نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی سال ۱۳، شماره ۲۵، پاییز ۱۳۸۷، صفحات ۹۳-۱۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۶/۷/۲۳

تحلیل تغییرات زمانی- مکانی بارش در شمال‌غرب ایران

مجیدزاهدی[۱]

بهروز ساری صراف[۲]

جاویدجامعی[۳]

چکیده

در این مقاله به منظور شناسایی تغییرات زمانی ومکانی بارش شمال‌غرب ایران از ۱۹ ایستگاه سینوپتیک منطقه که دارای دوره آماری کامل‌تری بوده‌اند، استفاده شده است. ابتدا تغییرات فضایی بارش منطقه بر اساس شاخص‌های مرکزی و پراکندگی آماری مورد مطالعه قرارگرفت و با استفاده از روش میانیابی TPSS[4] که کمترین خطای MAE[5] را داشته، اقدام به ترسیم منحنی‌های همبارش و ضریب تغییرات گردید. سپس بر اساس روش‌های آماری به بررسی تغییرات زمانی بارش شمال غرب پرداخته شد. نتایج حاصله عبارتست از این که بارش شمال‌غرب با عرض جغرافیایی رابطه مستقیم و معنی‌داری داشته است. تغییرات زمانی بارش در چندین ایستگاه دارای روند کاهشی بوده است، اما در کل شمال‌غرب ایران ناحیه بدون روند عمومی بارش سالانه محسوب می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگان کلیدی: بارش، تغییر اقلیم، میانیابی، روند، شمال‌غرب.

۱- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز. Email: m.zahedi@tabrizu.ac.ir.

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز. Email: sarisarraf@tabrizu.ac.ir.

۳- دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی) دانشگاه تبریز. Email: Javid_ Jamee@yahoo.com.

4- Thin Plate Smoothing Spline (TPSS)

5- Mean Absolute Error

مقدمه

مطالعات جغرافیایی اساس آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی محیطی است. لذا شناخت جغرافیایی یک منطقه، اتخاذ تدابیر اساسی و منطقی را در قالب برنامه محیطی میسر خواهد ساخت. از بین عوامل وعناصر جغرافیایی مؤثر در این امر، اقلیم و عناصر آن از جمله: بارش، درجه حرارت، رطوبت وجزء آن، همچنین تغییرات زمانی این عناصر نقش بسزایی در محیط زندگی انسان دارد. عساکره (۱۳۷۷) دگرگونی‌های اقلیمی را بدین شرح توصیف می‌نماید: نوسان (Oscillation): دگرگونی‌های تدریجی و آرام، که آثار ناشی از آنها به صورت آنی به منصه ظهور نرسیده، بلکه رفته رفته و تدریجی در طی زمان بروز خواهد کرد. دارای الگوی تکراری بوده که پس مدت زمانی پیکربندی شبیه به الگوی قبلی (با کمی تفاوت) به خود می‌گیرد. بر اساس تکرارپذیری نوسانات اقلیمی می‌توان به جمله معروف «حال، کلید درک گذشته است» صحه گذاشت و ایده یونیفورمیتاریانیسم را جهت مطالعه اقلیم طرح کرد.

افت وخیز (Fluctuation): برخی ازدگرگونی‌های ناگهانی را حادث شده و روند مستمر و تکرارناپذیر را پایه‌ریزی می‌نمایند. لازمه دگرگونی‌های افت وخیزی اقلیم، شدت یافتن برخی از عوامل بحران‌زا به وسیله فرایندهای حاکم می‌باشد. آستانه تحول به مرحله مشخصی گفته می‌شود که طی آن در زمان و مکان مشخص پدیده به طور ناگهانی دگرگون شود. به رویدادهای حاصل از تغییر ناگهانی آستانه‌ها کاتاستروف گویند، همانند: تجمع ناگهانی گازهای گلخانه‌ای در جو، ظهور حفره ازون و غیره.

دگرگونی‌های خود به خود (Autovariation): دگرگونی‌هایی که دارای علل ناشناخته‌اند همانند: فعالیت کلف‌ها وشراره‌های خورشیدی، نوسانات میلانکوویچ.

بارش یک عنصر غیر ترمودینامیک بوده و تغییرات زمانی و مکانی قابل ملاحظه‌ای به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دارد، تغییر دما نیز به نوبه خود باعث تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیست محیطی زیادی بر روی زیست کره می‌گردد حتی تغییر دما باعث ایجاد تغییرات بارشی نیز می‌شود. می‌دانیم به دنبال پدیده گرم شدن زمین الگوی بارش جهانی نیز تغییر خواهد کرد. تغییر الگوی بارش متأثر از تغییر تبخیر و دگرگونی

الگوی گردش عمومی است که به دنبال آن برخی نواحی، مرطوب‌تر و بعضی دیگر خشک‌تر می‌شوند علاوه بر مقدار ریزش، زمان بارش و نوع آن نیز دگرگونی می‌پذیرد.

روند بارش و دما در کل جهان یکسو نیست. تغییرات آب و هوا الزاماً به معنی تغییر توامان بارش و دما نیست. احتمالاً بارش در عرض‌های بالا در فصول سرد تمرکز بیشتری پیدا کند (Clarke, 2003).

تورکش (Turkesh, 1996; 2002) ویژگی‌های زمانی و مکانی بارش سالیانه ترکیه را در قالب موضوع تغییر اقلیم مورد پژوهش قرار داده است. ابتدا عناصر اصلی بارش، استاندارد گشته، سپس سال‌های خشک و مرطوب ترکیه مشخص شده است. نویسنده با استفاده از روش‌های تحلیل استاندارد، تحلیل واریانس و آزمون F، تست کرامر و آزمون‌های ناپارامتریک نتایج زیر راکسب نموده‌اند. میانگین سطحی بارش کاهش جزیی در کل ترکیه و به مقدار بیشتر در نواحی سیاه و مدیترانه داشته است. اکثر ایستگاه‌ها نوساناتی با فرکانس پایین را تجربه نموده‌اند. دوره‌های خشک در اوایل دهه ۳۰، اواخردهه ۵۰، اوایل ۷۰ و حول و حوش ۸۰ تا اوایل دهه ۹۰ و دوره‌های مرطوب بین سال‌های ۴۵-۳۵، اوایل ۶۰ و اواخر ۷۰ قرار گرفته‌اند.

لانا و همکاران (Lana and et al, 2003; 2004) مطالعه پراکنش فضایی ـ زمانی رژیم بارش روزانه اسپانیا با بررسی سه متغیر میانگین بارش روزانه، انحراف معیار بارش روزانه و ضریب تغییرات مورد مطالعه قرار داده و الگوهای حاکم بر توزیع فضایی ـ زمانی بارش‌های روزانه را تعیین نمودند. جهت تحلیل تغییرات زمانی پارامترهای مورد مطالعه از شاخص‌های آنتروپی یا بی‌نظمی‌های بارشی و روش ناپارامتریک من ـ کندال و همچنین تحلیل طیفی استفاده نموده‌اند و برای شناسایی پراکنش فضایی از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیق رصدخانه فبرا حکایت از تأثیر روند بر شاخص‌های بارشی مورد مطالعه در رصدخانه فبرا طی قرن بیستم دارد. همچنین تأثیر جزیره حرارتی شهر بارسلونا در روند مثبت بارش ایستگاه اثبات گردید و نتایج تحقیق سال ۲۰۰۴ بدین شرح است: منطقه کاتالونیا دارای توزیع بارشی بسیار پیچیده‌ای می‌باشد: چنانچه ۱۲ منطقه متفاوت بارشی در آن قابل شناسایی است. البته رژیم پیچیده بارشی ناشی از شرایط اوروگرافی متنوع منطقه جریانات اتمسفری و نزدیکی به دریای مدیترانه می‌باشد.

تحقیق کارل و همکاران (Karl and et al, 1998) نیز یکی از مطالعات مذکور برای ایالات متحده می‌باشدکه نتایج به دست آمده بدین شرح است: از سال ۱۹۱۰ بارش ایالات متحده حدود ۱۰ درصد نسبت به قبل از آن افزایش داشته است. بارش‌های سنگین و فرین روزانه نیز در طی این دوره افزایش یافته است. علاوه بر تشدید بارش‌های حدی، فراوانی آنها نیز افزایش پیدا کرده است. بنابراین نسبت جمع بارش‌های حاصل از رخداد بارش‌های سنگین به رخدادهای ملایم افزایش یافته است.

کاویانی و عساکره(۱۳۸۲) به بررسی روند بلند مدت بارش اصفهان پرداخته‌اند. ضمن بررسی روش ناپارامتریک من ـ کندال به بررسی روند غیرخطی بارش اصفهان توجه نموده‌اند. علاوه بر روند غیرخطی، روند خطی وسهمی نیز در سطح ۰/۰۵ خطا معنی‌دار نبوده و بارش اصفهان رفتار پایداری داشته است، تنها چهار فاز و پنج چرخه بارشی ۱۷،۱۳،۱۱،۱۰،٤ ساله را تجربه نموده است. علاوه بر مطالعات مذکور می‌توان به تحقیقات خسروی و همکاران(۱۳۸۲)، عساکره و غیور(۱۳۸۲)، صراف و جامعی(۱۳۸۲) و زاهدی و جامعی(۱۳۸۵) اشاره نمود که به نقش روش‌های آماری خصوصاً ناپارامتریک در شناسایی تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند.

هدف از انجام این تحقیق شناسایی تغییرات بارش سالانه شمال غرب ایران (با استفاده از ۱۹ ایستگاه سینوپتیک) در مقیاس زمانی و مکانی می‌باشد. در این پژوهش فرض صفر بر عدم روند بارشی شمال‌غرب ایران بنا شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق سعی بر آن است تغییرات بارشی شمال‌غرب کشور را طی دهه‌های اخیر و بر اساس روش‌های آماری توصیف نماییم. مختصات جغرافیایی و ویژگی‌های آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۱ آورده شده است. ابتدا جهت توصیف ویژگی‌های عمومی بارش منطقه به بررسی پراکنش مکانی متوسط بارش سالانه پرداخته، لذا نقشه همبارش شمال غرب کشور در محیط GIS و با استفاده از روش‌های زمین

آماری[6] و روش میانیابی TPSS ترسیم گردید. شناسایی تغییرات بارشی منطقه با استفاده از شاخص پراکندگی cv[7] انجام گرفته است.

کاربرد روش‌های آماری به منظور شناخت رفتار خطی و غیرخطی عناصر اقلیمی و شناخت روند دراز مدت عناصر مذکور مطمئن و معمول است. جهت شناخت رفتار خطی و ترسیم خط روند و محاسبه شیب آن از رگرسیون خطی براساس حداقل مربعات استفاده شده است. همچنین جهت تعیین معنی‌داری روند حاصل از روش کمترین مربعات از آزمون‌های پارامتریک تی- استودنت و ناپارامتریک من- کندال استفاده شده است. کمی نمودن افزایش یا کاهش روند را می‌توان بر اساس معادله زیر تحلیل نمود (WMO, 1997, p. 32).

$$Tr = \Delta t = a_n(t_n) - a_1(t_1)$$

در رابطه فوق $a_1(t_1)$ و $a_n(t_n)$ مقادیر برآورد شده در زمان‌های ۱ و n می‌باشند. مقادیر T_r+ روند افزایشی و مقادیر T_r- روند کاهشی را نمایش می‌دهند. برای بحث بیشتر در مورد روند نسبی می‌توان مقادیر $T_r / a_n(t_n)$ ، $T_r / a_1(t_1)$ را محاسبه نمود. مقادیر به دست آمده $T_r / a_1(t_1)$ در حالت روند کاهشی، به مقادیر کوچک و در حالت روند افزایشی، به مقادیر بزرگ منتهی می‌شوند. با استفاده از $T_r / a_n(t_n)$ عکس این حالت نتیجه‌گیری می‌شود. در حالت کلی بررسی $T_r / \overline{a}$ بسیار معقول به نظر می‌رسد. T_r / S نسبت روند به نوفه را ارزیابی می‌کند (رحیم زاده و عسکری، ۱۳۸۳: ۱۶۱). در معادلات بالا $\overline{a}$ و S به ترتیب میانگین و انحراف معیار سری زمانی محسوب می‌شوند.

برخی سری‌های اقلیمی از جمله بارش به طور کلی از توزیع نرمال (بهنجار) تبعیت نمی‌کند، در این صورت می‌توان از آزمون رتبه‌ای استفاده نمود. این قبیل آزمون‌ها بسیار زیاد و هر یک توانایی‌ها و ضعف‌های خاص خود را دارد. یکی از این آزمون‌ها به من - کندال معروف است. این آزمون نیاز به توزیع فراوانی نرمال یا خطی بودن رفتار داده‌ها نداشته، و در برابر مقادیر فرین (برای مثال داده‌هایی که کشیدگی زیاد دارند، مانند داده‌های

6- Geostatistics
7- Coefficient of Variation

بارندگی) و داده‌هایی که از رفتار خطی انحراف چشمگیری دارند، بسیار قوی بوده و به منظور ارزیابی روند به کار می‌روند (عساکره، ۱۳۸۲، ص۲۵۵).

نتایج تحقیق

ویژگی‌های عمومی بارش:

شکل۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه با تفکیک استانی را نشان می‌دهد. منحنی‌های متوسط بارش سالانه شمال غرب کشور در شکل ۲ ترسیم شده است. منحنی‌های همبارش از ۵۶۰ میلی‌متر در جنوب‌غرب منطقه مورد مطالعه تا۲۰۰ میلی‌متر در نواحی شمالی متفاوت هستند که گویای تغییرات ۳۶۰ میلی متری بارش منطقه است. با توجه به شکل ۲ شمال‌غرب کشور دارای دو هسته بیشینه بارندگی می‌باشد که اولی در حاشیه جنوب‌غرب منطقه و هسته بیشینه دوم در نواحی شرقی منطقه مورد مطالعه واقع شده است. توجیه پرباران بودن دو ناحیه مذکور را می‌توان در منبع رطوبتی و موقعیت مناطق جستجو کرد. منحنی همبارش ۳۴۰ میلی‌متر نشانگر متوسط بارش شمال‌غرب است و نواحی با بارش سالیانه بیش از ۳۴۰ میلی متر که عبارتند از: جنوب آذربایجان غربی، کردستان و اردبیل (به جز نواحی شمالی آن) که جزو نواحی مرطوب شمال‌غرب ایران به شمار می‌آیند. سال های ۱۹۸۲,۱۹۶۳,۱۹۶۹ به ترتیب با متوسط بارش سالیانه ۵۱۷/۲۳، ۴۹۷، ۴۷۵ میلی‌متر پرباران‌ترین سال‌های شمال‌غرب کشور طی دوره آماری مورد مطالعه بودند و سال‌های ۲۰۰۱ ,۱۹۹۹ ,۱۹۹۰ نیز با بارش دریافتی ۲۱۷ ,۲۲۸ ,۲۳۶ خشک‌ترین و کم باران‌ترین سال‌های منطقه مورد مطالعه هستند. ایستگاه‌های سرعین و مشیران به ترتیب با ۵۱۱ و۲۱۲ میلی‌متر بارش بیشترین و کمترین میزان بارش سالیانه را دریافت نموده‌اند. ضریب همبستگی متوسط بارش سالیانه با ارتفاع ایستگاه ۰/۴۷ می‌باشد که تا حدودی نشان از تأثیر ارتفاع در ریزش‌های جوی منطقه دارد. البته ارتفاع و شرایط توپوگرافی عامل مطلق و حاکم به شمار نمی‌آیند، بلکه این سیستم‌های سطوح بالا و سیکلون‌های مهاجر هستند که نقش بیشتری در ریزش‌های جوی دارند. متوسط بارش سالیانه شمال غرب با عرض جغرافیایی دارای ضریب همبستگی ۰/۶– می‌باشد. ضریب همبستگی مذکور با ۹۹ درصد اطمینان معنی‌دار می‌باشد و حکایت از کاهش بارش سالیانه از جنوب به سمت شمال دارد. با توجه به این که بارش در بیشتر قسمت منطقه مورد مطالعه ناشی از اغتشاشات سطوح

بالا (موج کوتاه بادهای غربی) ٤٩ درصد و اغتشاشات سطح زمین۲۰ درصد است (علیجانی، ١٣٧٤، ص١٠٨). لذا فاصله کمتر جنوب منطقه مورد مطالعه با مسیر اصلی ورود اغتشاشات مذکور عاملی در منفی بودن ضریب همبستگی بارش و عرض جغرافیایی است. طول جغرافیایی با بارش سالیانه همبستگی چندانی ندارند. جهت توصیف پراکندگی بارش شمال‌غرب از شاخص ضریب تغییرات (cv) استفاده شده و شکل ۳ پراکنش مکانی ضریب تغییرات بارش سالانه شمال‌غرب ایران را نشان می‌دهد. متوسط ضریب تغییرات بارش سالانه منطقه مورد مطالعه ۳۱ درصد می‌باشد که از ضریب تغییرات تمامی فصول کمتر است و حاکی از تغییرات بارشی بیشتر فصلی از سالانه است. نواحی شمالی منطقه مورد مطالعه، جنوب‌غرب آذربایجان‌غربی و شرق استان اردبیل تغییرات بارشی بیشتری نسبت به سایر نواحی داشته‌اند. سال‌های ۱۹۸۱ ,۲۰۰۳ ,۱۹۹۹ کمترین و سال‌های ۱۹٦۱ ,۱۹۷۹ , ۱۹٦۸ بیشترین ضریب تغییرات را داشته‌اند. ضریب همبستگی بارش سالیانه و پراکنش آن ٤٢ درصد می‌باشد که در سطح ۰/۰۵ = α معنی‌دار است و معرف پراکندگی بیشتر بارش در نواحی پرباران است. مهاباد بیشترین و سقز کمترین ضریب تغییرات را داشته‌اند. از میان سه عامل ارتفاع، عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی بیشترین همبستگی ضریب تغییرات با عرض جغرافیایی بوده و افزایش جنوب به شمال ضریب تغییرات بارش شمال‌غرب ایران را در پی‌دارد. روند نسبی بارشی ایستگاه‌های منتخب شمال‌غرب ایران در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به جدول اکثر ایستگاه‌ها روند کاهشی داشته‌اند، در سه ایستگاه روند افزایشی رخ داده است که روند مذکور در ایستگاه مشیران بیشتر از دیگر ایستگاه‌ها می‌باشد. میزان روند ایستگاه جلفا نسبت به a_n،a_1 و $\overline{a}$ به ترتیب ۰/٤٥- ،۰/۸۲- و۰/۵۸- بوده که بالاترین روند کاهشی داشته و ایستگاه‌های اردبیل و بیجار در مرتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. روند ایستگاه مشیران نسبت به a_n،a_1 و $\overline{a}$ نیز به ترتیب ۰/٤١ ،۰/۲۹ و۰/۳٤ بوده که بیشترین روند نسبی افزایشی در بین ایستگاه‌های شمال‌غرب ایران را به خود اختصاص داده است. جهت تعیین معنی‌داری از آزمون پارامتریک تی- استودنت و ناپارامتریک من- کندال استفاده شده است. در جدول شماره ۲ مقادیر روند نسبی که زیر آنها خط کشیده شده، براساس آزمون تی- استودنت در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده‌اند. براساس آزمون، فرض پارامتریک تی- استودنت ۹ ایستگاه روند معنی‌داری

داشته‌اند که از این میان مشیران دارای روند افزایشی بارشی طی دوره آماری مورد مطالعه و ایستگاه‌های اردبیل، جلفا، بیجار، خوی، ارومیه، تبریز، پارس‌آباد و سرعین روند کاهشی معنی‌داری را تجربه نموده‌اند. شکل ٤ پراکنش مکانی روند بارش شمال‌غرب کشور را که بر اساس شاخص من - کندال محاسبه شده، نشان می‌دهد. براساس آزمون یک‌طرفه توزیع نرمال، فرض صفر (تصادفی بودن و عدم روند بارش) به ازای مقادیر بزرگ $u(t_i)$ رد خواهد شد. منحنی ۲- در شکل ٤ مرز معنی‌داری روند بارش با خطای ۵ درصد را معین می‌کند. طبق شکل بارش سالانه شرق منطقه مورد مطالعه (نواحی مرکزی استان اردبیل)، جنوب‌شرق (استان زنجان و شرق استان کردستان)، شمال‌غرب (نواحی اطراف نیمه شمالی دریاچه ارومیه) دارای روند کاهشی معنی‌داری با ۹۵ درصد اطمینان می‌باشند. روند غالب منطقه کاهشی بوده و روند افزایشی به جز در نواحی مرکزی آن هم به صورت غیر معنی‌دار، دیده نمی‌شود. در کل از ۱۹ ایستگاه مورد مطالعه ۷ ایستگاه (اردبیل، بیجار، خوی، پارس آباد، سرعین، تبریز و ارومیه) دارای روند کاهشی معنی‌دار بودند. نواحی‌ای که ضریب تغییرات بیشتری داشته‌اند، کاهش بارشی بیشتری را تجربه نموده‌اند. رابطه کاهش و میانگین بارش سالانه شمال‌غرب معکوس بوده، به طوری که نواحی خشک‌تر، کاهش بارشی بیشتری را داشته‌اند. شکل ۵ روند دهه‌ای بارش شمال غرب ایران را که توسط معادله رگرسیون محاسبه شده، نشان می‌دهد. ایستگاه‌های دارای برچسب سیاه با ۹۵ درصد اطمینان روند معنی‌داری دارند. از ۱۹ ایستگاه مورد مطالعه ٦ ایستگاه روند کاهشی داشته‌اند که ایستگاه‌های مذکور عبارتند از: اردبیل، بیجار، مهاباد، ارومیه، سرعین و زنجان. همان طور که مشاهده می‌شود بین روند سالانه و دهه‌ای بارش تفاوت‌هایی وجود دارد که ناشی از نوسانات دهه‌ای بارش است.

نتیجه‌گیری

روند زمانی بارش سالانه شمال‌غرب در مقیاس منطقه‌ای تنها با توجه بصری به جدول ۲ و شکل ٤ امر دشواری است، زیرا بعضی ایستگاه‌ها دارای روند غیرمعنی‌دار، برخی دیگر معنی‌دار (مثبت یا منفی) بوده‌اند. به منظور تعیین روند زمانی دما در مقیاس منطقه‌ای و آزمودن فرض پژوهشی استفاده از توزیع دو جمله‌ای در دستور کار قرار گرفت. شمال غرب ایران در سطح خطای $\alpha = 0.05$ ناحیه‌ای با تغییرات بارز بلند مدت بارشی

محسوب نمی‌شود. لذا فرض صفر مبنی بر عدم روند بارشی در شمال‌غرب ایران با ۹۵ درصد اطمینان رد نمی‌شود. سایر نتایج عبارتند از:

۱- عرض جغرافیایی عاملی مهم در توزیع بارش سالانه شمال‌غرب محسوب می‌شود؛

۲- نواحی با بارش بیشتر، از نظام بارشی متغیرتری برخوردار بوده و دارای ضریب تغییرات بیشتری بوده‌اند؛

۳- اکثر ایستگاه‌های منطقه کاهش بارشی را تجربه نموده‌اند که البته در ۷ ایستگاه این کاهش با ۹۵ درصد اطمینان معنی‌داراست؛

٤- رابطه کاهش بارش و ضریب تغییرات مستقیم بوده و نواحی دارای نظام بارشی غیر یکنواخت کاهش بیشتری را تجربه نموده‌اند.

جدول شماره۱: مختصات جغرافیایی و ویژگی‌های آماری بارش ایستگاه‌های شمال‌غرب کشور

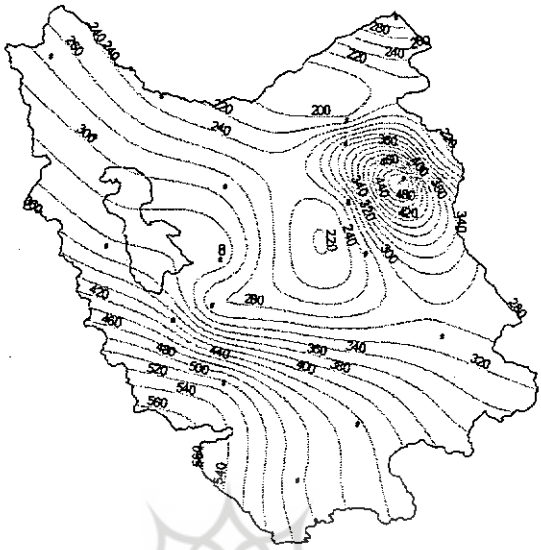
ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	طول سری	میانگین	ضریب تغییرات
۱	اهر	٤٧/٠٣	٣٨/٢٩	١١٥٧	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٣٠٩	٢٦/٤
٢	اردبیل	٤٨/١٧	٣٨/١٥	١٣٣٢	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٣٣٧	٣٥/٦
٣	بیجار	٤٧/٣٧	٣٥/٥٣	١٩٤٠	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٤٢٣	٢٦/٣
٤	جلفا	٤٥/٣٨	٣٨/٥٦	٧٠٤	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢٢٨	٣٤
٥	خوی	٤٤/٥٨	٣٨/٣٣	١١٠٣	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢٩٤	٢٩/٧
٦	مهاباد	٤٥/٤٥	٣٦/٥	١٣٣٣	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٣٩٦	٣٧
٧	ماکو	٤٤/٣١	٣٩/١٨	١٦٣٤	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢٧٤	٣٦/٣
٨	مراغه	٤٦/١٦	٣٧/٢٤	١٤٧٧	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٣٢٩	٢٦/٤
٩	میاندوآب	٤٦/٠٩	٣٦/٥٨	١٣١٤	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢٨٨	٣٣/٣
١٠	میانه	٤٧/٤٢	٣٧/٢٧	١١١٠	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢٦٧	٣٥
١١	مشیران	٤٧/٣١	٣٨/٤٢	٦٥٣	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢١٢	٣٤/٧
١٢	پارس آباد	٤٨/٠١	٣٩/٣٩	٤٤	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٣١٦	٣٠
١٣	سراب	٤٧/٣٢	٣٧/٥٦	١٦٨٢	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢٨٣	٣٢/٢
١٤	سرعین	٤٨/٠٥	٣٨/٠٩	١٧٥٠	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٥١١	٢٩/٦
١٥	سفز	٤٦/١٨	٣٦/١٥	١٥٢٢	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٥٠٣	٢٥/٩
١٦	سنندج	٤٧	٣٥/٢	١٣٧٣	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٤٦٣	٢٦/٣
١٧	تبریز	٤٦/١٧	٣٨/٠٥	١٣٦١	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٢٩١	٢٧/٣
١٨	زنجان	٤٨/٢٩	٣٦/٤١	١٦٦٣	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٣٠٨	٢٧/١
١٩	ارومیه	٤٥/٠٥	٣٧/٣٢	١٣١٣	(١٩٦٠-٢٠٠٣)	٣٣٩	٢٨/٧

جدول شماره۲: روند نسبی بارش ایستگاه‌های منتخب شمال غرب کشور

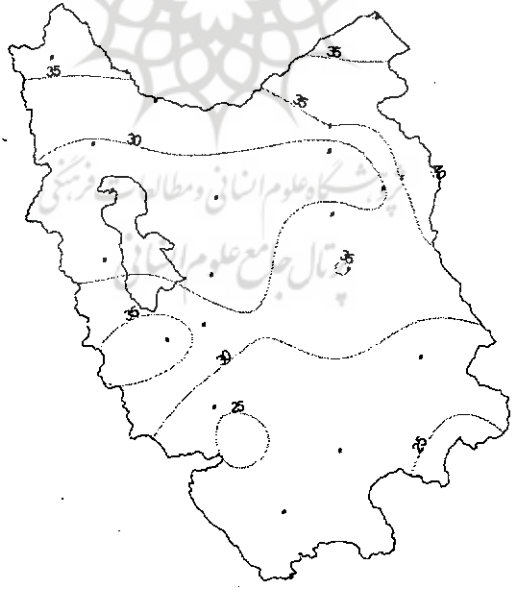
ردیف	ایستگاه	T_r	$T_r / a_1(n_1)$	$T_r / a_n(t_n)$	$T_r / \bar{a}$	T_r / S
۱	اهر	-۷۶/۸	-۰/۲۲	-۰/۲۸	-۰/۲۵	-۳/۳٤
۲	اردبیل	-۱۵۹/۰۱	-۰/۳۸	-۰/٦۲	-۰/٤۷	-۳/۳٤
۳	بیجار	-۱۹۱/۷۹	-۰/۳۷	-۰/۵۹	-۰/٤۵	-۳/۳٤
٤	جلفا	-۱۲۹/۰۲	-۰/٤۵	-۰/۸۲	-۰/۵۸	-۳/۳٤
۵	خوی	-۹۵/۳۵	-۰/۲۸	-۰/۳۸	-۰/۳۲	-۳/۳٤
٦	مهاباد	۳/۳٦	-۰/۱۱	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۳/۳٤
۷	ماکو	-٤٦/۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۳/۳٤
۸	مراغه	-۵۳/۸۱	-۰/۱۵	-۰/۱۸	-۰/۱٦	-۳/۳٤
۹	میاندوآب	۲/۹٤	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۳/۳٤
۱۰	میانه	-۱۱/٦٦	-۰/۰٤	-۰/۰٤	-۰/۰٤	-۳/۳٤
۱۱	مشیران	٦۹/۹۱	۰/٤۱	۰/۲۹	۰/۳٤	۳/۳٤
۱۲	پارس آباد	-۱۳۳/۱۵	-۰/۳۵	-۰/۵۳	-۰/٤۲	-۳/۳٤
۱۳	سراب	-۱/۳۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	-۳/۳٤
۱٤	سرعین	-۲۰۱/٦٦	-۰/۳۳	-۰/۵	-۰/٤	-۳/۳٤
۱۵	سقز	-٤۹/٦	-۰/۰۹	-۰/۱	-۰/۱	-۳/۳٤
۱٦	سنندج	-۱۰٤/٤	-۰/۲	-۰/۲۵	-۰/۲۲	-۳/۳٤
۱۷	تبریز	-۱٤٤/۳٦	-۰/٤	-۰/٦٦	-۰/۵	-۳/۳٤
۱۸	زنجان	-٦۸/۸۳	-۰/۲	-۰/۲۵	-۰/۲۲	-۳/۳٤
۱۹	ارومیه	-۹۰/۰۱	-۰/۲۳	-۰/۳۱	-۰/۲۷	-۳/۳٤

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

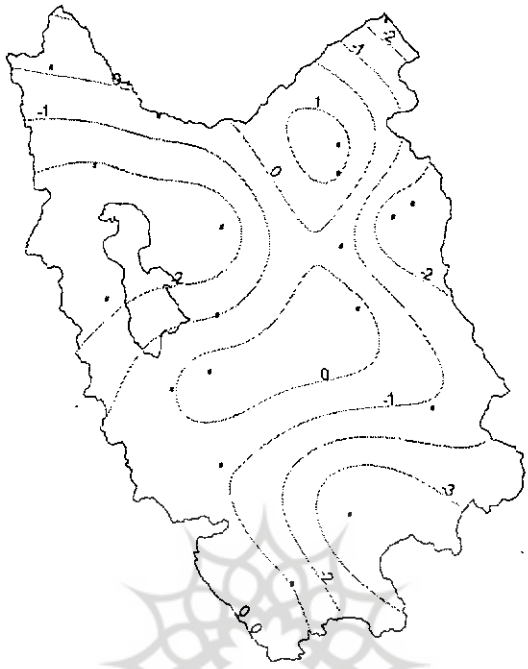
شکل۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه (شماره‌ی ایستگاه‌ها برحسب جدول ۱ منظور شده است)



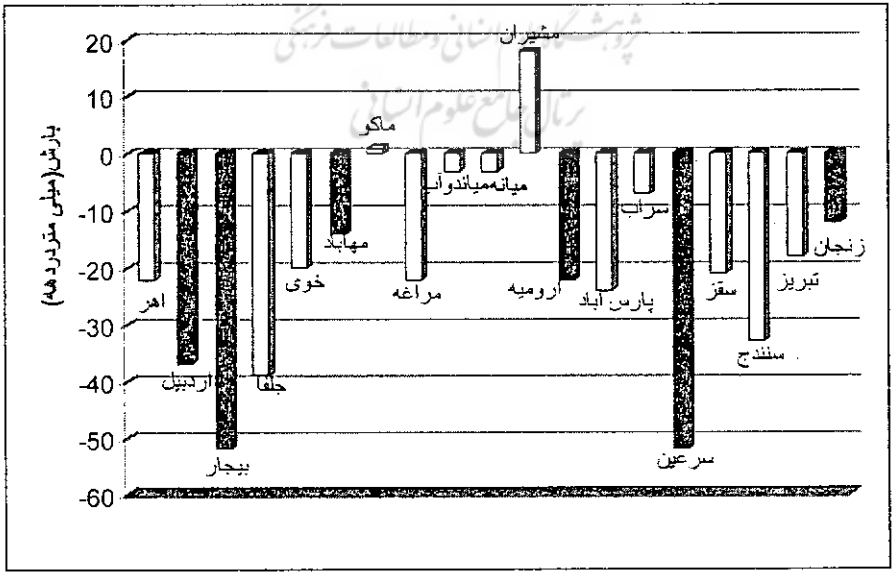
شکل ۲: پراکنش مکانی میانگین بارش سالانه شمال‌غرب کشور



شکل ۳: پراکنش مکانی ضریب تغییرات (CV) بارش سالانه شمال‌غرب کشور



شکل٤: توزیع مکانی روند بارش شمال‌غرب کشور بر اساس شاخص آماری من – کندال $U(t_i)$



شکل۵: روند دهه‌ای بارش ایستگاه‌های منتخب شمال غرب کشور

منابع

۱- خسروی، محمود، ناصرجاودانی خلیفه وسهراب محمدنیا قرائی (۱۳۸۲)، «***بررسی انطباق سری‌های زمانی دمای مشهد با تغییرات و نوسانات دمای کره زمین***»، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان، صص:۴۷۵-۴۶۳.

۲- رحیم زاده، فاطمه و احمد عسگری (۱۳۸۳)، «*نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور*»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره: ۷۳، صص:۱۷۱-۱۵۵.

۳- زاهدی، مجید و جاوید جامعی (۱۳۸۵)، «***مدل‌سازی بارش ایستگاه‌های ارومیه و تبریز***»، فصلنامه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد (ویژه‌نامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای)، پذیرفته شده برای چاپ.

۴- ساری صراف، بهروز و جاوید جامعی (۱۳۸۲)، «***تحلیل و برآورد خشکسالی در غرب ایران***»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره:۷۱، صص: ۱۷۳-۱۵۱.

۵- عساکره، حسین (۱۳۷۷)، «***دگرگونی های اقلیم و مکانیزم‌های حاکم بر آن***»، نیوار، شماره ۴۰، صص:۳۷-۴۷.

۶- عساکره، حسین (۱۳۸۳)، «*تحلیلی آماری بر تغییرات میانگین سالانه دمای شهر زنجان طی دهه اخیر*»، نیوار، صص:۳۰-۹.

۷- عساکره، حسین و حسنعلی غیور (۱۳۸۲)، «***بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان***»، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان، صص:۲۶۱-۲۵۱.

۸- علیجانی، بهلول (۱۳۷۴)، ***آب و هوای ایران***، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.

۹- علیجانی، بهلول و مجید زاهدی(۱۳۸۱)، «***تحلیل آماری و سینوپتیکی آذربایجان***»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره: ۶۶-۶۵، صص: ۲۱۷-۲۰۲.

۱۰- نوریان، علی محمد (۱۳۷۶)، «***تردیدهای علمی تغییرات اقلیم کره زمین***»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، صص۱۲-۶.

11- Clarke, T. S. (2003), ***"Regional Climate Change: Trend Analysis of Temperature and Precipitation Series at Canadian Sites"***, Canadian Journal of Agricultural Economics, Vol. 48(1), PP: 27-38.

12- IPCC (2001), ***Climate Change 2001, Scientific Basis***, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

13- Karl, T. R. et al. (1993), ***"Asymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature"***, Bull. Am. Meteor. Soc., Vol. 74, PP: 1007-1023.

14- Lana, X. Serra, C. and Burguno, A. (2003),"***Trends Affecting Pluviometric Indices at the Fabra Observatory (Barcelona , NE Spain)from 1917 to 1999"***, International Journal of Climatology, Vol. 23, PP: 315-332.

15- Lana, X. Martinez, M.D and Burguno, A. (2004), ***"Spatial and Temporal Variability of the Daily Rainfall Regime in Catalonia Northeastern Spain, 1950-2000"***, International Journal of Climatology, Vol. 24, PP: 613-641.

16- Seleshi,Y. and Zanke, U. (2004), ***"Recent Changes in Rainfall and Rainy Days in Ethiopia"***, International Journal of Climatology, Vol. 20, PP: 973-983.

17- Turkesh, M. (1996), ***"Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey"***, International Journal of Climatology, Vol. 16, PP: 1057-1076.

18-Turkesh, M. Sumer, M.U. and Demir, S. (2002),***"RE-Evaluation of Trends and Changes in Mean, Maximum and Minimum Temperatures of Turkey for the Period 1929-1999",*** International Journal of Climatology, Vol. 22, PP: 947-977.

19- WMO. (1997);"***Progress Report to CCL on Statistical Methods***", *WCDMP*, No. 32, World Meteorological Organization, Geneva.