک ساله و بیش تر را که با سیلاب هیدرولوژیکی برخی نواحی همبستگی بالایی داشته، برای ایستگاه‌های ایالات متحده و کانادا تحلیل نمودند. براساس یافته‌های ایشان معلوم شد که تغییرپذیری کم بسامد بر فرین حاکمیت داشته است. همچنین طی دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۵۰ تعداد رویدادهای پایین تر از میانگین و در دهه‌های ۱۹۴۰، ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ بارش‌های بالاتر از میانگین بیش تر رخ داده اند. تحلیل روند خطی نشان می دهد که دوره ۱۹۹۶-۱۹۳۱ در جنوب غربی ایالات متحده روند معنی داری براین بارش‌ها وجود داشته است. روند کلی افزایش بارش‌های فرین در دوره ۱۹۹۶-۱۹۳۱ حدود ۳ درصد بوده است. درحالی که در کانادا این روند در دوره ۱۹۹۳-۱۹۵۱ فاقد معنای آماری بوده است. نوسانات کم بسامد درنیمه نخست (دهه ۳۰ و ۵۰) و روند افزایشی در نیمه دوم رخ داده است. تحلیل آمار ۱۰۱ ساله ایستگاه‌های «غرب میانهٔ ایالات متحده» نشان می دهد که فراوانی بارش‌های سنگین به ویژه در انتقال از سده نوزده به بیستم (۱۹۰۶-۱۸۹۶) بیش از دوره‌های دیگر (به جز ۱۹۹۶-۱۹۸۶) بوده است. Mason et al (1998) با استفاده از مشاهدات ایستگاه‌های کشور افریقای جنوبی دریافتند که در ۷۰ درصد از این سرزمین بین ۱۹۶۰-۱۹۳۱ و ۱۹۹۰-۱۹۶۱ افزایش معنی‌داری در رویدادهای فرین رخ داده است. فزونی شدت بارش‌های شدید حدود ۱۰ درصد پهنه بزرگی از کشور (به جز بخش‌هایی از شمال ـ شرق و زمستان جنوب ـ غرب) را دربرمی‌گیرد. روند افزایش شدت بارش‌های سنگین، برای بیشتر نمایه‌های فرین قابل توجه و علی رغم برخی ناهمگونی‌ها، معنی‌دار بوده است. Pavan et al. (2008) به منظور بررسی تغییرپذیری زمانی ـ مکانی بارش ایتالیا، نمایه‌های فصلی بارش متوسط و فراوانی رویدادهای فرین بارش روزانه طی دوره آماری ۲۰۰۴-۱۹۵۱ ناحیه «امیلیا-روماگنا»[۹]در شمال ایتالیا و نیز ایستگاه‌های آب سنجی ناحیه «رنو»[۱۰] را برای دوره آماری ۲۰۰۴-۱۹۲۵بررسی نمودند. روند معنی‌دار دوره ۲۰۰۴-۱۹۵۱ با نمایه‌های گردش جوی بزرگ مقیاس اروپا- اطلس در زمستان بررسی شد. به منظور تحلیل تغییرپذیری دهه ای و طولانی مدت و نیز رابطهٔ آن با دبی روزانه رودخانه «رنو»، چرخه‌های ده ساله دبی و نیز رابطهٔ قوی آن با مجموع و فراوانی بارش‌ها آشکار شد.

در ایران نیز تحقیقات متعدد و پراکنده در خصوص بارش‌های فرین، به ویژه فرین‌های بالا انجام شده است. تقوی و محمدی (۱۳۸۶) روند و دورهٔ بازگشت نمایه‌های فرین را برای ایستگاه‌های نمونه کشور و طی ده سال بررسی نمودند. ایشان دریافتند که دوره بازگشت نمایه‌های گرم، سرد و بارشی طولانی‌تر و فراوانی رخداد نمایه‌های سرد کم‌تر شده است. عسکری و همکاران (۱۳۸۶) نمایه‌های بارش‌های فرین را در ۲۷ ایستگاه همدید کشور و براساس بارش‌های روزانه بررسی نمودند. برپایهٔ تحقیق ایشان معلوم شد که هر سه حالت ایستا، روند مثبت و منفی بر نمایه‌های مورد بررسی حاکم است. Rahimzadeh et al. (2009) نیز فرین‌های دما و بارش را به عنوان نمایهٔ تغییرات اقلیمی ایران بررسی کردند. در این بررسی از ۲۷ ایستگاه همدید بهره گرفته شد و برای هر ایستگاه ۲۷ نمایهٔ اقلیمی بررسی گردید. طبق یافته‌های ایشان برای دو سوم کشور مجموع بارش با روند منفی، نمایهٔ شدت بارش در نیمه شمالی روند مثبت و بعضاً منفی دیده شد. بارش‌های حاصل از صدک ۹۵ در شرق و غرب، روند منفی و در مرکز روند مثبت داشته و بارش‌های حاصل از صدک ۹۹ در بیش تر مناطق با روند منفی مشخص می‌شد. مسعودیان (۱۳۸۷) نیز بارش‌های ابرسنگین ایران را با استفاده از ۳۵۱ ایستگاه و براساس آمار روزانه ۶۴ بارش با حداقل ۱۰۰ میلی‌متر، با استفاده از رویکرد محیطی به گردشی و به روش همدید،

طبقه‌بندی و الگوسازی کرد. یکی از این تحقیقات که در نوع خود از برتری ویژه‌ای برخوردار است، تحقیق محمدی (۱۳۸۸) درباره بارش‌های ابر سنگین ایران است. وی صد بارش سنگین و فراگیر ایران را از لحاظ همدید ـ پویشی مورد بررسی و تحلیل قرار داده، الگوهای همدید، منابع رطوبتی و گرمایی بارش‌های سنگین و فراگیر ایران را استخراج نمود. محمدی و مسعودیان (۱۳۸۹) نیز بارش سنگین و فراگیر دوازدهم تا هفدهم آبان ماه ۱۳۷۳ ایران زمین را به لحاظ همدید- پویشی و با رویکرد محیطی به گردشی در معرض تحلیل قرار دادند. بررسی ایشان نشان می‌دهد که پرفشار اروپا ـ کم فشار عراق برای سطح دریا در رویداد بارشی تاریخ مذکور موثر بوده است. مجاورت این دو سامانه موجب فزونی شیو فشار شده است. در ترازهای ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، خلیج فارس و در ترازهای بالاتر دریاهای سرخ، مدیترانه و سیاه تأمین‌کنندهٔ رطوبت این بارش بوده است.

تحلیل فرین‌ها، مبتنی بر بررسی و وارسی دنباله توزیع آماری و غالباً براساس مشاهدات روزانه عناصر اقلیمی صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر در بررسی فرین‌های اقلیمی می‌بایست به مقادیر خیلی کم و خیلی زیاد مشاهدات روزانه توجه کرد. زیرا در صورت ادغام مشخصات تغییرپذیری روزانه در مقیاس زمانی بزرگ تر مضمحل یا بر کل مقیاس تحمیل می‌شود. بدین ترتیب واقعیت‌های اقلیمی پنهان خواهد شد (Pauling and Paeth 2007). همچنین مطالعه، بررسی و وارسی فرین‌های اقلیمی به وسیلهٔ بررسی نمایه‌های منفرد یا توأم به انجام می رسد. در تحقیق حاضر، بارش‌های روزانهٔ فرینِ بالا در شمال غرب ایران براساس حداکثر ۷۲۹ ایستگاه و بر پایهٔ صدکِ نودِ توزیع فراوانی بارش بررسی شده است. بارش‌های فرین برحسب نسبت‌های مختلف از پهنه‌های تحت پوشش این نوع بارش‌ها در معرض تحلیل قرار گرفته است. تحلیل‌های انجام شده با استمداد از روش‌های آماریِ تحلیل سری زمانی و نیز آمار مکانی (زمین آمار) انجام شده است.

۲- داده‌ها و روش‌ها

در این نوشتار منظور از شمال غرب کشور، پهنه ای است که استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان را در بر می‌گیرد. این بخش از کشور ۱۲۶۵۴۴/۴ کیلومتر مربع مساحت و۷/۲ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. مختصات جغرافیایی این پهنه به شرح زیر مشخص می‌شود:

$$E: 44^\circ\ 2'\ 19'' - 49^\circ\ 26'\ 27''$$

$$N: 35^\circ\ 32'\ 54'' - 39^\circ\ 46'\ 18''$$

پهنهٔ مورد مطالعه در قسمت شمال با کشورهای آذربایجان و ارمنستان، در غرب با کشورهای ترکیه و عراق، از سمت جنوب با استان‌های همدان و کردستان، در جنوب شرق با قزوین و از سمت شرق با استان گیلان دارای مرز مشترک است. ارتفاعات و ناهمواری‌های این ناحیه از کشور به دو دسته کوه‌های نسبتاً کم ارتفاع و کوه‌های مرتفع تقسیم می‌شود. در نواحی مرزی ایران ـ ترکیه، شمالِ منطقهٔ آذربایجان و حاشیه جنوبی و نیز مرکز، کوه‌های مرتفع به وفور دیده می‌شود. در مجاورت این ناهمواری‌ها، سرزمین‌های هموار و پست نظیر خوی، مرند، اردبیل و دشت مغان دیده می‌شود. همچنین جلگهٔ اطراف دریاچه ارومیه از سرزمین‌های هموار این بخش از کشور است.

داده‌های تحقیق حاضر از دو منبع به شرح زیر حاصل شده اند:

۱- ایستگاه‌های همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور

۲- ایستگاه‌های باران سنجی وزارت نیرو

تعداد ایستگاه‌های فعال در پهنهٔ مورد بررسی طی سال‌های مختلف، متفاوت بوده است. در جدول ۱ توزیع زمانی ایستگاه‌ها دیده می‌شود. با توجه به این جدول، از سال ۱۹۵۱ تا آخرین سالی که آمار ثبت شده در حد مقبول در اختیار کاربران قرار گرفته است (سال ۲۰۰۷)، حداقل ۳ و حداکثر ۷۲۹ ایستگاه (مربوط به سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو) فعال بوده است.

علاوه بر توزیع زمانی، توزیع مکانی (ارتفاعی و افقی) ایستگاه‌ها نیز در معرض توجه قرار گرفت. به دلیل این که در پهنه مورد مطالعه، طبقهٔ ارتفاعی ۰-۱۰۰۰ متر از وسعت کمی برخوردار است، تعداد ایستگاه‌های کم تری (۱۱/۸ درصد) را در خود جای داده است. اکثر ایستگاه‌ها (حدود۷۳ درصد کل ایستگاه‌ها) در ارتفاع۱۰۰۰-۲۰۰۰ متری قرار گرفته اند. طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰ متر و بالاتر، یعنی به سمت مناطق مرتفع از تعداد ایستگاه‌ها کاسته می‌شود؛ به طوری که از ارتفاع ۳۰۰۰ متری به بالا ایستگاهی وجود ندارد (شکل ۱) و جدول ۲).

برای بررسی پراکنش افقی ایستگاه‌ها، با استفاده از نرم فزار Arcview پهنهٔ مورد مطالعه براساس مختصات دکارتی (کارتزین) به چهار بخش تقسیم شد. سپس تعداد ایستگاه‌های هر چارکِ مکانی در ارتباط با مساحت آن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج این محاسبات در جدول ۳ ارائه شده است. دیده می‌شود که ربع چهارم و سپس دوم، بیشترین نسبت از تعداد ایستگاه‌ها را در خود جای داده‌اند.

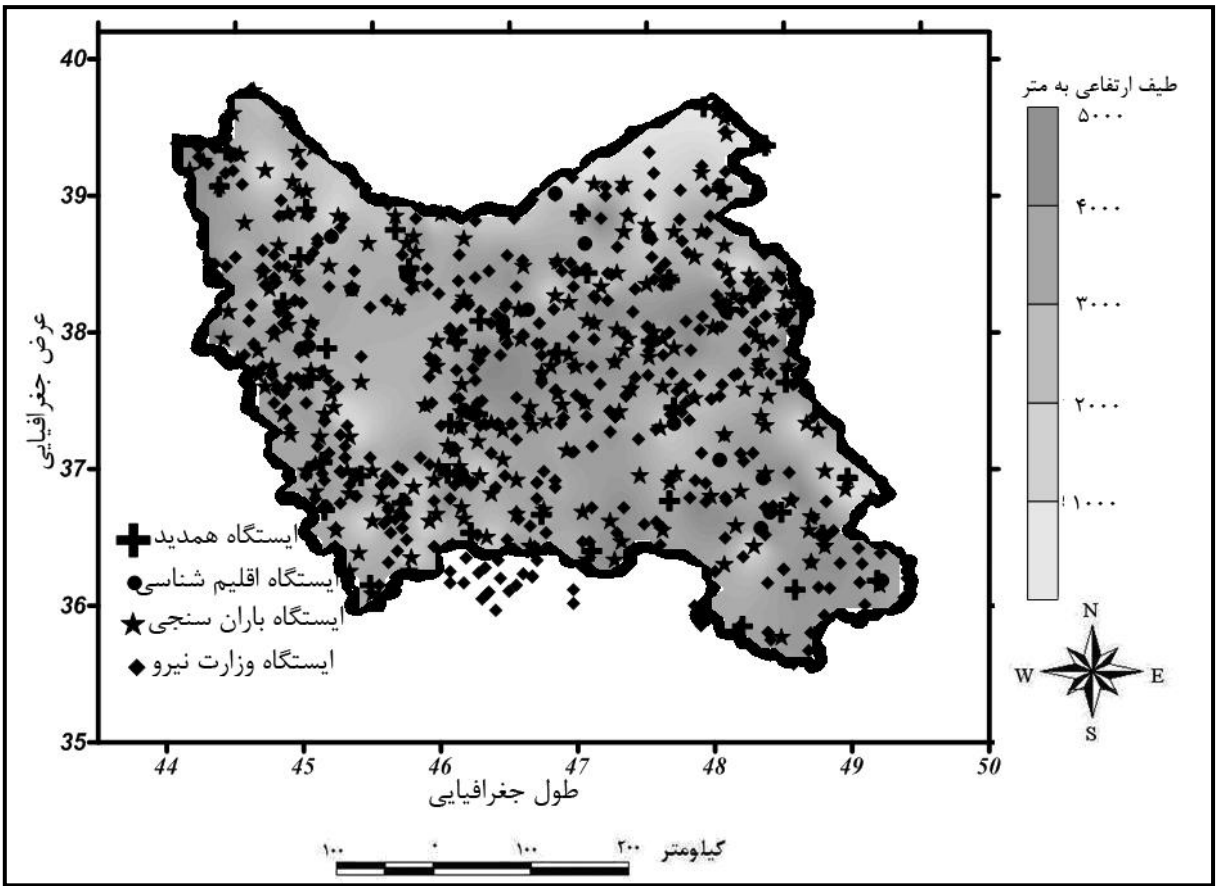
جدول ۱- توزیع زمانی ایستگاه‌های اندازه گیری بارش در شمال غرب ایران

سال	تعداد ایستگاه	سال	تعداد ایستگاه	سال	تعداد ایستگاه
۱۹۵۱	۳	۱۹۷۰	۱۷۱	۱۹۸۹	۳۶۳
۱۹۵۲	۳	۱۹۷۱	۱۸۹	۱۹۹۰	۳۷۳
۱۹۵۳	۳	۱۹۷۲	۲۰۹	۱۹۹۱	۳۷۵
۱۹۵۴	۳	۱۹۷۳	۲۲۰	۱۹۹۲	۳۷۸
۱۹۵۵	۳	۱۹۷۴	۲۳۱	۱۹۹۳	۳۸۱
۱۹۵۶	۳	۱۹۷۵	۲۴۱	۱۹۹۴	۴۳۰
۱۹۵۷	۳	۱۹۷۶	۲۴۵	۱۹۹۵	۴۵۷
۱۹۵۸	۳	۱۹۷۷	۲۵۸	۱۹۹۶	۵۰۲
۱۹۵۹	۴	۱۹۷۸	۲۶۷	۱۹۹۷	۵۲۱
۱۹۶۰	۶	۱۹۷۹	۲۷۹	۱۹۹۸	۵۳۷
۱۹۶۱	۱۱	۱۹۸۰	۲۸۳	۱۹۹۹	۶۳۷
۱۹۶۲	۱۲	۱۹۸۱	۲۹۰	۲۰۰۰	۶۶۳
۱۹۶۳	۱۶	۱۹۸۲	۲۹۷	۲۰۰۱	۶۸۸
۱۹۶۴	۲۳	۱۹۸۳	۳۰۱	۲۰۰۲	۷۱۷
۱۹۶۵	۲۸	۱۹۸۴	۳۰۴	۲۰۰۳	۷۲۴
۱۹۶۶	۸۲	۱۹۸۵	۳۱۱	۲۰۰۴	۷۲۹
۱۹۶۷	۱۰۷	۱۹۸۶	۳۲۴	۲۰۰۵	۲۴۷
۱۹۶۸	۱۱۷	۱۹۸۷	۳۳۳	۲۰۰۶	۳۸۸
۱۹۶۹	۱۳۱	۱۹۸۸	۳۴۸	۲۰۰۷	۳۷۹

جدول ۲- توزیع ارتفاعی ایستگاه‌ها در شمال غرب ایران

ردیف		تعداد ایستگاه					درصد از تعداد
	طبقات ارتفاعی (به متر)	همدید	اقلیم شناسی	باران سنجی	وزارت نیرو	کل	ایستگاه‌های داخل پهنه
۱	۰ – ۵۰۰	۲	۵	۱۷	۲۷	۵۱	۶/۸
۲	۵۰۰ – ۱۰۰۰	۳	۵	۱۵	۲۱	۳۷	۵
۳	۱۰۰۰ – ۱۵۰۰	۲	۱۰	۶۹	۱۵۵	۲۵۴	۳۴/۱
۴	۱۵۰۰ – ۲۰۰۰	۱۵	۷	۸۹	۱۷۹	۲۹۰	۳۸/۹
۵	۲۰۰۰ – ۲۵۰۰	۱	۲	۱۳	۴۱	۵۹	۷/۹
۶	۲۵۰۰–۳۰۰۰	۰	۱	۵	۷	۱۳	۱/۷
۷	۳۰۰۰–۳۵۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۳۵۰۰–۴۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۹	۴۰۰۰–۴۵۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۴۵۰۰–۵۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	جمع کل	۴۱	۳۰	۲۰۸	۴۳۲	۷۰۴	۹۴/۴

ربع اول در رتبه سوم و ربع سوم دارای کم ترین سهم ایستگاهی می باشد. توزیع جغرافیایی ایستگاه‌ها به لحاظ استقرار در نیمه‌های شمالی- جنوبی و شرقی- غربی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در نیمهٔ شمالی، پهنهٔ مورد بررسی ۵۴/۸۷ درصد و نیمه جنوبی ۴۴/۸۵ درصد ایستگاه‌ها جای دارد. نیمه غربی نیز ۵۲/۵۱ در صد ایستگاه‌ها و نیمه شرقی۴۷/۲۱ درصد ایستگاه‌ها را در بر می‌گیرد (توجه کنید که مجموع درصد ایستگاه‌ها ۹۸/۴۵ درصد است. زیرا حدود ۱/۵۵ درصد از ایستگاه‌ها در خارج از پهنه قرار دارند.). بنابراین تراکم ایستگاهی در نیمهٔ شمالی بیش از نیمهٔ جنوبی و در نیمهٔ غربی بیش از نیمهٔ شرقی است.



شکل ۱- سطوح ارتفاعی و پراکنش ایستگاه‌های شمال غرب

جدول ۳- پراکنش مکانی ایستگاه‌ها در شمال غرب ایران

	تعداد ایستگاه					تعداد ایستگاه‌های داخل پهنه (به درصد)	مساحت هر ربع (کیلومتر مربع)	مساحت هر ربع (به درصد)
	همدید	اقلیم شناسی	باران سنجی	وزارت نیرو	کل			
ربع اول	۱۱	۹	۵۵	۲۱۱	۷۸۱	۲۴/۷۹	۲۸۹۲/۴	۲۲/۸۶
ربع دوم	۸	۸	۴۵	19	۲۵۱	۲۱/۱۶	۳۶۲۰	۲۸/۶
ربع سوم	۱۰	۴	۵۰	۱۰۶	۷۰۱	۲۳/۶۷	۲۴۳۰	۱۹/۲
ربع چهارم	۲۱	۹	۸۵	۱۲۸	۷۲۰	۲۸/۸۳	۳۷۱۲	۲۹/۳۴
کل	۴۱	۳۰	۲۰۸	۴۳۲	۸۷۱	۹۸/۴۵	۱۲۶۵۴/۴	۱۰۰

از آن چه گفته شد، تفاوت مکانی ـ زمانی توزیع ایستگاه‌های اندازه گیری بارش در محدودهٔ مورد بررسی قابل استنباط است. بنابراین، در مطالعهٔ ایستگاهی امکان بررسی‌های مقایسه‌ای محدود خواهد بود. برای جبران این نقیصه و نیز انجام فرایند تحقیق، چند عملیات تکراری و چند مرحله به شرح زیر انجام شد:

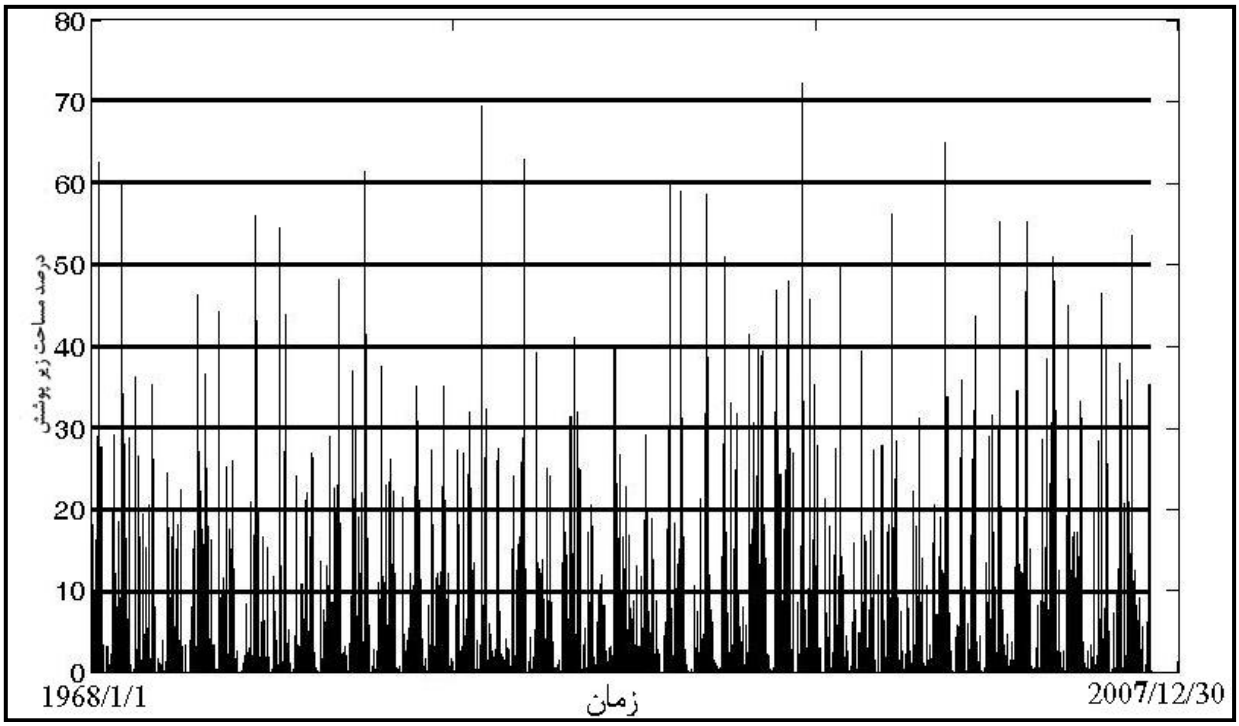
۱- با انجام مراحل آزمون و خطا، برای هر روز میانگین بارش براساس تعداد ایستگاه‌های همان روز محاسبه و بارش آن روز با نرم‌افزار Surfer Ver 10 میان یابی شد. بدین ترتیب میانگین‌های بارش پهنه‌ای با تعداد ایستگاه‌های مختلف مقایسه گردید. در حالاتی که افزایش تعداد ایستگاه‌ها بر ایستایی میانگین پهنه‌ای تأثیر نداشت، تعداد ایستگاه برای حالت مذکور به عنوان کمینهٔ تعداد ایستگاه مورد نیاز برای میان یابی بارش در نظر گرفته شد. براین اساس، سال ۱۹۶۷ اولین سال برای آغاز تحقیق تشخیص داده شد. پراکندگی بیشینهٔ ایستگاه‌ها در بازهٔ مورد بررسی (۱۹۶۷-۲۰۰۷ به مدت ۴۱ سال) در شکل ۱ ارائه شده است. هم زمان با انجام این مرحله، براساس آزمون و خطا و با کمینه شدن خطاهای میان یابی و نیز ثبات میانگین (که در بالا گفته شد)، روش بهینهٔ میان یابی و نیز

اندازهٔ شبکهٔ میان یابی انتخاب گردید. بنابراین، داده‌های شبکه ای با ابعاد حدود ۳۳×۳۳ کیلومتر با روش میانیابی کریگینگ برآورد و تهیه شد. در واقع حدود ۱۱۶ یاخته برای پهنه مورد بررسی حاصل آمد. بدین ترتیب نقشه‌ها و داده‌های شبکه‌ای بارش برای برخی روزها با تعداد اندازه‌گیری‌های کم تر و در برخی روزها با تعداد اندازه‌گیری‌های بیش تر انجام شده است. مجموعاً برای ۱۴۹۷۵ روز نقشه تهیه شد. طبیعی است برای دستیابی به صحت میان یابی از ایستگاه‌های مجاور و همگون نیز استفاده شده است. بنابراین داده‌های شبکه‌ای بارش شمال غرب به ابعاد ۱۱۶ × ۱۴۹۷۵ که با آرایش گاه جای[11] (زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) چیده شد. کلیه محاسبات مورد نیاز بر روی این آرایه و با استفاده از نرم افزار MATLAB Ver 10 انجام شده است.

۳- توزیع احتمال بارش برای هر یاخته برآورد و چندک مربوط و مورد نظر از آن توزیع، تخمین زده شد. به عنوان مثال اگر بارش ۱۴۹۷۵ روز در یک یاخته از توزیع گاما تبعیت می‌کرد، در ابتدا آستانهٔ بارشی استخراج شد. از آستانه‌های حاصل شده برای هر یاخته در نقشه، یک نقشهٔ آستانه حاصل شد. بدین ترتیب آستانهٔ بارش فرین به وسیلهٔ یک نقشه نمایش داده شد. این آستانه بر حسب یکی از نمایه‌های پیشنهادی در پروژه قابلیت پیش بینی و تغییرپذیری اقلیم (CLIVAR) و نیز به پیشنهاد Becker et al. (2007) ، صدک ۹۰ توزیع فراوانی بارش هر یاخته بوده است.

۴- تعداد روزهای توأم با بارش بیش تر یا مساوی صدک‌های۹۰ از توزیع هر یاخته محاسبه گردید. سپس تعداد یاخته‌هایی که از آستانهٔ مزبور به دست آمد، شمارش شد. شکل ۲ گستره‌های متأثر از بارش‌های فرین در دورهٔ آماری مورد بررسی را نشان می‌دهد.

بدین ترتیب بارش فرین با سطح زیر پوشش مختلف به شرح جدول ۴ حاصل شد. دیده می‌شود که بیش ترین دفعات رخداد بارش‌های فرین (۶۹۷۹ مورد) در مساحت خیلی کم (۰-۱۰ درصد از محدوده مورد بررسی) رخ داده است. از این تعداد، ۶۲۳۰ مورد (حدود ۸۹/۳ درصد از رخدادها)، در پهنهٔ ۰-۵ درصد و ۷۴۹ مورد در پهنه ای به وسعت ۵-۱۰ درصد از کل مساحت رخ داده است. شواهد آماری و همدید این بارش‌ها بررسی شد.



شکل ۲- سری زمانی سطح زیر پوشش بارش‌های فرین روزانه در شمال غرب ایران

جدول ۴- دفعات رخداد بارش‌های فرین در گستره‌های مختلف شمال غرب ایران

درصد پهنهٔ تحت تأثیر بارش فرین	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۴۰-۳۰	۵۰-۴۰	۶۰-۵۰	۷۰-۶۰	۸۰-۷۰
دفعات تکرار	۶۹۷۹	۵۵۳	۲۱۰	۷۹	۲۹	۱۳	۸	۱

سهم قابل توجهی از این بارش‌ها به وسیله رویدادهای همدید قابل توجیه نبودند و به لحاظ آماری مشاهدات پرت نقطه ای به شمار می‌آمدند. این شواهد گویای نقش عوامل محلی در وقوع این رخدادهاست. بنابراین به نظر رسید که این نوع بارش‌ها علاوه بر رخدادهای محلی، احتمالاً حاصل خطاهای غیر قابل اندازه گیری در مراحل میان یابی باشد. از این رو در تحلیل‌ها از این بارش‌ها صرف نظر شد.

شکل ۲ و جدول ۴ نشان می‌دهد که تنها یک مورد (در تاریخ ۱۹۹۴/۱۱/۵) بارش در گستره‌ای به وسعت ۷۰–۸۰ درصد از پهنهٔ شمال غرب ایران رخ داده است. بارش مذکور به عنوان بارشی منحصر به فرد که در اقلیم بارشی شمال غرب یگانه است، مورد تحلیل قرار نگرفت. در هیچ یک از روزها در پهنه ای بزرگ تر از ۸۰ درصد از مساحت شمال غرب، بارش برابر با یا بیش از صدک ۹۰ رخ نداده است.

۵– مشخصات مکانی بارش شامل میانگین بارش‌های فرین رخ داده در گستره‌های مختلف و گرانیگاه (مرکز ثقل) بارش با استفاده از نرم افزار ArcGIS Ver 9.3 محاسبه، بررسی و تحلیل شد.

۶– سری زمانی ماهانه و سالانهٔ دفعات رخداد بارش به لحاظ آماری و ترسیمی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. بدین ترتیب، رفتار بلند مدت فراوانی زمانی - مکانی بارش‌های فرین ارائه گردید.

۳– نتایج و بحث

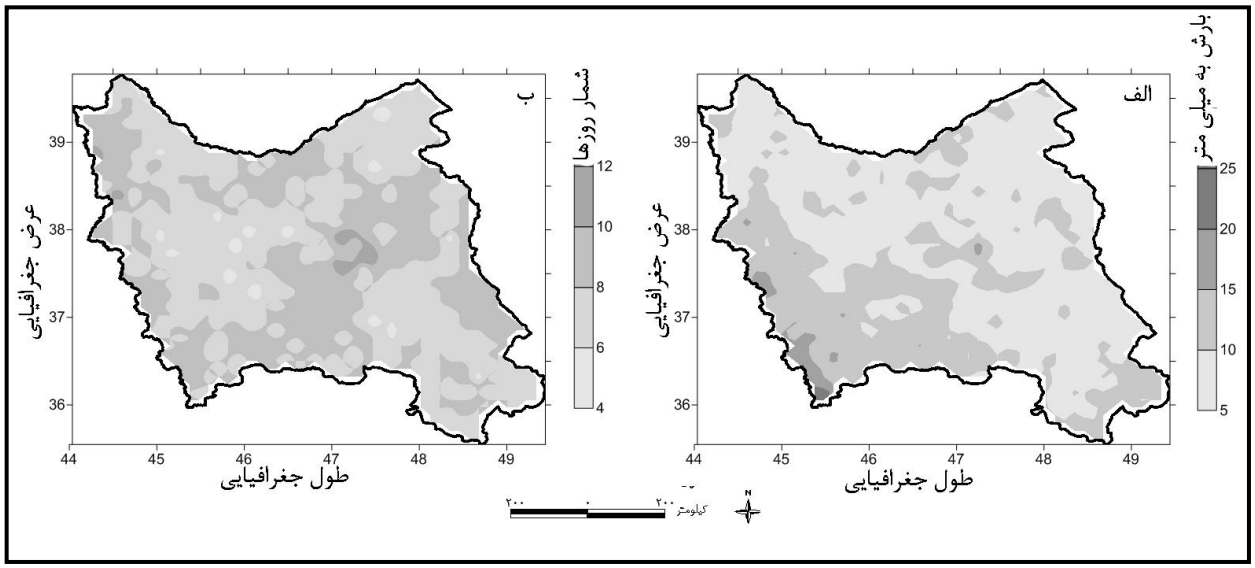
۳-۱– مشخصات مکانی بارش

الف) تحلیل آستانه و فراوانی‌های بارش فرین

شکل (۳–الف)، توزیع مکانی آستانهٔ بارش فرین (صدک ۹۰ توزیع فراوانی بارش) را نشان می‌دهد. در هر نقطه بارش روزانهٔ برابر یا بیش از صدک ۹۰ برای همان نقطه، بارش فرین به حساب می‌آید. دیده می‌شود که بیشینهٔ این آستانه (۲۵–۲۰ میلی متر در روز) در منتهی الیه جنوب غربی پهنهٔ مورد بررسی و نیز بر قلهٔ سبلان و بخش کوچکی از مرزهای غربی رخ می‌دهد. در رتبهٔ بعد، بخش‌های جنوب غربی، جنوب شرقی، بخشی از مرکز و نیز قسمت‌هایی پراکنده، آستانهٔ ۲۰–۱۵ میلی متر در هر روز را به عنوان بارش فرین نشان می‌دهد. در بخش اعظم ناحیه شمال غرب ایران، آستانهٔ ۱۰–۵ میلی متر در روز آستانهٔ بارش فرین است.

جدول زیر سهمِ شمال غرب ایران را برای هر یک از آستانه‌ها نشان می‌دهد. بر اساس این جدول و نیز چنان که در شکل (۳– الف) دیده می‌شود، آستانه‌های پر مقدار کم‌ترین سهم را در مساحت این پهنه دارند، در حالی که آستانه‌های کم مقدار بیش‌ترین نسبت را از پهنه، در برمی‌گیرند.

در شکل(۳– ب) متوسط شمارِ روزهای توأم با بارش‌های برابر یا بیش از صدک ۹۰ ارائه شده است. دیده می‌شود که به طور متوسط هرسال حداقل ۴ و حداکثر ۱۲ روز با بارش‌های فرین مواجه می‌شوند. بیشینهٔ این مقادیر در اطراف کوه سبلان دیده می‌شود (حدود ۲/۱ درصد از مساحت پهنهٔ شمال غرب کشور).



شکل ۳– آستانهٔ بارش فرین (الف) و شمارِ روزهای توأم با بارش فرین (ب)

جدول ۵- سهم هریک از آستانه‌های بارشی در پهنهٔ شمال غرب ایران

آستانهٔ بارشی (میلی متر)	سهم مساحت (درصد)
۵-۱۰	۵۹/۷
۱۰-۱۵	۳۷/۵
۱۵-۲۰	۲/۵
۲۰-۲۵	۰/۳

این بخش جزئی از کمربند جنوب بیشینهٔ (۱۰-۸ روز) غربی - شمال شرقی است که در امتداد تقریبی قطر پهنهٔ مورد بررسی و به شکل نامنظم قابل مشاهده است. این کمربند تقریباً کمربند پیوسته ای است که منتهی الیه شمال شرقی آن با یک کمربند پیوسته شرقی همجوار است. دو کمربند دیگر از این بیشینه به طور گسسته در غرب و شمالِ پهنهٔ شمال غرب ایران قابل مشاهده اند. مجموعاً ۵۲/۳ درصد از مساحت به طور متوسط ۱۰- ۸ روز در سال با بارش فرین مواجه می‌شود. حدود ۴۴/۲ درصد از مساحت پهنه به صورت پراکنده، ۶-۸ روز بارش فرین را تجربه می‌کنند. بقیهٔ پهنه (حدود ۱/۴ درصد) با حداقل روزهای توأم با بارش فرین به صورت نقاطی پراکنده قابل مشاهده‌اند.

ب) میانگین و گرانیگاه بارش‌های فرین

در جدول ۴ بارش فرین برای گستره‌های مختلفِ زیر پوشش ارائه شده است. این گستره‌ها از ۱۰-۲۰ الی ۶۰-۷۰ درصد پهنه تحت تأثیرِ بارش فرین را در بر می‌گیرد. برای هریک از حالات شش گانهٔ ارائه شده در جدول مذکور دو مشخصه به شرح زیر محاسبه شد:

۱- در ابتدا، نقشهٔ میانگین مربوط به هر حالت تهیه گردید. به عنوان مثال برای بارش‌های فرین با پوشش ۱۰-۲۰ درصد از مساحت شمال غرب ایران، از ۵۵۳ نقشه میانگین گیری انجام شد. برای بقیه پهنه‌های تحت پوشش بارش‌های سنگین نیز این کار انجام شد. این عملیات با استفاده از تکنیک جبر نقشه‌ها صورت گرفت. بدین ترتیب شش نقشه میانگین به دست آمد. در شکل ۴ نقشه‌های هم بارش مزبور ارائه شده است.

۲- گرانیگاه بارش، مرکز هندسی هر یک از بارش‌ها را نشان می‌دهد. به عنوان مثال برای نقشه مربوط به بارش‌های فرین با پوشش ۱۰-۲۰ درصد حدود ۵۵۳ مرکز بارندگی به دست آمد. برای بقیه بارش‌ها با پوشش پهنه‌ای مربوط نیز گرانیگاه بارش حساب شده است. توزیع مکانی گرانیگاه هریک از بارش‌ها تهیه و در نقشه‌های شکل ۴ با علامت+ مشخص شده است.

می‌توان دید هم بارش‌ها از توزیع عوامل مکانی (نظیر ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی) پیروی نمی‌کنند. این ویژگی با افزایش گسترهٔ تحت تأثیر بارش‌های فرین افزون‌تر می‌شود. وضعیت مذکور گواهی بر تصادفی بودن توزیع مکانی بارش‌های فرین است. این ویژگی از پراکنش مکانی مرکز ثقل بارش نیز قابل استنباط است. بررسی‌های انجام شده (که با هدف ایجاز در این مقاله ارائه نشده است)، نشان داد که اگر چه مرکز ثقل بارش‌های فرین عمدتاً در مرکز پهنه قرار گرفته‌اند اما جابه جایی هر چند کوچک، تفاوت‌های مکانی قابل توجهی در بارش ایجاد می‌کند. ویژگی مورد بحث از مقایسه میانگین هر یک از نقشه‌های ارائه شده در شکل ۴ با آستانهٔ ارائه شده (شکل ۳- الف) نیز قابل اثبات است. توجه کنید که چون محل رخداد بارش‌های فرین بسیار پراکنده است، ممکن است به عنوان مثال در یک بارش هر یاخته، بارش فراوان و یاختهٔ دیگر هیچ بارشی دریافت نکند و در بارشی دیگر عکس این حالت رخ دهد. تکرار این وضعیت در چندین بارش فرین دیگر محتمل است. از این رو میانگین حاصل از چند بارش فرین برای هر یاخته، مقدار بسیار کوچک تر از آستانهٔ تعریف شده به دست خواهد داد. بنابراین میانگین کوچک تر از آستانه، دلیل دیگری بر تغییرات مکانی رخداد مرکز بارش فرین در شمال غرب ایران است. با این وصف توجه کنید بیش ترین مقادیر و نیز بیش ترین شیب تغییرات مکانی در تمامی نقشه‌ها منتهی الیه جنوب غربی پهنهٔ مورد بررسی است.

۳-۲- مشخصات زمانی بارش‌های فرین

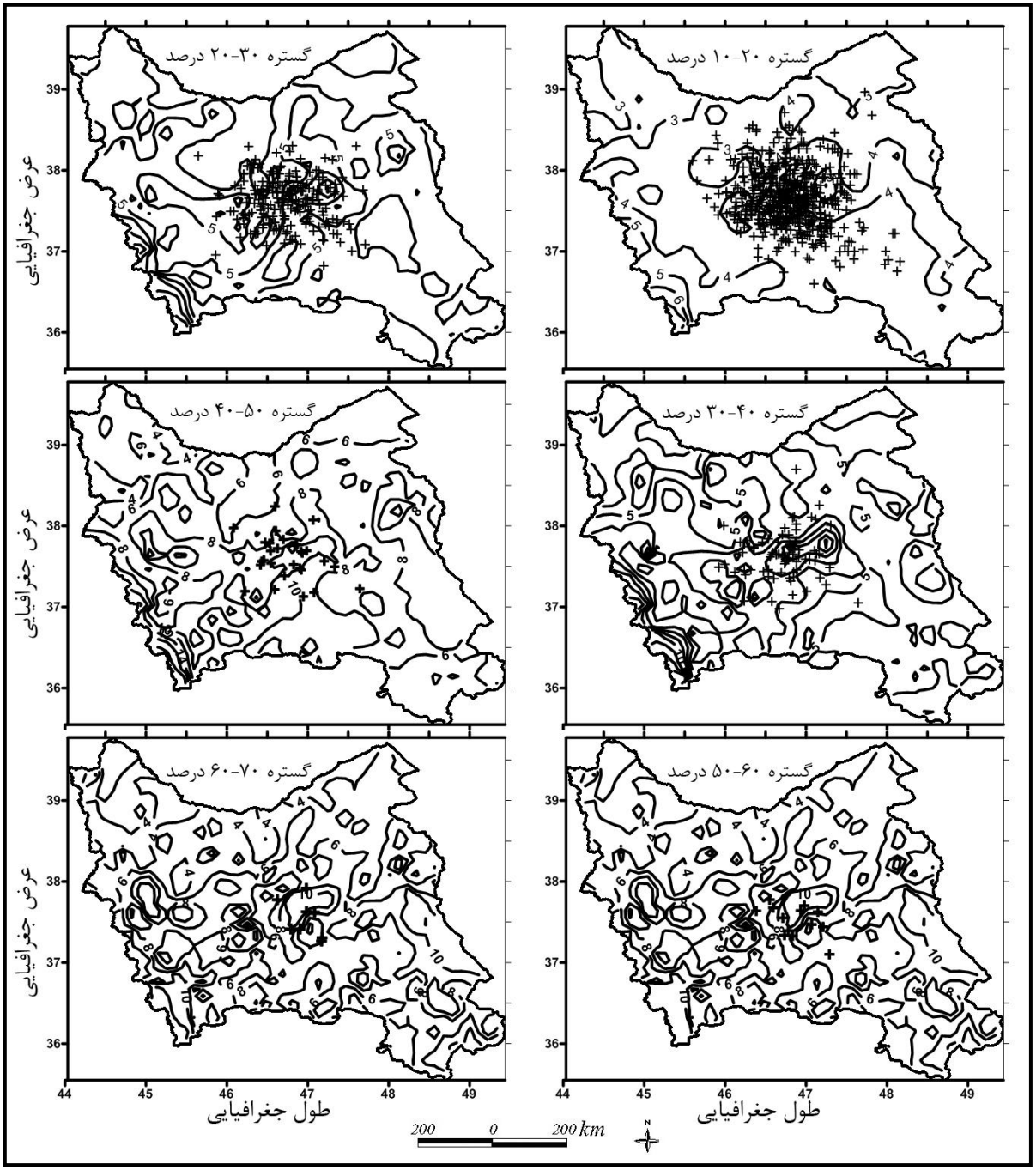
الف) تحلیل روند فراوانی بارش

به منظور تحلیل زمانی بارش‌های فرین، تغییرات بلند مدت فراوانی سالانهٔ این نوع بارش‌ها برای گستره‌های تحت پوششِ مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب برای هر سال و برای هر گسترهٔ زیر پوشش، تعداد بارش‌های فرین استخراج و در شکل ۵ ارائه شده است. همان گونه که در جدول ۴ نیز نشان داده شد، با افزایش پهنهٔ تحت تأثیرِ بارش‌های فرین، فراوانی آن‌ها کاهش می‌یابد.

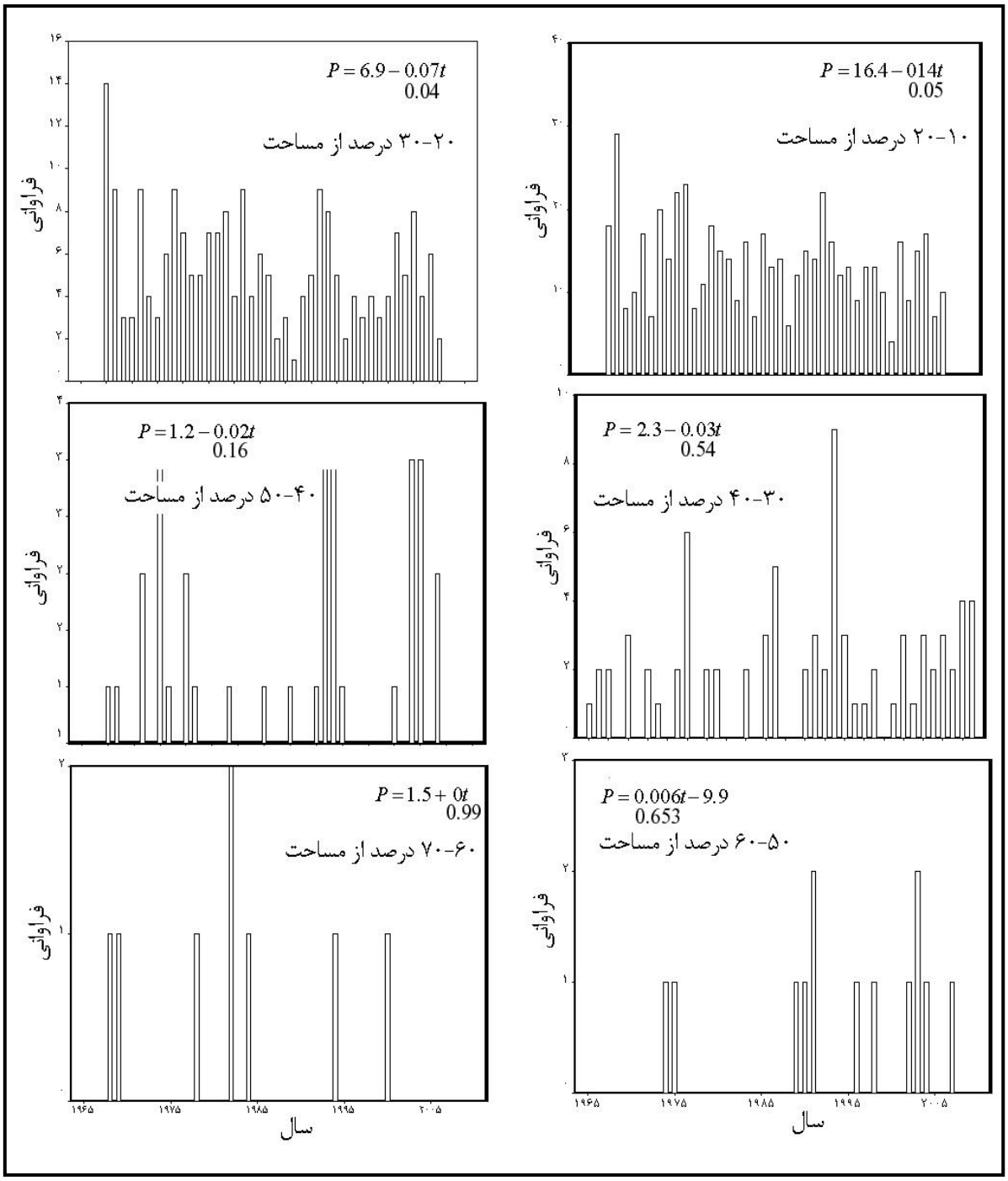
معادلهٔ خط تغییرات بارش به ازای زمان برای هریک از حالات در شکل ۵ ارائه شده است. شیب خط معادلات مذکور (ضریب b) و آماره p برای آزمون فقدان روند (در زیر ضریب b) ارائه شده است. دیده می‌شود که در چهار حالت (۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰ و ۵۰-۴۰ درصد گسترهٔ زیر پوشش بارش فرین) فراوانی بارش‌ها روند کاهشی داشته‌اند. با این وصف تنها در یک حالت (۳۰-۲۰ درصد زیر پوشش بارش فرین) روند مذکور با آماره p کم تر از ۰/۰۵به لحاظ آماری معنی دار بوده است. بقیه حالات، روند معنی داری تجربه نکرده‌اند. در یک حالت دیگر (۱۰-۲۰ درصد پهنه توأم با بارش فرین) آماره p

دقیقاً ۰/۰۵ است. در دو حالت (۴۰-۳۰ و ۵۰-۴۰ درصد زیر پوشش بارش فرین) بزرگ ترین فراوانی‌ها در انتهای دوره آماری رخ داده است.

همان گونه که در جدول ۴ نشان داده شد و نیز در شکل‌های ۲ و ۵ مشاهده می‌شود، دو حالت ۶۰-۵۰ و ۷۰-۶۰ درصد زیر پوشش بارش فرین به ترتیب با فراوانی ۱۳ و ۸ رخداد در طی دوره آماری مشخص شده اند. اگرچه این تعداد مشاهده برای انجام تحلیل روند ناکافی است، اما به منظور ایجاد یک تصویر ذهنی، معادلات الگوی روند خطی برای آن‌ها نشان داده شده است. برای گسترهٔ ۶۰-۵۰ درصد زیر پوشش بارش فرین، الگوی روند خطی مثبت دیده می‌شود. این رویداد به ویژه از اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی با فراوانی تکرار بیش تری رخ داده و رشد یافته است. فراوانی وقوع به سمت انتهای دوره آماری تا ۱۳ بار افزایش یافته است. بنابراین رویداد کم بسامد مذکور به سمت انتهای دوره با بسامد بیش تری تکرار شده است. در آخرین حالت (۷۰-۶۰ درصد زیر پوشش بارش فرین) علی رغم این که روند تغییر معنی داری نشان نمی‌دهد، اما از وارسی شکل می‌توان کاهش رویدادها و بسامد مربوط را استنباط نمود.



شکل ۴- میانگین و گرانیگاه (+) بارش صدک نود برای پوشش‌های مختلف این بارندگی



شکل ۵- فراوانی و الگوی روند فراوانی بارش های فرین در شمال غرب ایران

ب) توزیع ماهانه فراوانی بارش

فراوانی بارش‌های فرین در هر ماه برای هر یک از گستره‌های تحت تأثیر محاسبه و در شکل ۶ ارائه شده است (به تفاوت فراوانی‌ها در محور عمودی توجه کنید.). دیده می‌شود که به جز برای گسترهٔ تحت تأثیر۷۰-۶۰ درصد، بیش ترین دفعات وقوع بارش‌های فرین در ماه آوریل بوده است. طبق یافته‌های علیجانی (۱۳۷۵) این زمان فصل ریزش‌های بهاره حاصل از همرفت دامنه‌ای و عقب‌نشینی پرفشارهای حرارتی است. توضیح این که پرفشارهای حرارتی به ویژه در فصل سرد ناشی از ریزش هوای سرد قفقاز به ناحیه شمال غرب است. این امر موجب تکوین شرایط پایدار جو می‌شود. برای گستره‌های ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و نیز ۴۰-۳۰ درصد از مساحتِ زیرِ پوششِ بارش‌های فرین، ماه می دومین ماه به لحاظ فراوانی بیشینه است. در گسترهٔ ۴۰-۵۰ ، ۵۰-۶۰ ، ماه مارس به لحاظ فراوانی رخداد بارش‌های فرین در مقام دوم قرار دارد. در حالتی که ۷۰-۶۰

درصد گسترهٔ مورد مطالعه زیر پوشش بارش‌های فرین باشد، ماه‌های مارس، می و اکتبر با فراوانی‌های برابر (۲ بار برای هرماه)، فراوانی بیشینه را به خود اختصاص داده‌اند.

همچنین شکل ۶ نشان می‌دهد که دو بیشینه بر فرین‌های ماهانه (در مرتبه اول بیشینهٔ فراوانی‌های بهاره و در مرتبهٔ دوم بیشینهٔ فراوانی زمستانه) حاکم است. این دو اوج به ویژه به سمت فرین‌هایی که گسترهٔ افزون تری دارند، نمایان تر است. بیشینهٔ بارش‌های فرین در گستره‌های بزرگ، طی ماه‌های فصل بهار و به مقدار کم تر در ماه‌های فصل زمستان رخ می‌دهند. بیشینه‌های زیر پوشش فرین‌ها هیچ گاه در ماه‌های ژانویه، فوریه و جون تا سپتامبر رخ نداده است. برای فرین‌های زیر پوشش ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ درصد نیز هیچ گاه در ماه‌های تابستان رخ نداده‌اند. کمینهٔ رخداد بارش فرین در ماه‌های فصل گرم (جون، جولای و اگوست) رخ می‌داده است. این ماه‌ها در فرین‌های پر گستره فاقد فراوانی وقوع هستند.

۴- نتیجه گیری

کاربرد تکنیک‌های کمّی بسیاری از ویژگی‌های محیطی را به نحو مناسبی نشان می‌دهد. کما این که قادر است بسیاری از نقیصه‌های مربوط به کمبود مشاهدات را جبران کند. به عنوان مثال روش‌های زمین آمار می‌تواند کمبود و ناهمگنی زمانی - مکانی ایستگاه‌های اندازه گیری را جبران نماید. همچنین این روش‌ها در نمایش توزیع زمانی ـ مکانی عناصر اقلیمی از شایستگی قابل قبولی برخوردارند. کاربرد این روش‌ها در تحقیق حاضر ویژگی‌های زمانی و مکانی بارش‌های فرین در شمال غرب ایران را به شکل مطلوبی روشن ساخت. براساس این روش‌ها داده‌های شبکه‌ای بارش شمال غرب به ابعاد ۱۱۶ × ۱۴۹۷۵ تولید شد. بدین ترتیب و به منظور تحلیل بارش‌های فرین، ۶ گروه بارشی با پوشش‌های ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰، ۵۰-۶۰ و ۶۰-۷۰ درصد مورد بررسی قرار گرفت. برخی مشخصات مکانی و زمانی این بارش‌ها به لحاظ آماری و ترسیمی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

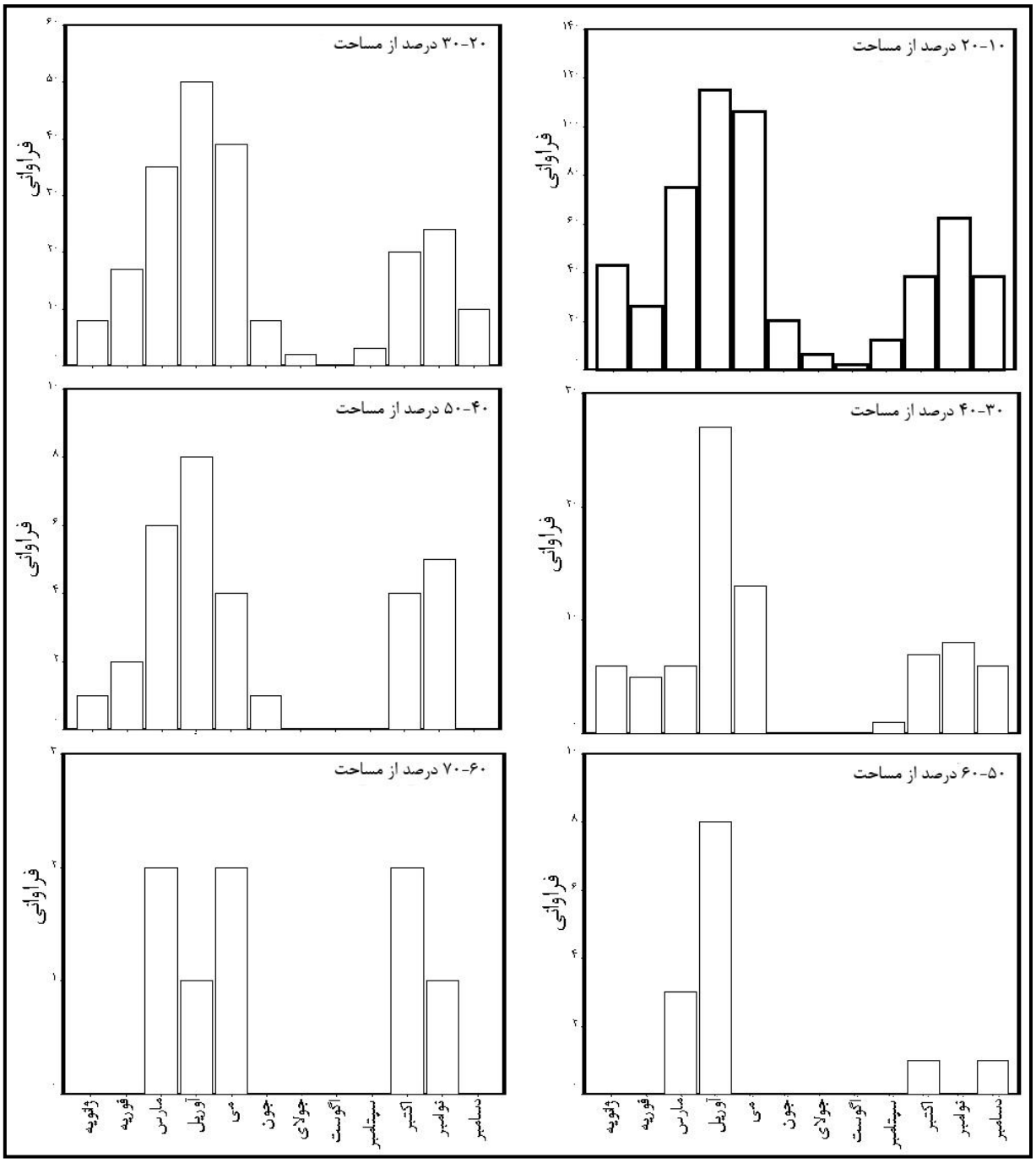
متوسط بارش فرین برای هریک از گستره‌های شش گانه نشان داد که متوسط‌های مذکور به ویژه با افزایش گسترهٔ تحت تأثیر از پراکنش عوامل مکانی پیروی نمی‌کنند. این ویژگی به دلیل تصادفی بودن گرانیگاه بارش و به تبع آن تغییر مسیر سامانه‌های باران زا است. با این وصف بیش‌ترین مقادیر و نیز بیش ترین شیب تغییرات مکانی بارش‌های فرین بر بخش‌های پرباران این ناحیه از کشور منطبق است. مطالعهٔ مفصل‌تر مبتنی بر تحلیل فراوانی - تحلیل خوشه‌ای این نوع بارش‌ها از پیشنهادهای این تحقیق است.

تحلیل مکانی گرانیگاه‌های بارش نشان داد که با افزایش گسترهٔ پهنه‌های زیر پوشش بارش‌های فرین، تمرکز گرانیگاه بیش تر و در مرکز پهنه، اطراف کوهستان سبلان ـ بزغوش رخ می‌دهد. بنابراین سامانه‌های باران‌زای فراگیر با استقرار مرکز خود در این نقطه ظهور می‌یابند. درحالی که کاهش گسترهٔ بارش‌ها موجب تغییراتِ مکانیِ افزون‌تر در گرانیگاه بارش می‌شوند. اگرچه بیشینهٔ این تمرکز همچنان در اطراف کوهستان سبلان ـ بزغوش است، اما پراکنش تصادفی در تمامی جهات قابل مشاهده است. تغییرات هرچند کوچک در مرکز ثقل بارش قادر است، توزیع مکانی بارش را به مقدار قابل توجهی تغییر دهد.

با عنایت به آن چه گفته شد می‌توان استنباط کرد سامانه‌های مولد بارش فرین ضمن عبور از مسیرهای متنوع، موجب تنوع مکانی این نوع بارش‌ها می‌شوند. بدین ترتیب پراکنش و توزیع زمانی ـ مکانی این بارش‌ها موجب تکوین هسته‌های بارشی متنوع و در نتیجه بهره‌مندی تمامی پهنه از این بارش‌ها در زمان‌های مختلف است. بدین ترتیب متوسط‌ها قادر به نمایش و ترسیم وضعیت دقیق نخواهد بود. بنابراین مطالعه مفصل تر با توان تفکیک بیش تر و مبتنی بر تحلیل فراوانی ـ تحلیل خوشه ای این نوع بارش‌ها از پیشنهادهای این تحقیق است.

تحلیل روند بارش‌های فرین نشان داد که عموماً بارش‌های مذکور حاوی روند کاهشی هستند. با این وصف کاهش مذکور برای بارش‌هایی مؤثر بر ۳۰-۲۰ درصد پهنهٔ شمال غرب به لحاظ آماری معنی دار و برای ۱۰-۲۰ درصد پهنهٔ توأم با بارش فرین قابل توجه و نزدیک به مرز معنی‌داری است. پهنه زیر پوشش ۲۰-۳۰ درصد حدود ۷ بار کاهش در هر سده و پهنه زیر پوشش ۱۰-۲۰ درصد حدود ۱۴ بارکاهش در هر سده را تجربه کرده است. همچنین معلوم شد که بارش‌های فراگیرتر (۴۰-۳۰ و ۵۰-۴۰ درصد زیر پوشش) در انتهای دوره آماری رخ داده‌اند. به طوری که بیشینهٔ پوشش این گونه بارش‌ها به ویژه از اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی با فراوانی تکرار بیش‌تری رخ داده و رشد یافته است. بنابراین رویداد کم بسامد مذکور به سمت انتهای دوره با بسامد بیش‌تری تکرار شده است. با این وصف فراگیرترین بارش‌ها کاهش بسامد را تجربه کرده‌اند.

تحلیل ماهانهٔ بارش‌های فرین نشان داد که رخداد این نوع بارش‌ها در ماه‌های فصل بهار به ویژه ماه‌های آوریل و می محتمل‌تر است. ماه‌های مارس و اکتبر نیز در رتبهٔ بعدی قرار گرفته اند. احتمال وقوع این نوع بارش‌ها به ویژه در گستره‌های بزرگ به مقدار کمتر در ماه‌های فصل زمستان نیز محتمل است. با این وصف بیشینه‌های زیر



شکل ۶- توزیع فراوانی ماهانهٔ فرین‌های بارش برای گستره‌های مختلف زیر پوشش

پوشش فرین‌ها هیچ گاه در ماه‌های ژانویه، فوریه و جون تا سپتامبر رخ نداده است. کمینهٔ رخداد بارش فرین در ماه‌های جون، جولای و اگوست بوده است. دانسته‌های حاصل شده از این تحقیق پیش نیازهای ضروری و مورد نیاز در طراحی زیرساخت‌ها، مدیریت خطر، مدیریت منابع آب و نیز ضرورت‌های برنامه‌ریزی کشاورزی را به دست داده است. با این یافته‌ها امکان طبقه بندی زمانی و نیز پهنه‌بندی مکانی امکانات- محدودیت‌ها میسر است. با این وصف شناخت دقیق تر و نیز موفقیت متقن تر، نیازمند مطالعات ریز مقیاس تر و ارزیابی‌های چند جانبه به لحاظ مشخصات طبیعی دیگر (نظیر ویژگی‌های توپوگرافی، خاک‌شناسی و...) است.

پی نوشت‌ها

1- Extreme
2- Climatic Extreme
3- Standard Precipitation Index
4-The Joint World Meteorological organization commission for climatology

5- World Climate Research Program
6- Climate Variability and Predictability
7-Expert Team on Climatic Change Detection, Monitoring and Indices
8-http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/List-27-Indices.html
9- Emilia-Romagna
10- Reno
11- S-Mode

۵- مراجع

تقوی. ف و محمدی. ح. (۱۳۸۶)، " بررسی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی به منظور شناخت پیامدهای زیست محیطی"، مجله محیط شناسی . سال سی و سوم . شماره ۴۳. پاییز ۱۳۸۶. صص ۲۰-۱۱

سازمان هواشناسی کشور. " مشاهدات بارش ایستگاه‌های همدید، اقلیم شناسی و باران سنجی شمال غرب ایران طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۷"

عسکری. ا.، رحیم زاده. ف ، محمدیان. ن و فتاحی . ابراهیم.، (۱۳۸۶)، " تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران"، مجله تحقیقات منابع آب ایران. سال سوم شماره ۳. شماره پیاپی ۹. صص ۴۲-۵۵

علیجانی. ب.، (۱۳۷۵)، "*آب و هوای ایران*"، انتشارات پیام نور، تهران.

فرهنگستان زبان فارسی، (۱۳۸۶) "*فرهنگ واژه‌های مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی۱۳۸۵- ۱۳۷۶* ". بخش دوم فارسی- صفحه ۱۲۶ . قابل دسترس از شبکه جهانی با آدرس *http://www.persianacademy.ir*

محمدی. ب (۱۳۸۸)، "تحلیل همدید بارش‌های ابرسنگین ایران". رساله دکتری اقلیم شناسی. استاد راهنما : دکتر سید ابوالفضل مسعودیان و دکتر محمدرضا کاویانی. دانشگاه اصفهان.

محمدی. ب و مسعودیان ، س. ا.، (۱۳۸۹)، " تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران: مطالعه موردی : آبان ماه ۱۳۷۳". مجله جغرافیا و توسعه . شماره ۱۹. صص۴۷-۷۰

مسعودیان ، س.ا. (۱۳۸۷)، "شناسایی شرایط همدید همراه با بارش‌های ابرسنگین ایران"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه تبریز ۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۸۷.

وزارت نیرو " مشاهدات بارش ایستگاه‌های باران سنجی شمال غرب ایران طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۷"

Bartolini , G. , Morabito , M., Crisci, A. , Grifoni, D. , Torrigiani, T., Petralli,M.,Maracchi, Giampiero and Orlandini,Simon (2008) "recent trends in tuscanycitaly (italy) summer temperature and indices of extremes." International Journal of Climatology . 28, pp. 1751 – 1760.

Becker, S., Hartmann, H., Zhsng, Q., Wu, Y. and Tiang, T (2007)"Cyclicity analysis of Precipitation regimes in the Yangtze River Basin," China. Int. J. Climatol. 33, pp. 225-238.

Benestad, R. (2006) "Can we expect more extreme precipitation on the monthly time scale ?" Journal of Climate. 19, pp. 630 – 637

Bordi,I.,Fraedrich,K., Petitta,M. and Sutera,A. (2006) "Extreme value analysis of wet and dry periods in Sicily." Theor.Appl.Climatol. 84, pp. 195-198

Burt.T.P.,B.P.Horton. (2007) " inter-decadal variability in daily rainfall Durham since the 1850s." International Journal of climatology,8, pp. 945-956.

Hellstrom,C.(2005) "Atmospheric conditions during extreme and non-extreme precipitation events in Sweden." Int.J.Climatol. 25, pp. 631-648

Horton, E. B. Folland, C. K. and Parker, D. E. (2001) "The changing incidence of extremes in worldwide and Central England temperatures to the end of the twentieth century." Climatic Change. 50, pp.267 – 295.

IPCC (2001). "*Climate Change 2001: The Scienti_c Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).*" Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom..

IPCC (2007). "*Climate Change 2007: The Scienti_c Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).* "Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Karl, T. R., Knight, R. W. Easterling, D. R. and Quayle, R. G. (1996) " Indices of climate change for the United States." Bull. Amer Meteor. Soc., 77, pp. 279–292

Kunkel, K. and Andsager. (1999) " Long term trends in extreme precipitation events over the conterminous United States and Canada." Journal of Climate.12, pp. 2516-2527

Liebmann,B., Jones, C. and De Carvalho, L.M.V. (2001) " Interannual Variability of daily extreme precipitation event in the state of Sao Paulo,Brazil." Journal of Climate. 14, pp. 208-218

Mason,S.J, Waylen, PR. Rajaratma, B. and Harrison, JM. 1998. Changes in extreme rainfall events in South Africa. *Climatic Change* 41, pp. 249–257.

Rahimzadeh, F. Asgari,A. and Fattahi, E. (2009) "Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades." Int.J.Climatol. 29, pp. 329-343

Ramos,M.C. and Martinez-Casasnovas,J.A. (2006) "Trends in precipitation concentration and extremes in the Mediterranean Penedes-Anoia region NE-Spain." Climatic Change. 74, pp. 457-474

Sugahara, S., Darocha, R. P and Silveira, R. (2009) "Non – Stationary frequency analysis of extreme daily rainfall in Sao Paulo," Brazil. Int. J. Climatol. 19, pp.1339-1349.

Wang. B., Ding-Qing H. and Jhun. T. (2006) "Trends in Seoul (1778-2004) summer precipitation. Geophysical Research Letters." 33, pp. 1-5

WMO (2009) "*Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation.*" WMO – TD NO 1500

Mekis, E., and Hogg, W. D. (1999) "Rehabilitation and analysis of Canadian daily precipitation time series." Atmos.–Ocean, 37, pp. 53-85.

Mizrahi, F. (2000) "Heany daily Precipitation distribution in east–central France and west European meteorological patterns." Theor.Appl. Climatol. 66, pp. 199-210.

Mooly, D. A. and Parthasarathy, B. (1984) "Fluctuation in All- INDIA Summer Monsoon Rainfall During 1871-1988." *Climatic change.* 6, pp. 287-301

Pauling,A. and Paeth,H. (2007) "On the variability of return periods of European winter precipitation extreme over the last three centuries." Climate of the Past. 3, pp. 65-76

Pavan,V., Tomozeiu,R. , Cacciamani,C. and Di Lorenzo, M. (2008) "Daily precipitation observations over Emilia-Romagna: mean values and extremes." Int.J.Climatol. 28, pp. 2065-2079