دکتر علی محمدخورشیددوست[1]
یوسف قویدل رحیمی[2]

مطالعه نوسانات بارش و تعیین و پیش بینی فصول مرطوب و خشک بهاره در ایستگاه های آذربایجان شرقی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده:

در این مقاله داده های مربوط به عنصر اقلیمی بارش فصلی در یک دورهٔ آماری ٤١ ساله (١٩٦٠ تا ٢٠٠٠) برای ایستگاه هایی از استان آذربایجان شرقی جهت تحلیل آماری داده های بارش و مدل سازی، محاسبه و پیش بینی فصول مرطوب و خشک بهاره مورد استفاده قرار گرفته است. روش اصلی مورد استفاده در این پژوهش عبارت از روش تجزیه و تحلیل سری های زمانی است و برای

١- عضو هیات علمی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز و آزاد اسلامی اهر، مدیرکل حفاظت محیط زیست استان اردبیل

٢- کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی (با گرایش اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی)

تبیین نوسانات بارش، از دو مدل نوسانی و میانگین متحرک و برای پیش بینی فصول آتی مرطوب و خشک از مدل پیش بینی سری زمانی «تجزیه»[3] استفاده شده است. به منظور تعیین کمی و تفکیک فصل مرطوب و فصل خشک، از «نمایهٔ بارش استاندارد شده (SPI)»[4] استفاده شده است.

نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از نوسانات شدید بارش درهمه ایستگاه ها است که با شدت و ضعف هایی، توام است. از نظر طبقه بندی شدت فصول مرطوب وخشک بهاره غالباً در ایستگاه های مورد مطالعه حالت بارش نرمال، هرازگاهی فصول خشک و نیز دوره مرطوب قابل مشاهده می باشد که فصول خشک از توالی و تداوم بیشتری نسبت به فصول مرطوب برخوردارند و این موضوع در پیدایش پدیده خشکسالی بی تاثیر نیست.

کلیدواژه ها:

مدل سازی بارش، فصول مرطوب و خشک، سری زمانی تجزیه، نمایهٔ بارش استاندارد شدهٔ مک کال (MCSPI)، آذربایجان شرقی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

3 - Decomposition Method
4 -Standardized Precipitation Index (SPI)

مقدمه:

بارش پر نوسان ترین عنصر اقلیم است که با تولید سیل یا خشکسالی محیط را به سوی بی ثباتی و ناپایداری سوق می دهد. مساله خشکسالی به عنوان مهمترین پدیده ی افراطی اقلیمی از معضلات پر مخاطره ی محیطی در اغلب کشورهای جهان بویژه ایران است و به هنگام وقوع، شدیداً بر منابع آب و متعاقب آن بر کشاورزی، بهداشت، صنعت و سایر شئونات زندگی 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 (کنت ۱۹۹۹، ص٤١)[1]

تعاریف متنوعی برای پدیده ی خشکسالی ارائه شده است که از کامل ترین آنها می توان به تعریف پالمراشاره نمود(١٩٦٥، ص١٦)[2] به عقیدهٔ وی خشکسالی عبارت است از: کمبود رطوبت مستمر و غیر طبیعی دریک دوره زمانی معین که معمولاً یک سال می باشد. در این تعریف واژه مستمر به تداوم حالت کمبود و واژه غیر طبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی (میانگین) اطلاق می شود. وی چهار ویژگی فضایی- زمانی اصلی خشکسالی ها وترسالی ها را فراوانی، شدت، وسعت و تداوم برمی شمارد. خشکسالی بنا به ماهیّت اثراتی که بر بخش های مختلف می گذارد به انواع: کشاورزی، هیدرولوژیک، اقلیم شناختی و اقتصادی- اجتماعی تقسیم شده است (اسمیت، ۱۹۹۸، ص ۷۳)[3]

با توجه به این که بارش بهاره مهمترین و بیشترین بارش فصلی در آذربایجان شرقی است و بخش وسیعی از زراعت منطقه به امید بارش های بهاری و به صورت دیم کاشته می شوند، لذا هرگونه نوسان در میزان بارش دریافتی مستقیماً معاش مردم و کیفیت محیط زیست را تحت تأثیر قرار می دهد و بنابراین خشکسالی و مطالعه آن دارای اهمیتی مضاعف و راهبردی است. این پژوهش در راستای سلسله پژوهش های شناختی و کاربردی تعیین،

1-Keneth (1999, p41)
2- Palmer (1965, p16)
3-Smith (1998, p73)

طبقه بندی و پیش بینی خشکسالی در آذربایجان شرقی با هدف بررسی کم وکیف خشکسالی ها و ترسالی های آذربایجان شرقی در فصل بهار و با کاربرد سری های زمانی انجام گرفته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیشینه ی تحقیق:

نظر به اهمیت وافر خشکسالی این پدیده ی اقلیم شناختی توسط پژوهشگران علوم مختلف و با استفاده از روش های گوناگونی که هر محقق آن را با توجه به اهداف و نیازهای تخصصی خود بکار برده است، مورد مطالعه قرار داده شده است.

کوموشو خشکسالی های اخیر ترکیه را در ارتباط با الگوهای گردشی بزرگ مقیاس قرار داده و اثرات پدیده ی جوی- اقیانوسی «نوسانات اطلس شمالی» بر بارش و به تبع آن بر ظهور خشکسالی های اخیر در ترکیه را یاد آوری نموده است (۲۰۰۱ ، ص۵). در همین راستا اورکس و ارلات (۲۰۰۵) نیز بر مبنای بارش فصول چهارگانهٔ ۷۸ ایستگاه ترکیه بین سال های۱۹۶۰ تا ۲۰۰۰ و با استفاده از نمایه های فصلی «نوسانات اطلس شمالی »مطابقت و همبستگی موجود بین نوسانات بارش با پدیده ی جوی اقیانوسی «نوسانات اطلس شمالی» را مورد بررسی قرار داده و ارتباط معنی داری بین آنها یافته اند (ص۱۷۷۸).

نظر به این که خشکسالی پدیده ای خزنده و موذی بوده و درطول تاریخ خسارات فراوانی در مناطق مختلف ایران به بار آورده، لذا بخش مهمّی از مطالعات اقلیم شناختی را به خود معطوف داشته است که در هریک از مطالعات یاد شده روش ها و عناصر اقلیمی مختلفی برای مطالعه خشکسالی ها و خصوصیات آنها مورد استفاده قرار گرفته است. از مطالعات انجام گرفته در خصوص فصول مرطوب و خشک ایران می توان تحقیق شادروان نیشابوری (۱۳۶۵، ص۷٤) را ذکر کرد. وی با استفاده از روش های «آمبرژه»، «بانیول» و «گوسن» و انجام پاره ای تغییرات در آنها به منظور سازگار کردن معادلات با ویژگی های جغرافیایی ایران، فصول مرطوب و خشک را تقسیم بندی نموده است. در تحقیق یاد شده، بیشتر اهداف اکولوژیکی مد نظر بوده و از عناصر اقلیمی دیگری نیز در کنار عنصر بارش استفاده گردیده است.

فرج زاده و همکاران (۱۳۷٤، ص۳۳) با استفاده ازروش های متعدد متکی بر بارش، پدیده ی خشکسالی را با عنایت به تعیین ویژگی های فضایی- زمانی آن (وسعت، شدت، فراوانی و تداوم) در ایران مطالعه نموده اند. خوش اخلاق (۱۳۷۷، ص۱۸۱)

1- Komuscu (2001, p5)
2-Urkes and Erlat (2005, p1778)

نیز با استفاده از روش تحلیل سینوپتیک و با تأکید بر عنصر بارش، به مطالعه دوره های خشک و مرطوب در مقاطع زمانی مختلف برای ایران پرداخته و خشکسالی های فراگیر ایران را بر روی نقشه ترسیم و دلایل سینوپتیک وقوع خشکسالی ها و ترسالی های فراگیر را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۲، ص۸۱) شاخص های متنوع مطالعه ی خشکسالی وترسالی در نمونه های مختلف اقلیمی ایران را مورد آزمون قرار داده و نتیجه گرفته اند که نتایج دو شاخص «نمرات نرمال شدهٔ بارش» (با مقیاس طبقه بندی اصلاح شده) و شاخص SPI نسبت به دیگر شاخص ها قابل قبول تر و دقیق تر هستند.

قویدل رحیمی (۱۳۸۱، ص٦١) با استفاده از چند شاخص خصوصیات فضایی- زمانی دوره های مرطوب و خشک را در مقاطع زمانی مختلف مورد بررسی قرار داده است. جهانبخش و قویدل رحیمی (۱۳۸۱، ص۳) در مطالعه ای ویژگی های ماه های مرطوب وخشک ایستگاه های آذربایجان شرقی را با استفاده از شاخص SPI و روش تحلیل واریانس مورد مطالعه قرارداده و همبستگی موجود بین فراوانی وقوع و طول دوره های مرطوب و خشک را با استفاده از روش تحلیل رگرسیون نشان داده اند. در مطالعه ی مذکور، خشک ترین و مرطوب ترین ماه ها و فصول و مقادیر حداقل و حداکثر بارش برای هر ایستگاه و کل استان آذربایجان شرقی مورد محاسبه قرار گرفته و در نهایت بر اساس وضعیت ایستگاه ها از نظر داشتن ماه های خشک و مرطوب، یک تقسیم بندی از ایستگاه ها به عمل آمده است. زاهدی و قویدل رحیمی (۱۳۸۱، ص۲۰) ویژگی های خشکسالی ها و ترسالی های ایستگاه های حوضه آبریز دریاچه ی ارومیه را با استفاده از روش «هالت- وینتر» مورد محاسبه قرارداده و به پیش بینی سال های آتی مرطوب و خشک ایستگاه های حوضه ی آبریز دریاچه ارومیه پرداخته اند. قویدل رحیمی (۱۳۸۲، ص۱۳۸) بر مبنای نمایه ی «بارش قابل اعتماد» ، میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه های آذربایجان شرقی را محاسبه نموده و بر اساس شاخص های مورد محاسبه ی هر ایستگاه اقدام به باز ساخت زمانی - مکانی خشکسالی ها و ترسالی ها نموده است. خورشیددوست و قویدل رحیمی(۱۳۸۳ ،ص۳۳) در یک پژوش راهبردی به تعیین، طبقه بندی و پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی های زمستانی آذربایجان شرقی نموده و معتقدند که بروز خشکسالی بی نهایت شدید در منطقه بسیار نادر است، اما ترسالی های زمستانی بی نهایت شدید در آذربایجان شرقی به وقوع پیوسته و برای سال های آینده نیز وقوع

آن پیش بینی شده است. قویدل رحیمی (۱۳۸٤، ص ۷ و ۱۰) انواع مدل های ارزیابی خشکسالی را تشریح و ضمن بیان مزایا و محدودیت های آنها، مدل بهینه ی ارزیابی خشکسالی برای اقلیم آذربایجان شرقی را مدل Diagnostic معرفی کرده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

داده ها و روش ها:

داده ها

داده های بارش ٤١ ساله فصل بهار ١٢ ایستگاه استان آذربایجان شرقی که مشخصات آنها در جدول ١ درج گردیده، برای این مطالعه انتخاب شده است.

جدول ١- ویژگی های مکانی ایستگاه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	نام حوضه آبریز اصلی	ارتفاع (متر)
آجی چای	کلیماتولوژی	٤٦/٢٤	٣٧/٠٧	دریاچه ارومیه	١٤٠٠
اهر	سینوپتیک	٤٧/٠٣	٣٨/٢٦	رودارس	١٣٩٠
تبریز	سینوپتیک	٤٦/١٧	٣٨/٠٥	دریاچه ارومیه	١٣٦١
تسوج	بارانسنجی	٤٥/٢١	٣٨/١٩	دریاچه ارومیه	١٣٧٠
جلفا	سینوپتیک	٤٥/٤٠	٣٨/٤٥	رودارس	٧٣٦
سراب	سینوپتیک	٤٧/٣٢	٣٧/٥٦	دریاچه ارومیه	١٦٨٢
قره آغاج	کلیماتولوژی	٤٧/٤٤	٣٩/٢٠	رودارس	٧٠٠
کلیبر	سینوپتیک	٤٧/٠٤	٣٨/٥٢	دریاچه ارومیه	١٢١٠
لیقوان	بارانسنجی	٤٦/٢٦	٣٧/٥٠	دریاچه ارومیه	٢١٠٠
مراغه	سینوپتیک	٤٦/١٦	٣٧/٢٤	دریاچه ارومیه	١٤٧٦
میانه	سینوپتیک	٤٧/٤٢	٣٦/٢٠	رود قزل اوزن	١١١٠
هرزندات	بارانسنجی	٤٥/٤٥	٣٨/٣٩	رودارس	١٦٠٠

روش ها:

مراحل آماده سازی و کنترل کیفی داده ها، تکمیل داده های مفقود، تی تست، اف تست، ران تست و جرم مضاعف با استفاده از نرم افزار *Data Tester* انجام گرفته است. برای داده پردازی، مدل سازی و طبقه بندی خشکسالی ها و ترسالی ها از نرم افزار Instat Plus استفاده شده است. به منظور تعدیل نوسانات بارش نیز از میانگین متحرک ۳ ساله در کنار منحنی مشاهدات اصلی (نوسانی) استفاده شده و با ترسیم منحنی روند بارش استاندارد شده خط سیر بارش هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته است. برای تجزیه و تحلیل خشکسالی های بهاری ایستگاه ها از روش SPI استفاده شده است که معادله ی آن به شرح ذیل است :

(۱)

$$SPI = \frac{P_{ik} - \overline{P}_i}{\sigma_i}$$

در معادله ی فوق:

SPI:بارش استاندارد شده، P_{ik}:مقادیربارش i امین ایستگاه درk امین مشاهده به میلی متر، $\overline{P}_i$:میانگین بارش i امین ایستگاه به میلی متر، σ_i: انحراف معیار داده های بارش i امین ایستگاه، هستند اگینو ۲۰۰۰ ، ص۵. با استفاده ازمقیاس طبقه بندی مدل SPI (جدول ۲) فصول خشک یا مرطوب هر ایستگاه تعیین و به صورت نموداری ترسیم شده (شکل ٤ نمونه ای از این نمودار ها است) و ویژگی های اصلی آنها (فراوانی، تداوم، وسعت، فراگیری و شدت وقوع تعیین گشته است.

1- Agnew (2000, P5)

جدول ۲- مقیاس طبقه بندی کیفیت بارش براساس روش SPI[1]

طبقه	مرطوب حاد	مرطوب شدید	مرطوب متوسط	بارش نرمال	خشکی ملایم	خشکی شدید	خشکی حاد
مقدارSPI	۲ و بیشتر	۱/۵ تا ۱/۹	۱ تا ۱/٤۹	/۹۹ تا -/۹۹	۱- تا -۱/٤۹	۱/۵- تا -۱/۹۹	۲- وکمتر

به منظور آماده کردن داده ها برای پیش بینی دوره های مرطوب وخشک مقادیر SPI با استفاده از معادله ۲ تبدیل به مقادیر بارش استاندارد شده ی مک کال MCSPI شده است:

(۲)

$$MCSPI = (10 \times \frac{P_{ik} - \overline{P}_i}{\sigma_i}) + 50$$

در معادلهٔ فوق اعداد ۱۰و ۵۰ ضرایب ثابت معادله می باشند (ویلهایت و گلنس)[2]

برای ترسیم مدلهای تعیین و طبقه بندی دوره های مرطوب و خشک فصلی وهمچنین برای پیش بینی دوره های آتی مرطوب یا خشک از طریق مدل سری زمانی تجزیه از نرم افزار *Time Series* وبرای تعیین کیفیت وشدت دوره های پیش بینی شده از جدول (۳) استفاده شده است. روش تجزیه که برای پیش بینی دراین تحقیق مورد استفاده قرار گرفته، از روش های نقطه ای و کمی پیش بینی می باشد و از معادله ی سری های زمانی به شرح زیر پیروی می کند:(۳)

$$Y_t = T \times C \times S \times E$$

در معادله فوق: Yt : سری زمانی پیش بینی شده، T: روند سری در طول دوره ی آماری، C نوسانات دوره ای، S تغییرات فصلی سری زمانی، E تغییرات نامنظم سری هستند. دقت و صحت مدل پیش‌بینی از طریق سه عامل: «میانگین مطلق.انحرافات» [3] «مجذور میانگین مطلق

1- Hayes (2000, p9)
2- Wilhite and Glantz (2000, p123)
3- Mean Absolute Deviation (MAD).

انحرافات» [1] و «درصد میانگین مطلق خطاها» [2] و نیز آماره ی کولموگورف-اسمیرنوف کنترل شده است. برای تعیین شدت مرطوب یا خشک بودن سال های مورد پیش بینی از مقیاس طبقه بندی مندرج در جدول ۳ استفاده شده است:

جدول ۳- مقیاس طبقه بندی بارش به روش «بارش استاندارد شدهٔ مک کال» [3]

دوره	ترسالی			نرمال	خشکسالی		
وضعیت	حاد	شدید	متوسط	بارش نرمال	ملایم	شدید	حاد
شاخص	۷۰ و بیشتر	٦٥ تا ٦٩/٩	٥٠ تا ٦٤/٩	٤٠/١ تا ٤٩/٩	٤٠ تا ٣٥/١	٣٥ تا ٣٠/١	کمتر از ٣٠
کد وضعیت	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 - Mean Squared Deviation (MSD).
2- Mean Absolute Percentage Error (MAPE).
3- Wilhite and Glantz (2000, p123)

نتایج:

تجزیه و تحلیل آماری داده های اصلی بارش فصل بهار

داده های ثبت شده بارش حقیقی ایستگاه های استان در فصل بهار تجزیه و تحلیل آماری شده که نتایج آن در جدول ٤ قابل مشاهده است. با توجه به جدول٤ می توان اهم نتایج آن را به شرح ذیل خلاصه نمود:

۱-دو ایستگاه کلیبر و قره آغاج پر باران ترین و تبریز کم باران ترین ایستگاه های بهاره ی استان هستند. با توجه به میانگین بلند مدت بارش بهاره ی استان، ایستگاه های آجی چای، تبریز، جلفا، سراب و میانه جزو ایستگاه های خشک و سایر ایستگاه ها جزو ایستگاه های مرطوب بهاری استان هستند.

جدول٤- ویژگی های آماری بارش در ایستگاه های آذربایجان شرقی

ایستگاه	میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	حداقل	دامنه	ضریب تغییرات
آجی چای	۱۰۱/۲	۹۸/۵	۷۰/۲	٤۱/۳	۷/۲	۱۹۲	٤۱
اهر	۱۲٤/۸	۱۲٦	۱۲٦	۵۱/۷	۳٦/۳	۲۲۵	٤۱
تبریز	٦۳/۲	۵٦/۵	۵۲/٦	۳۳/۵	۸	۱۳۵	۵۳
تسوج	۱٤۱/۵	۱۱۵	٤۷/۳	۹۲/۸	۰	۳۵٤	٦۵/۳
جلفا	۸۸/۵	۸۰	٤٤	٤۵/۵	۱٤/٤	۲۰۳	۵۱/٤
سراب	۹۸	۹۳/۲	۱۱۸	٤٦/۸	۳۳/۹	۲۲۹	۷۷/۷
قره آغاج	۱۷۵	۱۵٦	۱۲۹	۷۱/٦	۱۲/٦	۲۹۷	٤۰/۸
کلیبر	۱۸۹	۱۸۹	۷۰	٦۸/۹	۷۰	۳۰۱	۳٦/٤
لیقوان	۱۲۵	۱۳۰	۱٦۰	٦۳/۱	۸/٤	۲٦۲	۵۰/٤
مراغه	۱۲۲	۱۲٤	۲٦/٦	۵۹/۹	۲٦/٦	۲۵۲	٤۵/٦
میانه	۹۵	۹۳	۲۳/۸	٤٤/۲	۲۳/۸	۱۹۳	٤٦/٦
هرزندات	۱۲۵	۱۱۰	٦٦	۵۵/٤	۳۲/۹	۲۰۸	٤٤/۲
آذربایجان شرقی	۱۲۰/۷	۱۱۰	٦٦	٦٦/۸	۰	۳۷۱	۵۵/۳

۲- با توجه به انحراف معیار بارش بهاره، بیشترین مقدار آن در ایستگاه تسوج و کمترین مقدار آن در ایستگاه تبریز دیده می شود.

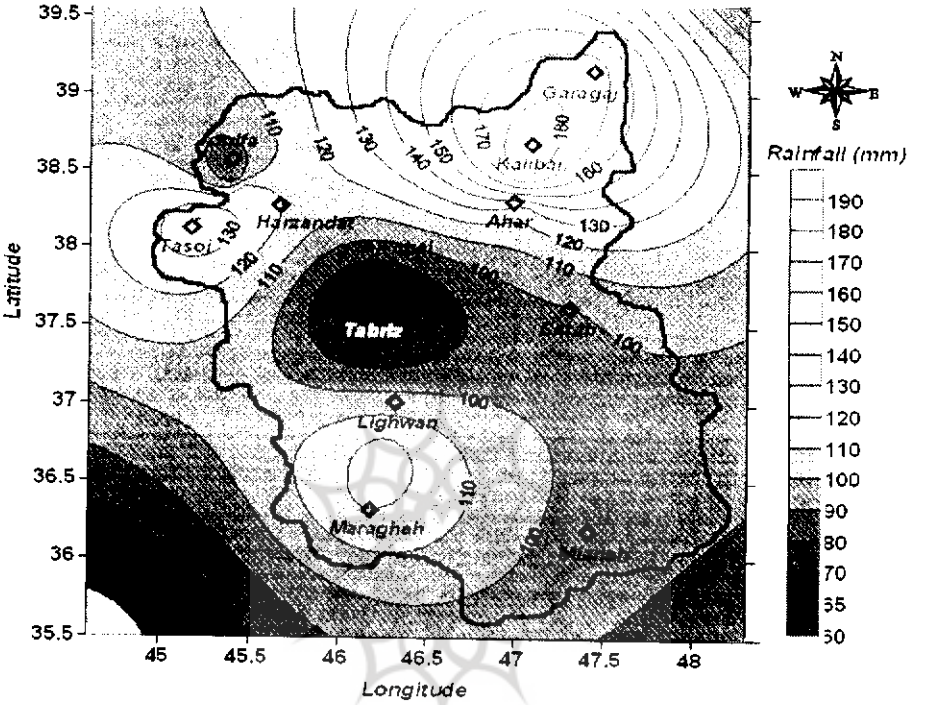
۳- بیشترین مقدار دامنه تغییرات بارش در ایستگاه تسوج و کمترین مقدار آن در ایستگاه تبریز قرائت گردید.

٤- ضریب تغییرپذیری بارش ایستگاه کلیبر کمترین و سراب بالاترین مقادیر در سطح ایستگاه های استان هستند که این امر بیانگر نظم بیشتر بارش های بهاره در ایستگاه کلیبر و ناهنجاری و بی نظمی بارش بهاره در ایستگاه سراب می باشد.

تجزیه و تحلیل فضایی- زمانی بارش بهاره:

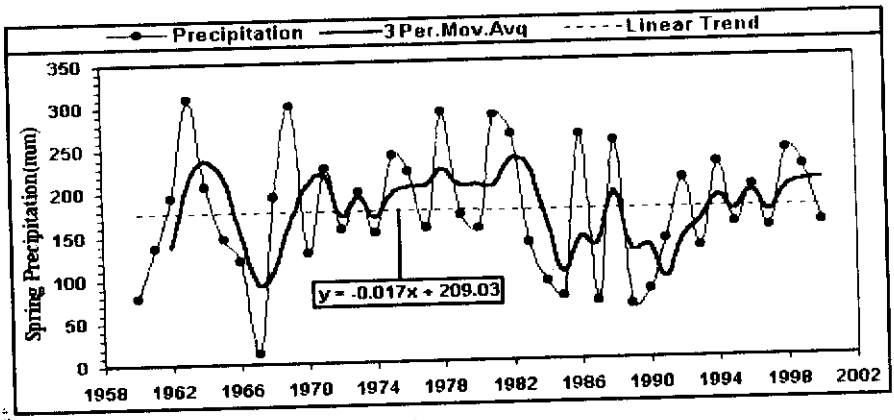
با استفاده از میانگین های بلند مدت بارش ایستگاه ها ، توزیع فضایی ٤١ ساله بارندگی بهاره استان در شکل ۱ ترسیم شده است. با در نظر گرفتن توزیع فضایی بارش فصل بهار، وجود چندین قطب کم بارش مشخص می شودکه عبارت از: ایستگاه های تبریز و جلفا و تا حدودی دو ایستگاه سراب و میانه هستند.

با توجه به موقع جغرافیایی دو ایستگاه هرزندات و جلفا که تفاوت چندانی از نظر طول و عرض جغرافیایی ندارند، تفاوت فاحش بارش این دو ایستگاه بسیار جالب توجه است. این امر ناشی از حالت بادپناهی ایستگاه جلفا (که مانع نفوذ رطوبت به محدوده ی آن می شود) و ارتفاع بیشتر ایستگاه هرزندات (که موجب ریزش بیشتر یا به عبارت بهتر دوشیده شدن رطوبت ابرها می گردد) است. ایستگاه های اهر، کلیبر، و قره آغاج در دامنه کوه های قره داغ نیز محدوده پر باران (قطب پر باران) استان در فصل بهار هستند.



شکل ۱- توزیع فضایی بارش بهاری در ایستگاه های آذربایجان شرقی (۲۰۰۰-۱۹۶۰)

برای تحلیل نوسان های بارش، نمودارهای نوسانی سری زمانی بارش بهاره وبرای تعدیل نوسانات بارش، منحنی های میانگین متحرک ۳ ساله هر ایستگاه در ارتباط با خط میانگین بلند مدت آنها ترسیم شده است. با توجه به نمودارهای نوسانی و متحرک ۳ ساله به وجود نوسانهای بسیار شدید بارش فصل بهار از سالی به سالی دیگر بویژه در ایستگاه های تبریز، قره آغاج و هرزندات پی می بریم. نوسان های شدید فصل بهار ایستگاه ها با استفاده از مدل های میانگین متحرک ۳ ساله تعدیل شده است. در شکل ۲ مدل ایستگاه قره آغاج به عنوان نمونه ترسیم شده است. با توجه به مدل خطی روند بارش بلند مدت، ایستگاه قره آغاج دارای روند بارش کاملاً متعادلی است.

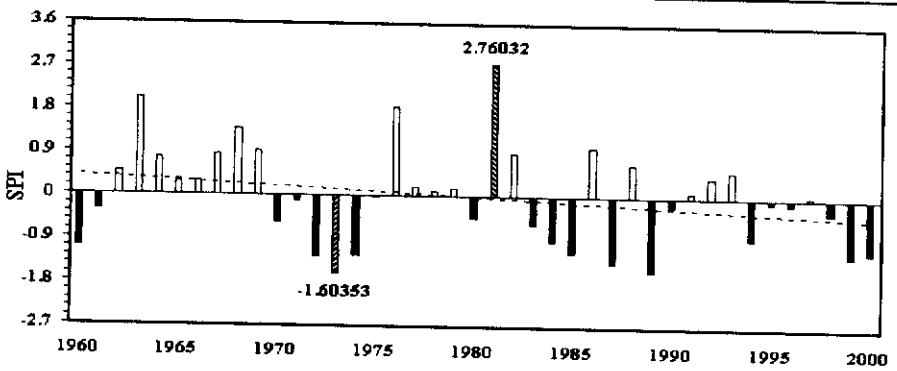


شکل ۲- مدل های نوسانی، متحرک ۳ ساله و روند خطی سری بارش بهاره ایستگاه قره آغاج

تعیین و طبقه بندی دوره های خشک و مرطوب بهاره

با استفاده از داده های اصلی بارش، مقادیر SPI فصل بهار ایستگاه ها محاسبه شده و شدت مرطوب یا خشک بودن آنها نیز با توجه به جدول ۲ تعیین و خصوصیات آنها با توجه به مدل های تعیین و طبقه بندی فراوانی و شدت دوره های مرطوب وخشک(شکل ۳) به شرح زیر درج شده است.

۱- ایستگاه میانه با ۹ فصل خشک در بهار (شکل ۳) و ایستگاه های کلیبر، لیقوان و هرزندات با ۸ بهار خشک در ۴۱ سال دوره ی آماری، دارای بیشترین تعداد فصول خشک بهاره هستند. کمترین تعداد فصول خشک در دو ایستگاه جلفا و سراب با ۵ فصل خشک مشاهده می شود. دو ایستگاه قره آغاج و هرزندات با ۷ فصل مرطوب بهاره، دارای بیشترین فصل مرطوب بهاره در بین ایستگاه ها هستند.



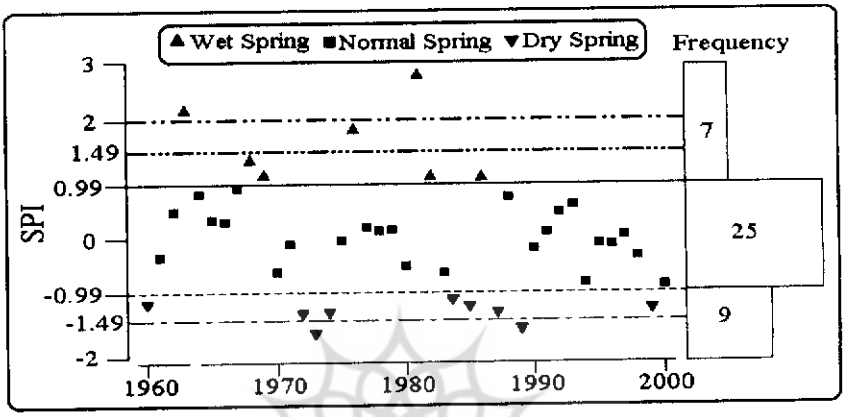
شکل ۳- مدل توزیع زمانی دوره های مرطوب وخشک بهاری ایستگاه میانه به روش SPI و روند خطی آن(ستون های توخالی) معرف سال های مرطوب ، ستون های سیاه رنگ معرف خشکسالی های بهاری، خط منقطع معرف روند خطی بارش و دو ستون هاشور خورده معرف شدیدترین ترسالی و خشکسالی ایستگاه میانه در حد فاصل بین سال های ۱۹٦۰ تا ۲۰۰۰ میلادی هستند).

۲- در اکثر سال ها در کل ایستگاه های مورد مطالعه، وضعیت عادی (بارش نرمال) حاکم بوده است.

۳- از دوره های متوالی خشک ایستگاه ها فقط یک دوره ۳ ساله (۱۹۹۲ تا ۱۹۹٤) در ایستگاه هرزندات قابل توجه است. دو دوره مداوم قابل ذکر فصول مرطوب بهاره، یکی در ایستگاه کلیبر با تداوم ٤ ساله (۱۹٦۰ تا ۱۹٦۳) و دیگری با تداوم ۳ ساله از (سال ۱۹۷۲ تا ۱۹۷٤) در ایستگاه سراب، مرطوب ترین فصول متوالی بهاری ٤۱ ساله ایستگاه های مورد مطالعه می باشند.

٤- دوره های فراگیر مرطوب بهاره در سال های ۱۹٦۳، ۱۹٦۸ (مرطوب ترین بهار) ۱۹۷٦ و ۱۹۸۱ و دوره های فراگیر خشک ایستگاه های استان در فصل بهار در سالهای ۱۹٦۰، ۱۹٦۱، ۱۹٦۷، ۱۹٦۹، ۱۹۷٤، ۱۹۸۵، ۱۹۸۷، ۱۹۸۹، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ اتفاق افتاده است.

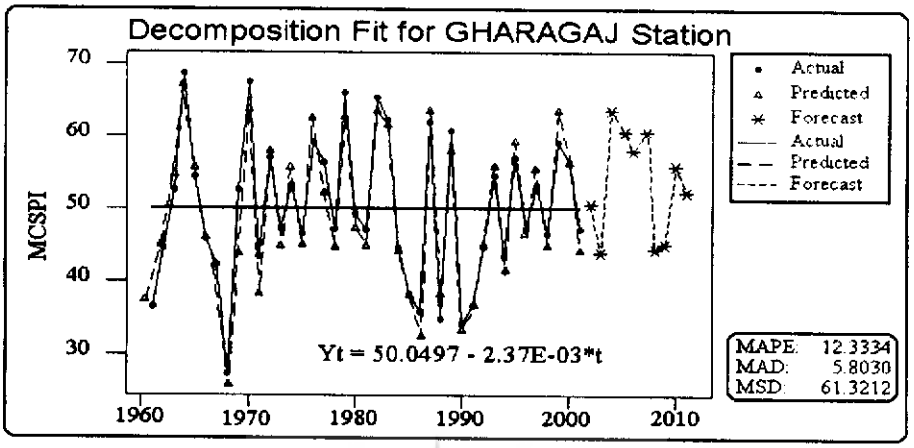
در شکل٤ مدل طبقه بندی شدت خشکسالی و ترسالی ایستگاه میانه به عنوان نمونه نشان داده شده است.



شکل ٤- مدل تعیین و طبقه بندی فراوانی و شدت دوره های مرطوب وخشک فصل بهاری ایستگاه میانه

پیش بینی دوره های مرطوب و خشک ایستگاه ها در فصل بهار:

به منظور پیش بینی دوره های آتی مرطوب و خشک بهاره، ابتدا داده های SPI هر ایستگاه تبدیل به داده های بارش استاندارد مک کال گردید وسپس از طریق مدل سری زمانی تجزیه، مدل های پیش بینی هر ایستگاه ترسیم شد. در شکل ٥ مدل پیش بینی ایستگاه قره آغاج به عنوان نمونه نشان داده شده است. بعد از پیش بینی بارش بهاره سال های ٢٠٠٥ تا ٢٠١٠ ایستگاه ها با استفاده از جدول ٣ نسبت به تعیین و طبقه بندی بارش سال های مورد پیش بینی در جدول ٥ اقدام گردید.



شکل ۵- مدل پیش بینی بارش ایستگاه قره آغاج

با توجه به مدل های پیش بینی بارش وجدول ۵ معلوم می شود که در فاصله بین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ در اکثر موارد شرایط عادی و مرطوب بر ایستگاه ها حاکم خواهد بود و مرطوب ترین بهار در سال ۲۰۰۸ در ایستگاه سراب و شدیدترین خشکی بهاره نیز در سال ۲۰۰۹ در ایستگاه میانه به وقوع خواهند پیوست.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۵- جدول مقادیر بارش پیش بینی شده به همراه طبقه بندی شدت فصول مرطوب و خشک بهاره در ٦ سال آتی

ایستگاه	آخی چای	وضعیت	اهر	وضعیت	تبریز	وضعیت	تسوج	وضعیت	جلفا	وضعیت	سراب	وضعیت
۲۰۰۵	۵۳/۸	۳	۵۷/٦	۳	۵۲	۳	۵٤	۳	٦۳/۷	۳	۵۹/۸	۳
۲۰۰٦	۳۹/۸	۵	٤٤/٤	٤	٤۱/۳	٤	۵۰	۳	٤۱/٤	٤	۳٦	۵
۲۰۰۷	۵۰/۵	۳	٤۷/۸	٤	٤۳/۹	٤	٤۸/٤	٤	٤۱/٦	٤	٤۰/۳	٤
۲۰۰۸	۳۹/۵	۵	٤۵/۷	٤	٤۰	٤	۵۵/۵	۳	۳۸/۲	۵	٤۱/۵	٤
۲۰۰۹	٤٦	٤	٤۰/۲	٤	۳۰/۳	٦	٦۰/۹	۲	٤۱/۷	٤	۳۹/۳	۵
۲۰۱۰	٤۵/۲	٤	٤۱/۵	٤	۳۷/۵	۵	٤۳/۲	٤	۳٤/٦	۵	۳۹/۹	۵
ایستگاه	قره آغاج	وضعیت	کلیبر	وضعیت	لیقوان	وضعیت	مراغه	وضعیت	میانه	وضعیت	هرزندات	وضعیت
۲۰۰۵	۵۹	۳	٤۱/٤	٤	۵۰/۵	۳	۵۳	۳	۵۱/۵	۳	٤٤/۳	٤
۲۰۰٦	٦۰/۱	۲	۵۱/٦	۳	٤٤/۳	٤	٤۹/۳	٤	۳۹/۸	۵	٤۸/۸	٤
۲۰۰۷	٤۵	٤	۵٤/۲	۳	۳۹	۵	٦۹/۵	۲	۵۸/۸	۳	۵٦/٤	۳
۲۰۰۸	٤۷	٤	٤٤/٤	٤	٤۵/۸	٤	٤٦/۵	٤	٤۵/۲	۵	٤٤/۸	٤
۲۰۰۹	۵۲	۳	۵۰/۵	۳	٤۲	٤	۵۳/٤	۳	۲۸/۵	۷	٤۲/۷	٤
۲۰۱۰	۵۵	۳	٤۳/۷	٤	٤۸/۷	٤	۵۸/۲	۳	۵٤/۸	۳	٤۵/۸	٤

از دیگر نکات مهم جدول ۵ می توان به فقدان خشکی بهاره در ایستگاه های قره آغاج و هرزندات اشاره کرد. محاسبه و آزمون باقی مانده ها به روش کولموگورف- اسمیرنوف که نرمال بودن مقادیر باقی مانده ها را نشان داد و همچنین درصد پائین خطاهای محاسباتی مدل های تجزیه، بیانگر دقت و نکویی برازش برآوردی مدل پیش بینی در بهار می باشد.

بحث و نتیجه گیری:

بهار در همه ایستگاه های مورد مطالعه (به استثنای دو ایستگاه تبریز وجلفا که زمستان پر باران ترین فصل آنها است) پر باران ترین فصل سال است. از آنجا که بخش عمده ای از بارش ایستگاه های مورد مطالعه در بهار انجام می گیرد، لذا وضعیت بارش سالانه نیز تا حدود زیادی مبتنی بر بارش بهاره است.

با توجه به مدل های به کار رفته در این مطالعه، مشخص شد که نوسانات بارش فصل بهار درسال های مختلف شدید بوده وجزو ماهیت اقلیم استان محسوب می گردد. ظهور دوره های مرطوب وخشک در ایستگاه های استان که تابع نوسانات مثبت (فصل مرطوب) و منفی (فصل خشک) عنصر بارش در مقاطع مختلف خصوصاً مقطع فصلی است، اغلب به صورت فراگیر (در برگیرنده کل استان) است.

علی رغم عبور توده هواهای تقریباً یکسان از محدوده مورد مطالعه، تفاوت هایی در بارش ایستگاه ها مشاهده می شود که این تفاوت در دریافت بارش موجب تغییراتی درکم وکیف دوره های مرطوب وخشک بهاره در ایستگاه های مختلف شده است. می توان علت اصلی تفاوت در بارش ایستگاه های مختلف را (علی رغم عبور توده هواهای تقریباً یکسان) در عوامل میکروکلیمایی، محلی و مزوکلیمایی موجود در استان که گاه موجب افزایش بارش(مانند کوه های ارسباران و قره داغ در ایستگاه هایی چون کلیبر و اهر می شود) و گاه موجب کاهش بارش (حالت باد پناهی ایستگاه های جلفا و سراب) می گردند، جستجو کرد.

با توجه به مدل های تعیین و طبقه بندی شدت فصول مرطوب وخشک، ملاحظه می شود که در خلال ٤١ سال گذشته، فصل بهار بسیار (بی نهایت) خشک در هیچ یک از ایستگاه های استان به وقوع نپیوسته است. در طول دوره مورد مطالعه، بارش فصل بهار عموماً از نظر کیفیت مرطوب یا خشک بودن، در وضعیت نزدیک به نرمال قرار گرفته که این وضعیت عمومی هر از گاهی به سمت بالا و افزایش رطوبت و گاه به سوی قسمت پایین و خشکسالی انحراف مسیر داده و فصول مرطوب و خشک ایستگاه های استان راکه عموماً در گروه

دوره های نسبتاً خشک یا مرطوب و به ندرت با درجه شدید یا بی نهایت شدید طبقه بندی می شوند، به وجود می آورند.

نتایج حاصل از مدل های پیش بینی سری زمانی تجزیه در خصوص فصول آتی مرطوب و خشک بهاره، چندین نکته ی اساسی در مورد بارش ایستگاه های استان آذربایجان شرقی مشخص می نماید که از جمله این موارد اساسی می توان به تداوم نوسانات بارش و به تبع آن تناوب دوره های مرطوب و خشک در سال های آتی، ظهور کیفیت بارش نرمال در اکثر سال های مورد پیش بینی و در اقلیت قرار گرفتن فصولی که دارای کیفیت شدید و بی نهایت شدید مرطوب یا خشک هستند، اشاره نمود. اثبات یا تغییرات جزئی بارش در محدوده ی میانگین بلند مدت بارش، موضوعی است که شبیه سازی های ناشی از مدل های گردش عمومی، پیوندی جوی- اقیانوسی نیز آنها را برای ایستگاه تبریز در سال های آتی پیش بینی کرده اند که با توجه به قدرت تفکیک فضایی بالای مدل های به کار گرفته شده، انتظار می رود که در صورت افزایش گازهای گلخانه ای بویژه دی اکسید کربن جو که یکی از عوامل اصلی تغییرات اقلیمی محسوب می شود، بارش بهاره ی تبریز و کل منطقه ی شمال غرب، ثابت یا با تغییرات اندکی مواجه شود (قویدل رحیمی، ١٣٨٤، ص ٦ ؛ خورشیددوست و قویدل رحیمی، ١٣٨٤، ص٩).

هر چند با توجه به عوامل سنجش نکویی برازش مدل تجزیه در پیش بینی فصول آتی مرطوب و خشک بهاره ایستگاه های مورد مطالعه، دقت مدل در حد بسیار بالایی می باشد، اما باید یاد آوری کرد که مدل مذکور مدلی آماری (احتمالاتی) بوده و از این رو برای استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق بویژه در پیش بینی ها، احتمال عدم وقوع حالات پیش بینی شده نیز باید مد نظر قرار گیرد.

منابع

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

۲) خوش اخلاق ، ف. (۱۳۷۷)، ***«تحقیق در خشکسالی های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل های سینوپتیکی»***، پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی ، دانشگاه تبریز.

۳)خلیلی، ع. و ج. بذرافشان، (۱۳۸۲)، ***«ارزیابی کارایی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه های اقلیمی مختلف ایران»***، ***نیوار***، بهار و تابستان ۸۲ ، صص ۹۳-۷۹ .

٤)زاهدی،م. و ی. قویدل رحیمی(۱۳۸۱) ***«شناخت، طبقه بندی و پیش بینی خشکسالی با استفاده از روش سری های زمانی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه»***، فضای جغرافیایی، ٤٨-١٩ : ٦

۵) فرج زاده، م. و ع. موحد دانش و ه. قائمی (۱۳۷٤)، ***«خشکسالی در ایران»***، ***دانش کشاورزی، تبریز*** ، ۵۲ - ۳۱ :(۵) ۲ و ۱ .

٦) قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۱)، ***«تجزیه و تحلیل نوسانات بارش و محاسبه دوره های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی»***، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

۷) قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۲)، ***«بازساخت زمانی- فضایی خشکسالی ها و ترسالی های استان آذربایجان شرقی با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد»***، ***نشریهٔ دانشکدهٔ علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز*** (ویژه نامهٔ جغرافیا)، ۱۵۰-۱۳۳ : (۳)۱۳ .

۸) قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸٤)، ***«آزمون مدل های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه های استان آذربایجان شرقی»***، پذیرفته شده برای چاپ در ***مجله ی منابع طبیعی ایران***، جلد ۵۸، شمارهٔ ٤، ١٤ صفحه.

۹) قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸٤)، « ***شبیه سازی تغییرات دما و بارش تبریز در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن جو با استفاده از مدل گردش عمومی*** » مؤسسه مطالعات فضایی گودارد»، پذیرفته شده در ***مجله ی پژوهش های جغرافیایی*** دانشگاه تهران، ۱۳ صفحه.

۱۰) محمدخورشیددوست، ع. و ی. قویدل رحیمی(۱۳۸۳)، ***«مطالعهٔ نوسانات بارش و پیش بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک زمستانه آذربایجان شرقی»، فصلنامه ی تحقیقات جغرافیایی*** ،۳٦-۲۵ : (۱)۷۲.

۱۱) محمدخورشیددوست، ع. و ی. قویدل رحیمی(۱۳۸۳)، « ***شبیه سازی اثرات دو برابر شدن دی اکسید کربن جو بر تغییر اقلیم تبریز با استفاده از مدل گردش عمومی آزمایشگاه پویایی سیالات ژئوفیزیکی»***، پذیرفته شده در ***مجله ی محیط شناسی*** دانشگاه تهران، ۱۳ صفحه.

۱۲) نیشابوری، ع. (۱۳٦۵)، ***«روشی جدید برای تشخیص و تعیین حدود فصل خشک***، مجموعه مقالات سمینار بین المللی جغرافیا»، دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی