Archive of SID

تغییر اقلیم در جنوب و جنوب غرب ایران از دیدگاه مشاهدات بارش، بر همکنش با پدیده النینیو نوسانات جنوبی

سید محمد جعفر ناظم السادات[۱]، نوذر سامانی[۲] و مصطفی مولایی نیکو[۳]

چکیده

انجام پژوهش های مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هر چه بیشتر جهت مقابله و نیز کاهش هزینه های خسارت بار ناشی از این تغییر بسیار ضروری می باشد. در ایران، روش های محاسباتی مربوط به پیدا نمودن آثار تغییر اقلیم در سری های زمانی به ندرت مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، منبع علمی که نشان دهد تغییر اقلیم احتمالی ایران با چه پدیدهٔ اقیانوسی - جوی بزرگ مقیاس در ارتباط است، پیدا نگردید. از روشهای ناپارامتری من-ویتنی و مقادیر تجمعی به منظور برآورد سال تغییر یا نقطهٔ تغییر در سری های زمانی بارش (سالانه، شش ماهه و فصلی) مناطق جنوب و جنوب غرب ایران برای دورهٔ زمانی ۱۹۹۹-۱۹۵۱ استفاده گردید. نتایج به دست آمده بیانگر آن بود که نقطهٔ عطف تغییر در روند بارش در نواحی مورد مطالعه، عموماً معطوف به اواسط دههٔ ۱۹۷۰ می‌باشد. نشان داده شد که بارش سالانه بعد از سال ۱۹۷۵ در تمامی ایستگاه های مورد مطالعه در مقایسه با قبل از این سال افزایش یافته است. بیشترین مقدار افزایش بارش سالانه در ایستگاه های شبانکاره، بندرعباس و بندر لنگه و کمترین آن در ایستگاه های بوشهر و شوشتر ملاحظه شد. در مقیاس فصلی، با وجودی که مقدار بارش دو فصل سرد سال (پائیز و زمستان) به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است، کاهش بارندگی فصول بهار و تابستان از خصوصیات قابل توجه این مطالعه بود. در مقیاس ماهانه، بارش ماه مارچ (اسفند- فروردین) بیشترین مقدار افزایش را نشان داد. نشان داده شد که نقطهٔ تغییر در مشاهدات بارش و نیز در سری زمانی شاخص نوسانات جنوبی هماهنگ می باشد. نتیجه گیری شد که پدیدهٔ النینیو- نوسانات جنوبی بر تغییرات اقلیمی ایران مؤثر است بطوری که افزایش شدت و تواتر پدیدهٔ النینیو (دورهٔ گرم) با روند افزایشی بارش فصول سرد مناطق جنوب مرکزی و جنوب غربی ایران در ارتباط می باشد.

واژه های کلیدی: تغییر اقلیم، نقطهٔ تغییر، بارش ماهانه، پدیده النینیو- نوسانات جنوبی، شاخص نوسانات جنوبی، النینیو، لانینا، ناپارامتری، من- ویتنی

مقدمه

از آنجایی که بعد از هوا، آب از اساسی ترین نیازهای بشر می‌باشد، تغییر اقلیم و تأثیر آن بر بارش که تأمین کننده اصلی منابع آب کشور می‌باشد، باید مورد توجه اقلیم شناسان، هواشناسان، مهندسین منابع آب و آب شناسان قرار گیرد. در صورت عدم توجه کافی، تغییرات آتی اقلیم می تواند از لحاظ کمی و کیفی لطمات جدی را به منابع آب و زیر بنای ساخت‌های اقتصادی و اجتماعی کشور وارد کند (۳). جهت آمادگی در برابر تغییرات نامطلوب احتمالی شرایط اقلیمی و نیز تغییر در وضعیت کیفی و کمی منابع آب و اتخاذ سیاستهای مناسب جهت کاهش خسارت ها، مطالعهٔ تغییرات آب و هوا و تأثیر آن بر این منابع اقدامی ضروری می باشد.

بورتسارت و پالانژ (۵)،کارل و همکاران (۷)، بر پایهٔ تجزیه و تحلیل داده ها دریافتند که در دو دههٔ گذشته، بخصوص برای بخش‌هایی از نیمکرهٔ شمالی، چرخهٔ هیدرولوژیک فعال‌تر از دهه‌های قبلی بوده است. روند افزایشی در مقادیر بارش، تبخیر و رواناب به عنوان شاخص‌هایی جهت نشان‌دادن چرخهٔ فعال‌تر هیدرولوژیک مورد توجه محققین

۱- دانشیار بخش مهندسی کشاورزی -آب، دانشگاه شیراز
۲- دانشیار بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز
۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم زمین، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۸۲/۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۸٤/۲/۲٦

www.SID.ir

Archive of SID

بوده است. در همین راستا و به منظور آشکارسازی و تشخیص تغییر اقلیم، فعالیت‌های زیادی جهت بررسی روند تغییرات بارش در دهه‌های اخیر انجام گردیده است. چن و همکاران(۶)، موریسی و گراهام(۱۰) اواسط دهۀ ۱۹۷۰ را به عنوان نقطۀ تغییر در سری زمانی داده های بارش و دما معرفی نمودند. کیلی (۹) تغییر اقلیم در ایرلند را با استفاده از داده‌های بارش و دبی مورد بررسی قرار داده و نتیجه گیری نموده است که، افزایش در بارش و دبی رودخانه های ایرلند در چند دهۀ اخیر با نوسانات فشار هوا در سطح اقیانوس اطلس شمالی[1] مرتبط می باشد.

کاتز و پارالانژ (۸)، ولهیستر و همکاران (۲۰) و ویلسون و لتنمایر (۱۹) دریافتند که الگوهایی در چرخۀ اتمسفری(بعنوان مثال فشار سطح دریا[2])، تأثیر معنی داری بر روی بارش و روند تغییرات آن دارند. بوگاردی و همکاران (۴) روند تغییرات فشار سطح دریا در دهه های اخیر و ارتباط آن با تغییرات بارش را مورد توجه قرار داده اند. علاوه بر SLP، پدیدۀ النینیو- نوسانات جنوبی[3] که در قالب تغییرات دمای سطح آب و یا تغییر فشار بین نواحی شرقی و غربی اقیانوس آرام حاره‌ای بیان می شود، نیز یکی دیگر از شاخص های تغییر اقلیم می باشد. شاخص نوسانات جنوبی یکی از نمایه هایی است که معرف گرادیان فشار در پهنۀ شرقی – غربی اقیانوس آرام حاره ای بوده و عموماً جهت بیان کمی شدت پدیدۀ ENSO مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱). حالت شدید النینیو(مقادیر فصلی SOI کمتر از ۵-) باعث خشکسالی در استرالیا، اندونزی و آفریقا و همچنین موجب وقوع سیل در پرو گردیده است. در مقابل پدیدۀ لانینا (مقادیر فصلی SOI بیشتر از ۵+) موجب افزایش بارش در استرالیا، اندونزی و نواحی اطراف شده و موجب بروز خشکسالی های شدید در پرو و اکوادور گردیده است (۱).

مطالعات انجام شده در سالهای اخیر نشان داده است که، پدیدۀ ENSO به عنوان یک عامل مهم جهت توجیه واریانس بارندگی در مناطق مختلف جهان به کار رفته است. این پدیده موجب اغتشاش زیاد در مسیر عمومی جریان آتمسفری شده و شرایط لازم برای وقوع خشکسالی و یا بارندگی مازاد در نقاط مختلف جهان را فراهم می سازد (۱). ناظم السادات (۱۲)، ناظم السادات و کوردری (۱۳ و ۱۴) و ناظم السادات (۱۳ و۱۶) نشان داده اند که پدیده ENSO تأثیر معنی داری بر نوسانات بارندگی پاییزه و زمستانه ایران دارد.

همچنین ناظم السادات (۱۵) نشان داده است که در زمستان، سرعت باد در سطوح فوقانی جو ایران متأثر از پدیدۀ ENSO می باشد. اخیراً ناظم السادات و قاسمی (۲) تأثیر پدیدۀ ENSO بر بارش شش ماههۀ سرد سال (شش ماههۀ پائیز و زمستان) نواحی جنوب مرکزی و جنوب غربی ایران را مورد مطالعه قرار داده اند. آنها نتیجه گیری نموده اند که وقوع فاز گرم ENSO (النینیو) موجب افزایش بارش و تر سالی شدید در این نواحی گردیده و برعکس فاز سرد آن (لانینا) باعث کاهش شدید بارش و خشکسالی گردیده است. در عین حال، بررسی های علمی به منظور اثبات تغییر اقلیم در بارش ایران و پیدا نمودن نقطۀ تغییر بندرت مورد توجه قرار گرفته است (منابع علمی یافت نگردید). علاوه براین، منابع معتبر علمی که نشانگر ارتباط بین تغییر در روند بارش در ایران و ویژگی‌های پدیدۀ ENSO باشد ملاحظه نشد.

با توجه به تأثیر پدیدۀ ENSO (النینیو و لانینا) بر بارش نواحی جنوب مرکزی و جنوب غربی ایران، اهداف این تحقیق عبارت بودند از:

1-North Atlanthic Oscillation (NAO)
2- Sea Level Pressure (SLP)
3- El Nino Southern Oscillation (ENSO)

www.SID.ir

Archive of SID

الف- بررسی تغییر اقلیم و پیدا نمودن نقطهٔ تغییر در داده های بارش این ناحیه و بررسی احتمالی ارتباط نقطهٔ تغییر با نوسانات SOI .

ب- بررسی موضوع تغییر اقلیم در مقیاس های مختلف زمانی شامل سری زمانی سالیانه، شش ماهه، فصلی و ماهانه.

ج- تعیین و مقایسهٔ نقطهٔ تغییر[1] در سری زمانی بارش و SOI .

د- ارزیابی و مقایسه مقادیر میانگین بارش و SOI برای دورهٔ قبل و بعد از نقطهٔ تغییر.

مواد و روش ها

داده های بلند مدت بارش ماهانه در ۱۱ ایستگاه واقع در استان های فارس، خوزستان، بوشهر و هرمزگان (شکل ۱) که دارای بیشترین طول دورهٔ آماری بودند انتخاب گردیدند. با توجه به آنکه ممکن است تغییر مکان ایستگاه های هواشناسی تأثیر محسوسی بر روی کیفیت داده ها ایجاد نمایند، از آزمون جرم مضاعف[2] جهت ارزیابی کیفیت داده های بارش استفاده گردید. نتایج حاصله بیانگر آن بود که از دیدگاه کلی و صرفنظر از بعضی جزئیات این داده ها از کیفیت مناسب و قابل اعتمادی برای مطالعه حاضر برخوردار می باشند. در جدول (۱) موقعیت جغرافیایی و طول دورهٔ زمانی سری بارش ماهانهٔ یازده ایستگاه مورد استفاده ارائه گردیده است. از بین ایستگاههای مورد مطالعه، ایستگاه های آباده (۹۹-۱۹۶۵)، بندر لنگه (۹۹-۱۹۶۶) و فسا (۹۹-۱۹۶۷) کمتر از ۴۰ سال، ایستگاه‌های آبادان، بوشهر، شیراز و شوشتر دارای ۴۹ سال و بقیه ایستگاه ها دارای ۴۰ سال داده بارش بودند که به طور مجزا آزمون‌های آماری روی آنها انجام گرفت. در مرحلهٔ بعدی، بر اساس سال آبی ایران سری‌های زمانی سالانه (اکتبر تا سپتامبر سال بعد)، شش ماههٔ اول (اکتبر تا مارچ سال بعد)، شش ماههٔ دوم (آوریل تا سپتامبر)، پائیز (اکتبر تا مارچ)، زمستان(ژانویه تا مارچ)، بهار (آوریل تا ژوئن) و تابستان(جولای تا سپتامبر) از میانگین گیری بارش ماهانه بدست آمد. بدین ترتیب، برای هر ایستگاه تعداد ۷ سری زمانی بارش جهت آزمون‌های مربوط به تعیین نقطهٔ تغییر فراهم گردید. چون در ایستگاه های مورد مطالعه، مقدار بارش فصل تابستان عموماً صفر یا نزدیک به صفر بود جهت آزمون آماری مورد استفاده قرار نگرفت.

علاوه بر بارش، سری زمانی ماهانهٔ SOI که بر اساس مطالعات تروپ (۱۸) و بوسیلهٔ سازمان هواشناسی استرالیا تهیه گردیده بود، برای دورهٔ زمانی ۱۹۹۹-۱۹۵۱ مورد استفاده قرار گرفت. سری‌های زمانی SOI نیز مشابه داده های بارش دسته بندی گردیدند.

به منظور تخمین نقطهٔ تغییر در سری‌های زمانی بارش، از آزمون های ناپارامتری پتیت - من - ویتنی[3] و مجموع تجمعی[4] که جزئیات آن توسط پتیت (۱۷) شرح داده شده است، استفاده گردید. در مرحلهٔ بعد، آزمون من ـ ویتنی- ویلکاکسون[5] نیز جهت تشخیص معنی‌دار بودن آماری نقاط تغییر به کار گرفته شد. این روش ها اخیراً توسط کیلی (۹) و به منظور بررسی تغییر اقلیم در ایرلند مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از این روش‌ها می‌توان نقطهٔ تغییر در هر یک از سری‌های زمانی (در صورت وجود) را مشخص نموده و احتمال معنی‌دار بودن آن را مشخص کرد. بدین ترتیب در هر سری زمانی بارش، نقطهٔ تغییر با بیشترین احتمال مشخص گردید. علاوه بر این، میانگین بارش برای

1- Change Point
2- Dobble Mass Curve

3-Pettit-Mann-Whitney
4- Cumulative sum
5- Mann-Withney -Willcoxon

www.SID.ir

Archive of SID

دوره های قبل و بعد از سال تغییر مورد مقایسه قرار گرفت.

در روش ناپارامتری پتیت- من -ویتنیی (۱۷) هر یک از سری های زمانی با T عنصر ($X_1,...,X_T$)، به صورت دو سری ($X_1,...,X_t$) و($X_{t+1},...,X_T$) در نظر گرفته می شود.

اندیس‌های U(t) و V(t) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$V_{t,T} = \sum_{j=1}^{T} \text{sgn}(X_t - X_j) \qquad (۱)$$

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + V_{t,T} \quad \text{for t=2,T} \qquad (۲)$$

$$U_{1,T} = V_{1,T} \qquad (۳)$$

$$\begin{aligned} &\text{sgn(x)=1} \quad \text{for } x>0 \\ &\text{sgn(x)=0} \quad \text{for } x=0 \\ &\text{sgn(x)=-1} \quad \text{for } x<0 \end{aligned} \qquad (۴)$$

نقطهٔ تغییر با بیشترین احتمال معنی داری، نقطه‌ای است که مقدار $|U_{t,T}|$ ماکزیمم باشد:

$$K_T = \max|U_{t,T}| \qquad (۵)$$

برای محاسبهٔ احتمال معنی‌داری[1] هر نقطه، p(t) از رابطهٔ زیر استفاده می گردد:

$$p(t) = 1 - \exp\left(\frac{-6U_{t,T}^2}{T^3 + T^2}\right) \qquad (۶)$$

برای یک سال معین، هر چه مقدار p(t) زیادتر باشد، آن سال با احتمال بیشتری نقطهٔ تغییر است. وقتی مقدار ($U_{T,t}$) بیشترین مقدار است، مقدار p(t) نیز حداکثر است. علاوه بر آزمون ذکر شده، از روش مجموع تجمعی نیز به منظور مشخص کردن تغییرات در سری زمانی بارش و تعیین نقطهٔ تغییر استفاده گردید. این روش به داده های پرت[2] در سری زمانی خیلی حساس می باشد، و در این شرایط نتیجهٔ معقولی را ارائه نمی دهد (۹). مجموع تجمعی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$S_j = \sum_{i=1}^{j} (X_j - k) \qquad (۷)$$

k مقدار میانگین سری زمانی می باشد.

مجموع تجمعی برای سری زمانی محاسبه گردیده و نتایج حاصله با نقطهٔ تغییر به دست آمده از روش آماری پتیت- من -ویتنی مطابقت داده شد. با استفاده از این روشها، فرضیه هیچ تغییر[3]، در صورتی که مقدار $Max|S_j|$ خیلی بـــــزرگ باشد (۷)، رد می شود.

جهت آزمـون معنـی داری نقـاط تغییـر از روش آماری من- ویتنی- ویلکاکسون که در ذیل توضیح داده شده، استفاده گردید.

آزمون آماری من- ویتنی- ویلکاکسون به ما اجازه می‌دهد فرضیه ای را تست کنیم که در آن میانگین های دو نمونه با هم برابر هستند. فرضیهٔ میانگین های برابر در صورتی رد می شود که:

$$|Z_c| \succ u_{1-\alpha/2} \qquad (۸)$$

مقدار $u_{1-\alpha/2}$ برحسب مقدار α (سطح معنی‌داری که در این تحقیق ۵٪ و ۱۰٪ انتخاب شد) از جدول توزیع نرمال قابل استخراج است. اندیس Z_c به صورت زیر محاسبه می شود:

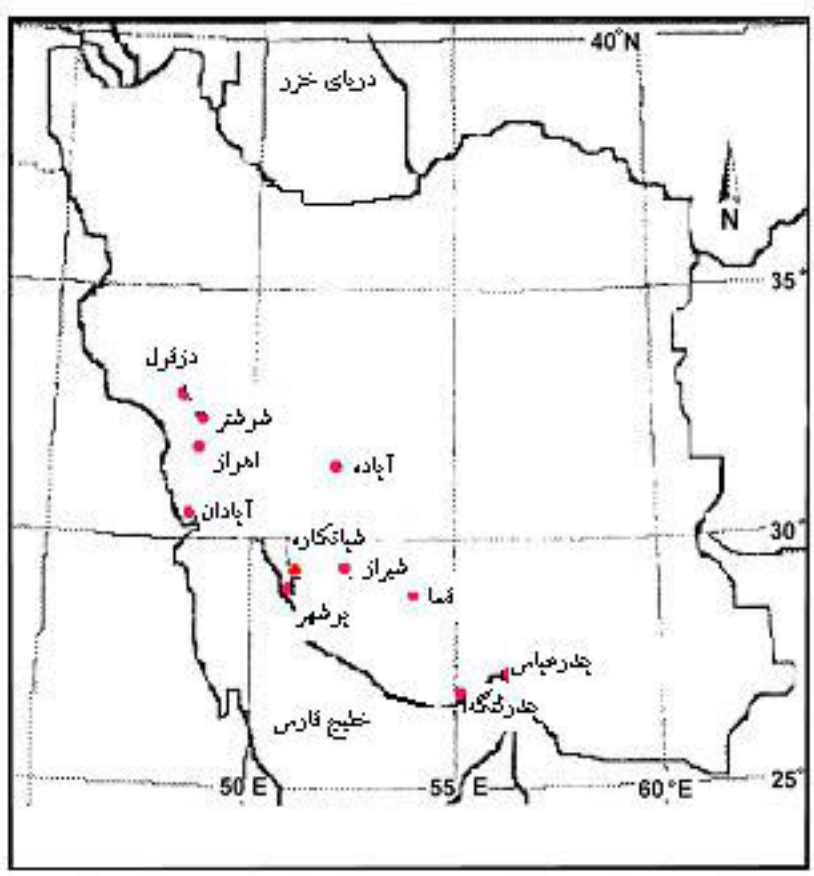
$$Z_c = \frac{w - \frac{m(T+1)}{2}}{\sqrt{\frac{m(T-m)(T+1)}{12}}} \qquad (۹)$$

برای محاسبهٔ متغیر w، سری زمانی واحد (متشکل از Tعنصر) به دو سری زمانی جدید که هر یک از آنها شامل حداقل ۸ عنصر باشد، با عناصر:$[X_1,...,X_m]$و $[Y_1,...,Y_{T-m}]$ تقسیم می‌شود (۲۱). متغیر w مجموعی از ترتیب (رنک[4]) $r(X_i)$ از عناصر سری اول $[X_1,...,X_m]$ با مرتب کردن عناصر هر دو سری (Y و X) به صورت افزایشی به دست می آید.

1-Significance probability
2- Outliers
3- No change
4 -Rank

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت ایستگاه های مورد مطالعه در جنوب و جنوب غرب کشور

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی، دورهٔ زمانی و طول دورهٔ آماری برای ایستگاه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول دوره	مدت (سال)
آبادان	۴۸:۱۵	۳۰:۲۲	۱۹۵۱ – ۱۹۹۹	۴۹
آباده	۵۲:۴۰	۳۱:۱۱	۱۹۶۵ – ۱۹۹۹	۳۵
اهواز	۴۸:۴	۳۱:۲	۱۹۵۷ – ۱۹۹۹	۴۳
بندر عباس	۵۶:۲۲	۲۷:۱۳	۱۹۵۷ – ۱۹۹۹	۴۳
بندر لنگه	۵۴:۵	۳۶:۳۵	۱۹۶۶ – ۱۹۹۹	۳۴
بوشهر	۵۰:۵	۲۸:۵۹	۱۹۵۱ – ۱۹۹۹	۴۹
دزفول	۴۸:۲۳	۳۲:۲۴	۱۹۵۹ – ۱۹۹۹	۴۱
فسا	۵۳:۴۱	۲۸:۵۸	۱۹۶۷ – ۱۹۹۹	۳۳
شبانکاره	۵۱:۶	۲۹:۲۰	۱۹۵۹ – ۱۹۹۹	۴۱
شیراز	۵۲:۳۵	۲۹:۳۲	۱۹۵۱ – ۱۹۹۹	۴۹
شوشتر	۴۸:۸	۳۲:۱	۱۹۵۱ – ۱۹۹۹	۴۹

www.SID.ir

Archive of SID

$$w=\sum_{i=1}^{m} r(X_i) \qquad (۱۰)$$

با توجه به تأثیر ENSO بر بارش جنوب غرب ایران، شاخص نوسانات جنوبی، به عنوان عاملی که می تواند در روند بارش تغییر ایجاد کند مورد آزمون قرار گرفت. همچنین – همزمانی نقاط تغییر برای داده های بارش و SOI ارزیابی گرفت.

نتایج و بحث

الف- تعیین نقطهٔ تغییر در سری زمانی بارش

تعیین نقطهٔ تغییر در سری زمانی بارش ایستگاه های دارای ۴۰ سال (۹۹-۶۰) داده بارش

در شکل (۲ الف) و (۲ ب)، مقادیر مجموع تجمعی و احتمال معنی داری ((P(t)) به ترتیب برای سری زمانی شش ماههٔ اول و سالانه در ایستگاه آبادان بعنوان نمونه نشان داده شده است. برای رعایت اختصار، از ارائه شکلهای مشابه برای سایر ایستگاهها اجتناب گردیده است. همانطور که مشاهده می شود، ماکزیمم مقدار این دو پارامتر که منطبق بر هم می باشند، نقطهٔ تغییر را برای سال ۷۱-۱۹۷۰ نشان می دهند. نقطهٔ تغییر در این ایستگاه برای سری های زمانی شش ماههٔ دوم، پائیز و زمستان به ترتیب سال ۷۲، ۷۰ و ۷۱ با سطح معنی داری ۵٪ (به استثنای شش ماههٔ دوم با سطح معنی داری ۱۰٪) به دست آمده است.

در جدول (۲)، نقاط تغییر در سری های زمانی بارش (در صورت وجود) و احتمال معنی داری آنها برای کلیهٔ ایستگاه ها برای یک دوره۴۰ ساله، ارائه شده است. مقدار احتمال برای سری‌های زمانی که بر اساس آزمون من- ویتنی- ویلکاکسون نقطهٔ تغییر واضحی در آنها مشاهده نشده است، در جدول ذکر نگردیده است. ارقام این جدول بیانگر آن است که نقاط تغییر مورد قبول در ایستگاه های مورد نظر عموماً در اواسط دههٔ ۱۹۷۰ متمرکز شده اند. این موضوع نشان می‌دهد که، تقریباً در نیمهٔ اول دههٔ ۱۹۷۰ تغییر واضحی در بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه رخ داده است.

تعیین نقطهٔ تغییر در سری زمانی بارش ایستگاه های دارای ۴۹ سال (۹۹-۱۹۵۱) داده بارش

ایستگاه‌های آبادان، بوشهر، شیراز و شوشتر دارای ۴۹ سال دادهٔ بارش بوده که آزمون مربوط به پیدا نمودن نقطهٔ تغییر بر روی آنها بطور جداگانه صورت گرفت. در شکل (۳)، مقادیر مجموع تجمعی و احتمال معنی‌داری برای سری زمانی شش ماههٔ اول و شش ماههٔ دوم در ایستگاه شوشتر ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، ماکزیمم مقدار این دو پارامتر که منطبق بر هم می باشند، سال ۷۱-۱۹۷۰ و ۱۹۷۶ را به عنوان نقاط تغییر به ترتیب برای شش ماههٔ اول و دوم مشخص می سازند. برای سری های زمانی فصول زمستان و بهار نقطهٔ تغییر در ایستگاه مورد نظر به ترتیب سال ۱۹۷۳ و ۱۹۷۶ تعیین گردیده است (در زمستان وجود نقطهٔ تغییر در سطح معنی داری ۱۰٪ تأئید شده است). برای آبادان نیز نقطهٔ تغییر داده های ۴۹ ساله عموماً معطوف به نیمهٔ اول دههٔ ۱۹۷۰ می باشد. در جدول (۳) نقاط تغییر موجود در سری های زمانی بارش و احتمال معنی داری آنها برای ۴ ایستگاه مورد نظر ارائه شده است. برای سری های زمانی که نقطهٔ تغییر واضحی در آنها مشاهده نشده است، در جدول مربوطه رقمی ارائه نشده است.

همان طور که در جدول (۳) مشاهده می گردد، نقاط تغییر مورد قبول در ایستگاه های بوشهر و شیراز عموماً مربوط به سال۵۸ -۱۹۵۷ می باشد. در نظر گرفتن سال ۱۹۵۷ به عنوان سال تغییر با دو اشکال مواجه می باشد، اول آنکه احتمال معنی‌داری (p(t)) خیلی بالا نمی باشد و دوم آنکه، بر اساس معیارهای ارائه شده توسط Pettitt (۱۷)، تعداد سالهای قبل و بعد از سال تغییر بایستی حداقل به ۸

www.SID.ir

Archive of SID

مورد برسد که این معیار در مورد سال ۱۹۵۷ صادق نمی باشد. بنظر می رسد که بارش‌های خیلی بیشتر از میانگین سالانه بخصوص در پاییز سال ۱۹۵۷ موجب پدیدار شدن آثار نقطهٔ تغییر در این سال باشد. همان طور که در بخش قبلی مشخص گردید، نقاط تغییر برای سری‌های زمانی بارش ایستگاه‌های بوشهر و شیراز در دورهٔ زمانی ۹۹-۱۹۶۰ اواسط دههٔ ۱۹۷۰ را نشان داده بودند و به همین دلیل سال ۱۹۷۵ به عنوان سالی که بیشترین احتمال تغییر را داشته است در نظر گرفته شد.

تعیین نقطهٔ تغییر در سری زمانی بارش ایستگاه های دارای کمتر از ۴۰ سال داده بارش

بطوری که در جدول (۱) ملاحظه می شود، ایستگاههای آباده، بندرلنگه و فسا دارای کمتر از ۴۰ سال داده می باشند. در شکل (۴)، مقادیر مجموع تجمعی و احتمال معنی داری ($P(t)$) برای سری زمانی شش ماههٔ دوم و پائیز در ایستگاه بندرلنگه ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، ماکزیمم مقدار این دو پارامتر که منطبق بر هم می‌باشند، نقاط تغییر را به ترتیب برای سال ۱۹۷۷ و ۱۹۷۸ نشان می دهند. برای سری های زمانی دیگر در ایستگاه مورد نظر نقطهٔ تغییر واضحی مشاهده نشده است. در جدول (۴) نقاط تغییر موجود در سری‌های زمانی بارش و احتمال معنی داری آنها برای ایستگاههای دارای کمتر از ۴۰ سال داده، ارائه شده است. برای سری های زمانی ای که نقطهٔ تغییر واضحی در آنها مشاهده نشده است، رقمی ارائه نشده است.

ملاحظه می گردد که، نقاط تغییر در سری های زمانی بارش ایستگاههای بندر لنگه و فسا عموماً اواسط دههٔ ۱۹۷۰ و در ایستگاه آباده ۱۹۸۱ می‌باشد. در مجموع، در دورهٔ زمانی کمتر از ۴۰ سال نیز در ایستگاه‌های مورد نظر سال تغییر عموماً در نیمهٔ دوم دههٔ ۱۹۷۰ متمرکز شده است. این موضوع نشان می‌دهد که، با توجه به کمبود داده‌های آماری، در نظر گرفتن سال ۱۹۷۵ به عنوان نقطهٔ تغییر در سری بارش این ایستگاه‌ها معقولانه می‌باشد.

ب- بررسی مقادیر بارش قبل و بعد از سال تغییر .

با توجه به نتایج حاصله قبلی، سال ۱۹۷۵ به عنوان نقطهٔ تغییر در روند بارش ایستگاه های مورد مطالعه انتخاب گردید. بررسی مقادیر بارش قبل و بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) در مقیاس ماهانه (اکتبر تا سپتامبر سال بعد) و غیر ماهانه (سالانه، شش ماهه و فصلی) در دو بخش بعدی ارائه گردیده است.

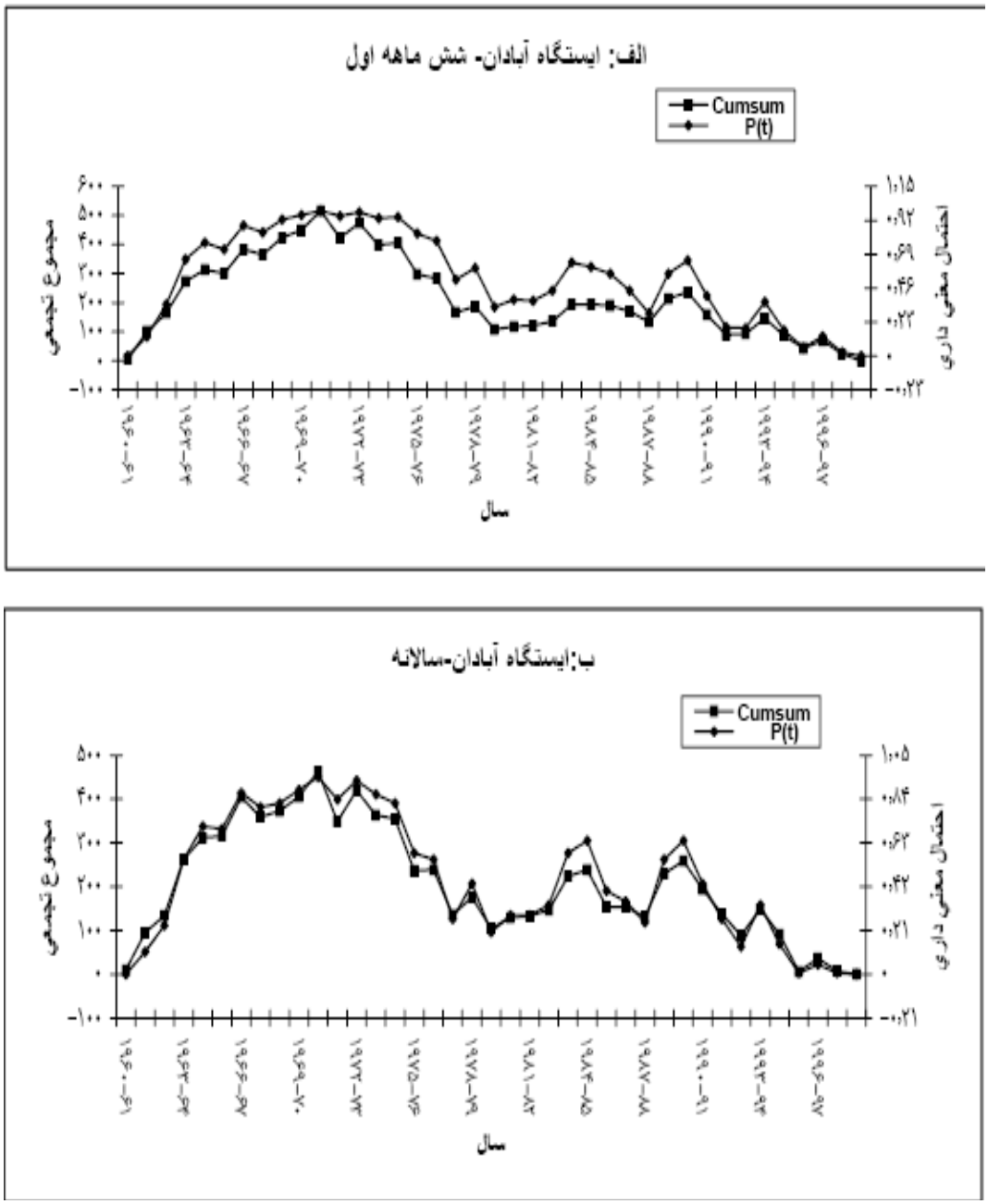
مقادیر بارش قبل و بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) در مقیاس ماهانه

میانگین بارش ماهانه در سری زمانی قبل (شامل سال تغییر) و بعد از سال تغییر (به استثناء سال تغییر) برای ایستگاه‌های شوشتر، شیراز، شبانکاره، فسا، بندر لنگه، اهواز، آباده، بوشهر، دزفول، بندر عباس، آبادان در شکل ۵ نشان داده شده اند. همانطور که در این شکلها مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار افزایش بارش بین دوران قبل و بعد از سال ۱۹۷۵ مربوط به ماههای مارچ و فوریه در فصل زمستان و دسامبر در فصل پائیز می‌باشد. کاهش بارش عموماً معطوف به ماههای فصل بهار است. به عنوان مثال در ایستگاه شیراز، افزایش قابل توجه بارش در ماههای دسامبر، فوریه و مارچ به ترتیب تا ۱۱٪، ۴۴٪ و ۴۶٪ را نشان می‌دهند. در مقابل، کاهش بارش ماه نوامبر و آوریل به ترتیب تا ۴۰٪ و ۳۸٪ مشاهده می گردد.

در استان خوزستان، شباهت زیادی بین نمودارهای مربوط به ایستگاههای آبادان، اهواز، دزفول و شوشتر وجود دارد. افزایش قابل توجه در مقدار بارش ماه مارچ و دسامبر این ایستگاه ها (به جز دسامبر در شوشتر) برای دوران بعد از سال ۱۹۷۵ چشم‌گیر می باشد. کاهش بارش برای ماه‌های آوریل، می و ژوئن نیز از ویژگیهای مشترک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- سری های زمانی مربوط به مجموع تجمعی و نیز احتمال معنی داری بارش شش ماهه اول (الف) و سالانه(ب) آبادان ۹۹-۱۹۶۰.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج آزمون آماری من - ویتنی برای سری های زمانی بارش در ایستگاههای دارای ٤٠ سال داده (۱۹۹۹-۱۹٦۰) در جنوب غرب کشور

نام ایستگاه	سری زمانی بارش					
	سالانه (An.)	شش ماهه اول (BA_1)	شش ماهه دوم (BA_2)	پائیز (Qu.1)	زمستان (Qu.2)	بهار (Qu.3)
آبادان	۷۰-۷۱	۷۰-۷۱	۷۲	۷۰	۷۱	۷۲
	۰/۹۴۵	۰/۹۸۵	۰/۶۹۶	۰/۸۹۷	۰/۸۹۱	۰/۶۹
اهواز	۷۲- ۷۳	۷۲- ۷۳	۷۵	۷۳	۷۹	۷۵
	۰/۹۷۳	۰/۷۸	۰/۹۵۱	۰/۷۳۴	۰/۶۱۲	۰/۹۵۱
بندر عباس	۷۲-۷۳	۷۲-۷۳	-	۷۳	۷۳	-
	۰/۹۷۳	۰/۹۲۹		۰/۸۱۱	۰/۸۵۹	
بوشهر	۷۰- ۷۱	۷۰-۷۱	-	۷۰	-	-
	۰/۷۵۸	۰/۸۱۱		۰/۸۱۱		
دزفول	۷۰-۷۱	۷۰-۷۱	۷۷	۷۰	۷۳	۷۷
	۰/۷۹۱	۰/۹۴۲	۰/۸۰۱	۰ /۷۵۸	۰/۸۱۱	۰/۸۲
شبانکاره	۷۰-۷۱	۷۰-۷۱	-	۷۳	۷۱	-
	۰/۹۶۱	۰/۹۷		۰/۷۵۲	۰/۹۷۴	
شیراز	۷۳- ۷۴	۷۴-۷۵	-	۷۳	۸۷-۷۱	۷۷
	۰/۸۱۱	۰/۹۰۹		۰/۸۳۸	۰ /۸۴۷	۰/۷۵۸
شوشتر	۶۸-۶۹	۷۳-۷۴	۷۶	-	۷۳	۷۶
	۰/۷۳۴	۰/۹۲۴	۰/۹۲۴		۰/۸۷۷	۰/۹۲۴

بالای خط افقی، سال تغییر را بیان می نماید. مقادیر احتمال کمتر از ٪۸۱ در سطح ٪۱۰ معنی دار است و مقادیر بزرگتر از آن در سطح ٪۵ معنی دار می باشد.

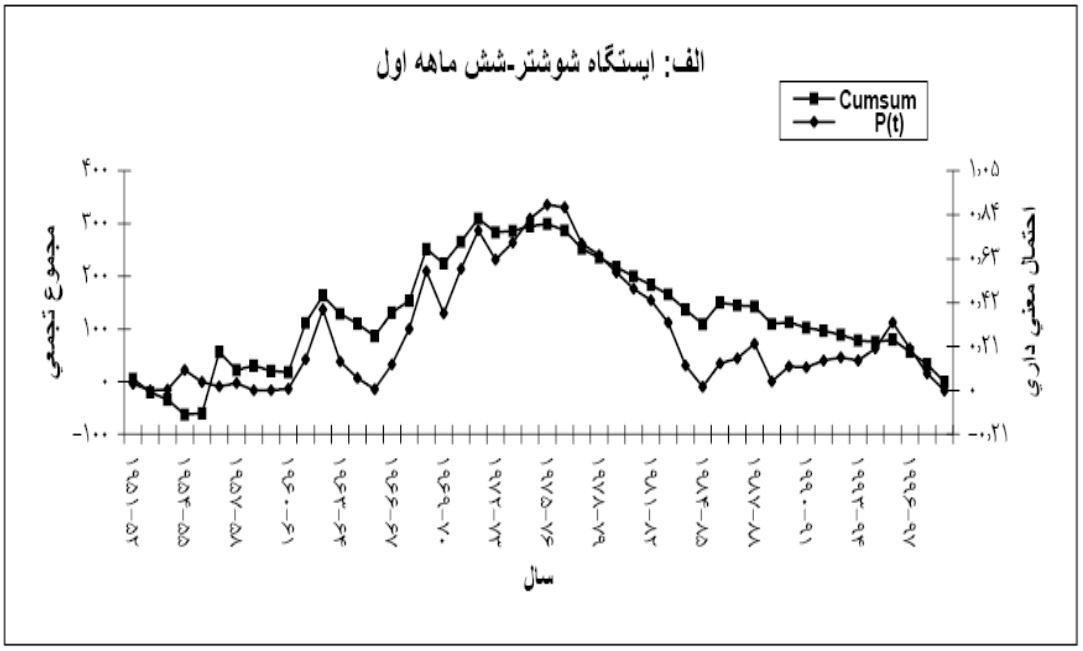
جدول ۳- نتایج آزمون آماری من- ویتنی برای سری های زمانی بارش در ایستگاههای دارای ٤۹ سال داده (۱۹۹۹-۱۹۵۱) در جنوب غرب کشور

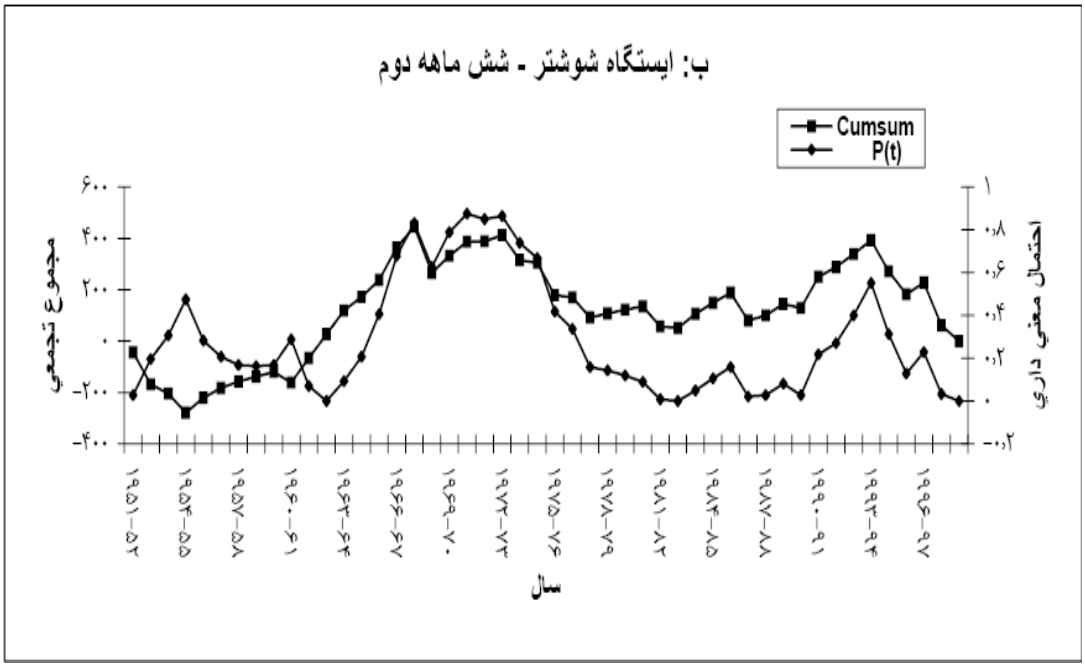
نام ایستگاه	سری های زمانی بارش					
	سالانه (An.)	شش ماهه اول (BA.1)	شش ماهه دوم (BA.2)	پائیز (Qu.1)	زمستان (Qu.2)	بهار (Qu.3)
آبادان	۷۲-۷۳[(۱)]	۷۲-۷۳	۷۲	-	۷۳	۷۲
	۰/۹۵۳	۰/۹۸۷	۰/۸۵۶		۰/۹۹۲	۰/۸۵۸
بوشهر	۵۸-۵۹	۵۸-۵۹	-	۵۷	-	-
	*۰/۵۸۱	*۰/۶۲۵		۰/۸۶۱		
شیراز	۵۷-۵۸	۵۷-۵۸	-	۵۷	۸۷	۷۷
	۰/۸۶۱	*۰/۸۰۳		۰/۹۰۸	۰/۸۸	*۰/۶۱۴
شوشتر	-	۷۰-۷۱	۷۶	-	۷۳	۷۶
		۰/۸۷۵	۰/۸۸۸		*۰/۷۹۹	۰/۸۸۸

(۱) بالای خط افقی، سال تغییر و پائین خط، احتمال معنی داری در سطح ٪۵ را بیان می نماید.
* نقاط تغییر مورد قبول در سطح معنی دار ٪۱۰.

www.SID.ir

Archive of SID

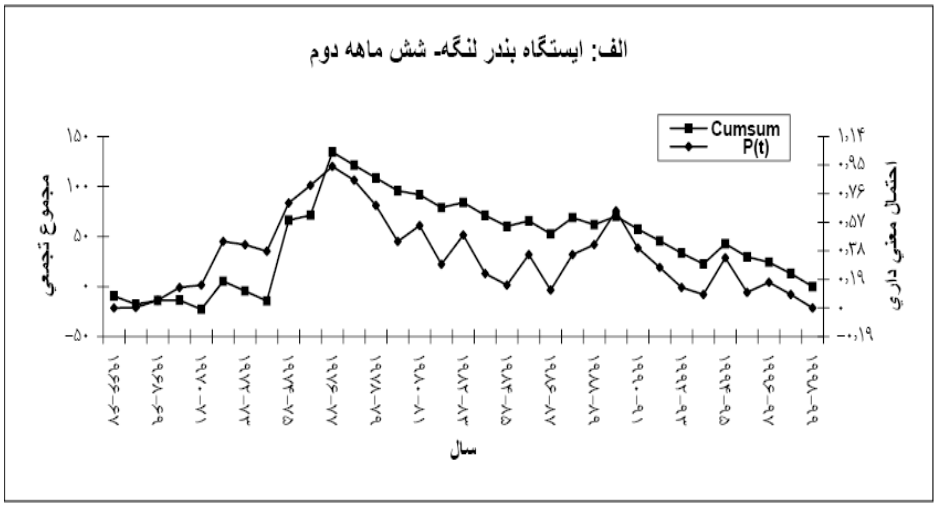


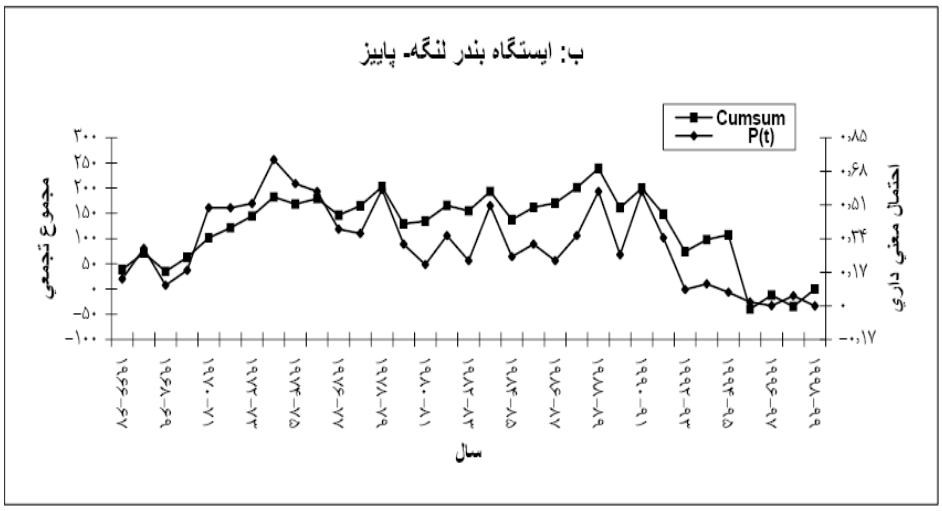


شکل۳- سری های زمانی مربوط .به مجموع تجمعی و نیز احتمال معنی داری بارش شش ماهۀ اول (الف) و شش ماهۀ دوم (ب) در شوشتر (۹۹-۱۹۵۱)

www.SID.ir

Archive of SID





شکل۴- سری های زمانی مربوط به مجموع تجمعی و نیز احتمال معنی داری بارش شش ماهۀ دوم (الف) و پائیز (ب) در بندر لنگه (۱۹۹۹-۱۹۶۶)

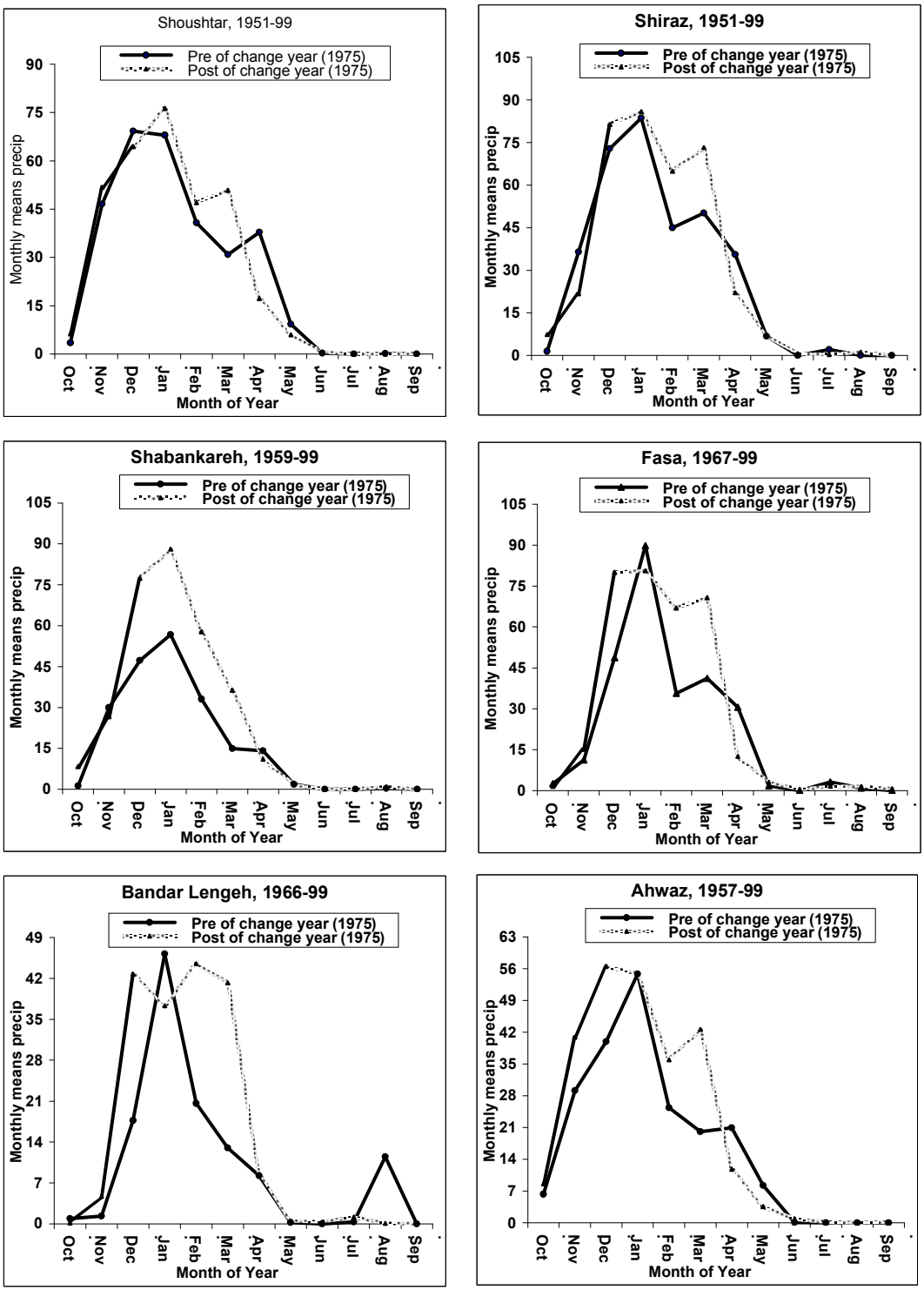
جدول ٤- نتایج آزمون آماری من - ویتنی برای سری های زمانی بارش در ایستگاه های دارای کمتر از ٤٠ سال داده در جنوب غرب کشور

نام ایستگاه	سری های زمانی بارش					
	سالانه (An.)	شش ماهه اول (BA.1)	شش ماهه دوم (BA.2)	پائیز (Qu.1)	زمستان (Qu.2)	بهار (Qu.3)
آباده	-	-	۸۱[(1)] ۰/۹٤	-	-	۸۱ ۰/۸٤٤
بندر لنگه	-	-	۷۷ ۰/۹٤	۷۸ ۰/۵۸۸	-	-
فسا	-	-	۷۷ ۰/۸۸	-	۹۰ ۰/۷۹	۷۷ ۰/۸۷

(۱)بالای خط افقی، سال تغییر و پائین خط، احتمال معنی داری در سطح ٪۵ را بیان می نماید.

www.SID.ir

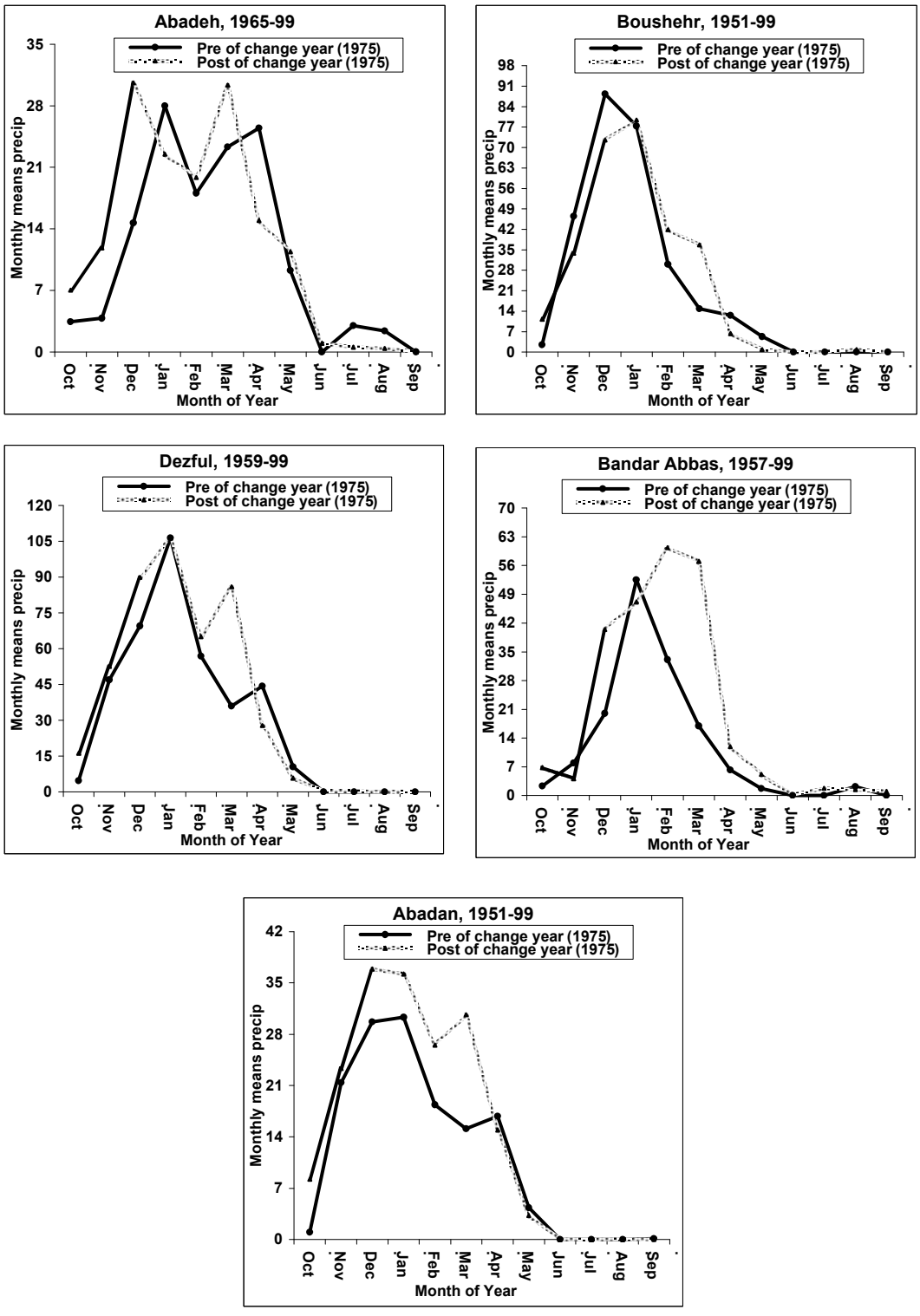
Archive of SID



شکل ۵- میانگین بارش ماهانه برای شهر های شیراز، شوشتر، فسا، شبانکاره، اهواز، و بندر لنگه برای سری زمانی قبل و بعد از سال تغییر (۱۹۷۵).

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه شکل ۵- میانگین بارش ماهانه برای شهرهای بوشهر، آباده، بندر عباس، دزفول، و آبادان برای سری زمانی قبل و بعد از سال تغییر (۱۹۷۵).

www.SID.ir

Archive of SID

این ایستگاه‌ها است. برای ایستگاه‌های ماه‌های آوریل، مه و ژوئن نیز از ویژگیهای مشترک این ایستگاه‌ها است. برای ایستگاه های بندرعباس و بندرلنگه در استان هرمزگان، افزایش بارش عموماً معطوف به ماه های دسامبر و مخصوصاً فوریه و مارچ می باشد. در مقابل، کاهش حدود ۵ تا ۱۰ میلی متری در بارش ماه ژانویه این دو ایستگاه قابل توجه می باشد. در این دو ایستگاه، روند کاهشی در بارش ماههای آوریل و مه در دوران بعد از ۱۹۷۵ ملاحظه نمی‌گردد، و از این دیدگاه از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه متمایز می باشند. مقدار بارش ماه ژانویه در بسیاری از ایستگاههای جنوبی کشور تمایل اندکی به کاهش نشان می‌دهد. افزایش قابل ملاحظهٔ بارش در ایستگاه شبانکاره که شکل آن شباهتی با شکل مربوط به بوشهر یا شیراز ندارد، تعجب آور می باشد. برای دو ایستگاه شیراز و بوشهر تمایل به افزایش بارش زمستانه و کاهش بارش بهاره برای دوران بعد از ۱۹۷۵ قابل ملاحظه است. در این دو ایستگاه، بارش پائیزه نیز برای این دوران میل به کاهش نشان می دهد.

مقادیر بارش قبل و بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) در مقیاس فصلی، شش ماهه و سالانه

در جدول (۵)، درصد کاهش یا افزایش میانگین بارش سالانه، شش ماههٔ اول، شش ماههٔ دوم و فصول پائیز، زمستان، بهار و تابستان در سری زمانی بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) برای کلیهٔ ایستگاهها ارائه گردیده است. به عنوان مثال، در ایستگاه شیراز میانگین بارش زمستانه بعد از سال تغییر افزایش ۲۵/۴٪ را نشان می‌دهد. در مقابل بارندگی در فصول پائیز، بهار و تابستان این شهر به ترتیب با کاهش، ۰/۱٪ ، ۲۹/۲٪ و ۲۴/۳٪ روبرو می باشد. میانگین بارش نیمسالهٔ اول (پائیز و زمستان) افزایش ۱۵/۶٪ و نیمسالهٔ دوم (بهار و تابستان) کاهش ۲۹/۲٪ را نشان می‌دهد. در مجموع، میانگین بارش سالانه شیراز قبل از سال تغییر ۳۳۳/۹ میلی‌متر و بعد از سال تغییر ۳۶۶/۰۴ میلی متر می‌باشد، که افزایش ۹/۶٪ را نشان می‌دهد. این مقادیر برای سایر ایستگاه ها نیز محاسبه و ارائه شده است.

بر اساس ارقام ارائه شده در جدول (۵)، در مقایسه با دوران قبل از سال تغییر، بارش سالانه در کلیهٔ ایستگاه‌ها افزایش یافته است. افزایش بارش در شش ماههٔ سرد سال، که حدود ۹۰٪ کل بارش سالانهٔ بسیاری از ایستگاه‌ها را شامل می‌شود، عامل اصلی روند فزاینده در بارش سالانه است. بیشترین مقدار این روند مربوط به ایستگاه های بندرعباس، شبانکاره و بندر لنگه است که به ترتیب با افزایش ۶۶٪، ۵۴/۷٪ و ۵۱/۱٪ همراه می‌باشند. در مقابل، کمترین مقدار مربوط به ایستگاه‌های بوشهر، شوشتر و شیراز به ترتیب با ۲/۳٪ ، ۴/۶٪ و ۹/۶٪ افزایش بارش بعد از سال تغییر می‌باشند. یادآور می شود که افزایش بارش بهاره و تابستانه بندرعباس نبز مربوط به بارش استثنایی در یک سال خاص می باشد و نمایشگر روند دائمی و مستمر افزایش بارش در این فصول نیست.

همان طور که در جدول ۵ نشان داده شده است در مقایسه با دوران بعد از سال ۱۹۷۵ مقدار بارش پاییزه در ایستگاه‌های بوشهر و شیراز کاهش نشان می‌دهد که بر خلاف سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. عمده ترین علت این امر بارش پائیزه فوق العاده زیاد در سال ۱۹۵۷ در این دو ایستگاه می باشد. متأسفانه برای این سال داده های ثبت شده‌ای غیر از این دو ایستگاه وجود نداشت که به توان دقت آنها را ارزیابی نمود. در صورتی که داده‌های پاییز این سال از مجموعه محاسبات حذف شود مانند سایر ایستگاه‌های جنوب، میانگین بارش پاییزه این دو ایستگاه نیز بعد از سال ۱۹۷۵ روند افزایشی داشته است. در بندرعباس مقدار بارش برای ماه می ۱۹۸۱ برابر ۱۱۱ میلی متر ثبت شده است که چنین بارشی برای ایستگاه بندر لنگه به ثبت نرسیده و افزایش زیاد بارش بهاره در جدول ۵ (ایستگاه بندرعباس)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- درصد کاهش(D) یا افزایش (I) میانگین بارش سالانه، شش ماههٔ اول، شش ماههٔ دوم و فصل پائیز، زمستان، بهار و تابستان در سری زمانی بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) برای کلیهٔ ایستگاه های جنوب غرب کشور

نام ایستگاه	بعد از سال تغییر۱۹۷۵						
	سالانه (An.)	شش ماهه اول (BA.1)	شش ماهه دوم (BA.2)	پائیز (Qu.1)	زمستان (Qu.2)	بهار (Qu.3)	تابستان (Qu.3)
آبادان	I ۳۱/۳٪	I ۳۹/۶٪	D ۱۳/۸٪	I ۳۱/۵٪	I ۴۶/۲٪	D ۱۳/۷٪	D ۲۳٪
آباده	I ۱۴/۴٪	I ۳۳/۸٪	D ۲۹/۵٪	I ۱۲۵٪	I ۴/۷٪	D ۲۱/۳٪	D ۸۲/۴٪
اهواز	I ۲۴/۹٪	I ۳۶/۳٪	D ۴۳/۶٪	I ۴۰/۸٪	I ۳۳٪	D ۴۴/۶٪	I ۲۹۰٪
بندر عباس	I ۵۲٪	I ۶۲/۵٪	I ۳۰٪	I ۷۰٪	I ۶۰٪	I ۳۵٪	I ۹۵/۸٪
بندر لنگه	I ۵۱/۱٪	I ۷۱/۲٪	D ۴۷/۷٪	I ۹۸٪	I ۵۴/۲٪	D ۹/۵٪	D ۸۸/۸٪
بو شهر	I ۲/۳٪	I ۶/۲٪	D ۵۴/۲٪	D ۱۴/۳٪	I ۲۹/۳٪	D ۵۹/۲٪	-
دزفول	I ۱۹/۹٪	I ۲۹/۸٪	D ۳۷/۸٪	I ۳۱/۱٪	I ۲۹/۱٪	D ۳۸/۳٪	I ۱۲۰٪
فسا	I ۲۶/۲٪	I ۳۷/۵٪	D ۴۵/۵٪	I ۵۴/۷٪	I ۳۱٪	D ۵۰/۳٪	D ۶/۵٪
شبانکاره	I ۵۴/۷٪	I ۶۰/۹٪	D ۱۵/۲٪	I ۴۳/۴٪	I ۷۴٪	D ۱۹/۶٪	I ۲۰۹٪
شیراز	I ۹/۶٪	I ۱۵/۶٪	D ۲۹/۲٪	D ۰/۱٪	I ۲۵/۴٪	D ۲۹/۵٪	D ۲۴/۳٪
شوشتر	I ۴/۶٪	I ۱۴/۵٪	D ۴۹/۶٪	I ۲/۶٪	I ۲۴/۷٪	D ۴۹/۸٪	D ۳۰/۷٪

www.SID.ir

Archive of SID

مربوط به این سال است. در طول دوره مورد مطالعه برای ماه مه دو بار بارش در ایستگاه بندر عباس به ثبت رسیده که مورد دوم در سال ۱۹۶۳ به میزان ۳۰ میلی متر می باشد و در بقیه موارد مقدار بارش صفر گزارش شده است. در صورت حذف سال ۱۹۸۱ از محاسبات، بارش بهاره ایستگاه بندرعباس نیز مانند سایر ایستگاه ها برای دوران بعد از سال ۱۹۷۵ روند کاهنده را نشان می دهد.

بر اساس شکل ۵، بیشترین روند فزاینده در بارش دو ماه آخر سال (۱۱ بهمن تا ۱۱ فروردین) قابل ملاحظه می باشد. همچنین روند کاهشی بارش در ماه آوریل و بعضاً نوامبر ایستگاه ها حاکی از آن است که محدودهٔ ماه‌های همراه با بارندگی در حال کاهش می باشد. به بیان دیگر، اگر چه بر اساس جدول (۴) مقدار کل بارش سالانه در حال افزایش بوده است، مقادیر بارش در شش ماههٔ دوم (بهار و تابستان) و بعضاً پائیز، روند کاهنده ای را داشته است. ادامهٔ این روند به مفهوم آن است که، تقاضا برای آب آبیاری و مقدار تبخیر و تعرق در طول فصل رشد، افزایش می یابد. رودخانه ها بیشتر در معرض خشک شدگی فصلی قرار خواهند گرفت و سیلابهای زمستانه از احتمال وقوع بیشتری برخوردار خواهند شد. در عین حال، نرخ افزایشی بارش در ایستگاه های جنوب غرب کشور به خصوص برای سه ماههٔ زمستان، سیکل هیدرولوژی فعال تر در این ماه ها را توجیه می کند، و می تواند عاملی برای وقوع سیلاب در سال‌های اخیر در جنوب غرب کشور قلمداد گردد.

ج- بررسی مقادیر SOI قبل و بعد از سال تغییر

با توجه به اینکه اکثر نقاط تغییر شاخص در بارش ایستگاه‌های جنوب غرب کشور اواسط دههٔ ۱۹۷۰ بوده است، سری زمانی SOI برای قبل و بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) مورد سنجش قرار گرفت. تغییرات میانگین ماهانه SOI برای سری زمانی قبل و بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) در شکل (۶) آورده شده است. ملاحظه می شود که برای دوران قبل از سال ۱۹۷۵، برای کلیه ماه ها، مقدار SOI بیشتر از دوران بعد از این سال می باشد. این شکل بیانگر آن است که دوران قبل و بعد از این سال می تواند به ترتیب بصورت دوران‌هایی که تواتر و شدت پدیده‌های لانینا و النینیو شدیدتر بوده است، مشخص گردد. میانگین SOI در فصول پائیز، زمستان، بهار و تابستان برای دوران قبل از سال تغییر (۱۹۷۵) به ترتیب برابر ۵/۷۲، ۴/۴۵، ۴ و ۷ بدست آمده است. برای دوران بعد از سال تغییر (۱۹۹۹-۱۹۷۶) این مقادیر به ترتیب به ۱۲/۹-، ۱۲/۴-، ۷/۳- و ۹/۲- تغییر یافته اند. میانگین سالانهٔ SOI برای دوران قبل و بعد از سال تغییر به ترتیب ۲۱/۲ و ۴۲- می‌باشد. مقایسهٔ این ارقام، تغییر در ویژگیهای پدیدهٔ ENSO برای دوران قبل و بعد از ۱۹۷۵ را مورد تأئید قرار می دهد.

با توجه به تأثیر پدیدهٔ ENSO بر بارش ایران، افزایش بارش ایستگاه های جنوب غرب می تواند به افزایش وقوع پدیدهٔ النینیو بعد از سال تغییر نسبت داده شود. افزایش بارش در نیم سال اول و کاهش بارش در نیم سال دوم، بیان کنندهٔ تأثیرات مثبت و منفی افزایش النینیو بعد از سال تغییر می‌باشد. افزایش پدیدهٔ النینیو بعد از سال تغییر موجب افزایش بارش در فصول پائیز و به ویژه زمستان گردیده است. شواهد بدست آمده بیانگر آن است که وقوع پدیدهٔ النینیو موجب کاهش بارش در فصل بهار شده است. در عین حال بنظر می رسد که در مقیاس ماهیانه، تأثیر پدیدهٔ ENSO بر بارش زمستانه از یک ماه به ماه دیگر متفاوت می باشد. این طور استنباط می‌شود که وقوع النینیو موجب می‌گردد که در ماه ژانویه بارندگی تمایل به کاهش و در ماه‌های فوریه و مخصوصاً مارچ تمایل به افزایش داشته باشد. درماههای پائیز نیز تأثیر وقوع النینیو بر افزایش بارش ماه دسامبر بیشتر از ماه‌های اکتبر و نوامبر می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

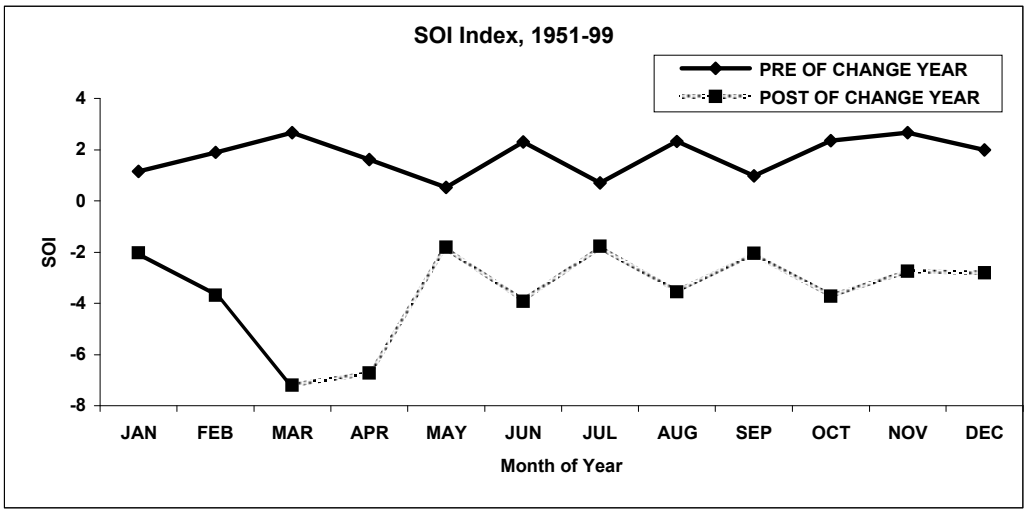
به منظور بررسی تغییر اقلیم و پیدا نمودن نقطهٔ تغییر در سری زمانی بارش، داده های بارش ماهانه در ایستگاههای جنوب غرب کشور(بالغ بر ۴ دهه) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. معلوم گردید که در دوران بعد از سال ۱۹۷۵ مقدار بارش سالانه در تمام ایستگاه ها نسبت به دوران قبل از این تاریخ افزایش داشته است. بر اساس آزمون‌های ناپارامتری من- ویتنی و مجموع تجمعی، سال تغییر در سری‌های زمانی بارش عموماً در اواسط دههٔ ۱۹۷۰ تشخیص داده شد.

سال ۱۹۷۵ به عنوان نقطهٔ تغییر در نظر گرفته شد و مقادیر بارش هر ایستگاه برای دوران قبل و بعد از سال تغییر محاسبه گردید. در مقایسه با سالهای قبل از ۱۹۷۵، میانگین بارش ماهانه بعد از این سال در ماه های دسامبر، فوریه و مارچ افزایش چشم‌گیری داشته است.

بارش این ماه ها تا حدود ۶۰٪ بارش سالانه جنوب غرب کشور را در بر می گیرد. افزایش بارش بعد از سال تغییر می تواند توجیهی برای تغییر اقلیم در این ناحیه از کشور قلمداد گردد. برای دوران ۲۵ ساله اخیر سیکل هیدرولوژی فعالتری در این ماه‌ها مشاهده شده که افزایش تواتر وقوع سیلاب در جنوب غربی کشور را تا حدودی توجیه می نماید.

برای دوران بعد از سال تغییر، کاهش دوره بارش و نیز کم شدن مقدار بارش بهاره و تابستانه از ویژگی های عمده دوران بعد از سال تغییر تشخیص داده شد. کاهش دورهٔ بارش می تواند الگوی کشت، زمان و نحوهٔ مصرف آب را تغییر دهد. این امر به مفهوم آن است که طول دوره همراه با بارندگی و ابرناکی هوا در فصول گرم سال رو به کاهش است. افزایش بارندگی در ماه های سرد سال و کاهش آن در ماه های گرم پیامدهای زیست محیطی فراوانی را به دنبال دارد که بایستی مورد توجه کارشناسان علوم کشاورزی، دامپروری، هیدرولوژی، صنایع و بسیاری از بخش‌های اجتماعی- اقتصادی قرار گیرد.

میانگین شاخص ماهانهٔ SOI برای دو دورهٔ متمایز ۷۵-۱۹۵۱ و ۹۹-۱۹۷۶ مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که، میانگین شاخصSOI بعد از سال تغییر (۱۹۷۵) کاهش داشته است. این



شکل ٦- تغییرات میانگین ماهانه SOI قبل و بعد از سال تغییر(۱۹۷۵)

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش به مفهوم آن است که در دوران بعد از سال ۱۹۷۵ تعداد وقایع و طول پدیده النینیو بیشتر از دوران قبل از این سال بوده است. مشخص گردید که وقایع النینیو بعد از سال ۱۹۷۵ بیشتر از دوران قبل از این سال اتفاق افتاده است. می توان نتیجه گرفت که افزایش بارش سالانهٔ ایستگاه های جنوب غرب کشور که عموماً ناشی از افزایش بارش در سه ماههٔ دسامبر، فوریه و مارچ بعد از سال تغییر بوده است، می تواند با کاهش مقدار SOI مرتبط باشد.

سپاسگزاری

از مدیریت طرح محوری گندم و صندوق بیمه محصولات کشاورزی به خاطر پشتیبانی از این طرح تحقیقاتی و نیز از سازمان هواشناسی به خاطر تأمین بخشی از داده های مورد نیاز تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. از معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز جهت پشتیبانی از طرح‌های بین دانشگاهی تشکر می‌گردد.

منابع

۱- ناظم السادات، م. ج. ۱۳۸۰. آیا باران می بارد؟ خشکسالی و بارندگی مازاد در ایران و ارتباط آنها با پدیده النینیو- نوسانات جنوبی. انتشارات دانشگاه شیراز. چاپ اول.۱۰۴ صفحه.

۲- ناظم السادات، م. ج. و قاسمی،و ا.ح. ۱۳۸۲. بارندگی شش ماهه سرد مناطق مرکز و جنوب غربی ایران و ارتباط آن با پدیده النینیو- نوسانات جنوبی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان. جلد ۷. شماره۳. صص ۱-۱۲.

3- Askew, A. J. (1987). The Influence of Climate Change and Climate Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources, Proceedings of a symposium held during the XIX Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics at Vancouver, August 1987. Edited by S. I. Solomon, M. Beran & W. Hogg. Publ. no. 168, 1987, 640 + xiv pages, ISBN 0-947571-26-4.

4- Bogardi, I., I. Matyasovszky, A. Bardossy, and L. Duckstein.(1993).Application of a space-time stochastic model for daily precipitation using atmospheric circulation patterns. Journal of Geophysical Research. 98(D9):16 653-67.

5-Brutsaert, W., and M. B. Parlange.(1998). Hydrologic cycle explains the evaporation paradox. Nature. 396(5): 30.

6- Chen, T.S., J. M.. Chen, and CK. Wikle.(1997). International variation in US Pacific coast precipitation over the past four decades. Bulletin of the American Meteorological Society 77(6): 1197-205.

7-Karl, T. R., R. W. Knight, D. R. Easterling and R. C. Quayle, 1996. "Indices of climate change for the United States, Bulletin of the American Meteorological Society 77(2):279-292.

8- Katz, RW. and M. B. Parlange,.(1993). Effects of an index of atmospheric circulation on stochastic properties of precipitation. Water Resources Research. 29: 2335-44.

www.SID.ir

Archive of SID

9- Kiely,G. (1999). Climate change in Ireland from precipitation and streamflow observations. Advances in Water Resource 23: 141-151.

10- Morrissey, M.L. and N.E. Graham.(1996). Recent trends in rain gauge precipitation measurements from the Tropical Pacific. Bulletin of the American Meteorological Society. 77(6): 1207-19.

11- Mortsch, L., H. Hengeveld, M. Lister, B. Lofgren, F. Quinn, M. Slivitzky, and L. Wenger. (2000). Climate change impacts on the Hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence system. Canadian W.R.J. 25(2): 153- 179.

12- Nazemosadat, M. J. (1999). The impact of ENSO on autumnal rainfall in Iran, Drought News Network, 11: 15-19.

13- Nazemosadat, M.J. and I. Cordery, (2000a). On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran, International Journal of Climatology, 1:47-62.

14- Nazemosadat, M J. and I. Cordery, 2000. The impact of ENSO on winter rainfall in Iran. 3th International Hydrology and Water Resources Symposium. Australia. novamber. 2000. pp110.

15- Nazemosadat, M.J. (2001a). Winter rainfall in Iran: ENSO and aloft wind interactions. Iranian Journal of science and Technology. 25: 611-624.

16-Nazemosadat, M.J. (2001b). The Influence of the Caspian Sea Surface Temperature on the Rainfall over Northern parts of Iran., 2nd national conference of the Royal Meteorological society, 12-14 September, England. P 106.

17- Pettitt, A. N. (1979). A nonparametric approach to the change point problem. Applied Statistics, 28(2): 126-135.

18- Troup, A. j. (1965). The Southern Oscillation. Quarterly Journal of the royal Meteorological Society. 91: 490-506.

19- Wilson, LL. Lettenmaier, DP. (1992). A hierarchical stochastic model of large scale atmospheric circulation patterns and multiple station daily precipitation. Journal of Geophysical Research. 97(D3): 2791-809.

20- Woolhiser, DA., T.O. Keefer and K.T. Redmond.(1993). Southern oscillation effects on daily precipitation in the south-western United States. Water Resources Research. 29(4): 1287-95.

www.SID.ir