

آشکار سازی تغییرات بارش ماهانه ایستگاه اهر در ارتباط با الگوهای پیوند از دور *

دکتر علی محمدخورشید دوست

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

Email: khorshid@tabrizu.ac.ir

یوسف قویدل رحیمی

دانشجوی دکترای جغرافیای طبیعی (اقلیم شناسی) دانشگاه اصفهان

چکیده

در این مقاله با استفاده از داده های بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک اهر در یک بازه بلند مدت ۴۷ ساله از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۶ میلادی، نوسانات بارش و روند تغییرات بارش مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج استفاده از آزمون من - کندال حاکی از معنی داری تغییرات بارش ماه های جولای و اگوست ایستگاه اهر است. تحلیل های آماری رابطه بارش های ماهانه ایستگاه اهر با الگوهای پیوند از دور را مورد تایید قرار داد که در این راستا رابطه بارش های پاییزی با الگو جوی - اقیانوسی ال نینو شاخص نوسان جنوبی موسوم به انسو در فاز گرم یا ال نینو موجب افزایش بارش و در فاز سرد یا لانینا موجب خشکسالی می شود. رابطه بارش های زمستانی با الگوهای پیوند از دور نوسانات اطلس شمالی و الگوی نوسانات اقیانوس منجمد شمالی (شمالگان) معنی دار بوده به نحوی که در فاز منفی نوسانات اطلس شمالی کثرت سیکلون های وارد شده به منطقه بارش اهر افزایش و در فاز مثبت به علت غلبه آنتی سیکلون یا پرفشار آזור بارش کاهش می یابد. آزمون مدل نمرات استاندارد شده بارش برای ارزیابی دوره های مرطوب و خشک ماهانه نیز این موضوع را تداعی کرد که وقوع گاه به گاه دوره های خشک در ایستگاه اهر اجتناب ناپذیر است. استقلال دوره های خشک و مرطوب ماهانه از همدیگر از دیگر نتایج این مطالعه می باشد.

واژه های کلیدی: بارش ماهانه، دوره های مرطوب و خشک، آزمون من - کندال، پیوند از دور، اهر.

مقدمه

بارش پر نوسان ترین عنصر اقلیم است و با تولید سیل یا خشکسالی محیط را به سوی بی ثباتی سوق می دهد. مسئله خشکسالی به عنوان مهمترین پدیده افراطی اقلیمی از معضلات محیطی در اغلب کشورهای جهان به ویژه ایران است و به هنگام وقوع، شدیداً بر منابع آب و متعاقب آن بر کشاورزی، بهداشت، صنعت و سایر موارد زندگی

* مستخرج از طرح پژوهشی مصوب تحت عنوان: تحلیل و مدل سازی نوسانات بارش، دوره های مرطوب و خشک و نقش الگوهای های جوی - اقیانوسی کلان مقیاس در بارش های اهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.

اثرات منفی می گذارد. در مقایسه با دیگر بلایای طبیعی خسارات اقتصادی، اجتماعی و جانی ناشی از خشکسالی از شدت و دامنه به مراتب وسیع تری برخوردار است (Keneth, 1999, p41). پدیده خزنده و مخرب خشکسالی در طول ادوار تاریخی خسارات فراوانی در ایران به بار آورده است. یکی از مهم ترین اسناد موجود در باره خشکسالی در ایران کتیبه ای از داریوش در تخت جمشید است که در آن از خشکسالی به عنوان دومین معضل ایران یاد شده است (شکل ۱).



خداوند این کشور را از دشمن، از خشکسالی، از دروغ محفوظ دارد

شکل ۱- کتیبه داریوش در تخت جمشید (قویدل رحیمی، ۱۳۸۱، ص ۱۶)

فرج زاده و همکاران (۱۳۷۴، ص ۳۱) بر مبنای بارش و چند روش آماری خشکسالی های ایران را با عنایت به ویژگی های فضایی - زمانی آن مورد مطالعه قرار داده اند. خوش اخلاق (۱۳۷۷، ص ۲۵ تا ۲۱۰) در تحقیقی سینوپتیک اقدام به مطالعه دوره های خشک و مرطوب ایران نموده و خشکسالی های فراگیر ایران را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. قویدل رحیمی و جهانبخش (۱۳۸۱، ص ۶) ماه های مرطوب و خشک آذربایجان شرقی را با استفاده از نمایه SPI مورد مطالعه قرار داده و همبستگی موجود بین فراوانی وقوع و طول دوره های مرطوب و خشک را محاسبه نموده و با توجه به فراوانی وقوع ماه های خشک و مرطوب نقشه خطر خشکسالی را به روش سوییسی ترسیم نموده است. زاهدی و قویدل رحیمی (۱۳۸۱، ص ۱۳) بر مبنای شاخص «مک کال» و سری زمانی «هالت- وینتر» اقدام به پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی های حوضه دریاچه ارومیه نموده و به این نتیجه رسیده اند که در سال های مورد پیش بینی، بارش ایستگاه ها غالباً در حالت نرمال خواهند بود و خشکسالی شدیدی را برای ایستگاه ها پیش بینی نموده اند. خورشیددوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۳، ص ۲۵) با استفاده از شاخص SPI به تحلیل زمانی- مکانی دوره های مرطوب و خشک زمستانی آذربایجان شرقی روی آورده و با استفاده از سری های زمانی، بارش زمستانه سال های آتی را مورد پیش بینی قرار داده اند. آزمون مدل های مختلف ارزیابی ترسالی و خشکسالی در آذربایجان شرقی نشانگر برتری مدل SPI در مقیاس استانی بوده است (قویدل رحیمی ۱۳۸۳، ص ۱). کاربرد انواع نمایه های مبتنی بر بارش و محدودیت ها و مزایای هر یک از نمایه ها در ایستگاه های آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار گرفته و از میان روش های متعدد، روش نمرات Z بارش بهترین روش برای مطالعه ایستگاه به ایستگاه (بین ایستگاهی) شناخته است (قویدل رحیمی، ۱۳۸۴، ص ۹).

با توجه به کارایی مطالعات پیوند از دور در شناخت منشاء بارش و نوسانات آن که موجب خشکسالی ها و ترسالی ها می شوند، اخیراً تلاش هایی در جهت شناخت الگوهای پیوند از دور مؤثر بر بارش به انجام رسیده است. افزایش بارش سالانه استان آذربایجان شرقی با فاز منفی پدیده «نوسانات اطلس شمالی» که موجب انتقال رطوبت

اقیانوس اطلس (و تقویت سیکلون های مدیترانه ای و دریای سیاه) به سوی شمال غرب ایران می شود و کاهش بارش و خشکسالی که نتیجه استیلای پرفشار آזור در فاز مثبت بر روی ایران است، همبستگی معنی داری دارد (صلاحی و همکاران، ۱۳۸۶، ص ۱۵۳). نتایج حاصل از شبیه سازی دما و بارش تبریز در مطالعه ای که با استفاده از مدل گردش عمومی جوی «آزمایشگاه پویایی سیالات ژئوفیزیکی» موسوم به GFDL انجام گرفته است، نشان داده که افزایش دی اکسید کربن جو تبریز تا سال ۲۰۵۰ تغییرات عمده ای در اقلیم تبریز و کل منطقه شمال غرب به وجود خواهد آورد که از مهم ترین این تغییرات می توان به تغییرات زمانی بارش (بویژه کاهش بارش زمستانی و بهاری) و وقوع خشکسالی های شدید اشاره نمود (خورشیددوست و قویدل رحیمی، ۱۳۸۴، ص ۸).

هدف این مقاله تحلیل و مدل سازی نوسانات بارش (که نوسان منفی آن خشکسالی و نوسان مثبت آن ترسالی به وجود می آورد)، آشکار سازی تغییرات آن و رابطه بارش های اهر با الگوهای پیوند از دور می باشد.

داده ها و روش ها

در شکل ۲ موقع جغرافیایی ایستگاه اهر به مختصات عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ۴۷ و ۴ ثانیه طول شرقی در شمال غرب استان آذربایجان شرقی نشان داده شده است. ایستگاه اهر از سطح دریا ۱۳۹۰/۵ متر ارتفاع دارد و ایستگاهی نسبتاً مرتفع است.

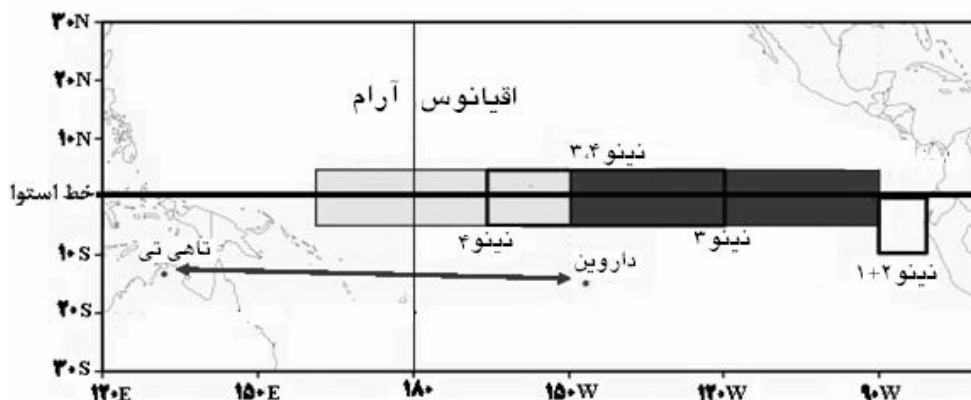


شکل ۲- نشستگاه جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک اهر در استان آذربایجان شرقی

داده ها

جامعه آماری این تحقیق کل آمار موجود از بارش ایستگاه اهر از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۶ میلادی به مدت ۴۷ سال است. در مقطع سالانه حجم نمونه برابر با ۴۷ و در مقطع ماهانه ۵۶۴ است. مهم ترین الگوهای پیوند از دوری که داده های آنها در این مطالعه مورد استفاده قرار داده شده عبارتند از: شاخص های انسو شامل: شاخص SOI یا شاخص نوسان جنوبی (شاخص انسو که در سال ۱۸۹۷ بوسیله تحقیقات «والکر» تأیید شده است و عبارت از اختلاف

فشار بین جزیره تاهی تی واقع در شرق اقیانوس آرام (۱۷ درجه جنوبی و ۱۵۰ درجه غربی) و داروین استرالیا (۱۲ درجه جنوبی و ۱۳۱ درجه شرقی) است. شاخص مذکور در طول دوره سرد سال کاهش و در دوره گرم سال کاهش می یابد و از روند تداوم چند سال متوالی برخوردار است. زمان نوسان بالای شاخص انسو موجب تشدید گردش والکر و زمان شاخص پائین آن سبب تشدید ال نینو می گردد (علیجانی، ۱۳۸۱، ص ۱۴۱). همچنین الگوی بزرگ مقیاس جریان انسو از طریق شاخص های دمای سطح آب در اقیانوس آرام در محدوده شکل ۳ به شرح ذیل تجزیه و تحلیل می شود: ۱- شاخص نینو ۱+۲: شاخص مذکور از سنجه های اصلی پدیده انسو می باشد و بیانگر نوسان های درجه حرارت سطح دریا در شرقی ترین بخش اقیانوس آرام مداری (حد فاصل صفر تا ۱۰ درجه جنوبی و ۱۶۰ درجه شرقی تا ۱۵۰ درجه غربی) است. ۲- شاخص نینو ۳: این شاخص نمایانگر اختلاف درجه حرارت سطح دریا در طرف شرقی، بخش مداری اقیانوس آرام بین دو منطقه (۵ درجه شمالی و ۵ درجه جنوبی تا حوالی ۱۵۰ و ۹۰ درجه غربی) است. ۳- شاخص نینو ۳، ۴: بیان کننده اختلاف دمای سطح دریا در دو ناحیه در بخش داخلی قسمت شرق آرام مداری (۵ درجه شمالی و ۵ درجه جنوبی تا حوالی ۱۲۰ و ۱۷۰ درجه غربی) است.



شکل ۳- مناطق مختلف اندازه گیری شاخص های دمای سطح آب اقیانوس آرام برای ارزیابی نقش پدیده انسو

۴- شاخص نینو ۴: این شاخص بیانگر اختلاف درجه حرارت سطح دریا در دو ناحیه مرکزی بخش حاره ای اقیانوس آرام (در ۵ درجه شمالی و ۵ درجه جنوبی تا حوالی ۱۶۰ درجه شرقی و ۱۵۰ درجه غربی) است. شاخص MEI معتبرترین شاخص پدیده انسو محسوب می گردد. مزیت این شاخص نسبت به دیگر شاخص های انسو را می توان در کثرت عناصر بکارگرفته شده در ساختار شاخص و در نتیجه دقیق تر بودن آن جستجو نمود. این عوامل ششگانه که شاخص MEI انسو تابعی از آنها محسوب می گردد، عبارت از: ۱- فشار سطح دریا (P) ۲- مؤلفه باد مداری (U) ۳- مؤلفه نصف النهاری باد (V) ۴- دمای سطح دریا (S) ۵- دمای هوای سطحی (A) ۶- اصطحکاک در میزان ابرناکی کلی آسمان (C) هستند. با توجه به مطالب فوق می توان معادله تابعی شاخص MEI را به صورت $MEI = f(P + U + V + S + A + C)$ نوشت. به دلیل کثرت عناصر مورد استفاده در ساختار MEI، شاخص مذکور ماهیت بهم پیوسته و پیچیده سامانه جوی-اقیانوسی انسو را بهتر از دیگر شاخص ها نمایان می سازد.

الگوی نوسانات اطلس شمالی

شاخص نوسانات اطلس شمالی بیانگر کمیت نرمال شده فشار سطح دریا در محدوده «پونتادلگادا» در اطراف «آزور» و «ریکیاویک» در ایسلند است و توسط «جیم هارل» تهیه شده و از «مرکز تشخیص اقلیمی در اداره ملی آب و هوا» در ناسا اخذ گردیده است. شاخص NAO بر پایه اختلاف فشار استاندارد شده سطح دریا (P) بین منطقه حاره (آزور A) و کم فشار جنب قطبی (ایسلند I) پایه گذاری شده و معادله آن $NAO=P(A)-P(I)$ است.

الگوی AO یا نوسانات شمالگان

شاخص مورد استفاده در این پژوهش شاخص زمستانی مربوط به اولین مؤلفه اصلی ناهنجاری های سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی در ۲۰ تا ۹۰ درجه شمالی است. شاخص AO نمایانگر نحوه آرایش الگوهای فشار در اقیانوس منجمد شمالی است که معمولاً در نزدیک قطب شمال متمرکز می شوند. در طول فاز مثبت، فشار در سطوح بالاتر اتمسفر کمتر از محیط اطراف است و بنابراین هوای سرد در امتداد قطب به اطراف پخش می گردد که این امر به نوبه خود می تواند کاهش میزان برودت هوا را در شمال کانادا موجب شود. فاز منفی عکس فاز مثبت است. در فاز منفی الگوی فشار بالای استراتوسفر بیشتر از نواحی پیرامون است که این امر موجب تسهیل جریان قطبی که اصطلاحاً آن را نوسانات حلقوی (دایره ای) شکل می نامند، می شود. همچنین فاز سرد AO در کاهش اثرات فاز منفی نوسانات اطلس شمالی بسیار مؤثر بوده و با ایجاد پدیده بلوکیینگ موجب بروز خشکسالی های زمستانی در اطراف مدیترانه می گردد. سایر شاخص های مورد استفاده عبارتند از: شاخص نوسان شمالی (Northern Oscillation Index)، شاخص نینوی اقیانوسی (Oceanic Nino Index)، الگوی اطلس شرقی (East Atlantic Pattern) یا (EA)، الگوی آرام غربی (West Pacific Pattern) یا (WP)، الگوی آرام-آمریکای شمالی (Pacific/ North American Pattern) یا (PNA)، الگوی اسکاندیناوی (Scandinavia Pattern) یا (SCA)، الگوی قطبی- روسی (Polar/ Eurasia Pattern) یا (POL) و بالاخره الگوی انتقالی آرام Pacific Transition Pattern یا (PT).

روش ها

روش های مورد استفاده در این مطالعه عبارت از: روش های رگرسیون خطی (خطی ساده، چندگانه و پلی نومیال) و آماره ناپارامتری من- کندال برای آزمون معنی داری روند تغییرات سری های دمایی هستند. برای محاسبه ناهنجاری (آنومالی) های عناصر اقلیمی (دما) از معادله ۱ به شرح ذیل استفاده شده است:

$$A_e = C_i - \bar{C}_i \quad (1)$$

در معادله فوق A_e : ناهنجاری (آنومالی)، C_i : مشاهده عنصر اقلیمی (بارش) در بازه زمانی مفروض (ماهانه) و \bar{C} : میانگین بلند مدت عنصر اقلیمی (بارش) در طول دوره آماری است (Wilhite and Glantz, 2000, p 113). از آماره ناپارامتری من- کندال جهت آزمون معنی داری روند و آشکارسازی جهش در سری های زمانی استفاده می شود. آماره من- کندال، آزمون نامحدودی است که برای شناسایی مسایل علمی در برهه ای از زمان مورد

استفاده قرار می گیرند. این آزمون ها عمدتاً در علوم محیطی به کار می آیند، زیرا آنها آزمون های ساده و محکمی هستند و می توانند مقادیر پایین تر از حد مشخص را کنترل کنند. در این روش دو عامل U_i و U'_i محاسبه و برای بررسی روند در کنار همدیگر ترسیم شده و موقعیت آنها نسبت به هم معنی داری یا بی معنی بودن روند را مشخص می کند. اگر مقادیر آنها از دو آستانه $\pm 1/96$ تجاوز کند، روند معنی دار بوده و برعکس. اگر دو خط U_i و U'_i همدیگر را در یک نقطه قطع کنند، آن نقطه، نقطه جهش است. در صورتی که دو خط در داخل حریم و محدوده باشند، جهش معنی دار نبوده، اما چنانچه از حریم تجاوز کرده یا محدوده را کلاً یا موقتاً ترک کرده باشند، جهش معنی دار خواهد بود. همچنین اگر دو دنباله U_i و U'_i بر اساس i به صورت نموداری ترسیم شوند، در صورت معنی داری روند، دو نمودار در نقطه آغازین همدیگر را قطع خواهند کرد، در حالی که در صورت عدم وجود روند دو دنباله U_i و U'_i تقریباً به صورت موازی حرکت خواهند کرد و یا با چند بار برخورد به طوری که به تغییر جهت آنها منجر نشود، عمل می کنند. روش مورد استفاده در این تحقیق برای تفکیک دوره های خشک و مرطوب ماهانه روش ZSIP یا نمرات استاندارد شده بارش است که معادله آن به شرح ذیل می باشد:

$$ZSIAP = \left(\frac{P_i - \bar{P}}{P_{SD}} \right) \quad (2)$$

در معادلات فوق: P_i : بارش سال مفروض، \bar{P} : میانگین بلند مدت بارش و P_{SD} : انحراف معیار بارش بلند مدت (واحد میلی متر) ایستگاه ها می باشند (خلیلی و بذرافشان، ۱۳۸۲، ص ۸۶).
به منظور کد بندی و سپس طبقه بندی بارش ایستگاه اهر از جدول ۱ استفاده شده است:

جدول ۱- طبقه بندی شدت خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص نمرات استاندارد بارش ZSIP (خلیلی و بذرافشان، ۱۳۸۲، ص ۸۹)

کد	طبقه	ارزش
۴	ترسالی حاد	بیشتر از ۱/۲۸
۳	ترسالی شدید	۰/۸۴ تا ۱/۲۸
۲	ترسالی متوسط	۰/۵۲ تا ۰/۸۴
۱	ترسالی ضعیف	۰/۲۵ تا ۰/۵۲
۰	نرمال	۰/۲۵ تا -۰/۲۵
۵	خشکسالی ضعیف	-۰/۲۵ تا -۰/۵۲
۶	خشکسالی متوسط	-۰/۵۲ تا -۰/۸۴
۷	خشکسالی شدید	-۰/۸۴ تا -۱/۲۸
۸	خشکسالی حاد	کمتر از -۱/۲۸

نتایج و یافته های تحقیق

داده های بارش ماهانه ایستگاه اهر مورد پردازش قرار داده شد و فراسنج های موجود در داده های آن به شرح جدول ۲ استخراج گردید:

جدول ۲- فراسنج های آماری داده های بارش ماهانه ایستگاه اهر

فراسنج	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن
حداقل	0.7	0	0	0	4.7	0
حداکثر	61.4	60	111.4	112.2	164.1	84
دامنه	60.7	60	111.4	112.2	159.4	84
میانگین	22.889	22.396	34.981	48.653	49.034	28.6
انحراف معیار	13.249	14.764	17.958	27.909	29.095	24.504
میانه	20.5	20.3	32.8	44.7	41.9	25.3
چولگی	0.87682	0.88255	1.6246	0.47815	1.6586	0.6319
کشیدگی	0.78175	0.59527	5.3209	0.16211	3.992	0.69335
ضریب تغییرات	57.90%	65.90%	51.30%	57.40%	59.30%	85.70%
انحراف میانگین	10.256	11.143	12.734	22.332	21.773	21.035

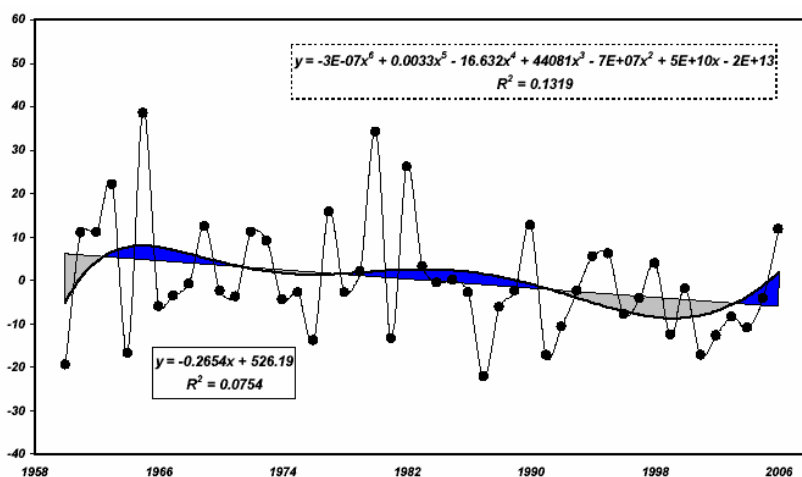
فراسنج	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
حداقل	0	0	0	0	0	2.1
حداکثر	50.2	32.8	51.7	128	93.5	64.3
دامنه	50.2	32.8	51.7	128	93.5	62.2
میانگین	5.8532	5.3723	12.655	31.004	28.16	20.577
انحراف معیار	9.1305	8.7807	14.663	29.651	24.614	15.36
میانه	1.5	0.2	6.6	24.1	19.5	15.5
چولگی	2.8251	1.7701	1.0189	1.5313	1.0252	1.1893
کشیدگی	10.164	2.119	0.0128	2.2834	0.37682	0.78072
ضریب تغییرات	156.00%	163.40%	115.90%	95.60%	87.40%	74.70%
انحراف میانگین	6.3413	6.7212	12.561	21.909	19.553	11.868

با توجه به جدول فوق و مقادیر مورد محاسبه برای هر یک از فراسنج های آماری می توان اهم موارد جدول ۲ را به شرح ذیل برشمرد:

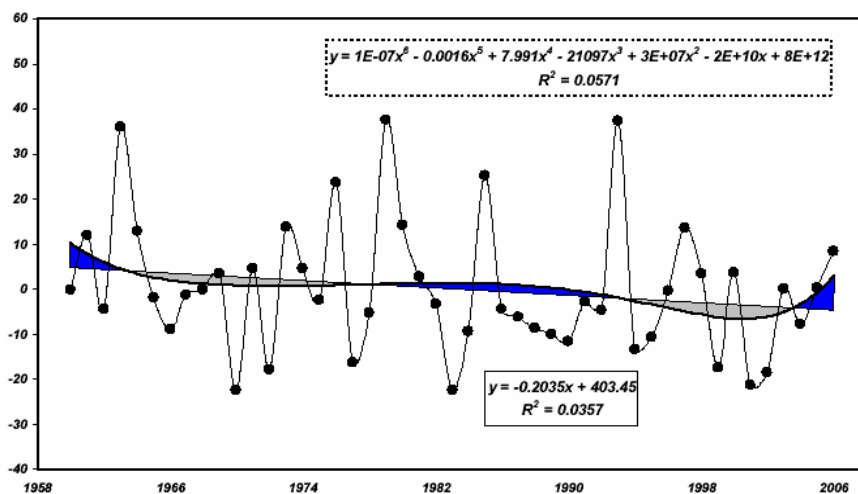
۱. ماه مه (اردیبهشت ماه) با مختصر فاصله ای از ماه آوریل یا فروردین ماه، مرطوبترین ماه ایستگاه اهر است و پس از آن ماه های آوریل، مارس و اکتبر به ترتیب پرباران ترین ماه های سال هستند.

۲. ماه های اوت، جولای و سپتامبر (مرداد، تیر و شهریور) خشکترین ماه های ایستگاه اهر هستند.
۳. حداکثر بارش ماهانه با رقم ۱۶۴/۱ میلی متر در ماه مه (اردیبهشت) به ثبت رسیده است.
۴. بیشترین ضریب تغییرات در ماه اوت و کمترین آن در ماه مارس (اسفند) به ثبت رسیده است و این امر نشانگر آن است که از نظر توزیع زمانی بارش ماه مارس یا اسفند ماه منظم ترین و توزیع زمانی بارش ماه اوت یا مرداد ماه نامنظم ترین شرایط را به منصفه ظهور می رسانند.

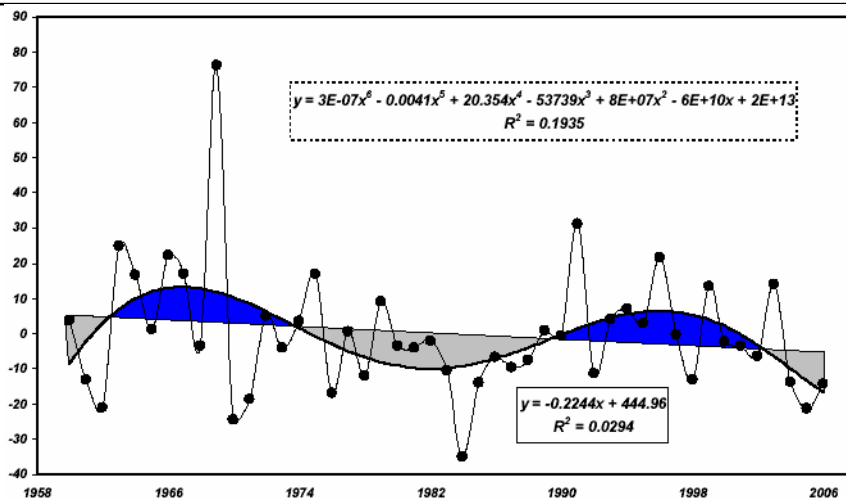
در گام بعدی به منظور نمایش توزیع زمانی بارش ماهانه، آنومالی یا ناهنجاری های بارش مورد محاسبه قرار گرفت و سپس روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ آنها برای ترسیم جزئیات تغییرات زمانی ناهنجاری های بارش ترسیم شد. با در نظر گرفتن روند پلی نومیال درجه ۶ بارش های ماهانه معلوم شد که بارش ماه جولای در طول زمان ۳۶ درصد تغییر داشته است. کمترین میزان تغییرات نیز متعلق به ماه فوریه بوده است. اما با توجه به شیب روند تغییرات بلند مدت، روند بارش ماه ژانویه تقریباً با ۸ درصد تبیین تغییرات زمانی دارای بالاترین ضریب تبیین و ماه های جولای، سپتامبر و نوامبر با شیب روند تقریباً صفر دارای کمترین تغییرات بلند مدت بارش بودند. با استفاده از نقاط تلاقی نمودارهای نشان دهنده ناهنجاری های بارش نواحی و دوره های زمانی اضافه بارش (نواحی تیره نمودار) و کمبود بارش (نواحی خاکستری رنگ نمودار) معلوم شده و در اشکال ۴ تا ۱۵ نشان داده شده است.



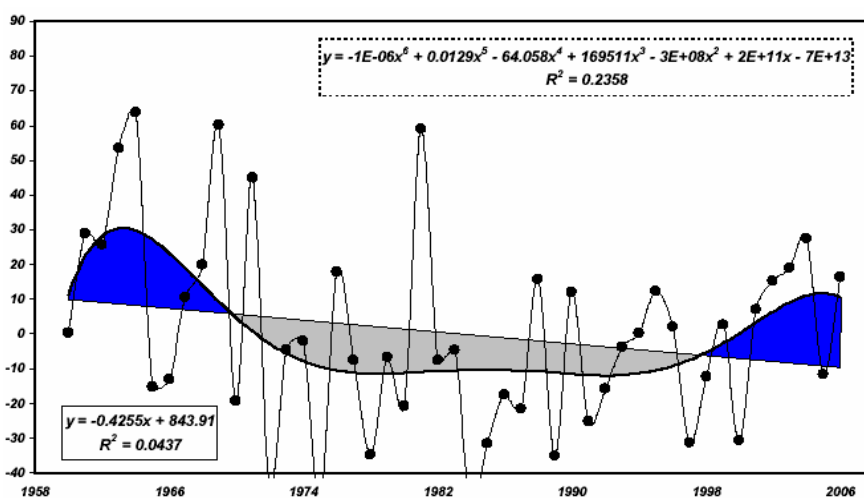
شکل ۴- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه ژانویه



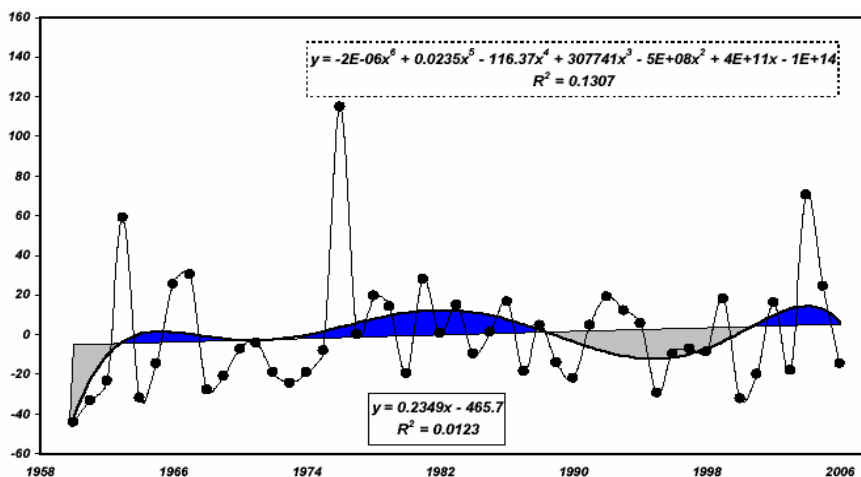
شکل ۵- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه فوریه



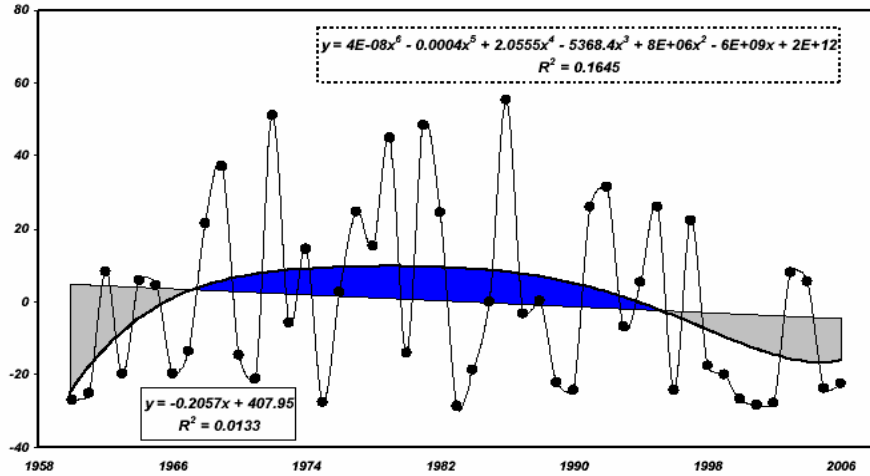
شکل ۶- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و کمبود های اضافه و کمبود بارش ماه مارس



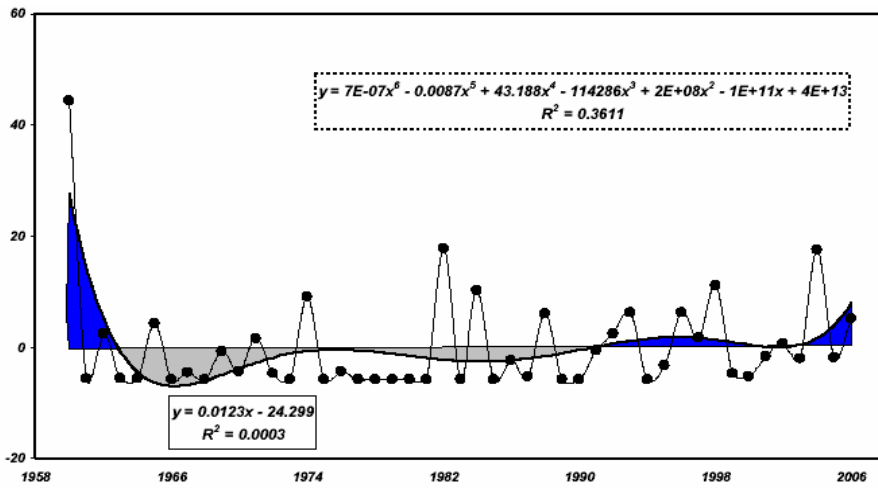
شکل ۷- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و کمبود های اضافه و کمبود بارش ماه آوریل



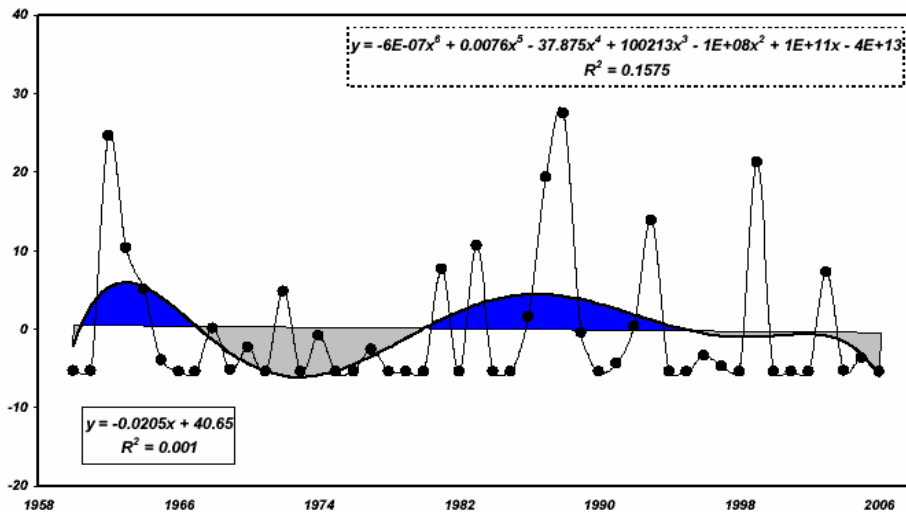
شکل ۸- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و کمبود های اضافه و کمبود بارش ماه مه



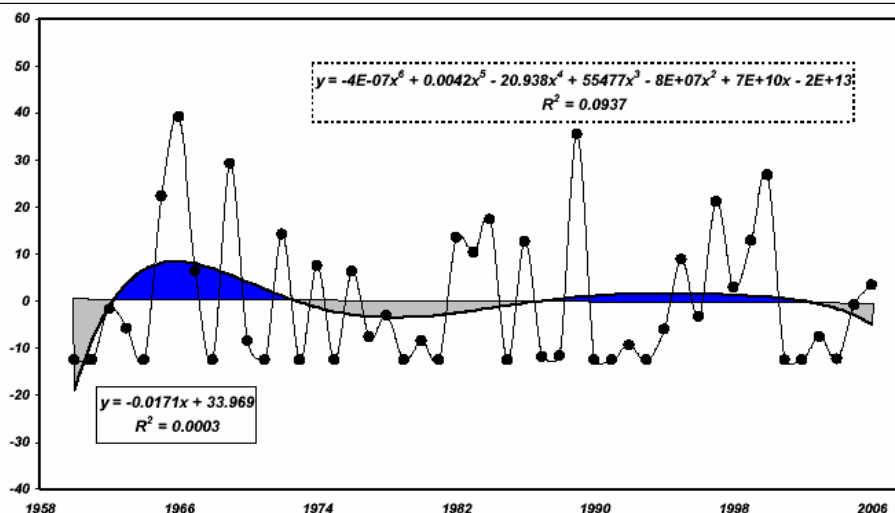
شکل ۹- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه ژوئن



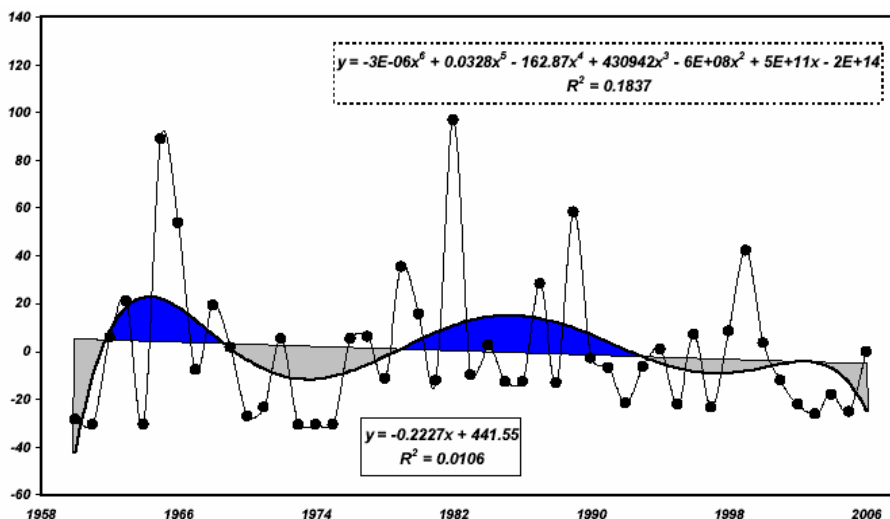
شکل ۱۰- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه جولای



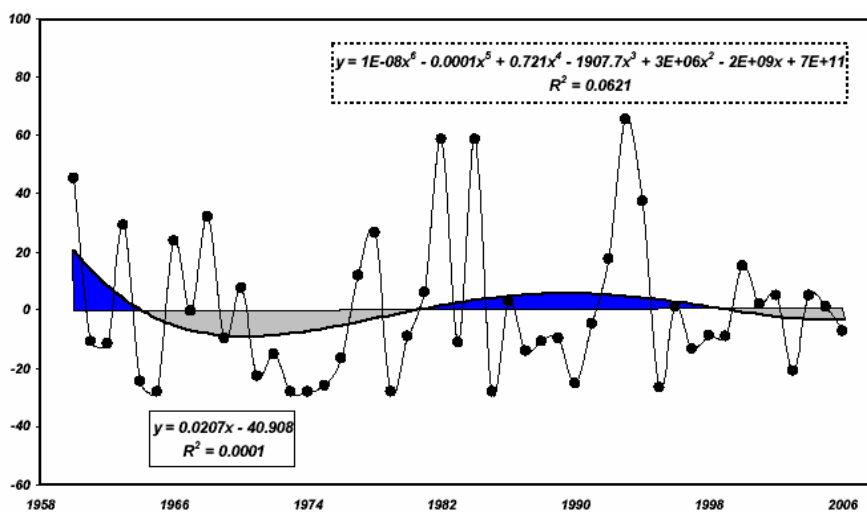
شکل ۱۱- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه اگوست



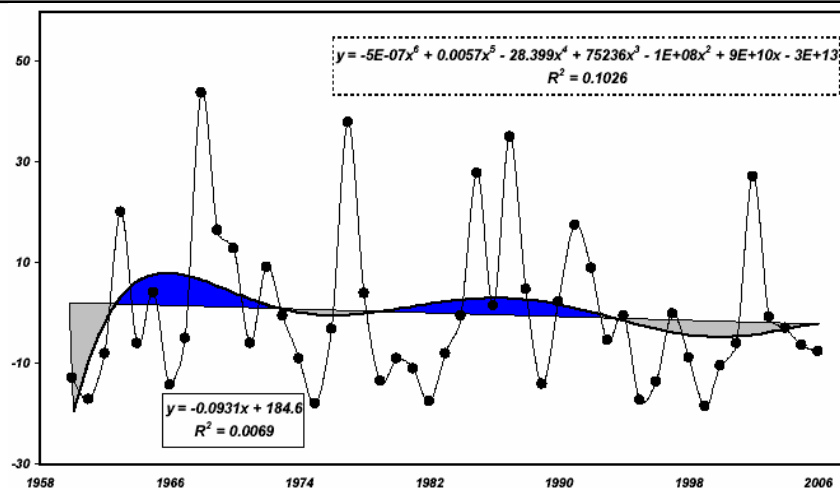
شکل ۱۲- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه سپتامبر



شکل ۱۳- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه اکتبر

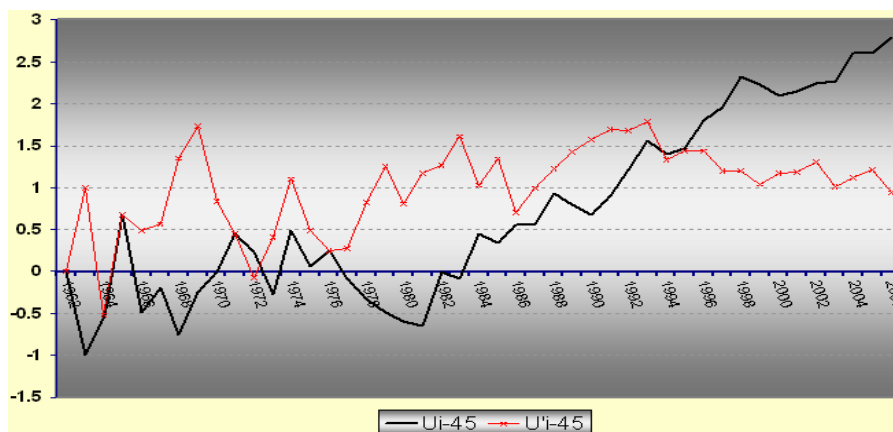


شکل ۱۴- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه نوامبر

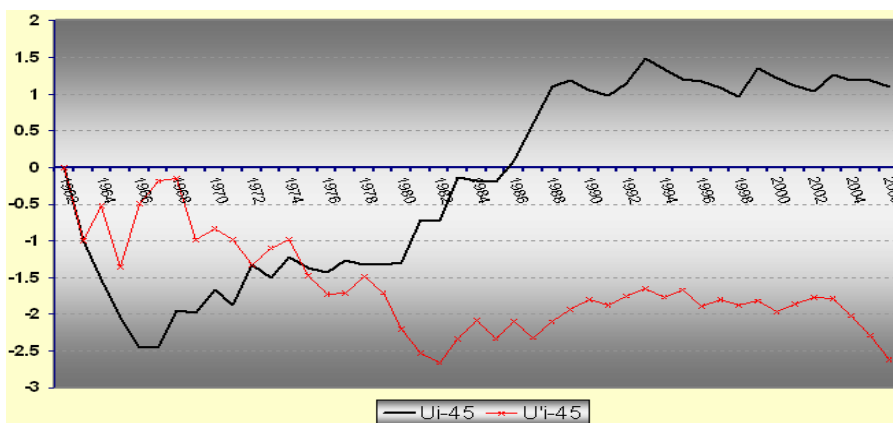


شکل ۱۵- روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش و محدوده های اضافه و کمبود بارش ماه دسامبر

برای بررسی این که آیا روند تغییرات بارش ماهانه معنی دار بوده است یا نه و آشکار سازی نقاط جهش آنها، مدل های نموداری من- کندال آنها ترسیم شد. یافته های این برآورد بدین ترتیب است: ۱- معنی دار بودن روند تغییرات بارش ماه جولای و اوت که در اشکال ۱۶ و ۱۷ نشان داده شده اند، ۲- تغییرات زمانی شدید موجود در میانگین بلند مدت کل ماه ها، ۳- نقاط جهش شدید و فراوان به بالا و به پایین در کل سری های زمانی بارش ماهانه ایستگاه اهر

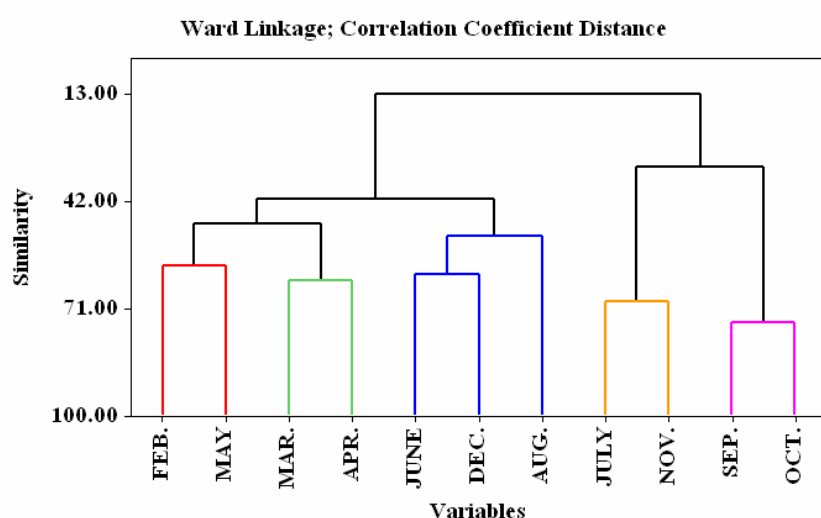


شکل ۱۶- نمودار مدل من-کندال بارش ماه جولای ایستگاه اهر برای آشکار سازی روند معنی دار و نقاط جهش



شکل ۱۷- نمودار مدل من-کندال بارش ماه اوت ایستگاه اهر برای آشکار سازی روند معنی دار و نقاط جهش

تحلیل خوشه ای مقادیر بارش به روش وارد که از روش های ادغام بر حسب متوسط گروهی با مجذور فاصله اقلیدسی است، نشان داد که ۵ گروه یا خوشه بارش در بازه زمانی ماهانه برای ایستگاه اهر قابل شناسایی هستند. خوشه های مذکور در دندروگرام شکل ۱۸ نشان داده شده اند. با توجه به دندروگرام فوق ۵ خوشه قابل شناسایی است که عبارتند از: خوشه اول: اکتبر و سپتامبر (مهر و شهریور)، خوشه دوم: نوامبر و جولای (آبان و تیر)، خوشه سوم: ژوئن و دسامبر و با کمی اختلاف اوت (خرداد و آذر و با اندکی فاصله مرداد)، خوشه چهارم: آوریل و مارس (فروردین و اسفند)، خوشه پنجم: مه و فوریه (اردیبهشت و بهمن). در مرحله بعدی به منظور بررسی و شناخت دوره های مرطوب و خشک ماهانه و تعیین ویژگی های زمانی و آماری آنها فقط از شاخص نمرات استاندارد شده بارش استفاده شده که ویژگی های آماری آن به شرح جدول ۳ می باشد:



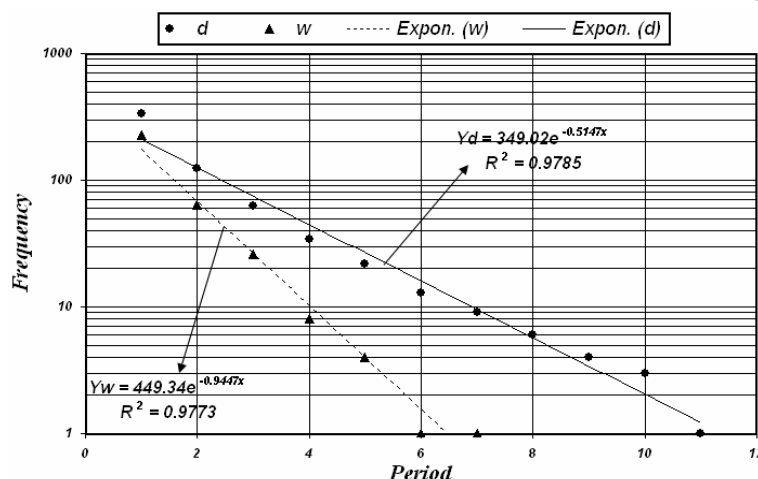
شکل ۱۸- دندروگرام حاصل از روش وارد برای گروه بندی بارش های ماهانه ایستگاه اهر

جدول ۳- استمرار زمانی ماه های متوالی مرطوب و خشک ایستگاه اهر در بازه زمانی ۱۹۶۰-۲۰۰۶

دوره متوالی	تعداد ماه خشک	تعداد ماه مرطوب
1	338	226
2	125	64
3	62	26
4	34	8
5	22	4
6	13	1
7	9	1

همان طور که از جدول ۳ قابل مشاهده است، متوالی ترین دوره خشک اهر ۹ بار استمرار یا توالی ۷ ماهه (۷ ماه پشت سرهم) بوده است. توزیع ماه های متوالی مرطوب نابسامان تر بوده و فقط یک بار در ۴۷ سال دوره آماری ۷ ماه متوالی مرطوب بر ایستگاه اهر حاکمیت یافته است. به منظور بررسی وجود ارتباط و همخوانی بین فراوانی و استمرار زمانی ماه های مرطوب و خشک با یکدیگر، در کاغذ نیمه لگاریتمی توزیع فراوانی نسبت به استمرار توالی زمانی ماه های مرطوب و خشک ایستگاه اهر ترسیم شد که در شکل ۱۹ قابل مشاهده است. با توجه به این که

توزیع از رگرسیون نمایی کاملاً پیروی می نماید، لذا با افزایش طول دوره استمرار، فراوانی ماه های مرطوب و خشک کاهش پیدا می کنند که این امر در خصوص دوره های مرطوب بسیار شدیدتر است. با توجه به این که خطوط رگرسیون ماه های متوالی مرطوب و خشک همدیگر را در هیچ نقطه ای قطع نکرده اند، می توان گفت که توزیع فراوانی ماه های مرطوب و خشک با استمرار و تکرار زمانی ماه های مرطوب و خشک ارتباطی ندارد و مستقل از همدیگر بوقوع پیوسته و عمل می نمایند.



شکل ۱۹- توزیع نمایی توالی و استمرار ماه های مرطوب و خشک در ازای فراوانی وقوع آنها
اثرات الگوهای پیوند از دور یا پدیده های کلان مقیاس جوی- اقیانوسی بر بارش

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص های پیوند از دور و بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک اهر که بصورت ۱۲ ماه متوالی (سال ها به تفکیک ماه) و ماتریس $564 = 47 * 12$ انجام گرفته، در جدول ۴ نشان داده شده است:

جدول ۴- رابطه همبستگی بین بارش ماهانه متوالی اهر و شاخص های پیوند از دور

ردیف	شاخص	ضریب همبستگی	ردیف	شاخص	ضریب همبستگی
1	AO	0.045	11	MEI	0.25 **
2	Bivariate Enso	0.075 *	12	Nino 3	0.42 **
3	NAO	0.019	13	Nino 4	0.056
4	EA	0.05	14	Nino 3.4	0.22 **
5	EP/NP	0.035	15	NOI	0.052
6	PNA	-0.011	16	SOI	0.06
7	EA/WR	0.106 *	17	TNI	0.004
8	POL	0.257 **	18	ONI	0.08
9	N PI	0.007	19	SCA	0.01
10	Nino 1+2	0.4	20	QBI	0.0025

در جدول ۴، ضرایب همبستگی معنی دار در سطح ۱ درصد با علامت ** و ضرایب همبستگی معنی دار در سطح ۵ درصد با مشخص * شده اند. پس از مشخص شدن ضرایب همبستگی و معنی دار بودن آنها، شاخص هایی را که با بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک اهر همبستگی معنی دار نشان داده بودند، وارد رگرسیون خطی چندگانه شد که معادله رگرسیون چندگانه به شرح ذیل حاصل شد:

$$\text{بارش ماهانه اهر} = -254 + 1.98 \text{ EA/WR} + 0.144 \text{ POL} + 2.54 \text{ Nino } 1+2 - 2.92 \text{ Bivarite} \\ \text{Enso index} - 4.19 \text{ MEI} + 0.58 \text{ Nino } 3 + 7.46 \text{ Nino } 3.4$$

ضریب تبیین حاصل از رابطه بارش و شاخص ها توانست ۲۳ درصد تغییرات زمانی بارش بر اثر الگوهای پیوند از دور را بیان کند. تحلیل واریانس نشان داد که ضریب تبیین مورد محاسبه معنی دار می باشد. در مجموع با توجه به نتیجه رگرسیون چندگانه، ۷۲/۳ تغییرات بارش پاییزی ایستگاه اهر تحت نفوذ و تاثیر الگوهای پیوند از دور می باشند. با این وجود در بسیاری از ماه ها روند بارش های ایستگاه اهر معنی دار نیست اما تغییرات شدیدی در میانگین بارش های فصلی قابل مشاهده بوده و نقاط جهش فراوانی در سری بارش های فصلی قابل شناسایی است.

نتیجه گیری

یافته ها و نتایج حاصل از روش های بکار گرفته شده در تحقیق حاضر، جملگی بر یک واقعیت مهم دلالت دارند و آن این است که بارش ایستگاه اهر در بازه ماهانه به شدت دستخوش نوسان است. بررسی و تحلیل روند بارش های نشان داد که در بعضی از ماه های سال روند غالب بارش، نزولی بوده و تغییرات زمانی آن روبه کاهش است. به عبارت دیگر از میزان و مقدار بارش ها در طول زمان کاسته شده و روند نزولی و رو به کاهش یاد شده در سال های اخیر فزونی یافته و در حال تشدید است. آزمون ناپارامتری من-کندال برای بررسی معنی دار بودن تغییرات بارش بلند مدت در قالب روند سری زمانی بارش در بازه زمانی ماهانه نشان داد که روند تغییرات برای ماه ها (روند تغییرات بارش ماه جولای و اوت) کاملاً روی قاعده بوده و به سوی کاستی در حال پیش روی است.

۱- هر یک از مدل های مورد استفاده در این تحقیق بعدی از ابعاد بارش را در ایستگاه اهر معلوم نموده اند. نمایه DR مقدار بارش قابل اطمینان ایستگاه اهر را که در برنامه ریزی ها به ویژه کاربری اراضی حایز اهمیت فراوانی است، مورد محاسبه قرار داد. معمولاً در کشور ما در برآورد مقدار بارش قابل حصول برای برنامه ریزی منابع آب و کاربری اراضی از میانگین ریاضی استفاده می شود. با توجه به ماهیت نوسانی بارش کشور و ایستگاه اهر اغلب مقدار بارش مورد انتظار (میانگین) نمی بارد و مشکلات زیادی از این رهگذر متوجه طرح های عمران آب و کشاورزی و منابع طبیعی می گردد. نمایه DR این مشکل را برطرف می نماید و مقدار بارش قابل اعتماد ایستگاه اهر و در صورت لزوم هر ایستگاه دیگر را مشخص می کند. از بین سه روش یاد شده مدل ZSIP دارای معایب کمتر و مزایای بیشتری است. از مزایای مدل ZSIP می توان به حساسیت بیشتر آن نسبت به نوسانات بارش، امکان مراقبت و پایش خشکسالی، مقیاس طبقه بندی دقیق تر، قابلیت محاسباتی در مقاطع زمانی مختلف اشاره نمود. اخیراً برای تطبیق همبستگی نوسانات بارش با نوسانات پدیده های بزرگ مقیاس اقلیمی چون انسو (ال نینو- شاخص نوسانات جنوبی) در مدل های سری زمانی از روش ZSIP استفاده می شود. چنین مدل هایی به صورت مستقیم ارتباط و اثر نوسانات پدیده های اقلیمی بزرگ مقیاس کره زمین (مثل پدیده جوی - اقیانوسی انسو) را بر وقوع دوره های مرطوب و خشک منعکس می کنند. بر همین مبنا در تحقیق حاضر از همبستگی همزمان بارش به صورت ZSIP با شاخص های استاندارد استفاده شد تا خشکسالی و ترسالی ایستگاه بر اثر شاخص ها یا الگوهای پیوند از دور معلوم گردد.

اهتمام در بکارگیری روش‌های جدیدتر و پیشرفته نیز می‌تواند گام مؤثری در زمینه شناخت خشکسالی‌ها و عوامل به وجود آورنده آنها محسوب شود. نتایج این تحقیق با استفاده از روش‌های آماری و تحلیل‌های آب و هواشناختی نشان داد که بارش ایستگاه اهر در بازه زمانی ماهانه به شدت دستخوش نوسان بوده و نحوه و نوع تغییرات و روند بلند مدت زمانی و معنی دار بودن تغییرات تا یید می‌شود، اما نتیجه اصلی و دستاورد این تحقیق که باید در اصول عمران منطقه ای اهر مورد تاکید و استفاده قرار گیرد، این یادآوری است که در ایستگاه اهر فراوانی و استمرار زمانی خشکسالی بر فراوانی و استمرار زمانی ترسالی یا دوره‌های مرطوب ماهانه غلبه دارد و خشکسالی‌های مکرر شرایط اقلیمی را به سوی خشکی دائمی سوق می‌دهد. لذا در این سال‌ها خشکسالی وضعیتی تقریباً غالب بوده و هر چند سال تکرار می‌شود و بر این اساس می‌بایست برنامه ریزی مناسب و طولانی مدتی برای مواجهه با اثرات زیان بار خشکسالی و کاهش خسارت‌های گوناگون آن انجام گیرد.

منابع

۱. خوش اخلاق، ف (۱۳۷۷): «تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی»، پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
۲. خلیلی، ع و ج بذرافشان (۱۳۸۲): «ارزیابی کارایی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه‌های اقلیمی مختلف ایران»، نیوار، بهار و تابستان ۸۲، صص ۹۳-۷۹.
۳. خورشیددوست، ع. م. و قویدل رحیمی، ی (۱۳۸۵): «شبیه سازی اثرات دو برابر شدن دی اکسید کربن جو بر تغییر اقلیم تبریز با استفاده از مدل گردش عمومی GFDL»، مجله محیط شناسی دانشگاه تهران، ۱۰-۱: ۳۹.
۴. خورشیددوست، ع و ی، قویدل رحیمی (۱۳۸۳): «مطالعه نوسانات بارش و پیش بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک زمستانه آذربایجان شرقی»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۶-۲۵: ۱۷۲.
۵. زاهدی. م و ی، قویدل رحیمی (۱۳۸۴): «ارتباط پیوند ازدور بین نوسانات اطلس شمالی و بارش سالانه در استان آذربایجان شرقی»، پذیرفته شده در مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران.
۶. فرج زاده، م و ع، موحد دانش و ه، قائمی (۱۳۷۴): «خشکسالی در ایران»، دانش کشاورزی، تبریز، ۵۲ - ۳۱: ۲۵ و ۱.
۷. قویدل رحیمی، ی (۱۳۸۱): « تجزیه و تحلیل نوسانات بارش و محاسبه دوره‌های مرطوب و خشک آذربایجان شرقی»، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
۸. قویدل رحیمی، ی (۱۳۸۳): «کاربرد نمایه‌های مبتنی بر بارش در مطالعه خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها: مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی»، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۵۶-۴۵: ۶۵.
۹. قویدل رحیمی، ی (۱۳۸۴): «آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی»، مجله منابع طبیعی ایران، جلد سوم، ۵۳۰-۵۱۷: ۴۸.

۱۰. قویدل رحیمی، ی و س، جهانبخش اصل (۱۳۸۱): «تحلیل توزیع فضایی ماه های مرطوب و خشک در ایستگاه های استان آذربایجان شرقی» فضای جغرافیایی، ۳-۳۹ : ۵.

۱۱. صلاحی، ب و ع، م. خورشیددوست و ی، قویدل رحیمی (۱۳۸۶) «ارتباط نوسان های گردش جوی- اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی ها و ترسالی های آذربایجان شرقی»، پژوهش های جغرافیایی، ۱۵۶-۱۴۷

: ۶۰.

12. Keneth, H (1999): "Climate variation, drought and desertification", W. M. O. Annual Report. Jeneva .
13. Wilhite, D; M. H. Glantz (2000): Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water International, 103: 111-120.

