

واکاوی زمانی و مکانی بارش در سرزمین عراق

چکیده

این پژوهش گامی در جهت شناسایی الگوهای زمانی و مکانی بارش در سرزمین عراق است. به منظور این واکاوی، از داده‌های شبکه‌ای پایگاه داده آفرودایت که مربوط به یک دوره ۵۷ ساله (۱۹۵۱-۲۰۰۷) است، استفاده شد. این داده‌ها شامل سه ماتریس موقعیت جغرافیایی یاخته‌ها، داده‌های اصلی (بارش) و ماتریس تقویم بود. سپس به کمک نرم‌افزار متلب میانگین‌های سالانه، فصلی و ماهانه داده‌ها محاسبه و ۱۷ نقشه مکانی متشکل از یک نقشه سالانه، چهار نقشه فصلی و دوازده نقشه ماهانه با استفاده از روش "نزدیک‌ترین همسایگی" در محیط نرم‌افزار "سرفر" ترسیم گردید. همچنین، به منظور واکاوی زمانی نخست میانگین وزنی داده‌های فراسنج بارش محاسبه و سپس ۱۷ سری زمانی متشکل از سری زمانی سالانه، فصلی و ماهانه ترسیم گردید. نتایج حاصل از این واکاوی‌ها نشان داد که بارش در سرزمین عراق از توزیع زمانی و مکانی یکنواختی برخوردار نیست. بارش عراق از شمال به جنوب و از شرق به غرب دارای کاهش محسوسی است. عرض جغرافیایی و پراکنش ناهموازی‌ها عامل اصلی این توزیع نایک‌نواخت است. همچنین، نتایج حاصل از آزمون ناپارامتری من-کندال در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ بر روی سری‌های زمانی هفده‌گانه نشان داد که در طول دوره آماری ۵۷ ساله هیچ‌گونه روندی در بارش سالانه این سرزمین وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: عراق، بارش، سری زمانی، روند

مقدمه

موقعیت جغرافیایی و آب‌وهوایی ایران ایجاب می‌کند که متخصصان آب و هواشناسی کشور، گذشته از بررسی ویژگی‌های آب و هوایی ایران به شرایط و ویژگی‌های آب و هوایی کشورهای همسایه نیز توجه کنند. از آنجا که بارش از عناصر اساسی شکل‌گیری آب و هواست، تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر محل را دگرگون سازد. به همین دلیل است که بررسی روند بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات آب و هواشناسی را به خود اختصاص داده است.

موقعیت جغرافیایی سرزمین عراق در غرب ایران از یک سو و این واقعیت اقلیمی که در عرض‌های میانه جریان‌های جوی عموماً غربی هستند از سوی دیگر، سبب می‌شود که هرگونه دگرگونی و تغییرات آب و هوایی بر روی عراق مستقیماً بر آب و هوای ایران اثر بگذارد. در سال‌های اخیر افزایش تعداد توفان‌های گرد و غبار که آسیب‌های سنگین

زیست-محیطی، بهداشتی و اجتماعی و اقتصادی به ایران وارد آورده، تا اندازه‌ای به رخداد خشکسالی در عراق نسبت داده می‌شود. بنابراین، آگاهی از شرایط آب و هوایی عراق برای ما که در ایران زندگی می‌کنیم، امری حیاتی است. از این رو، در این مطالعه برای شناسایی هرچه بیشتر ویژگی‌های اقلیمی این کشور به بررسی الگوهای زمانی و مکانی بارش در این کشور به عنوان همسایه غربی ایران و یکی از سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک پرداخته شده است.

یکی از روش‌های متداول برای واکاوی سری‌های زمانی آب و هوا شناختی، بررسی وجود یا عدم روند در آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری است. اصولاً وجود روند در سری‌های زمانی آب و هواشناختی ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد (بروکس و کارترز، ۱۹۵۳: ۴۱۴). اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی بارندگی به تنهایی نمی‌تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد، بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌نماید (سیرانو و همکاران، ۱۹۹۹: ۸۸). این ویژگی ناشی از متعدد بودن عوامل کنترل‌کننده سامانه آب و هواست. تاکنون روش‌های آماری متعددی برای واکاوی روند سری‌های زمانی ارائه گردیده‌اند که این روش‌ها در دو دسته کلی روش‌های پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم‌بندی هستند که روش‌های ناپارامتری از کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند (تاکوچی و ایشیدایرا، ۱۴۵، ۲۰۰۳). در روش‌های ناپارامتری اساس کار بر تفاوت بین داده‌های مشاهداتی است؛ به گونه‌ای که این روش‌ها مستقل از توزیع آماری سری زمانی بوده و خصوصاً برای سری‌هایی که چولگی یا کشیدگی زیادی دارند مناسب‌تر از روش‌های پارامتری هستند. (اونوز و بایازیت، ۲۰۰۳، ۲۴۸). بارش به عنوان یک متغیر تصادفی جزو آن دسته از عناصر اقلیمی است که تغییرات چشم‌گیری با زمان و مکان دارد؛ به گونه‌ای که می‌توان آن را در زمره تغییرپذیرترین عناصر جوی به حساب آورد.

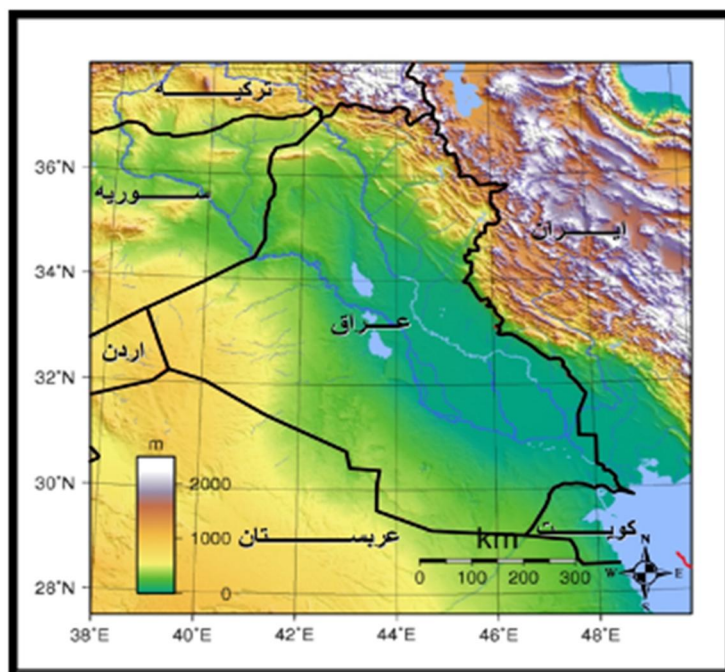
مطالعات نشان می‌دهد که تاکنون بسیاری از واکاوی‌های مکانی و زمانی بارش و دیگر واکاوی‌های آب و هوایی در جهان بر مبنای مقادیر بارش سالانه، ماهانه و روزانه انجام شده است. بسیاری از این پژوهش‌ها به تغییرات این عنصر اقلیمی در یک نقطه و برخی به یک پهنه با مقیاس‌های متفاوت پرداخته‌اند. استیان و همکاران (۱۹۹۸)، در زمینه الگوهای مکانی و زمانی بارش اسپانیا به مطالعاتی دست زدند و جهت تهیه این الگوها از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و توابع متعامد تجربی استفاده کردند. الگوهای تهیه‌شده ارتباط ریزش‌ها را با جریان‌های غربی، پرفشار آזור و الگوی فشار بر روی دریای مدیترانه نشان می‌دهد. کارل و نایت (۱۹۹۸)، روند بارش، مقدار، فراوانی و شدت آن را در ایالات متحده آمریکا بررسی کردند. آن‌ها معتقدند که از سال ۱۹۱۰ تا اواخر قرن بیستم بارش ایالات متحده حدود ۱۰ درصد افزایش یافته است که این افزایش در بارش ابتدا در رویدادهای بارش‌های سنگین و فرین روزانه منعکس شده است. ونچرا و آردیزونی (۲۰۰۲)، به تحلیل روند بارش و دما در بولونیا (ایتالیا) در بازه زمانی ۱۹۵۲ تا ۱۹۹۹ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که روند بارش در این منطقه کاهشی، و رویدادهای فرین دارای سیر افزایشی بوده است. تورگی و ارکن (۲۰۰۶)، به تجزیه و تحلیل روند داده‌های بارش در ترکیه پرداختند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان‌دهنده کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در بارش متوسط سالانه، عمدتاً در غرب و جنوب ترکیه، و همچنین، در کنار سواحل دریای سیاه بود. کارپازوس و همکاران (۲۰۱۰)، به تحلیل روند داده‌های بارش در منطقه پایریا (یونان) با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و سن پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که یک روند کلی کاهشی در بارش در مقیاس‌های زمانی

کوچک‌تر از سالانه (فصلی و ماهانه) در ایستگاه‌های واقع در ارتفاعات پایین‌تر (منطقه کشاورزی پاریا) رخ داده است. از جمله می‌توان به کاهش روند بارش در فصل بهار که توسط هردو روش تجزیه و تحلیل مشاهده شده است، اشاره کرد. گونزالس هیدالگو و همکاران (۲۰۱۰)، به تجزیه و تحلیل روند بارش در نواحی آبی اسپانیا (۲۰۰۵-۱۹۴۶) پرداختند. نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل نشان داد که منسجم‌ترین روند منفی در ماه‌های مارس و ژوئن و همچنین روند مثبت در ماه اکتبر مشاهده شده است. در ایران نیز مطالعات گسترده‌ای در این زمینه انجام گرفته است. غیور و مسعودیان (۱۳۷۵)، با تهیه ۲۹ نقشه همبارش سالانه برای یک دوره ۲۹ ساله (۱۹۸۷-۱۹۵۹) به مطالعه تغییرات زمانی-مکانی میانگین مجموع بارش‌های سالانه در ایران دست زدند. آن‌ها با پایه قرار دادن این ۲۹ نقشه، نقشه همبارش ۲۹ ساله، نقشه همبارش دوره کم بارش، نقشه همبارش دوره پربارش و نقشه تغییرات زمانی-مکانی بارش ایران را تهیه کردند و به تفسیر آن پرداخته و به این نتیجه رسیدند که بارش در ایران از تفاوت‌های مکانی و تغییرات زمانی زیادی برخوردار است و این تغییرات دارای الگوهای جغرافیایی هستند که از توزیع نرمال پیروی می‌کند. مسعودیان (۱۳۷۷)، با متمرکز کردن تحقیقات خود بر روی نظام تغییرات زمانی-مکانی بارش در ایران، سه گونه رژیم بارشی اصلی را تشخیص داد و مشخص کرد: رژیم بارشی آذری در شمال غرب کشور که بارش آن بهاره است، رژیم بارش خزری در کرانه‌های خزر که بارش آن پاییزه است و رژیم بارشی کردی، پارسی، بلوچی و اراکی که بارش آن‌ها زمستانه است؛ اما درصد تمرکز بارش در ماه‌های زمستانی آن‌ها با یکدیگر تفاوت دارد. اما در مورد توزیع زمانی بارش به این نتیجه رسیدند که بارش ایران دارای خصوصیتی نیمه‌متمرکز است؛ یعنی با حرکت از شمال به جنوب، مقدار شاخص یکنواختی توزیع زمانی بارش کاهش می‌یابد. عساکره (۱۳۸۴)، نظام تغییرات زمانی و مکانی بارش استان اصفهان را مورد پژوهش قرار داد. او با استفاده از تحلیل تغییر نما و بر پایه روش عام، نقشه‌های بارش سالانه را برای ۳۲ سال؛ یعنی از سال ۱۹۶۹ تا ۲۰۰۰ تهیه کرد. او در ادامه با استفاده از تکنیک مؤلفه‌های اصلی و نیز بر اساس مدل‌های رگرسیون، تغییرات مکانی بارش را در این استان مطالعه کرد. در این راستا، بیش‌ترین عوامل مؤثر در بارش استان اصفهان، به ترتیب طول جغرافیایی، ارتفاع و عرض جغرافیایی بودند. حجام و همکاران (۱۳۸۷)، به تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری من-کندال و سن پرداختند و نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان‌دهنده وجود روند کاهشی و معنی‌دار توسط هر دو آزمون به کار گرفته شده در برخی از سری‌های زمانی مورد مطالعه بود؛ ولی هیچ روند افزایشی و معنی‌داری به صورت توأم توسط دو آزمون به کار گرفته شده تأیید قرار نشد. محمدی (۱۳۹۱)، با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری به تحلیل روند بارش استان کردستان پرداخت. نتایج تحلیل‌های وی گویای وجود برخی تغییرات قابل‌توجه و روند معنی‌دار در بارش سالانه و فصلی بلندمدت ایستگاه‌های مورد مطالعه است. به طور کلی، بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه، روند کاهشی معنی‌داری را نشان داد.

منطقه مورد مطالعه

عراق، کشوری در خاورمیانه و جنوب غرب آسیاست. این کشور از جنوب با عربستان سعودی و کویت، از غرب با اردن و سوریه، از شرق با ایران و از شمال با ترکیه همسایه است. همچنین، به لحاظ موقع نسبی و ریاضی، سرزمین عراق

بین ۲۹ درجه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۳۸ درجه تا ۴۸ درجه طول شرقی قرار گرفته است. پهناوری کشور عراق ۴۳۸۳۱۷ کیلومترمربع (حدود یک چهارم ایران)، و بیشترین مرز خشکی به طول ۱۴۵۸ کیلومتر را با ایران دارد (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی کشور عراق

داده‌ها و روش پژوهش

در این پژوهش برای واکاوی مکانی و زمانی بارش از داده‌های شبکه‌ای پایگاه دادهٔ آفرودایت^۱ به آدرس زیر، استفاده شد: <http://www.chikyu.ac.jp/precip/>

پایگاه دادهٔ آفرودایت، پروژه‌ای است که با همکاری دو مؤسسهٔ تحقیقات انسان و طبیعت و مؤسسهٔ پژوهش‌های هواشناسی سازمان هواشناسی ژاپن تولید شده است. این پایگاه داده مناطق مانسون، خاورمیانه و روسیه را پوشش می‌دهد. داده‌های شبکه‌ای این پایگاه داده از میان‌یابی اطلاعات حاصل از باران‌سنج‌های هواشناسی و آب‌شناختی ایستگاه‌ها در مناطق مورد پوشش حاصل شده است. از نظر زمانی، پوشش این پایگاه داده ۵۷ سال، از تاریخ اول ژانویه ۱۹۵۱ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۰۷ میلادی است. در این پایگاه، داده‌های روزانهٔ بارش در تفکیک مکانی $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ و $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ درجه طول و عرض جغرافیایی در دسترس است. همچنین، تفکیک زمانی آن نیز برای تمامی داده‌ها به صورت روزانه تعریف شده است. در این پژوهش برای سرزمین عراق چارچوبی به طول جغرافیایی 38.625° تا 48.625° درجه شرقی و عرض جغرافیایی 28.625° تا 37.625° درجه شمالی تعریف گردید و داده‌های روزانه بارش از بخش خاورمیانه پایگاه آفرودایت با تفکیک 0.25° درجه طول و عرض جغرافیایی استخراج گردید و آرایه‌ای به ابعاد 20819×1640 با آرایش S (که در

آن زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها قرار دارد) تولید شد. سپس به کمک نرم‌افزار متلب^۱ میانگین‌های سالانه، فصلی و ماهانه داده‌ها محاسبه گردید. با این کار میانگین فراسنج بارش بر روی هر یاخته در سه بازه زمانی یادشده مشخص می‌شود. سپس هر یک از میانگین‌ها به همراه ماتریس موقعیت جغرافیایی یاخته‌ها، در نرم‌افزار سرفر^۲ و با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایگی^۳ به ۱۷ نقشه هم چند (۱ نقشه سالانه، ۴ نقشه فصلی و ۱۲ نقشه ماهانه) مبدل شدند که واکاوی‌های مکانی با استفاده از همین نقشه‌ها انجام گردید. در روش نزدیک‌ترین همسایگی ارزش هر نقطه به نزدیک‌ترین یاخته آن اختصاص داده می‌شود. یکی از موارد استفاده این روش، وقتی است که داده‌هایی به صورت XYZ و با فاصله‌های منظم در اختیار داشته باشیم و بخواهیم آن‌ها را بر روی یک شبکه از یاخته‌ها پیاده کنیم. همچنین، به منظور واکاوی زمانی، نخست به محاسبه میانگین وزنی فراسنج بارش با استفاده از رابطه زیر پرداخته شد. دلیل این امر نیز برابر نبودن اندازه یاخته‌هاست:

$$PW_i = \frac{1}{\sum W_j} \sum_{j=1}^n P_{ij} W_j \quad (1)$$

که در آن P_{ij} بارش روز i ام بر روی یاخته j ام، W_j مساحت یاخته j ام و PW_i میانگین وزنی بارش روز i ام است. سپس ۱۷ سری زمانی با استفاده از این میانگین تولید و به هر کدام، یک خط رگرسیون برازش داده شد و در نهایت معناداری روند این سری‌های زمانی با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال در دو سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ م‌آزمون گردید که مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف بین تک‌تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع علامت^۴ و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_j - X_k) \quad (2)$$

که n تعداد مشاهدات سری، X_j و X_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری هستند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(X_j - X_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (X_j - X_k) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

ب) محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{if } n > 10 \quad (4)$$

۱ - Matla

۲ - Surfer

۳ - Nearest Neighbor

۴ - sign function

$$\text{if } n \leq 10 \quad (5)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نیز بیانگر فراوانی داده‌های باارزش یکسان است.

ج) استخراج آماره z به کمک یکی از روابط زیر:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

در آخر اگر رابطه زیر برقرار باشد، فرض صفر که عدم روند را اثبات می‌کند (و در مقابل فرض یک که حاکی از وجود روند است، قرار می‌گیرد)، پذیرفته می‌شود:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (7)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار α است که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $Z_{\alpha/2}$ استفاده شده است (مانندل و همکاران^۱، ۲۰۱۲: ۷۲). در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ به کار گرفته شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

یافته‌های پژوهش

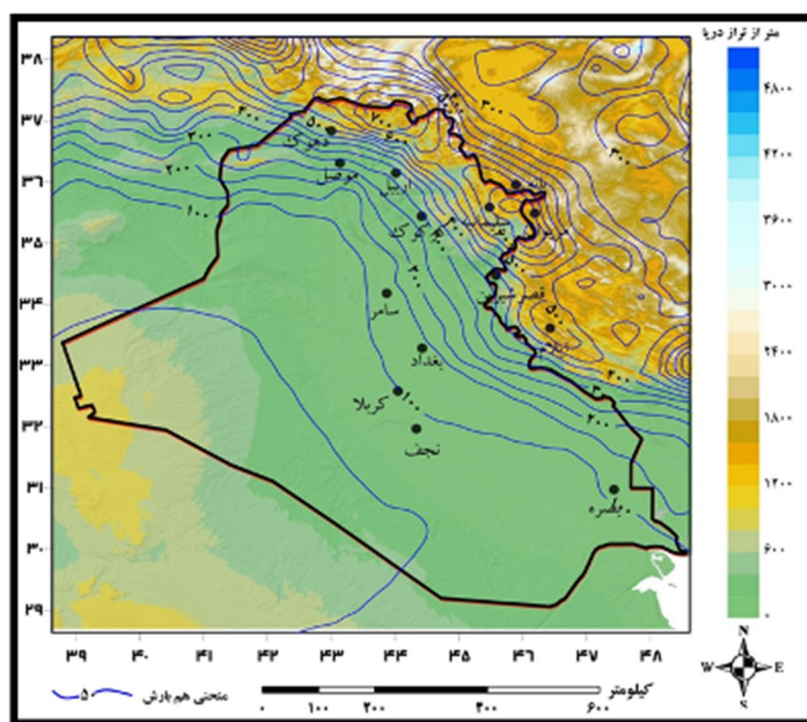
واکاوی مکانی بارش در سرزمین عراق

بارش از متغیرترین عناصر اقلیمی است. این تغییرات هم در بعد مکان و هم در بعد زمان زیاد است؛ به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک این تغییرات شدیدتر است (مسعودیان، ۱۴۲، ۱۳۹۰). به منظور واکاوی مکانی این فراسنج، ابتدا به بررسی وضعیت میانگین بارش سالانه، فصلی و ماهانه این کشور پرداخته و با استفاده از روش "نزدیک‌ترین همسایگی" نقشه‌های مربوط به توزیع میانگین بارش کشور عراق در محیط نرم‌افزار سرفر ترسیم و ارزیابی شد.

بارش سالانه

شکل (۲) توزیع مکانی سالانه بارش در کشور عراق را نشان می‌دهد. منحنی‌های همبارش از ۷۰۰ میلی‌متر در شمال منطقه مورد مطالعه تا ۵۰ میلی‌متر در نواحی جنوبی متفاوت هستند که گویای تغییرات ۶۵۰ میلی‌متری بارش در این سرزمین است. میانگین بارش سالانه عراق ۲۰۲ میلی‌متر است که نسبت به میانگین بارش کشور ایران (۲۵۰ میلی‌متر)

حدود ۵۰ میلی‌متر کمتر است. همچنین، نسبت به بارش سیاره زمین حدود ۵ برابر کمتر است که نشان‌دهنده ناچیز بودن بارش دریافتی این کشور نسبت به میانگین جهانی است [میانگین بارش کره زمین ۹۶۰ میلی‌متر است (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۱۴۲)]. با توجه به این که عراق در منطقه خشک واقع شده است، تغییرات زمانی بارش در آن بسیار زیاد است. با این که میانگین بارش سالانه عراق ۲۰۲ میلی‌متر است؛ اما در سال‌های پربارش تا ۳۰۸ میلی‌متر بارش هم دریافت کرده و در مقابل در سال‌های کم بارش، بارش دریافتی این کشور تا ۱۲۵ میلی‌متر هم کاهش یافته است. این تغییرات نه تنها در دوره‌های زمانی بلند، بلکه در فواصل زمانی کوتاه نیز دیده می‌شود. همان طور که در شکل (۲) مشخص است، کشور عراق دارای دو هسته بیشینه بارش است که اولی در حاشیه شمالی (مرز بین کشور عراق و ترکیه) و دومین هسته بارش در نواحی شمال شرقی (دامنه کوه‌های هورامان و قندیل در مرز بین کشور عراق و ایران) منطقه مورد مطالعه واقع شده است. توجه پربارش بودن دو ناحیه مذکور را می‌توان در منابع رطوبتی، عامل توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی منطقه جستجو کرد. به نظر می‌رسد که پیکربندی ناهمواری‌ها نقش اساسی در پربارش بودن این مناطق ایفا می‌کند. البته، نمی‌توان گفت که ارتفاع و شرایط توپوگرافی عامل مطلق و حاکم است، بلکه ارتفاع یک عامل تقویت‌کننده بسیار قوی به شمار می‌آید و این سامانه‌های سطوح بالا و اچرخندهای مهاجر هستند که نقش بیشتری در ریزش‌های جوی دارند. بنابراین، با توجه به مطالب بالا می‌توان گفت که بارش در این سرزمین دارای تفاوت‌های مکانی زیادی است؛ به طوری که بارش‌ها از شمال به جنوب و از شرق به غرب دارای کاهش محسوسی است. تراکم منحنی‌های همبارش در مناطق شمالی و شرقی و گسستگی آن در مناطق جنوبی و غربی گواه بر این ادعاست.



شکل ۲) توزیع مکانی بارش سالانه در عراق

بارش فصلی

پاییز

فصل پاییز آغاز دوره نفوذ بادهای غربی به منطقه است. به تدریج که هوای نیمکره شمالی سرد می‌شود، مرکز پرفشار جنب حاره‌ای به طرف جنوب عقب‌نشینی می‌کند و جای خود را به تدریج تا اواخر پاییز به بادهای غربی می‌دهد (علیجانی ۱۳۸۷، ۱۲۸). میانگین بارش سرزمین عراق در فصل پاییز ۵۷ میلی‌متر و سهم بارش‌های آن از کل سال ۲۸ درصد است. پراکندگی مکانی بارش فصل پاییز و در مجموع دوره سرد سال به پراکندگی مکانی بارندگی سالانه شباهت دارد (شکل ۳-الف).

زمستان

میانگین بارش فصل زمستان ۸۴ میلی‌متر و ضریب تغییرپذیری مکانی آن ۲۱ درصد است که نسبت به دیگر فصول از تغییرپذیری کمتری برخوردار است و بارش‌ها در این فصل از توزیع زمانی تقریباً یکنواختی برخوردار است. در مجموع ۴۲ درصد بارندگی سالانه تمام سرزمین عراق در زمستان ریزش می‌کند. بادهای غربی عرض‌های میانه که به طور معمول فعالیت خود را در اواسط پاییز در منطقه آغاز می‌کنند و در این فصل به اوج فعالیت خود می‌رسند، همچنین، چرخندهای عبوری عامل اصلی ایجاد بارندگی‌های فراگیر در این فصل هستند. هسته بیشینه بارش در این فصل بر روی دامنه‌های غربی رشته‌کوه‌های شمال‌شرقی با ۳۳۰ میلی‌متر قرار دارد. هسته ثانویه دیگری در شمال این کشور ظاهر شده است که بارندگی آن حدود ۳۰۰ میلی‌متر است. در مجموع، مناطق بیشینه بارش زمستان در دامنه بادگیر رشته‌کوه‌های شمالی و شمال شرقی قرار گرفته است (شکل ۳-ب).

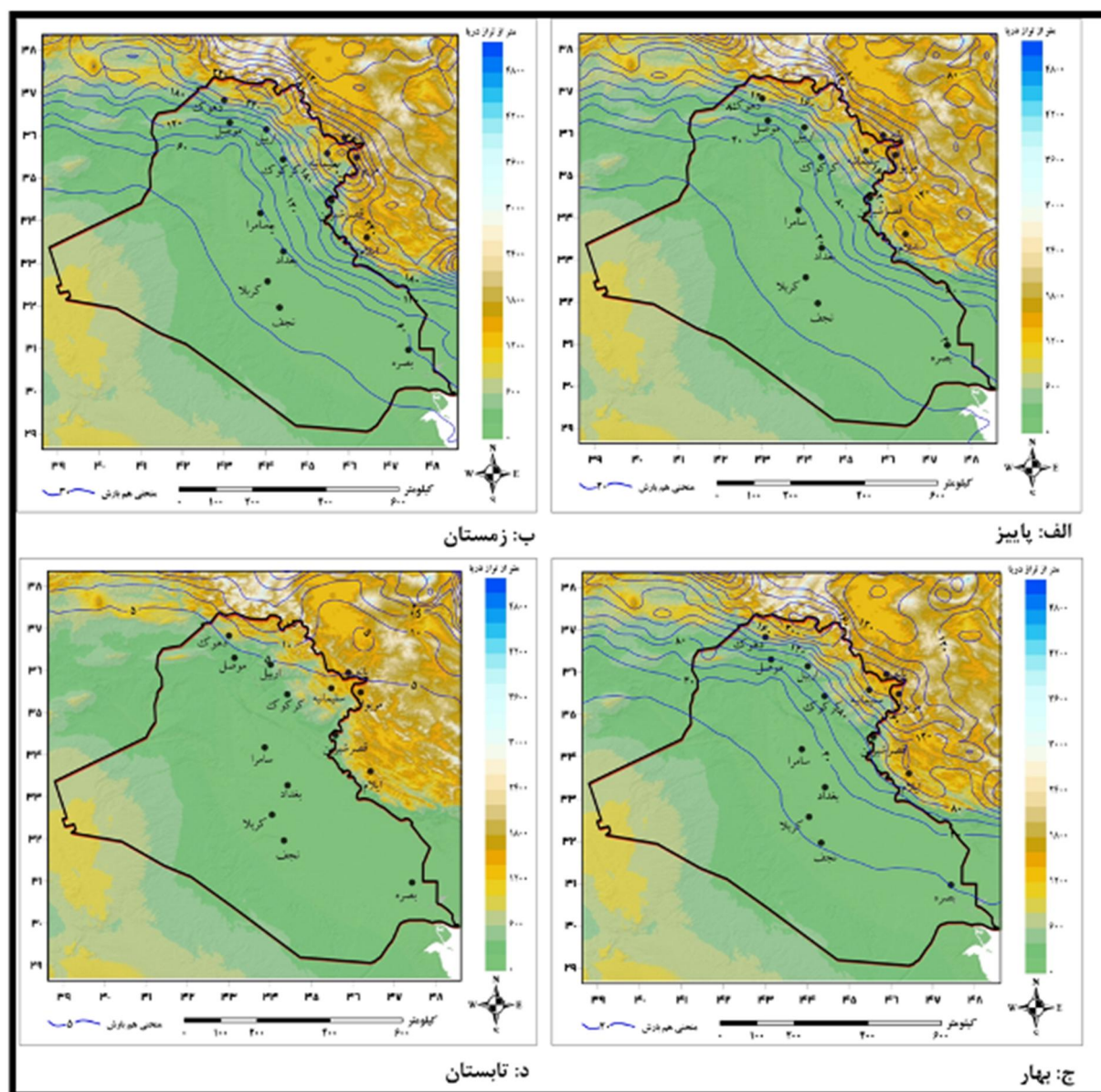
بهار

میانگین مکانی بارش بهار عراق ۵۷ میلی‌متر است که معادل ۲۸ درصد بارش سالانه است. در این فصل پس‌روی بادهای غربی برخلاف پاییز از جنوب آغاز و به تدریج از این کشور خارج می‌شوند و بدین جهت است که بارش بهار جنوب کمتر است. هسته بیشینه بارش بهار نیز همانند فصول دیگر سال در مناطق شمالی قرار دارد و بیش‌ترین بارش دریافتی در این مناطق بعد از فصل زمستان در فصل بهار ریزش می‌کند، عامل آن می‌تواند فراهم شدن شرایط همرفت دامنه‌ای باشد که بر اثر تابش عمودی آفتاب بر دامنه‌ها و گرم‌تر شدن هوای آن منطقه نسبت به جو مجاور حاصل می‌شود (شکل ۳-ج).

تابستان

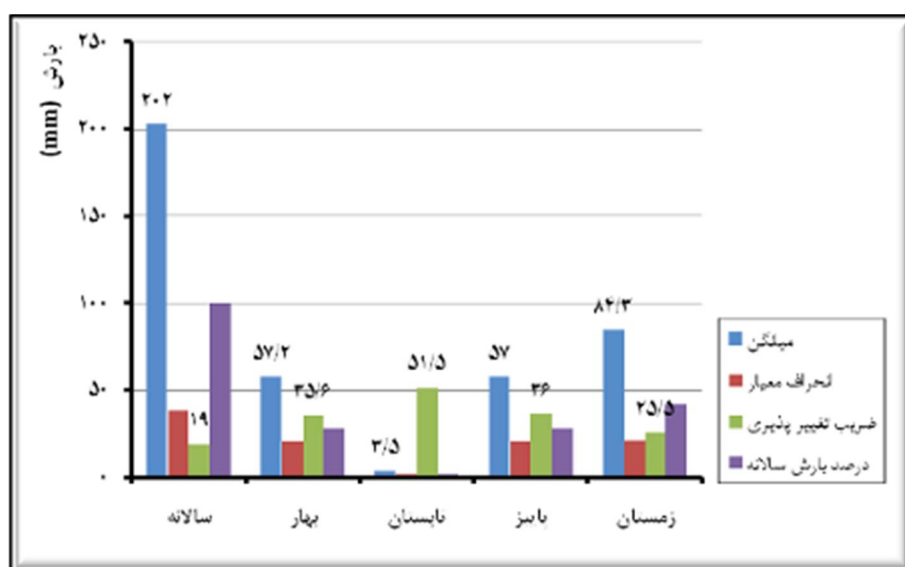
فصل تابستان با میانگین بارش ۳/۵ میلی‌متر کم بارش‌ترین فصل در سرتاسر سرزمین عراق است. پربارش‌ترین منطقه این سرزمین در این فصل دامنه‌های رشته‌کوه‌های شمال این کشور است که بارش‌ها در این مناطق تا ۱۵ میلی‌متر هم می‌رسد. در واقع، فصل تابستان در همه جای عراق به استثنای دامنه‌های رشته‌کوه‌های شمالی در بالای مدار ۳۶ درجه شمالی، فصلی کاملاً خشک است. علت اصلی این وضعیت استقرار مداوم پرفشار جنب حاره‌ای بر بالای این مناطق در

فصل تابستان است که مانع هرگونه حرکت هواست؛ اما چون استقرار این مرکز پرفشار در شمال این سرزمین به صورت مداوم و شدید نیست، در نتیجه، گاهی مواقع بادهای غربی رطوبت دریای مدیترانه را به منطقه می‌آورند و با همراهی صعود همرفتی سبب ریزش‌های تابستانه می‌شوند (شکل ۳-د).



شکل ۳) توزیع مکانی بارش فصول بهار و تابستان عراق

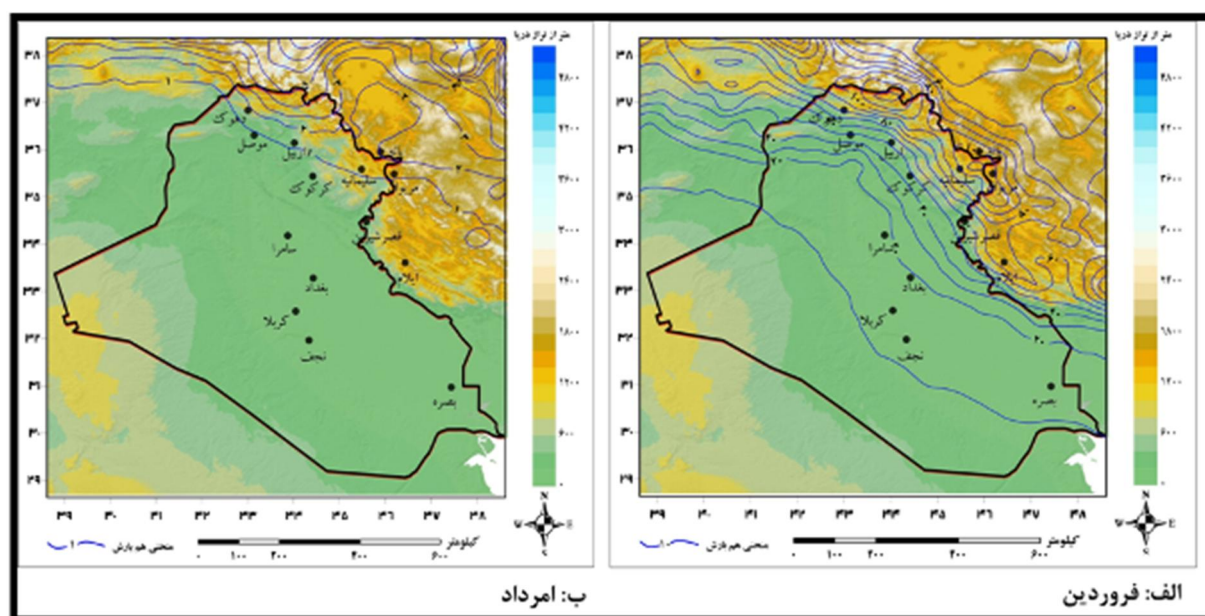
میانگین سالانه و فصلی پراکندگی بارش عراق در شکل (۴) نمایش داده شده است. در مجموع، ۴۲ درصد از بارندگی عراق در زمستان و تقریباً ۲ درصد آن در تابستان می‌بارد.



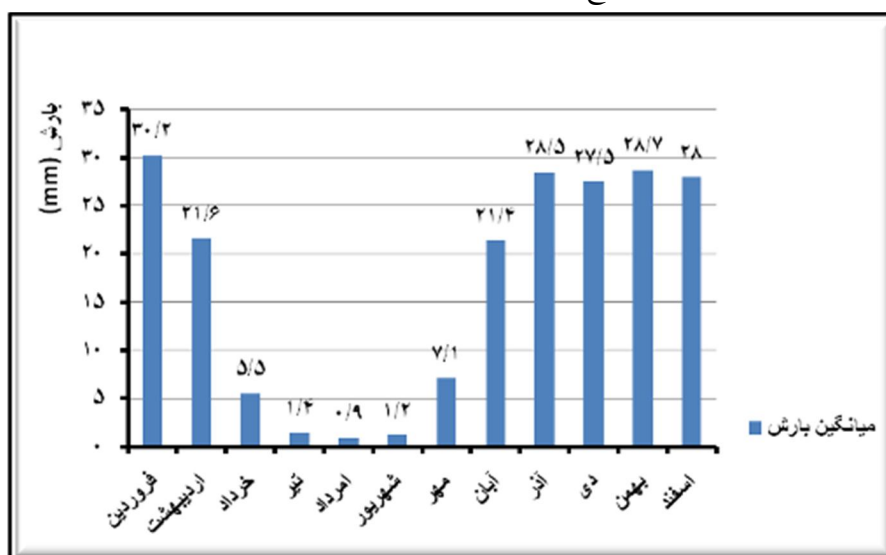
شکل ۴) میانگین بارندگی سالانه و فصلی عراق در دوره (۱۹۵۱-۲۰۰۷)

بارش ماهانه

توزیع ماهانه بارش عبارت است از سهم هر یک از ماه‌های سال، از کل بارش فروباریده در یک سال مشخص (مسعودیان، ۱۳۷۷، ۱-۳). توزیع ماهانه بارش از یک سال به سال دیگر تغییر می‌کند و از ثبات برخوردار نیست و توزیع ماهانه بارش تا حد زیادی حاصل تغییرات سالانه سامانه‌های باران‌زایی است که بارش را تأمین می‌کنند (همان، ۱۳۷۷). توزیع بارش ماهانه در سرزمین عراق از ماهی به ماه دیگر فرق می‌کند؛ به طوری که پربارش‌ترین ماه سال فروردین با میانگین بارش ۳۰/۲ میلی‌متر است (شکل ۵-الف). همان‌طور که در این شکل مشخص است، منحنی همبارش ۱۲۰ میلی‌متر در شمال کشور نشان از فراوانی بارش‌های ماه فروردین در این مناطق است که به تنهایی ۱۷ درصد از بارش‌های سالانه این مناطق در همین ماه ریزش می‌کند. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، فراهم شدن شرایط همرفتی دامنه‌ای در مناطق شمالی سرزمین عراق در این ماه، یکی از عوامل اصلی بارش‌ها در این ماه است. همچنین، مردادماه با میانگین کمتر از ۱ میلی‌متر، کم بارش‌ترین ماه سال در این سرزمین است (شکل ۵-ب). میانگین بارش ماه‌های مختلف سال در سرزمین عراق در شکل (۶) نمایش داده شده است.



شکل ۵) توزیع مکانی بارش در فروردین ماه و امرداد عراق



شکل ۶) میانگین بارش ماه‌های سال عراق در دوره (۱۹۵۱-۲۰۰۷)

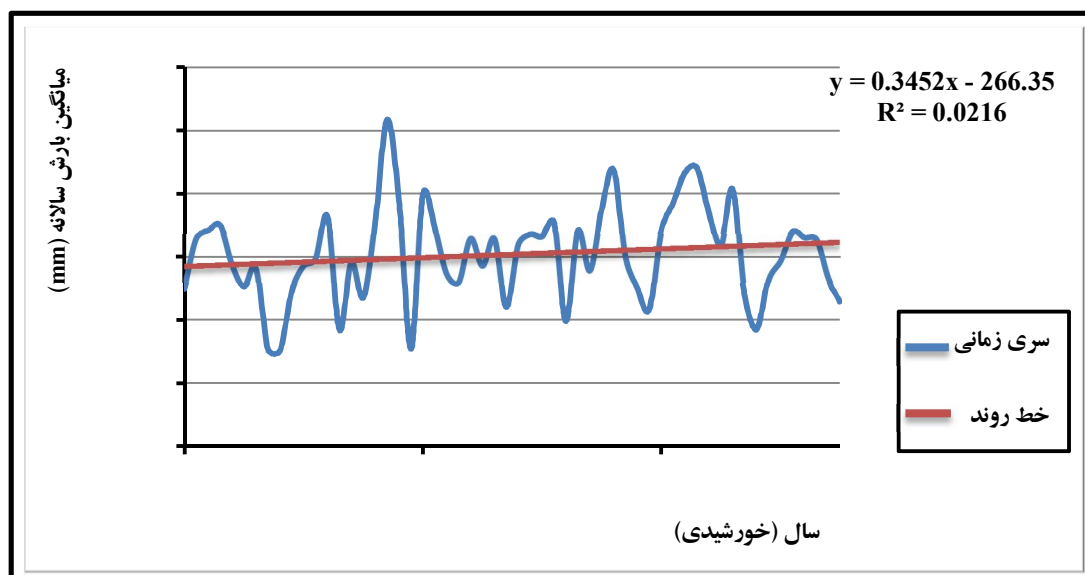
واکاری زمانی بارش کشور عراق

به منظور واکاری زمانی، برای کلیه سری‌های زمانی مورد مطالعه، در ابتدا آماره آزمون ناپارامتری من-کندال محاسبه گردید. سپس معنی‌داری این آماره در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ آزمون شد که نتایج حاصله در جدول (۱) درج شده است. واکاری‌ها نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه هیچ‌گونه روندی در میانگین بارش سالانه کشور عراق در سطوح معنی‌داری مورد آزمون دیده نشد؛ زیرا $|Z|$ بالاتر یا پایین‌تر از محدوده معنی‌داری ± 1.96 و ± 2.575 نبوده است. بنابراین، واکاری روند میانگین بارش سالانه عراق هیچ‌گونه روند افزایشی یا کاهشی را در سطوح اطمینان مورد بررسی نشان نداد (شکل ۷). همان‌طور که از جدول (۱) بر می‌آید، در بین سری‌های فصلی و ماهانه تنها روند معنی‌دار تأیید شده

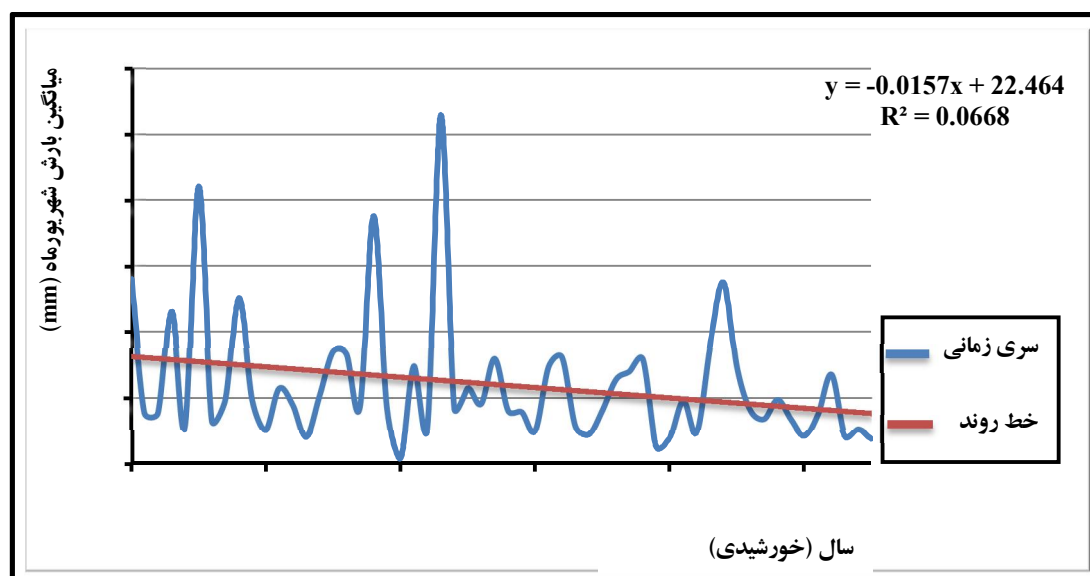
توسط آزمون من-کندال در سری داده‌های ماه شهریور و فقط در سطح ۹۵٪ مشاهده گردید. به جز ماه شهریور که در سطح ۹۵٪ دارای روندی کاهشی بوده است، در هیچ یک از سری‌های دیگر روند معنی‌داری مشاهده نشد. شکل (۸) سری زمانی بارش ماه شهریور را نمایش می‌دهد.

جدول (۱) نتایج آزمون من - کندال (توضیح: در جدول علامت «✓» معناداری و علامت «X» عدم معناداری را نشان می‌دهد)

سطح اطمینان		نتیجه آزمون	سری زمانی
۹۹٪	۹۵٪		
X	X	۰/۹۹۶	سالانه
X	X	۰/۲۱۹	بهار
X	X	-۱/۰۱	تابستان
X	X	۱/۱۲۳	پاییز
X	X	۱/۲۹۳	زمستان
X	X	-۱/۱۰۶	فروردین
X	X	۰/۳۳۲	اردیبهشت
X	X	-۰/۹۱۱	خرداد
X	X	-۰/۵۰۱	تیر
X	X	-۰/۷۹۸	مرداد
X	✓	-۲/۰۷	شهریور
X	X	۱/۲۷۹	مهر
X	X	۱/۳۶۴	آبان
X	X	۰/۴۳۱	آذر
X	X	۰/۹۳۹	دی
X	X	۰/۰۷۶	بهمن
X	X	۰/۰۲۱	اسفند



شکل ۷) روند بارش سالانه ی کشور عراق



شکل ۸) روند بارش ماه شهریور عراق

نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج حاصل از واکاوی مکانی و زمانی بارش کشور عراق نشان داد که بارش در کشور عراق از توزیع زمانی و مکانی یکنواختی برخوردار نیست؛ به طوری که بارش‌ها از شمال به جنوب و از شرق به غرب دارای کاهش محسوسی است. میانگین سالانه بارش عراق ۲۰۲ میلی‌متر برآورد گردید که نسبت به بارش کره زمین که ۹۶۰ میلی‌متر است، عدد ناچیزی است و این نشان از خشک بودن اقلیم این کشور است. این رقم ناچیز بارش در این سرزمین دارای توزیع نایکنواختی است؛ به طوری که منحنی همبارش از ۷۰۰ میلی‌متر در شمال منطقه مورد مطالعه تا منحنی ۵۰ میلی‌متر در نواحی جنوبی متفاوت است که گویای تغییرات ۶۵۰ میلی‌متری بارش در این سرزمین است. بنابراین، می‌توان گفت که بارش‌ها در سرزمین عراق از دو عامل پیکربندی سطح زمین و عرض جغرافیایی پیروی می‌کند. همان‌طور که در

اشکال نیز مشخص بود، دامنه‌های غربی رشته‌کوه‌های شمالی و شمال شرقی (ادامه رشته‌کوه‌های زاگرس) دارای بیش‌ترین دریافت بارش هستند، و دو هسته بیشینه بارش در دامنه همین رشته‌کوه‌ها قرار گرفته بود. عامل دیگری که در بارش‌های این سرزمین می‌تواند دخیل باشد، عرض جغرافیایی است. با توجه به اینکه بارش‌ها در این سرزمین از جنوب به شمال افزایش می‌یابد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در عرض‌های پایین‌تر، علاوه بر همواری منطقه که باعث می‌شود صعود انجام نگیرد و یا خیلی کمتر انجام بگیرد، پایین بودن عرض جغرافیایی منطقه که می‌تواند همجواری با پرفشار جنب حاره‌ای باشد نیز عاملی بر کمی بارش سرزمین‌های جنوبی عراق است. در واکاوی نقشه‌های مکانی فصلی و ماهانه مشخص گردید که زمستان با میانگین بارش ۸۴ میلی‌متر و تابستان با میانگین بارش ۳/۵ میلی‌متر به ترتیب پربارش‌ترین و کم‌بارش‌ترین فصول سال، و در بین ماه‌ها نیز فروردین با میانگین بارش ۳۰ میلی‌متر و مردادماه با ۰/۹ میلی‌متر به ترتیب پربارش‌ترین و کم‌بارش‌ترین ماه‌ها لقب گرفتند. همچنین، نتایج حاصل از آزمون ناپارامتری من-کندال در مورد سری‌های زمانی هفده‌گانه بارش نیز نشان داد که در بارش سالانه کشور عراق در طول دوره آماری مورد بررسی هیچ‌گونه روند معنی‌داری در سطوح ۰/۹۵٪ و ۰/۹۹٪ یافت نشد؛ هر چند که میانگین سالانه بارش در کوتاه مدت می‌تواند دچار تغییراتی شود؛ ولی در بلندمدت این تغییرات روند محسوسی را نشان نمی‌دهد.

منابع

- ۱- حجام، سهراب؛ یونس خوشخو و رضا شمس‌الدین وندی. (۱۳۸۷). تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۶۴، صص ۱۵۷-۱۶۷.
- ۲- عساکره، حسین. (۱۳۸۴). تغییرات زمانی-مکانی بارش استان اصفهان طی دهه‌های اخیر. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، ش ۱۸، صص ۲۲-۳۸.
- ۳- علیجانی، بهلول. (۱۳۸۷). آب و هوای ایران، تهران: انتشارات پیام نور، چاپ هشتم.
- ۴- غیور، حسنعلی و سید ابوالفضل مسعودیان. (۱۳۷۵). بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران‌زمین، نیوار، ش ۲۹، صص ۵۶-۷۰.
- ۵- محمدی، بختیار. (۱۳۹۱). تحلیل روند بارش استان کردستان، مجموعه مقالات پانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، بخش هواشناسی، صص ۲۱۲-۲۱۵.
- ۶- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۷۷). بررسی نظام تغییرات زمانی-مکانی بارش در ایران‌زمین، رساله دکترای اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای، دانشگاه اصفهان، استاد راهنما: حسنعلی غیور.
- ۷- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۰). آب و هوای ایران، مشهد: انتشارات شریعه توس.
- 8- Brooks.C.E.P, and Carrthers.N, (1953), Handbook of Statistical Methods in Meteorology. London, H.M.S.O, 412.
- 9- Esteban-Parra. M.J, Rodrigo. F.s and Castro-Diaz. Y, (1998), "Spatial and Temporal patterns of Precipitation in Spain for the Period 1889-1992", INT.J.Climatol.18, 1557-1574.
- 10- <http://www.chikyu.ac.jp/precip/>.

- 11- Gonzalez-Hidalgo. C, Brunetti1. M and de Luis. M, (2010), Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946–2005, *Climate Research*, 43, 215–228.
- 12- Karpouzios. D.K, Kavallieratos. S and Babajimopoulos. C, (2010), Trend Analysis of Precipitation Data in Pieria Region (Greece), *European water* 30, 31-40.
- 13- Mondal.A, Kundu.S. And Mokhopadhyay.A. (2012), Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of north-eastern part of Cuttack district, Orissa, ISSN, 2,70-78.
- 14- Onoz. B, Bayazit. M,(2003), the Power of Statistical Tests for Trend Detection, *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 27, 247-251.
- 15- Serrano. A, Mateos. V and Garcia. J, (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995, *Physics and Chemistry of The Earth Part B- hydrology Oceans and Atmosphere*, 24, 85-90.
- 16- Takeuchi. K and Ishidaira. H, (2003), Monitoring Trend Step Changes in Precipitation in Japanese Precipitation, *Journal of hydrology*, 279, 144-150.
- 17- Tomas Karl and Richard Knight, (1998), "Secular Trends of Precipitation Amount, Frequency, and Intensity in the United States", *Bulletin of the American Meteorology Society*, Vol 79, and No.2February.
- 18- Turgay Partal and Ercan Kahya. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data, *Hydrological processes*, *Hydro. Process.* 20, 2011–2026.
- 19- Ventura. F, Rossi Pisa. P and Ardizzoni.E, (2002), "Temperature and precipitation trends in Bologna (Italy) from 1952 to 1999". *Atmospheric Research* 61, 203-214.

