

تغییر اقلیم و توزیع زمانی - مکانی بارش در پهنه ایران زمین

زهرا حجازی‌زاده^۱، حسین عساکره^۲ و فریبا صیادی^۳

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۳/۲۰، تاریخ تایید: ۱۳۹۵/۶/۲۲

چکیده

بارش یکی از مهم‌ترین عناصر آب و هوایی به‌شمار می‌رود که تغییرپذیری در آن می‌تواند مخاطراتی مانند سیل و خشکسالی به‌بار آورد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۱۴۳۶ ایستگاه سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی طی دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۴۰ و با به‌کارگیری تکنیک‌های آمار توصیفی و استنباطی به بررسی ویژگی‌های بارش با استفاده از میانبایی کریجینگ، رگرسیون و همبستگی کلی و جزئی پرداخته شد تا بتوان تصویر روشنی از توزیع زمانی - مکانی بارش برای کل پهنه ارائه نمود. میانگین بارش سالانه ۲۵۱/۸ میلی‌متر می‌باشد. نتایج نشان داد که رابطه ضریب همبستگی ساده و جزئی با فراسنج‌های مکانی در کل پهنه و نقش ارتفاع و عرض جغرافیایی در توزیع مکانی بارش مشهود بوده است این در حالی است که طول جغرافیایی نقش کم‌رنگ‌تری را داشته است. همچنین از لحاظ زمانی نیز فصل زمستان به‌عنوان فصل پر بارش در کل پهنه با ۴۴/۷ درصد بیشترین سهم بارش‌های دریافتی داشته است. بیش‌ترین ضریب تغییرپذیری مربوط به فصل زمستان (۳۷/۲ درصد) و سپس فصل بهار (۳۱ درصد) می‌باشد و کم‌ترین ضریب متعلق به فصل تابستان (۸/۳ درصد) و سپس فصل پاییز (۲۲/۷ درصد) بوده است. بنابراین، در کل پهنه ایران ناهماهنگی در توزیع زمانی - مکانی با توجه به اینکه تغییر اقلیم و استفاده نامطلوب از منابع زمین صورت گرفته است به‌وضوح دیده شد.

کلیدواژگان: میان‌یابی، کریجینگ، ضریب همبستگی، تغییر اقلیم، بارش.

۱. استاد دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی.

۲. عضو هیئت علمی گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان.

۳. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی.

مقدمه

تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از واقعیت‌های طبیعی، چندی است نمودهای آن با وضوح بیش‌تری قابل رویت می‌باشد. این رویداد به شکل ناهنجاری‌ها و یا نوساناتی در فراسنج‌های اقلیمی نظیر دما، بارندگی و ... ایجاد می‌گردد. پدیده‌هایی نظیر فقدان بارش، توالی و تداوم آنها در روزهای هر سال نشانه روشنی از این تغییرات اقلیمی می‌باشند. بارش از جمله عناصر تغییرپذیر اقلیمی در بُعد زمان و مکان به‌شمار می‌آید. تداوم و توالی گاه و بیگاه روزهای خشک موجب خشکسالی‌های شدید می‌گردد، انتخاب و کاربرد روشی که بتواند معرف شناخت دقیق‌تر آستانه‌های این بحران اقلیمی باشد، می‌تواند برنامه‌ریزان را در تعدیل این مخاطره بزرگ طبیعی یاری دهد (کاویانی، ۱۳۸۰: ۷۳). به خاطر قرارگیری ایران در منطقه خشک و نیمه خشک تغییرات مکانی بارش شدیدتر می‌باشد. بنابراین تفاوت‌های مکانی زیادی در بارش ایران وجود دارد. این تفاوت‌ها از یک‌سو، به طبیعت رفتار مکانی بارش و از سوی دیگر، به تنوع منشا بارش برمی‌گردد که سبب شده در نقاط مختلف ریزش‌های جوی متنوعی دیده شود (کاویانی و مسعودیان، ۱۳۸۷: ۷۰). از جمله تحقیقات صورت گرفته در این زمینه در خارج و داخل کشور به اختصار به موارد زیر اشاره کرد. انکاس و یچورادینوویچ^۱ (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های میانگین ماهانه و حداکثر بارش روزانه ایستگاه بلغراد در طی دوره‌ی ۱۹۶۵-۱۸۸۸ و بر اساس تحلیل آماری، ضریب همبستگی خیلی بالایی را بین بارش حداکثر روزانه و ماهانه تشخیص داده‌اند و همچنین تیپ‌های هوایی که با بارش حداکثر روزانه در بلغراد همراه شده‌اند را تحلیل کردند. وانگ و همکاران^۲ (۲۰۰۳) از داده‌های بارش ماهانه ۶۲۹ ایستگاه طی دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۰ استفاده کرده و با استفاده از شاخص Z خشکی و رطوبت را در ۷ دسته طبقه‌بندی کرده و به این نتیجه رسیدند که همه خشکسالی‌های اتفاق افتاده در مناطق مختلف چین شمالی در فصل‌های مختلف دارای روندهای متفاوتی بوده‌اند. آنکاسویچ و همکاران^۳ (۲۰۰۴) با استفاده از روش‌های آماری احتمال بارش‌های شدید در صربستان و مونته‌نگرو را محاسبه نمودند. و به این

-
1. Unkaslevic and Radinovic
 2. WANG ghiwei et al
 3. Unkaslevica M et al

نتیجه رسیدند که دو مورد بارش‌های فرین^۱ به دلیل استقرار چندین روزه سیستم چرخندی و واچرخندی در صربستان بوده است. میسرا و دیزای^۲ (۲۰۰۶) با محاسبه شاخص SPI و به‌کاربردن مدل‌های (DMSNN, RMSNN, ARIMA/SARIMA) در پیش‌بینی خشکسالی‌های حوضه کانسابتی در ناحیه پورولیا در غرب بنگلادش و هند به این نتیجه دست یافتند که مدل‌های به‌کارگرفته پتانسیل زیادی در پیش‌بینی خشکسالی‌ها در زمان‌های مختلف دارند. واید^۳ و همکاران (۲۰۰۸) بارش‌های بیش از ۱۰۰ میلی‌متر را طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۵۰ مورد بررسی قرار دادند. ایشان با به‌کارگیری تکنیک مولفه‌های اصلی و شاخص نوسانات مدیترانه غربی هفت الگوی موثر را برای این بارش‌ها تشخیص دادند. کیم^۴ و همکاران (۲۰۱۱) داده‌های بارش سالانه Mongolia طی دوره آماری (۲۰۰۷-۱۹۸۶) را با آزمون ناپارامتری من-کندال مطالعه کردند، سپس با استفاده از PCA و تحلیل عاملی (متعامد) به این نتیجه رسیدند که میزان واریانس بارش دارای روندکاهشی بوده است و در نهایت، برای پیش‌بینی بارش از مدل ARIMA استفاده کردند. سوهم^۵ و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی رگرسیون بتا برای کاهش مقیاس آماری بارش در حوضه کمپیل رودخانه، بریتیش کلمبیا، کانادا پرداختند که نتایج آنها نشان داد که مدل رگرسیون بتا برای نشان دادن تنوع زمانی مکانی در این حوضه مناسب بوده و میزان تغییرپذیری بارش در این حوضه کانادا کاملاً مشهود است. لافللام^۶ و همکاران (۲۰۱۶) به ریز مقیاس نمایی مدل‌های منطقه‌ای بارش‌های فرین ۵۸ ایستگاه در انگلستان پرداختند. نتایج حاکی از افزایش قابل توجه در میزان بارش طی ۲۵ سال در دوره پیش‌بینی شده است. تحقیقات صورت گرفته در داخل کشور به موارد زیر اشاره شد. کاویانی و عساکره (۱۳۸۴) به‌منظور بررسی روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان طی دوره آماری (۱۹۹۶-۱۹۸۴)، با استفاده از روش‌های ناپارامتری من-کندال و چند متغییره پرداختند. نتایج نشان داد که بارش اصفهان داری رفتار پایداری بوده و تنها ۴ فاز در

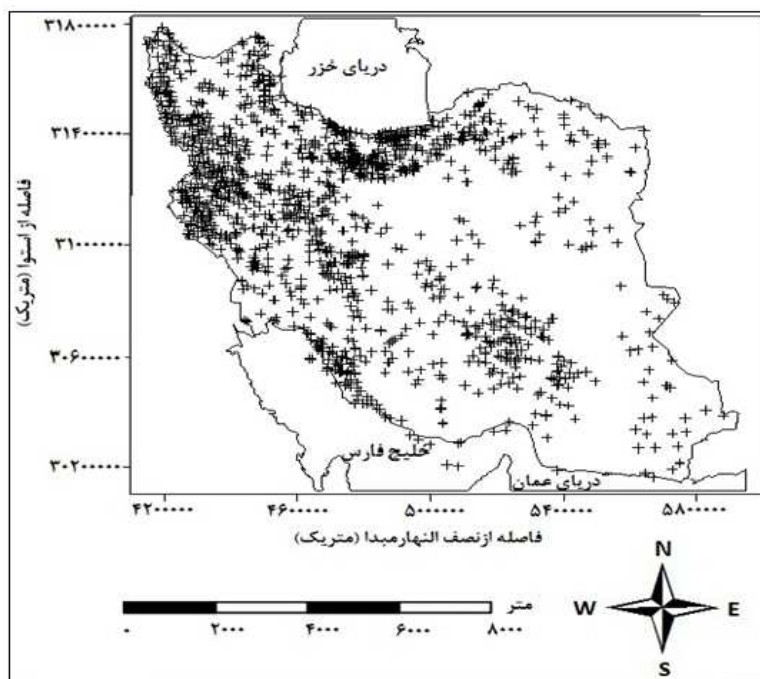
-
1. Extreme
 2. Mishra & Desai
 3. Vide et al
 4. Kim et al
 5. Sohom et al
 6. Laflamme et al

بارندگی آن مشاهده شده است. عسگری و همکاران (۱۳۸۶) به منظور بررسی روند مقادیر فرین بارش، با استفاده از داده‌های روزانه‌ی بارش ۲۷ ایستگاه سینوپتیک در دوره‌ی آماری ۱۹۹۰-۱۹۶۱ روند بارش‌های فرین را در کشور بررسی کردند. بر اساس تحقیقات ایشان مقادیر فرین بارش دارای روند متفاوتی در بخش‌های مختلف کشور می‌باشد. محمدی و مسعودیان (۱۳۸۹) به بررسی یکی از سنگین‌ترین و فراگیرترین بارش‌های کشور (روزهای ۱۳۷۳/۸/۱۲ تا ۱۳۷۳/۸/۱۷) پرداختند. ایشان با بررسی نقشه‌های تراز دریا به این نتیجه رسیدند که الگوی پرفشار اروپا-کم‌فشار عراق در رویداد این بارش‌ها موثرند. جانباز قبادی و همکاران (۱۳۹۰) منظور شناسایی الگوهای هم‌مدیدی حاکم در زمان وقوع بارش‌های شدید زمستانه در منطقه خزری، از داده‌های ۸ ایستگاه سینوپتیک سواحل جنوبی دریای خزر، روزهای بارش شدید زمستانه برای یک دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۳-۱۹۹۴) استفاده کردند. بنابراین با توجه به قرارگیری کشور ایران در منطقه خشک و دریافت ریزش‌های مختلف، ارائه تصویری عام از توزیع زمانی و مکانی بارش امری است الزامی که در این پژوهش به آن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از داده‌های شبکه بارش روزانه ایران، که از پایگاه داده اسفزاری ویرایش نخست در دانشگاه اصفهان و به وسیله سیدابوالفضل مسعودیان طراحی شده، استفاده گردیده است. این داده‌ها دارای تفکیک زمانی روزانه از ۱۳۴۰/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۹/۱۰/۱۱ است. تفکیک مکانی داده‌ها ۱۵ کیلومتر است که در سیستم تصویر لامبرت مخروطی هم‌شکل نگاشته شده‌اند. با توجه به مختصات یاد شده سراسر ایران با ۷۱۸۷ یاخته پوشیده می‌شود. بر این اساس هریک از داده‌های شبکه‌ای بارش ایران آرایه‌ای است به ابعاد ۷۱۸۷ × ۱۸۲۱۸ که با آرایشگاه جای (زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) چیده شده است. درایه‌های این آرایه به کمک داده‌های ۱۴۳۶ ایستگاه هم‌مدید، اقلیمی و باران‌سنجی و با روش میان‌یابی کریجینگ برآورد شده است. پراکندگی مکانی ایستگاه‌های مورد استفاده، در شکل (۱) ارائه شده است. برای برآورد داده‌های شبکه‌ای هر روز از داده‌های همه ایستگاه‌های که در آن روز بارش را اندازه‌گیری کرده بودند، بهره‌برداری شده است. بنابراین در برخی روزها تعداد اندازه‌گیری‌ها کم‌تر و در برخی روزها

بیشتر بوده است. بنابراین با استفاده از روش بهینه میان‌یابی "کریجینگ" و تهیه نقشه‌های هم‌بارش در دو مقیاس سالانه و ماهانه و سپس تحلیل آماری (توصیفی و استنباطی)، به توزیع زمانی و مکانی بارش پرداخته شد.



شکل ۱: توزیع مکانی ایستگاههای مورد استفاده در میان‌یابی

یافته‌ها

ویژگی‌های عمومی بارش سالانه

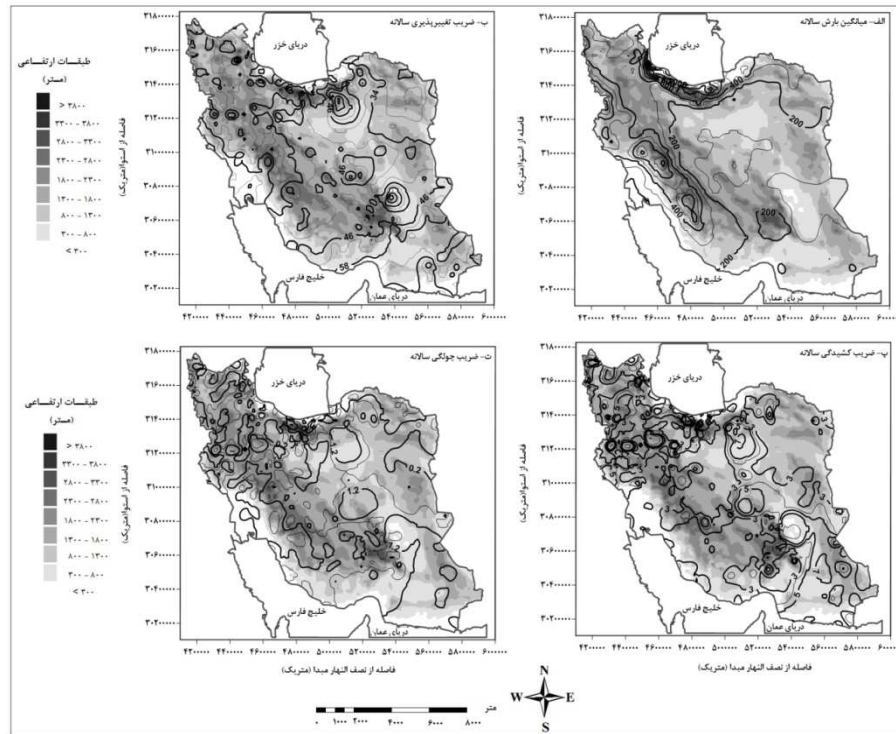
جدول (۱) مشخصات آماری بارش سالانه کشور را نشان می‌دهد. میانگین بارش سالانه ۲۵۱/۸ میلی‌متر می‌باشد که از این مقدار بیش‌ترین میزان میانگین بارش سالانه را مناطق سواحل شمالی کشور به‌خود اختصاص داده است. میانگین بارش دریافتی این مناطق حدود ۱۸۰۰ میلی‌متر است و سپس مناطق غربی در نواحی مرتفع کوه‌های زاگرس حدود ۴۰۰ میلی‌متر دریافت می‌کنند. همچنین مناطق مرکزی ایران نیز کم‌ترین میانگین بارش را به‌خود اختصاص داده‌اند. بارش دریافتی این نواحی حدود ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. دامنه تغییرات مکانی بارش ۱۶۵۵/۸ میلی‌متر می‌باشد. انحراف معیار مکانی بارش ۱۷۸ میلی‌متر است؛ به‌عبارت دیگر هر یک از نقاط (اعداد

پیکسل‌ها) به‌طور متوسط ۱۷۸ میلی‌متر از میانگین بارش فاصله دارند. ضریب پراکندگی از نسبت انحراف معیار به میانگین حاصل می‌شود که به درصد بیان می‌شود (عساکره، ۱۳۹۰: ۵۵). در این‌جا ضریب پراکندگی ۷۰/۷ درصد می‌باشد، به‌عبارت دیگر:

جدول ۱: پارامترهای آماری بارش سالانه در پهنه ایران زمین

| مقدار | فراسنج‌های آماری | |
|-----------------|---------------------------|----------------------------------|
| ۱۷۰۳ میلی‌متر | بیشینه | فراسنج‌های مرکزی |
| ۴۵/۳ میلی‌متر | کمینه | |
| ۲۵۱/۸ میلی‌متر | میانگین | |
| ۱۹۰/۳ میلی‌متر | میانه | |
| ۱۶۸/۹ میلی‌متر | مد(نما) | |
| ۱۶۵۵/۸ میلی‌متر | دامنه تغییرات | فراسنج‌های پراکندگی (تغییرپذیری) |
| ۱۳۰/۹ میلی‌متر | قدرمطلق انحراف از میانگین | |
| ۳۱۶۹۵/۳ | واریانس | |
| ۱۷۸ میلی‌متر | انحراف معیار | |
| ۷۰/۷ درصد | ضریب پراکندگی | |
| ۱۲۷/۳ میلی‌متر | چارک اول | فراسنج‌های شکل توزیع |
| ۱۹۰/۳ میلی‌متر | چارک دوم (میانه) | |
| ۳۱۹/۷ میلی‌متر | چارک سوم | |
| ۲/۵ میلی‌متر | چولگی | فراسنج‌های شکل توزیع |
| ۷/۵ میلی‌متر | کشیدگی | |

بارش سالانه در پهنه ایران از ضریب پراکندگی بالایی برخوردار بوده و نشان می‌دهد در نقاط مختلف ایران با هم تفاوت چشم‌گیری داشته است. چولگی مثبت نیز گستره پهنه‌های کم بارش بیش از پهنه‌های پر بارش را تداعی می‌کند. هم‌چنین ضریب کشیدگی مثبت می‌باشد یعنی توزیع مشاهدات بارش سالانه نسبت به یک میانگین نرمال نزدیکتر است (یعنی بارش‌های مشاهداتی ما حول و حوش میانگین متمرکز هستند). چارک اول مرز نواحی کم‌بارش (مناطق خشک) و چارک سوم مرز نواحی پر بارش می‌باشد (مناطق مرطوب).



شکل ۲: توزیع زمانی - مکانی برخی مشخصات بارش سالانه پهنه ایران

چارک دوم (میانه) مقداری که ۵۰ درصد مشاهدات بالاتر یا پایین تر از آن است که مرز نواحی با بارش متوسط (مناطق معتدل) می باشد که مقدار آن $190/3$ میلی متر است. مقدار چارک اول برابر با $127/3$ میلی متر که ۲۵ درصد از بارش پهنه کشور را دربر می گیرد. چارک سوم با $319/7$ میلی متر حدود ۲۵ درصد از بارش پهنه را دربر می گیرد. هم چنین مقدار میانگین با میانه متفاوت بوده یعنی توزیع بارش نسبت به توزیع قرینه مشابه خود نامتقارن بوده و از توزیع نرمال تبعیت نمی کند. شکل (۲) توزیع زمانی و مکانی برخی مشخصات بارش سالانه پهنه ایران را نشان می دهد. طیف رنگی طبقات ارتفاعی و منحنی میزانها هم بارش را نمایش می دهند. شکل (۲) - الف) میانگین مجموع بارش سالانه را نشان می دهد. دیده می شود مناطق شمالی کشور دارای بیشترین بارش های دریافتی بوده اند و سپس مناطق غربی، شمال غربی کشور بیشترین بارش دریافتی را دارند. مناطق مرکزی ایران که در ارتفاعات پایین تری قرار دارند منحنی میزانها از هم دیگر فاصله گرفتند و کمترین بارش را به خود اختصاص داده اند. شکل (۲) - ب) ضریب

تغییرپذیری بارش سالانه را نشان می‌دهد. به‌طور متوسط بیش‌ترین ضریب تغییرپذیری مربوط به نواحی مرکزی ایران می‌باشد که منحنی میزان‌ها به صورت فشرده ضریب تغییرات بالای ۴۰ درصد را نشان می‌دهند. با توجه به شکل (۲- الف) میزان بارش در این مناطق کم بوده است. بنابراین بالاترین ضریب تغییرپذیری را به خود اختصاص داده‌اند. پهنه‌های شمالی و غربی کشور کم‌ترین ضریب تغییرپذیری را دارا هستند. شکل (۲- ب) پراکندگی مکانی ضریب کشیدگی سالانه بارش را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار این ضریب مربوط به نواحی مرکزی و پست ایران است. کم‌ترین مقدار مربوط به نواحی شمالی و غربی کشور است. شکل (۲- ت) پراکندگی مکانی ضریب چولگی سالانه بارش را نشان می‌دهد. ضریب چولگی در کل پهنه مثبت می‌باشد؛ یعنی در کل پهنه مورد مطالعه بارش‌های پایین‌تر از میانگین بیش‌تر از بارش‌های بالاتر از میانگین هستند و مناطق مرکزی و پست بیش‌ترین ضریب چولگی را دارند که برابر با $1/2$ است. کم‌ترین مقدار ضریب چولگی مربوط به مناطق جنوب‌غربی و غربی می‌باشد (این مناطق بارش بیش‌تری نسبت به میانگین را در طول سال دریافت می‌کنند). در جدول ۲ رابطه بین فراسنج‌های مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع) با متغیر بارش سالانه و معادله رگرسیون آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد بین سه فراسنج مکانی مذکور و بارش ایران رابطه وجود دارد به‌طوری‌که بین طول جغرافیایی و بارش رابطه منفی وجود دارد. یعنی اگر از غرب به شرق کشور برویم از میزان بارش‌ها کاسته شده، هم‌چنین بین عرض جغرافیایی و بارش رابطه مثبت وجود دارد. یعنی هرچه به عرض‌های بالاتر برویم، میزان بارش افزایش می‌یابد. البته این مطلب در همه جای ایران نمی‌تواند صادق باشد زیرا در ایران مرکزی ارتفاع کوه‌ها تا حدی نیست که مانع ورود جریان هوا به این مناطق باشد، بنابراین بین ارتفاع و بارش در این مناطق رابطه‌ی وجود ندارد. آن‌چه بر بارش این مناطق تاثیر می‌گذارد توده‌های بزرگ ناهمواری است که هم نقش دینامیکی و هم نقش مانع در برابر سامانه‌های جوی بازی می‌کنند (کاویانی و مسعودیان، ۱۳۸۷) به همین جهت است که بر روی نقشه‌های هم‌بارش اثر توده‌ی هزار و لاله‌زار دیده می‌شود اما اثری از کوه کرکس و شیرکوه دیده نمی‌شود شکل (۲- الف). به‌منظور بررسی روابط مکانی بارش، یک الگوی رگرسیون ساده و استاندارد بر مشاهدات برازش داده شد. در این الگو متغیر وابسته بارش و متغیرهای توضیحی، فراسنج‌های مکانی (طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع) هستند. نتایج این الگوسازی در جدول (۲) ارائه شده است.

در روش رگرسیون ساده و بدون در نظر گرفتن اثر متغیرهای توضیحی دیگر، نقش ارتفاع در قیاس با متغیرهای مکانی دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. در این رویه افزایش ارتفاع و عرض جغرافیایی (به سمت ارتفاعات و عرض‌های بالاتر)، بارش افزایش می‌یابد، در حالی که به سمت شرق (افزایش طول جغرافیایی) موجب کاهش بارندگی می‌گردد. در رگرسیون استاندارد چندمتغیره، اهمیت نسبی ارتفاع کم‌تر از پارامترهای دیگر است.

جدول ۲: رابطه بارش سالانه با فراسنج‌های مکانی

| پارامترهای آماری | فراسنج‌های مکانی | رابطه |
|-------------------|-----------------------------|---|
| همبستگی ساده | طول جغرافیایی | -۰/۵۸۸ |
| | عرض جغرافیایی | ۰/۳۷۱ |
| | ارتفاع | ۰/۱۹۸ |
| همبستگی جزئی | | -۰/۴۹۴ |
| | | ۰/۱۱۱ |
| | | ۰/۰۵۵ |
| رگرسیون ساده | طول جغرافیایی (λ) | $y=1489/53+0/0024\lambda$ |
| | عرض جغرافیایی (φ) | $y=5122+0/0017\varphi$ |
| | ارتفاع (h) | $y=185/24+0/052h$ |
| رگرسیون چندمتغیره | | $Y=160/32-0/00021\lambda+0/00004\varphi+0/012h$ |
| رگرسیون استاندارد | | $y=0/104\varphi+0/046h-0/527\lambda$ |

ولی همچنان اثر مستقیم ارتفاع و عرض جغرافیایی بر بارندگی قابل تأمل می‌باشد. در این الگو، بزرگ‌ترین نقش را طول جغرافیایی و به صورت منفی ایفا می‌کند. این امر به دلیل تمرکز بیشینه بارش در دامنه‌های بادگیرکوه‌های زاگرس است. در مقام بعدی عرض جغرافیایی نقش بزرگ‌تر اما مثبت دارد. بزرگی مقدار بارش در سواحل شمالی و کاهش رو به جنوب آن موجب شده است که نقش عرض جغرافیایی در مدل مثبت گردد. از آن جا که ارتفاعات عمده و موثر بر بارش رابطه آشکاری با فراسنج‌های مکانی دارند، به‌عنوان مثال ارتفاع کوه‌های زاگرس از جنوب به شمال افزایش می‌یابد؛ از این رو با عرض جغرافیایی رابطه‌ای مستقیم دارند؛ بنابراین افزایش عرض جغرافیایی یک بار در بارش نقش ایفا می‌کند.

ویژگی‌های عمومی بارش ماهانه

جدول (۳) مشخصات عمومی بارش ماهانه - فصلی در پهنه ایران را نشان می‌دهد. بیش‌ترین بارش ابتدا مربوط به ماه ژانویه (۴۲/۳ میلی‌متر) و سپس ماه مارس (۴۱/۹ میلی‌متر) و کم‌ترین مقدار بارش را ماه آگوست (۳/۶ میلی‌متر) و سپس ماه جولای (۳/۹ میلی‌متر) دارا هستند. با توجه به این‌که ماه‌های ژانویه و مارس تقریباً بارش دریافتی شبیه به همراه دارند ولی در ایران فصل زمستان و سپس فصل بهار به‌عنوان فصل مرطوب (پر بارش) شناخته شده‌است. در بیش‌تر مناطق کشور بیش‌ترین بارش دریافتی مربوط به ماه‌های زمستان می‌باشد. مجموع بارندگی این فصل ۱۱۴ میلی‌متر و سهم آن در بارش سالانه حدود ۴۴/۷ درصد می‌باشد.

جدول ۳: مشخصات مکانی بارش ماهانه - فصلی پهنه ایران زمین

| فصل | بهار | | | پاییز | | | تابستان | | | زمستان | |
|-------------------------------|------|-------|------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|
| | مارس | آوریل | می | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | ژوئن | جولای | آگوست | دسامبر | ژانویه |
| مجموع بارش | ۴۱/۹ | ۲۳/۳ | ۱۶/۳ | ۴/۵ | ۱۱/۸ | ۲۱/۲ | ۴/۳ | ۳/۹ | ۳/۶ | ۳۶/۱ | ۴۲/۳ |
| ضریب چولگی | ۱/۴ | ۱ | ۱/۳ | ۷/۴ | ۵/۷ | ۲/۴ | ۳/۶ | ۳/۷ | ۵/۸ | ۱/۶ | ۱/۷ |
| انحراف معیار | ۲۳/۳ | ۲۱/۸ | ۱۶/۶ | ۱۵/۸ | ۲۱/۶ | ۲۳/۸ | ۸/۲ | ۶/۵ | ۸/۷ | ۲۸/۴ | ۲۸/۳ |
| ضریب تغییرپذیری (درصد) | ۱۷/۶ | ۱۸/۱ | ۱۳/۴ | ۶ | ۱۱/۷ | ۱۷/۵ | ۴/۸ | ۴ | ۴/۱ | ۲۱/۳ | ۲۰/۸ |
| مجموع بارندگی فصلی (میلی‌متر) | ۹۱/۵ | | | ۳۷/۵ | | | ۱۱/۸ | | | ۱۱۴ | |
| سهم ضریب تغییرپذیری (درصد) | ۳۱/۱ | | | ۲۲/۷ | | | ۸/۳ | | | ۳۷/۲ | |
| سهم بارندگی فصلی (درصد) | ۳۵/۹ | | | ۱۴/۷ | | | ۴/۶ | | | ۴۴/۷ | |

(ضمیمه تیره و روشن در جدول، به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سهم هر پارامتر در ماه را نشان می‌دهد).

فصل بهار به ترتیب با مجموع و سهم بارش فصلی ۹۱/۵ میلی‌متر و ۳۵/۹ درصد در رتبه دوم قرار دارد. کم‌ترین میزان بارش ماهانه، مربوط به فصل تابستان است. مجموع و سهم فصلی بارش برای تابستان به ترتیب ۱۱/۸ میلی‌متر و ۴/۶ درصد می‌باشد. ضریب چولگی در تمام ماه‌های فصول مثبت (چوله به راست) بوده است. بالاترین ضریب مربوط به ماه سپتامبر با ۷/۴ و سپس در

ماه‌های آگوست (تابستان) و اکتبر (پاییز) بوده است. کم‌ترین مقدار کشیدگی مربوط به ماه آوریل است. بیش‌ترین انحراف معیار مربوط به ماه‌های دسامبر و ژانویه (۲۸/۴) در فصل زمستان است یعنی به‌طور متوسط بارش هر یک از این ماه‌ها ۲۸/۴ با میانگین بارش فاصله دارند که ضریب تغییرپذیری نیز آن را تأیید می‌کند و ماه جولای دارای کم‌ترین انحراف معیار (۶/۵) است (فصل خشک دارای کمترین انحراف معیار است). به‌عبارت دیگر، تفاوت مکانی در بارش دریافتی ماه‌های زمستان بیش‌تر بوده است. کم‌ترین سهم تغییرپذیری مربوط به فصل تابستان با ۸/۳ درصد است. در این ماه توزیع مکانی بارش تقریباً مشابه و بارش چندانی در پهنه دیده نمی‌شود.

بررسی آماری مشخصات بارش ماهانه

جدول ۴: مساحت تحت پوشش (درصد) میانگین بارش ماهانه (میلیمتر) در پهنه ایران زمین

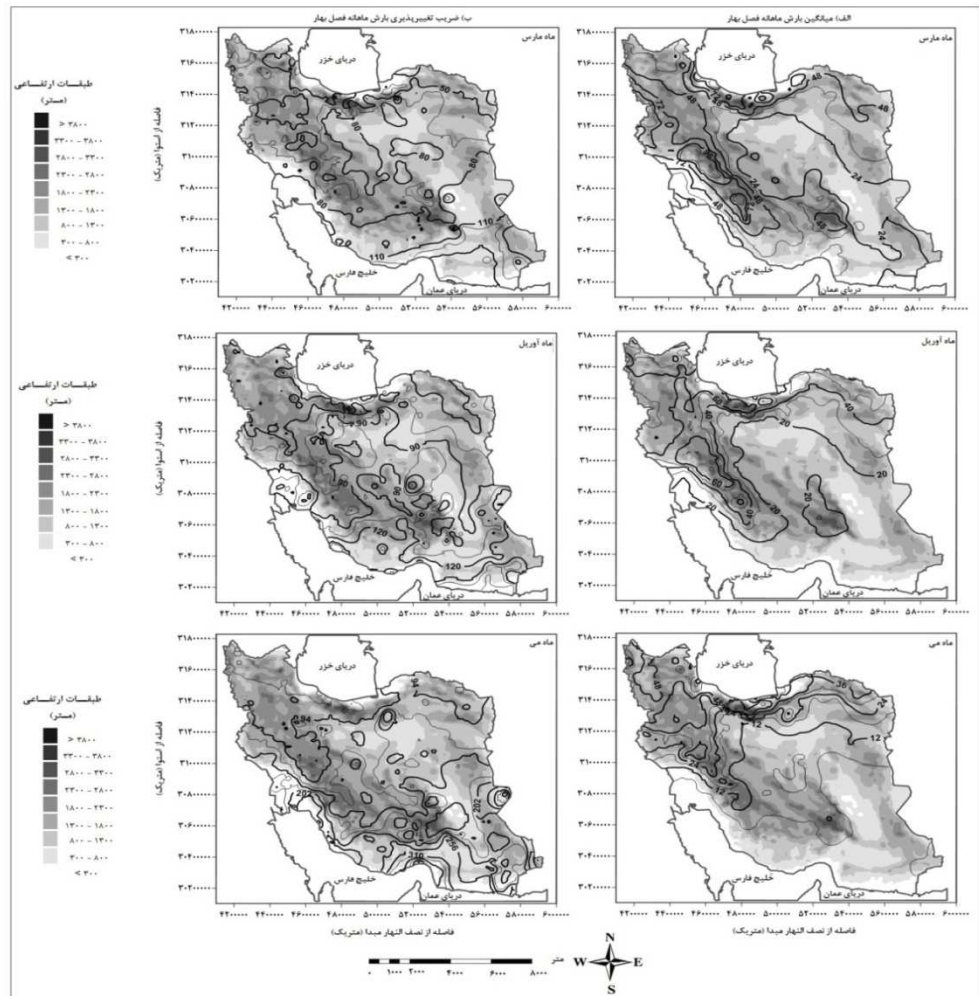
| فصل | بهار | | | پاییز | | | تابستان | | | زمستان | |
|-----------|------|-------|------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|
| | مارس | آوریل | می | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | ژوئن | جولای | آگوست | دسامبر | ژانویه |
| ۰ - ۳۰ | ۳۸/۷ | ۶۲ | ۷۹/۶ | ۹۷ | ۹۲ | ۷۴/۶ | ۹۷/۴ | ۹۸/۵ | ۹۸ | ۵۸/۵ | ۴۳/۳ |
| ۳۰ - ۶۰ | ۴۵ | ۲۶/۱ | ۱۸/۳ | ۱/۲ | ۵/۶ | ۱۷/۶ | ۲/۴ | ۱/۴۷ | ۱/۳ | ۲۳/۸ | ۳۷/۸ |
| ۶۰ - ۹۰ | ۱۰/۴ | ۱۰/۸ | ۲ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۶/۴ | ۰/۲ | ۰/۰۳ | ۰/۶ | ۱۰/۷ | ۱۰/۲ |
| ۹۰ - ۱۲۰ | ۵/۲ | ۱/۱ | ۰/۱ | ۰/۴ | ۰/۶ | ۰/۸ | | | ۰/۱ | ۴/۷ | ۵/۸ |
| ۱۲۰ - ۱۵۰ | ۰/۶۸ | | | ۰/۲۹ | ۰/۴ | ۰/۳ | | | | ۱/۹ | ۲/۵ |
| ۱۵۰ - ۱۸۰ | ۰/۰۲ | | | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱۷ | | | | ۰/۱۹ | ۰/۲ |

جدول ۵: مساحت تحت پوشش (درصد) ضریب تغییرپذیری بارش ماهانه در پهنه ایران زمین

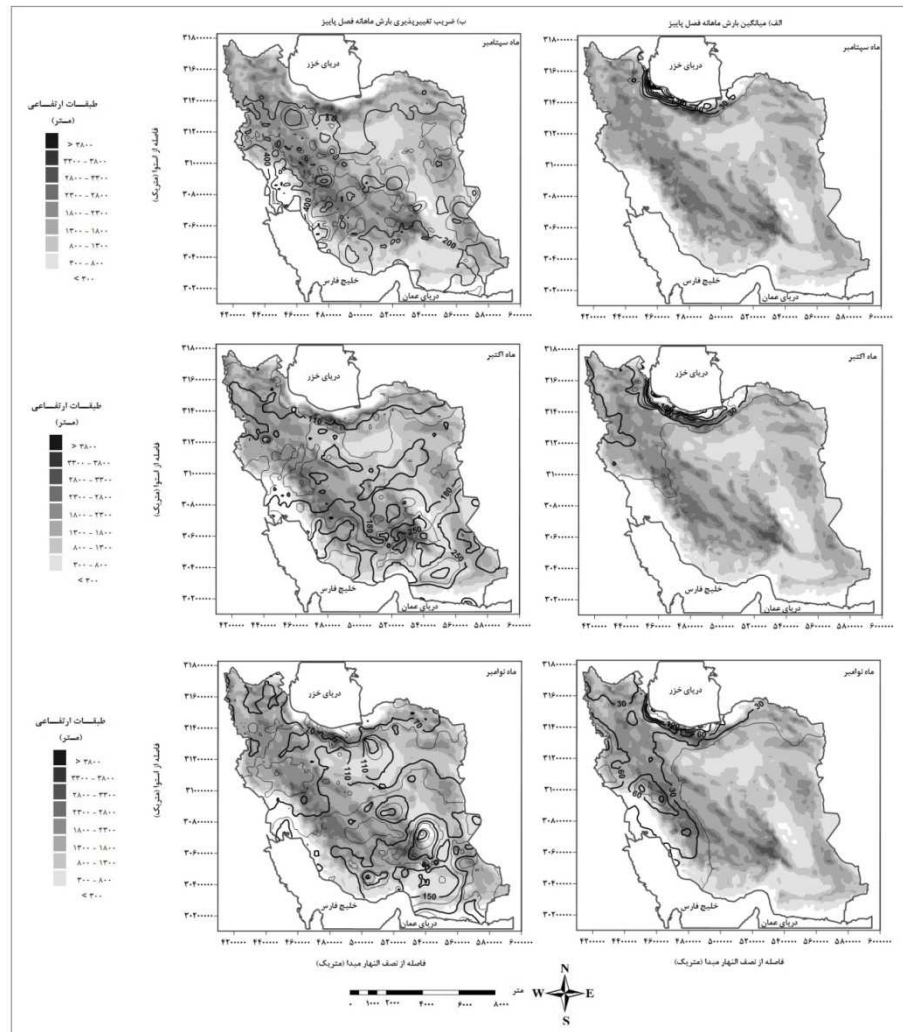
| فصل | بهار | | | پاییز | | | تابستان | | | زمستان | |
|-----------|------|-------|------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|
| | مارس | آوریل | می | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | ژوئن | جولای | آگوست | دسامبر | ژانویه |
| ۰ - ۵۰ | ۱۰/۹ | ۵/۸ | ۱/۲ | ۰/۴ | ۱/۳ | ۰/۹ | ۰/۰۵ | | ۰/۰۵ | ۳ | ۵ |
| ۵۰ - ۱۰۰ | ۷۱/۴ | ۵۹/۴ | ۲۵/۵ | ۵/۴ | ۱۰/۲ | ۳۰ | ۸/۸ | ۲/۳ | ۵/۲ | ۶۰ | ۸۷ |
| ۱۰۰ - ۱۵۰ | ۱۶/۹ | ۳۰/۶ | ۳۴/۷ | ۹/۴ | ۲۳/۵ | ۴۴ | ۱۱ | ۱۶/۵ | ۱۴ | ۳۳ | ۷/۸ |
| ۱۵۰ - ۲۰۰ | ۰/۸ | ۳/۸ | ۲۰/۵ | ۱۹ | ۳۴/۳ | ۱۸/۶ | ۲۶/۶ | ۲۲/۳ | ۲۶ | ۴ | ۰/۲ |
| ۲۰۰ - ۲۵۰ | | ۰/۴ | ۸/۶ | ۱۹/۷ | ۱۵/۹ | ۶ | ۲۳ | ۲۴/۱ | ۱۹/۹ | | |
| ۲۵۰ - ۳۰۰ | | | ۶/۱ | ۲۰/۳ | ۱۰ | ۰/۵ | ۱۲/۸ | ۱۸/۴ | ۱۳/۶ | | |

(ضمیمه تیره در جدول بیش‌ترین مساحت در ماه نشان می‌دهد).

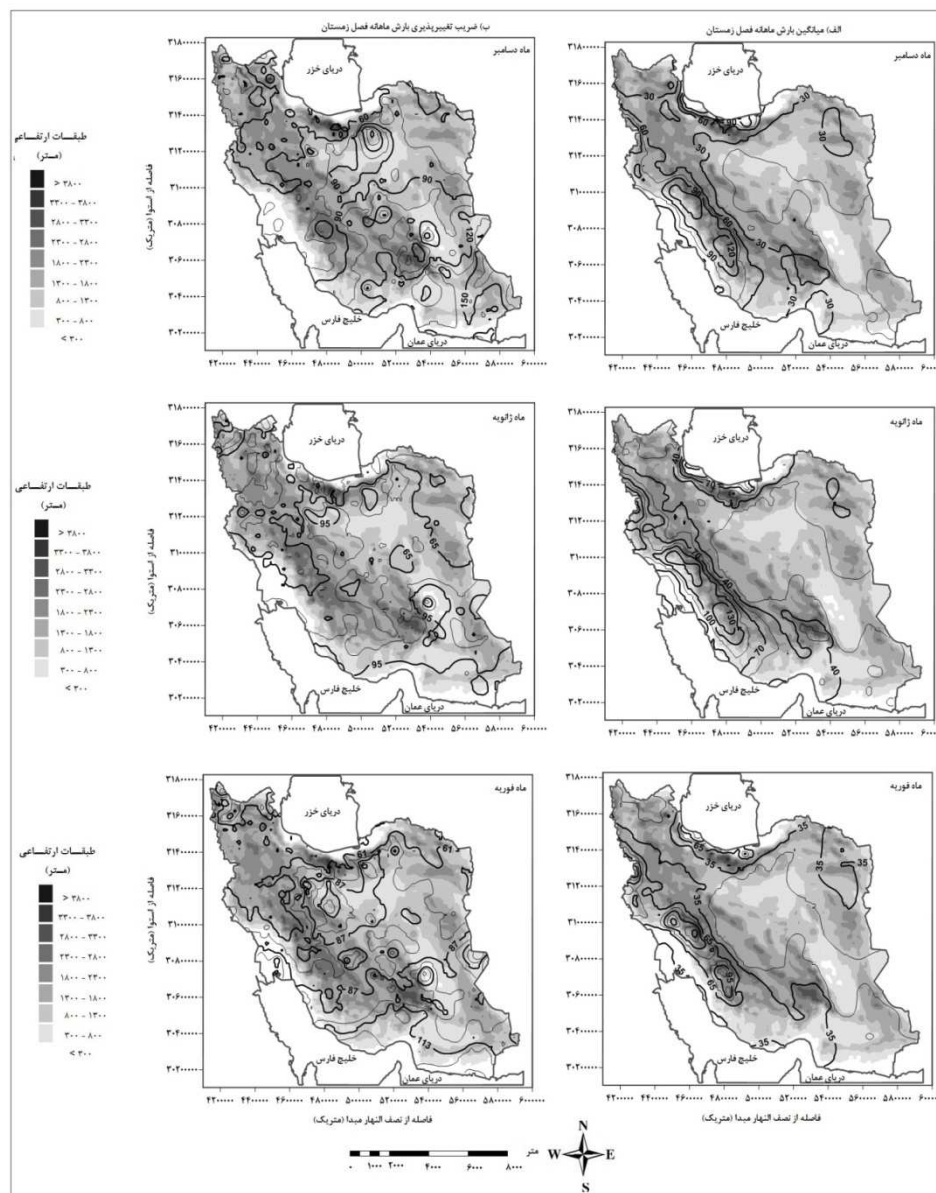
جدول ۴ و ۵ مساحت تحت پوشش بارش ماهانه و ضریب تغییرپذیری آن را نشان می‌دهد. معمولاً بیش‌ترین مساحت تحت پوشش بارش با بارش کمتر از ۳۰ میلیمتر در فصل تابستان با ۹۸ درصد و سپس فصل پاییز مشاهده می‌شود. در این فصول بارش دریافتی کم‌تر از ۳۰ میلی‌متر بوده است در مقایسه با مساحت تحت پوشش ضریب تغییرپذیری، فصل زمستان دارای ضریب تغییرپذیری بارش کم‌تری در اکثر مناطق کشور بوده است؛ یعنی در اغلب مناطق کشور تنوع مکانی بارش مشهود نبوده است. شکل‌های ۳، ۴ و ۵ میانگین بارش ماهانه و ضریب تغییرپذیری آن را در فصول (بهار، پاییز و زمستان) نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌ها نشان داد، با توجه به این‌که فصل زمستان اکثر بخش‌های کشور دارای بارش بوده، میزان ضریب تغییرپذیری بارش این فصل بین ۱۵۰-۵۰ درصد در نوسان بوده است. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی بین بارش و طول جغرافیایی رابطه منفی و معکوس داشته یعنی هرچه به بخش‌های شرقی کشور می‌رویم از میزان بارندگی به‌طور محسوسی کاسته شده است. چون میزان بارندگی هم به وجود عامل صعود و فراوانی رطوبت بستگی دارد (علیچانی، کاویانی، ۱۳۸۵: ۱۱۰). بنابراین هرچه به سمت شرق کشور رفته، میزان دریافت رطوبت به‌واسطه عدم دسترسی به منبع رطوبتی کم‌تر بوده است. همبستگی بارش با عرض جغرافیایی به‌غیر از ماه ژانویه، در بقیه ماه‌ها مثبت بوده است. همبستگی بارش با ارتفاع در ماه‌های سپتامبر، جولای و اگوست منفی بوده یعنی با افزایش ارتفاع از میزان بارش کاسته شده است (کرانه‌های خزری). ولی در بقیه ماه‌ها بارش با ارتفاع رابطه مستقیم داشته است. نتایج همبستگی جزئی نیز مطالب فوق را تأیید می‌کند.



شکل ۳: توزیع مکانی میانگین بارش (الف) و ضریب تغییر پذیری بارش ماهانه (ب) فصل بهار



شکل ۴: توزیع مکانی میانگین بارش (الف) و ضریب تغییرپذیری بارش ماهانه (ب) فصل پاییز



شکل ۵: توزیع مکانی میانگین بارش (الف) و ضرب تغییرپذیری بارش ماهانه (ب) فصل زمستان

در جدول ۶ و ۷ رابطه بین فراسنج‌های مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع) با میانگین و ضرب تغییرپذیری بارش ماهانه ارائه شده است.

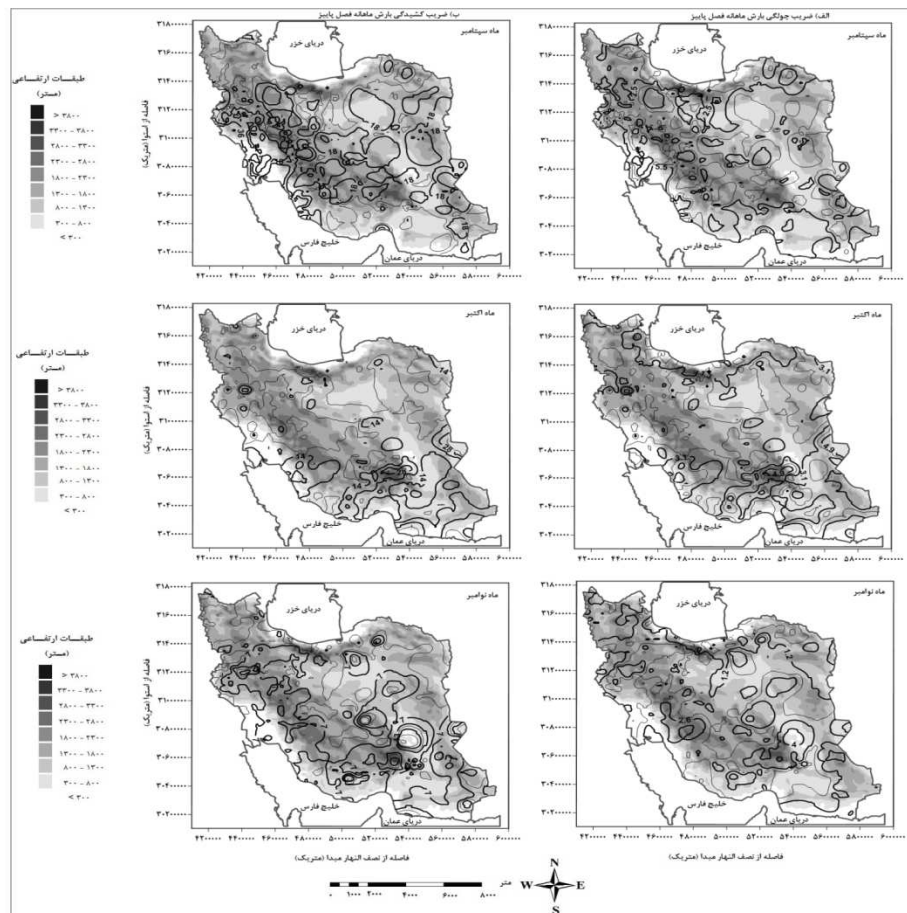
جدول ۶: ضریب همبستگی (ساده و جزئی) میانگین بارش ماهانه با فراسنج‌های مکانی

| فصل | بهار | | | پاییز | | | تابستان | | | زمستان | | |
|--------------|------|-------|------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | مارس | آوریل | می | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | ژوئن | جولای | اگوست | دسامبر | ژانویه | فوریه |
| همبستگی ساده | ۰/۵۳ | ۰/۶۶ | ۰/۶۰ | ۰/۱۶ | ۰/۴۱ | ۰/۶۵ | ۰/۲۹ | ۰ | ۰/۰۸ | ۰/۵۴ | ۰/۴۵ | ۰/۴۳ |
| | ۰/۲۹ | ۰/۶۷ | ۰/۷۹ | ۰/۲۹ | ۰/۴۶ | ۰/۴۲ | ۰/۵۰ | ۰/۱ | ۰/۱۹ | ۰/۰۴ | ۰/۰۸ | ۰/۰۴ |
| همبستگی جزئی | ۰/۴۴ | ۰/۵۰ | ۰/۴۰ | ۰/۰۴ | ۰/۲۵ | ۰/۵۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۰۹ | ۰/۵۸ | ۰/۵۶ | ۰/۴۵ |
| | ۰/۰۱ | ۰/۵۲ | ۰/۷۱ | ۰/۲۷ | ۰/۳۴ | ۰/۱۶ | ۰/۴۳ | ۰/۱۲ | ۰/۱۹ | ۰/۲۹ | ۰/۴۰ | ۰/۳۲ |
| | ۰/۲۳ | ۰/۳۰ | ۰/۲۱ | ۰/۱۶ | ۰/۱۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۸ | ۰/۰۶ | ۰/۱۴ | ۰/۰۳ | ۰/۵۶ | ۰/۱۴ |

جدول ۷: ضریب همبستگی (ساده و جزئی) ضریب تغییرپذیری بارش ماهانه با فراسنج‌های مکانی

| فصل | بهار | | | پاییز | | | تابستان | | | زمستان | | |
|--------------|------|-------|------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | مارس | آوریل | می | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | ژوئن | جولای | اگوست | دسامبر | ژانویه | فوریه |
| همبستگی ساده | ۰/۴۸ | ۰/۴۸ | ۰/۴۳ | ۰/۰۷ | ۰/۵۳ | ۰/۵۸ | ۰/۰۳ | ۰/۱۷ | ۰/۰۸ | ۰/۶۶ | ۰/۴۷ | ۰/۴۷ |
| | ۰/۸۱ | ۰/۸۲ | ۰/۸۲ | ۰/۲۵ | ۰/۸۴ | ۰/۸۳ | ۰/۵۵ | ۰/۱۲ | ۰/۱۴ | ۰/۷۸ | ۰/۶۶ | ۰/۷۵ |
| همبستگی جزئی | ۰/۴۳ | ۰/۴۱ | ۰/۴۳ | ۰/۰۴ | ۰/۲۷ | ۰/۲۱ | ۰/۱۶ | ۰/۱۴ | ۰/۱۱ | ۰/۲۵ | ۰/۳۶ | ۰/۴۰ |
| | ۰/۱۳ | ۰/۱۲ | ۰/۰۱ | ۰/۲۳ | ۰/۲۴ | ۰/۳۶ | ۰/۳۳ | ۰/۲۹ | ۰/۰۲ | ۰/۵۱ | ۰/۱۹ | ۰/۱۵ |
| | ۰/۸۷ | ۰/۸۷ | ۰/۷۸ | ۰/۳۳ | ۰/۷۸ | ۰/۷۶ | ۰/۶۰ | ۰/۲۲ | ۰/۱۱ | ۰/۶۹ | ۰/۵۵ | ۰/۶۷ |
| | ۰/۴۰ | ۰/۳۸ | ۰/۴۱ | ۰/۰۱ | ۰/۱۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۹ | ۰/۱۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۴ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ |

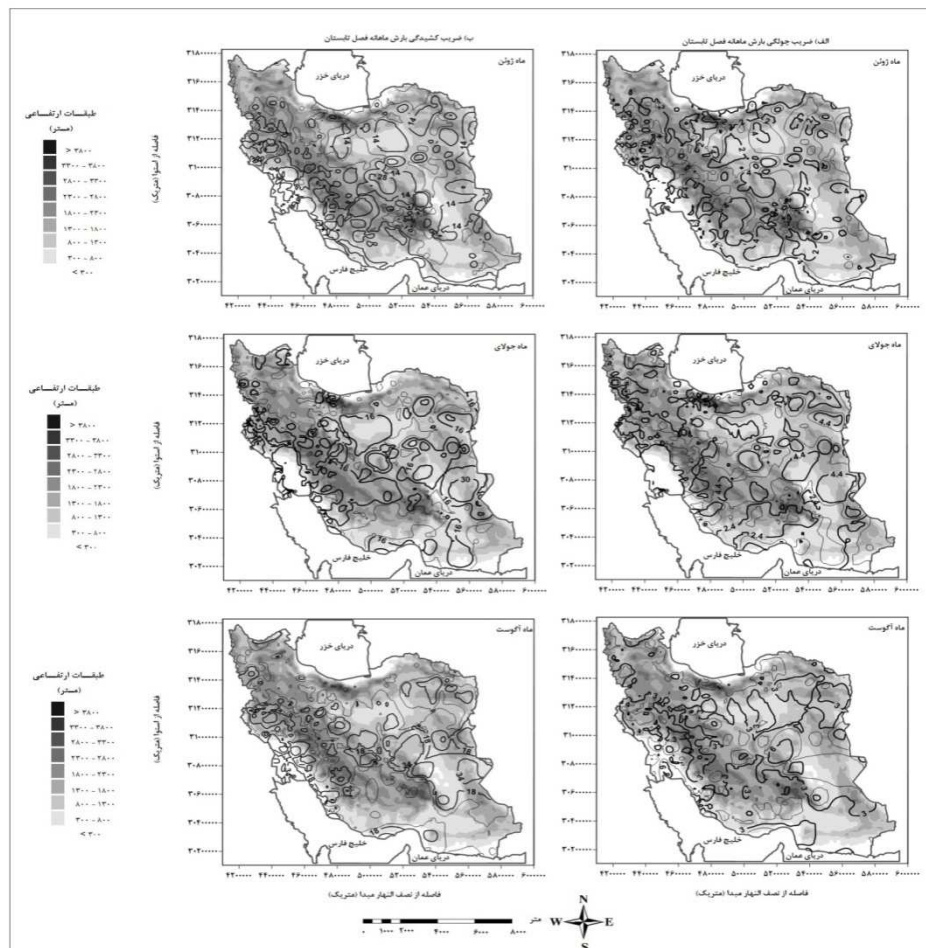
شکل‌های ۶ و ۷ ضریب چولگی و کشیدگی بارش ماهانه پاییز و تابستان را نشان می‌دهد. بالاترین چولگی در فصل پاییز و تابستان در بیش‌تر محدوده نمایان است، به طوری که بیش‌ترین محدوده کشوردارای ضریب چولگی مثبت بوده و در حدفاصل گذار فصل‌ها این مقدار به کم‌ترین حد خود رسیده است. ماه دسامبر در بین ماه‌ها کم‌ترین میزان چولگی با دامنه ۰/۸-۲ از شمال به جنوب کشور داشته است، یعنی در این ماه اکثر مناطق کشور بارش کم‌تراز میانگین را دریافت کرده‌اند. کشیدگی بارش در اکثر ماه‌های فصل کم‌تراز ۱۰ بوده است. به غیر از مناطق جنوبی کشور، اکثر پهنه توزیع بارش نزدیک به نرمال را تجربه کرده‌اند.



شکل ۶: توزیع مکانی ضریب چولگی (الف) و ضریب کشیدگی بارش ماهانه (ب) فصل پاییز

جدول ۸ و ۹ رابطه ضریب چولگی و کشیدگی بارش ماهانه با فراسنج‌های مکانی را نشان می‌دهد. بالاترین ضریب همبستگی بین طول جغرافیایی و ضریب چولگی به ترتیب مربوط به ماه دسامبر (۰/۴۳ درصد) و سپس ماه می (۰/۴۲ درصد) می‌باشد و به‌غیر از ماه جولای بارش بقیه ماه‌ها دارای رابطه‌ی مستقیم با طول جغرافیایی داشته است یعنی بیش‌ترین بارش‌های دریافتی قسمت شرقی کشور کم‌تر از میانگین بارش کشور بوده است. همبستگی بین عرض جغرافیایی و ارتفاع با ضریب چولگی در همه فصول منفی بوده یعنی با افزایش عرض جغرافیایی و ارتفاع، از ضریب چولگی کم شده است. در ارتفاعات بارش بالاتراز میانگین

بیش‌تر مشهود بوده است. رابطه ضریب کشیدگی با طول جغرافیایی به جز ماه‌های اکتبر و سپتامبر در بقیه ماه‌ها مثبت بوده است ولی رابطه آن با عرض جغرافیایی و ارتفاع منفی بوده است یعنی توزیع بارش‌ها از حالت نرم تبعیت نکرده است.



شکل ۷: توزیع مکانی ضریب چولگی (الف) و ضریب کشیدگی بارش ماهانه (ب) فصل تابستان

جدول ۸: ضریب همبستگی (ساده و جزئی) ضریب چولگی بارش ماهانه با فراسنج‌های مکانی

| فصل | بهار | | | پاییز | | | تابستان | | | زمستان | | |
|--------------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | مارس | آوریل | می | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | ژوئن | جولای | اگوست | دسامبر | ژانویه | فوریه |
| همبستگی ساده | ۰/۳۶ | ۰/۱۹ | ۰/۴۲ | ۰ | ۰/۴۱ | ۰/۲۸ | ۰/۰۸ | -۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۴۳ | ۰/۱۴ | ۰/۱۸ |
| | -۰/۳۵ | -۰/۶۰ | -۰/۶۰ | -۰/۱۸ | -۰/۷۰ | -۰/۶۱ | -۰/۴۴ | -۰/۱۰ | -۰/۱۳ | -۰/۵۱ | -۰/۱۷ | -۰/۴۲ |
| | -۰/۲۷ | -۰/۱۶ | -۰/۴۱ | ۰ | -۰/۲۶ | -۰/۰۸ | -۰/۱۵ | -۰/۱۳ | -۰/۱۳ | -۰/۱۵ | -۰/۱۵ | -۰/۲۴ |
| همبستگی جزئی | ۰/۲۰ | -۰/۱۴ | ۰/۱۴ | -۰/۰۹ | ۰/۱۰ | ۰ | -۰/۱۷ | -۰/۱۹ | ۰/۰۳ | ۰/۲۵ | -۰/۰۴ | -۰/۰۴ |
| | -۰/۱۹ | -۰/۵۸ | -۰/۴۹ | -۰/۲۱ | -۰/۶۲ | -۰/۵۶ | -۰/۴۵ | -۰/۱۵ | -۰/۰۸ | -۰/۳۷ | -۰/۱۰ | -۰/۳۶ |
| | -۰/۱۷ | -۰/۰۴ | -۰/۳۳ | ۰/۰۳ | -۰/۱۱ | ۰/۰۸ | -۰/۰۷ | -۰/۱۳ | -۰/۱۰ | ۰ | -۰/۱۱ | -۰/۱۶ |

جدول ۹: ضریب همبستگی (ساده و جزئی) ضریب کشیدگی بارش ماهانه با فراسنج‌های مکانی

| فصل | بهار | | | پاییز | | | تابستان | | | زمستان | | |
|--------------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | مارس | آوریل | می | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | ژوئن | جولای | اگوست | دسامبر | ژانویه | فوریه |
| همبستگی ساده | ۰/۲۹ | ۰/۱۰ | ۰/۳۴ | -۰/۰۴ | ۰/۳۸ | ۰/۲۴ | ۰/۱ | -۰/۱۰ | ۰/۰۹ | ۰/۳۲ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷ |
| | -۰/۱۷ | -۰/۴۵ | -۰/۵۱ | -۰/۱۱ | -۰/۶۱ | ۰/۴۶ | -۰/۳۵ | -۰/۰۹ | -۰/۱۰ | -۰/۳۵ | -۰/۰۲ | -۰/۲۴ |
| | -۰/۱۷ | -۰/۰۵ | -۰/۳۸ | -۰/۰۱ | -۰/۲۷ | -۰/۰۵ | -۰/۱۵ | -۰/۱۵ | -۰/۱۳ | -۰/۱۳ | -۰/۰۸ | -۰/۱۸ |
| همبستگی جزئی | ۰/۲۲ | -۰/۱۴ | ۰/۰۸ | -۰/۱۱ | ۰/۱۰ | ۰/۰۳ | -۰/۲۰ | -۰/۱۹ | ۰/۰۳ | ۰/۱۸ | ۰/۰۲ | -۰/۰۶ |
| | -۰/۰۲ | -۰/۴۵ | -۰/۳۹ | -۰/۱۵ | -۰/۵۱ | -۰/۴۰ | -۰/۳۸ | -۰/۱۴ | -۰/۰۵ | -۰/۲۳ | ۰ | -۰/۲۱ |
| | -۰/۱۰ | ۰/۰۳ | -۰/۳۰ | ۰ | -۰/۱۵ | ۰/۰۷ | -۰/۱۰ | -۰/۱۶ | -۰/۱۱ | -۰/۰۲ | -۰/۰۷ | -۰/۱۳ |

نتیجه‌گیری

بارش از متغیرترین عناصر اقلیمی است. این تغییرات هم در بُعد مکان و هم در بُعد زمان رخ می‌دهد. به‌ویژه در بخش‌هایی که از بارش کمتری برخوردارند این تغییرات شدیدتر است. هر چه تغییرات بارش کم‌تر باشد همگنی و دسترسی به منابع آب بیشتر خواهد شد. میانگین بارش سالانه ۲۵۱/۸ میلی‌متر می‌باشد. بیش‌ترین میزان بارش سالانه را مناطق سواحل شمالی کشور به خود اختصاص داده است. ضریب تغییرپذیری سالانه بارش نشان می‌دهد که به‌طور متوسط

بیش‌ترین و کم‌ترین ضریب تغییرپذیری مربوط به نواحی مرکزی ایران و پهنه‌های غربی و شمال‌غربی کشور می‌باشد. ضریب چولگی سالانه نشان‌دهنده مثبت بودن این ضریب در کل پهنه می‌باشد یعنی در کل پهنه مورد مطالعه فراوانی بارش‌های پایین‌تر از میانگین بیش‌تر از بارش‌های بالاتر از میانگین هستند. مناطق مرکزی و پست بیش‌ترین ضریب چولگی (۱/۲) را دارند. قسمت‌های غربی و جنوب‌غربی کشور دارای بیش‌ترین بارش دریافتی در فصل زمستان هستند. بیش‌ترین ضریب تغییرپذیری مربوط به فصل زمستان (۳۷/۲ درصد) و سپس فصل بهار (۳۱ درصد) می‌باشد و کم‌ترین ضریب متعلق به فصل تابستان (۸/۳ درصد) و سپس فصل پاییز (۲۲/۷ درصد) است رابطه ضریب همبستگی ساده و جزئی با فراسنج‌های مکانی نشان‌دهنده این است که در کل پهنه نقش ارتفاع و عرض جغرافیایی در توزیع مکانی بارش مشهود بوده این در حالی است که طول جغرافیایی نقش کم رنگ تری را بازی می‌کند.

کتابشناسی

۱. جانبازقبادی، غلامحسین؛ مفیدی، عباس؛ زرین، آذر (۱۳۹۰)، شناسایی الگوهای همبند بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۲، شماره ۲؛
۲. عساکره، حسین (۱۳۹۰)، مبانی اقلیم‌شناسی آماری، انتشارات دانشگاه زنجان، صص ۵۴۸؛
۳. عسگری، ابراهیم؛ رحیم‌زاده، فاطمه؛ محمدیان، نوشین و فتاحی، ابراهیم (۱۳۸۶)، تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۳، صفحه ۵۵ - ۴۲؛
۴. کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۰)، بررسی اقلیمی شاخص‌های خشکی و خشکسالی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۱۶، شماره ۱، صفحه ۸۹-۷۱؛
۵. کاویانی، محمدرضا؛ عساکره، حسین (۱۳۸۴)، بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۱، صص ۱۴۳-۱۶۲؛
۶. کاویانی، محمدرضا؛ مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۷)، اقلیم‌شناسی ایران، چاپ اول، نشر دانشگاه اصفهان، صص ۲۱۰؛
۷. علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قومس، صص ۴۸۰؛
۸. علیجانی، بهلول، کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۵)، مبانی آب‌وهواشناسی، انتشارات سمت، صص ۵۲۰؛
۹. محمدی، بختیار؛ مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۹)، تحلیل همبند بارش‌های سنگین ایران، مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، صص ۴۷؛
10. Kim.b, Hossein.b, Choi.G,(2011), Evaluation of temporal-spatial precipitation variability and prediction using seasonal ARIMA Model in Mongolia- ksce jornal of civil engineering,15,917-925;
11. laflamme, Erice M,Linder, Ernest, Pan,Yibin (2016), Statistical downscaling of regional climate model output to achieve projections of precipitation extremes, Weather and Climate Extremes, vol12, pp15-23;
12. Mishra, A.K & Desai,V.R, (2006), Drought Forecasting Using Feed-Forward Recursive Neural Network, Ecological Modeling, 198, pp.127-138;
13. Sohom Mandal, Roshan K. Srivastav, Slobodan P. Simonovic,(2016), Use of beta regression for statistical downscaling of precipitation in the Campbell River basin, British Columbia, Canada, Journal of Hydrology, Volume 538, , Pages 49–62;
14. Unkaslevica M, To sic.I, and Vujovic. D, (2004), Variability and probability of annual and extreme precipitation over Serbia and Montenegro, Theor. Appie. Climatolgy, 76, 103-109;

15. Unkaslevic A.M , Radinovic (2000), Statistical analysis of daily maximum – and monthly precipitation at Belgrade, *Theoretical and Applied Climatology*, 66, 241-249;
16. Vide, Martin. J, Lorenzo, Sanchez. A, Bustins, Lopez. J. A, M. J. Cordobilla, Manuel, Garcia. A, J, M. Raso, (2008), Torrential rainfall in *Science and Research*, 2: 99-105;
17. WANG ghiwei & ZHAI Panmao & ZHANG Hongtao, (2003), Variation of drought over northern China during, 3, 120-128.