

## پیش بینی دوره های خشک و تر با استفاده از رابطه بین دما و بارندگی در منطقه تبریز

مهدی اصلاحی<sup>۱</sup>، رشید سعیدآبادی<sup>۲</sup>  
(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۵/۸/۸)

پیش بینی بارش در مدیریت خشکسالی و سیلاب نقش ویژه ای ایفا می کند. تاکنون روشهای مختلفی جهت پیش بینی فصلی و ماهانه بارش با استفاده از مدل‌های آماری ارائه شده است. در این مقاله مدل پیش بینی بارش براساس رابطه آن با دما پایه ریزی شده است. با توجه به مکانیسم غالب بارندگی در منطقه آذربایجان که عمدتاً از طریق صعودهای اورگرافیکی می باشد، رابطه قوی و معکوسی بین دما و بارندگی وجود دارد. بررسی رژیم دمایی و بارندگی منطقه به طور همزمان وجود رابطه عکس بین دما و بارندگی را در دوره های کوتاه و بلندمدت ثابت می کند. مدل پندی سری زمانی مقادیر آنومالی بارش ماهانه امکان پیش بینی بارندگی دوره های خشک و تر را فراهم می آورد. تحلیل همبستگی نگار متقاطع (CCF)<sup>۳</sup> مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین دما با بارندگی وجود حافظه اقلیمی دو ماهه بین دما و بارندگی را نشان می دهد. برای پیش بینی مقادیر بارندگی مدل آماری براساس دمای دو ماه قبل، یک ماه قبل و همان ماه تنظیم گردیده است.

**کلمات کلیدی:** دوره های خشک و تر، سریهای زمانی، بارش، حافظه اقلیمی.

### چکیده

\*

\*

\*

۱ - اداره هواشناسی آذربایجان شرقی  
۲ - دانشگاه ارومیه

### مقدمه

خشکسالی پدیده اجتناب ناپذیری است که در پهنه کشور ایران در گذشته اتفاق افتاده و در آینده نیز به وقوع خواهد پیوست [۶]. این پدیده طبیعی در اثر تغییرات ایجاد شده در الگوی آب و هوایی که ناشی از کاهش نزولات جوی به مقداری کمتر از حد میانگین خود باشد به وجود می آید. شدت خشکسالی در رابطه با دوره و سطح تاثیر آن متفاوت است. بدیهی است که نمی توان مقدار نزولات جوی را تغییر داد اما با مدیریت بهتر منابع آب می توان خط بحران خشکی را عقب انداخت [۴]. بررسی آمار بارندگی ایستگاه تبریز نشان می دهد که پدیده خشکسالی به کرات در آن به وقوع می پیوندد و تقریباً هر دو سال یکبار در فصول مختلف مقدار بارندگی کمتر از میانگین بلندمدت آن است. البته بایستی توجه داشت که در مطالعه پدیده خشکسالی ساده ترین حالت، بررسی میزان بارندگی در یک دوره خاص نسبت به میانگین بلندمدت آن دوره است. در حالیکه عوامل دیگری نیز مانند افزایش درجه حرارت، زمان وقوع بارش، پراکنش باران و سایر عوامل نیز می توانند علاوه بر ایجاد تغییر در مقدار بارندگی، در میزان تاثیر پدیده خشکسالی اثرات پیچیده تری به وجود آورند [۲].

### پیشینه تحقیق

سعیدآبادی و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از بررسی رابطه بین دما و بارش ماهانه پیش بینی تغییرات بارش را در منطقه تبریز طی دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۵۱ مورد مطالعه قرار داده اند [۳]. ایشان با استفاده از مقایسه سری زمانی دما و بارش و بررسی دوره های خشک و تر مشخص کردند که رابطه معکوسی بین دما و بارش در این منطقه وجود دارد. در نهایت مدل آماری جهت پیش بینی بارش ارائه شده است. در تحقیق حاضر، روشهای آماری به طور دقیق تر بکار برده شده و تفسیر آماری که از نمودارها ارائه گردیده کامل و دقیق می باشد. از طرف دیگر طول دوره آماری بیشتر و آمار به روز شده است.

ژائو و خلیل (۱۹۹۳) همبستگی بین بارندگی ماهانه و میانگین دمای ماهانه را طی دوره ۸۰ ساله از ۱۹۰۵ تا ۱۹۸۴ روی ۱۰۰۰ ایستگاه در منطقه ایالات متحده محاسبه و مورد مطالعه قرار دادند. با استفاده از روشهای آماری معنی داری های محلی و منطقه ای مورد آزمون قرار گرفتند و توزیع مکانی همبستگی های منفی و مثبت بارندگی و دما بدست آمده است. نتایج نشان داده است که در تابستان همبستگی دما و بارش منفی است و این بدان معناست که تابستانهای گرم خشک تر هستند. منطقه جنوب دریاچه های بزرگ تنها مناطق وسیعی هستند که همبستگی مثبت معنی داری در زمستان وجود دارد [۱۳].

دیاز و نامیاس (۱۹۸۳) رابطه بین آنومالی فصلی دما و بارندگی سطح زمین را در منطقه ایالات متحده و نوسانات ارتفاع فشار ۷۰۰ میلی باری در شمال غربی نیمکره را به صورت تابعی از عرض جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند. بررسی‌ها نشان داده است که یک رابطه معکوس و قوی بین دما در ایالات متحده و ارتفاعات ۷۰۰ میلی باری در شمال غربی نیمکره طی زمستان مشاهده شده است. در تابستان رابطه مثبت است و اکثراً در منطقه جنوب ایالات متحده این موضوع بارز می‌باشد [۹].

ربه تز (۱۹۹۵) ضرایب همبستگی را برای داده‌های اقلیمی طی دوره ۱۹۹۴-۱۹۰۱ برای ۶ نقطه در منطقه کوهستانی سوئیس مورد بررسی قرار داده است و در آن رابطه بین دما و بارش (باران و برف) در تابستان و زمستان مورد توجه قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که تابستان‌های سردتر با افزایش بارش در ارتباط است که در اینجا مقدار بارش همان فراوانی رخ داد بارش می‌باشد. در زمستان ایستگاه‌های با ارتفاع پایین‌تر دارای رفتاری متفاوت با ایستگاه‌های مرتفع‌تر هستند. در ایستگاه‌های پست، بارش بیشتر به صورت باران است تا برف. در ارتفاعات بالاتر از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر همبستگی‌های بین دما و بارش ضعیف‌تر از ارتفاعات پایین‌تر است. نتیجه دیگر اینکه زمستان‌های گرم‌تر به طور کلی با برف و باران ارتباط کمتری دارد [۱۱].

دوبلر (۲۰۰۵) همبستگی دما و بارندگی را به منظور پیش‌بینی هوا مورد مطالعه قرار داده است. محاسبات نشان داده است که در فصل زمستان همبستگی قوی وجود دارد. در فصل‌های دیگر همبستگی معنی‌دار نیست. نتایج نشان داده است که زوج متغیرها همبستگی معنی‌داری ندارند اما تطابق معنی‌داری بین آنها وجود دارد [۱۰]. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، بهتر است قبل از پیش‌بینی هوا، ابتدا تکنیک‌های فرآیندی یا طیفی متغیرهای هواشناسی مورد بررسی قرار گیرند.

سی مونن و همکاران (۲۰۰۱) در پیزای ایتالیا روند بلندمدت بارشهای روزانه و دما را برای بدست آوردن واریانس و متوسط‌ها بررسی کردند. آنالیز واریانس اختلافاتی را در بارندگی و دمای بین فصول و مابین پنج دوره پنج‌ساله نشان می‌دهد. از سال ۱۸۷۸ الی ۱۹۹۸ حداقل دما ۱/۷ درجه و حداکثر دما ۸ درجه سانتیگراد افزایش یافته است. حداقل دما در تمامی فصول و حداکثر دما در فصول پاییز و بهار افزایش یافته است [۱۰].

در خصوص خشکسالی‌های آشناختی، پالسون و همکاران (۱۹۸۵) در مناطق نیمه خشک ایالات متحده با روش رگرسیون خطی چندگانه، شدت این پدیده را به برخی از عوامل ژئومورفولوژیکی و اقلیمی در هر حوضه همگن ربط داده‌اند. دقت برآورد شدت خشکسالی با این روش رضایت‌بخش اعلام شده و مهمترین عوامل برای آن منطقه معین شده‌اند [۱۲].

بانکرز و همکاران (۱۹۹۶) ۲۴ متغیر (دما و بارش‌های ماهانه) را در منطقه ای از ایالات متحده

با فاصله یک درجه قوسی در عرض و در طول جغرافیایی و برای ۱۴۷ ایستگاه هواشناسی جمع آوری نموده و با هدف پهنه بندی اقلیمی به مولفه های اصلی تجزیه کرده اند. ۹۳ درصد واریانس توسط سه مولفه اول توجیه شده است. سپس ایستگاهها را بر اساس مقادیر مولفه های اصلی منتخب باروشهای خوشه بندی سلسله مراتبی گروه بندی کردند [۷].

### روش تحقیق

به منظور انجام پیش بینی تغییرات زمانی پارامتر دما و تاثیرات آن بر بارندگی، آمار و اطلاعات دمای میانگین و بارندگی ایستگاه هواشناسی تبریز مورد آزمون های لازم قرار گرفته است. با توجه به اینکه دوره اقلیمی ۲۰۰۴-۱۹۵۱ برای تحقیق انتخاب شده بود، ابتدا نسبت به پر کردن خلاهای آماری اقدام گردید و در نهایت بستر آماری کامل و بدون اشکالی برای انجام محاسبات بعدی آماده شد. برای آماده سازی این بخش مراحل زیر انجام شده است:

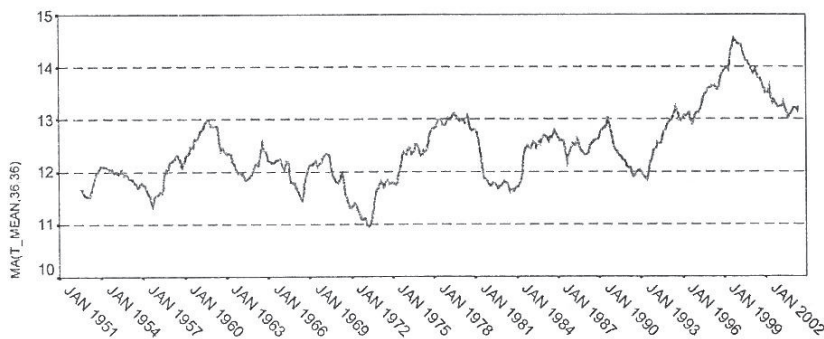
- الف) کنترل عینی اطلاعات، تعیین دامنه های مورد قبول بین متغیر دما و بارندگی،
- ب) ترسیم شکل های میانگین متحرک مرتبه سی و ششم دمای میانگین و بارندگی ماهانه در طول سالهای آماری به منظور تشخیص روند حاکم بر تغییرات این دو پارامتر اقلیمی و مقایسه آنها با همدیگر،
- ج) ترسیم شکل های همزمان میانگین فصلی بارندگی و میانگین فصلی دما بر روی یکدیگر در طول دوره آماری ۲۰۰۴-۱۹۵۱ و مقایسه دوره های افزایش و کاهش دو پارامتر با یکدیگر،
- د) ترسیم شکل نرمال فصلی و میانگین فصلی دما و بارندگی به طور جداگانه برای هر دوره ده ساله و مقایسه انحراف از نرمال (آنومالی) هر دو پارامتر همزمان با یکدیگر،
- ه) ترسیم همبستگی نگار متقاطع سه پارامتر حداقل، حداکثر و میانگین دما با بارندگی و انتخاب پارامتری که بیشترین ضریب همبستگی را با بارندگی دارد،
- و) تحلیل رگرسیونی چندگانه با روش سعی و خطا و تبدیلات مختلف بارندگی در مقابل میانگین حداقل دما در قدمهایی که بیشترین مقدار ضریب همبستگی را با بارندگی داشته اند (قدمهای ۰، ۱ و ۲). نتایج تحلیل رگرسیونی در معادله ای نهایی با استفاده از دمای دو ماه قبل برای پیش بینی بارندگی خلاصه شده است.

### تجزیه و تحلیل سری های زمانی دما و بارش

یکی از ساده ترین روش ها برای مدل بندی و پیش بینی یک سری زمانی، روش میانگین های

متحرك می باشد [۱]. زمانی که سیگنال اصلی بوسیله اغتشاش پنهان مانده باشد، میانگین‌های متحرك برای جستجوی الگوی داده‌ها مفید خواهند بود به گونه‌ای که به طور سیستماتیک، اغتشاش در مشاهدات را کاهش داده، سری را هموار کرده، الگوی اساسی را به سهولت کشف و روند بلندمدت را مشخص می‌کنند [۵].

شکل ۱ میانگین مرتبه سی و ششم دما را در طول ۵۴ سال گذشته برای ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. در این شکل روند افزایشی دما از سال ۱۹۷۵ کاملاً آشکار بوده و علیرغم وجود دوره‌های سریع کوتاه مدت کاهش دما (۱۹۸۱ الی ۱۹۸۵ و ۱۹۹۱ الی ۱۹۹۵)، روند افزایشی سریع دما از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۱ کاملاً مشهود است.

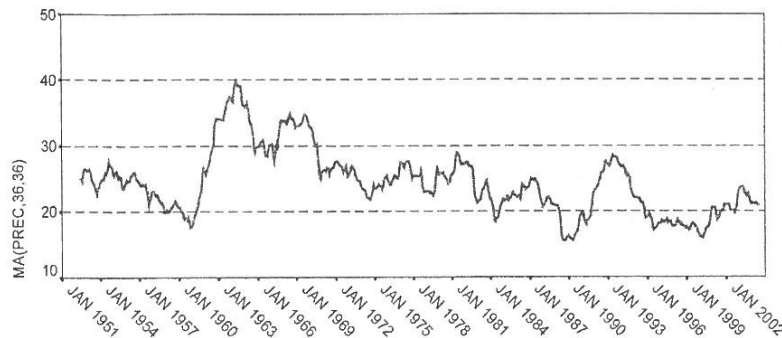


شکل ۱ - میانگین مرتبه سی و ششم دما در ایستگاه تبریز (۱۹۵۱-۲۰۰۴)

در شکل ۲ میانگین متحرك مرتبه سی و ششم بارندگی ایستگاه تبریز نشان داده شده است. مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ وجود رابطه کاملاً معکوس دما را با بارندگی مشخص می‌کند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش نفوذ سیستم‌های سرد (که با افزایش میانگین دما همراه است) مقادیر بارندگی نیز کاهش پیدا خواهد کرد زیرا در منطقه آذربایجان به علت وضعیت توپوگرافیکی، صعود اوروگرافیکی، مکانیزم غالب بارندگی می‌باشد. اگر سیستم‌های نفوذی به مقدار لازم اولیه سرد نباشند، این مکانیزم منجر به بارندگی نخواهد شد.

برای مطالعه هر چه بیشتر مسئله فوق و بررسی تاثیر دما و بارندگی بر یکدیگر، طول سال به چهار فصل تقسیم شده است (با توجه به وجود شانزده روز اختلاف در شروع فصول چهارگانه در سال میلادی نسبت به سال شمسی در تحلیل‌های مربوطه، این موضوع نیز باید مد نظر قرار گیرد). جهت بررسی هر چه دقیق‌تر دوره‌های افزایشی و کاهش‌ی دو متغیر بارندگی و دما، منحنی‌های تغییرات آنها

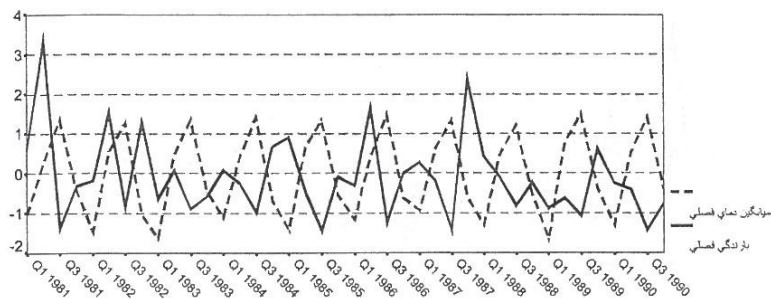
در طول دوره آماری در یک شکل بر روی هم ترسیم شده اند.



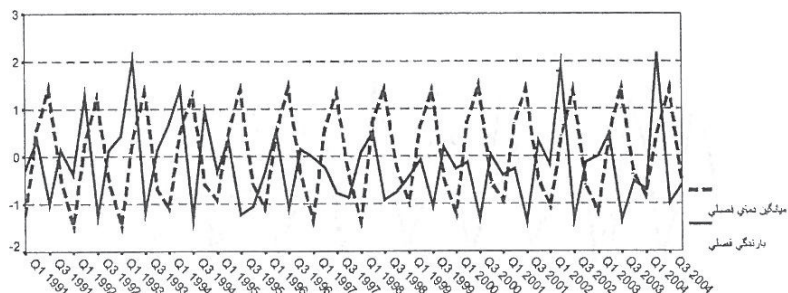
شکل ۲ - میانگین مرتبه سی و ششم بارندگی در ایستگاه تبریز (۱۹۵۱-۲۰۰۴)

مشکلی که در ترسیم این منحنی های همزمان وجود دارد، تفاوت واحدهای اندازه گیری دو متغیر یعنی میلیمتر برای بارندگی و درجه سانتیگراد برای دما است. با توجه به اینکه دیمانسیون ابعادی مقادیر بارندگی بیشتر از دما می باشد، برای حل این مشکل، داده ها استاندارد شده اند. با توجه به اینکه نمایش تغییرات پارامترهای مورد مطالعه برای دوره آماری ۵۴ ساله در یک شکل واحد نمی گنجد لذا دوره آماری مذکور به چهار دهه و یک دوره چهارده ساله تقسیم شده و هر دوره در یک شکل ترسیم شده اند که شکل دو دوره اخیر در اینجا آورده شده است. شکلهای ۳ و ۴ مقایسه بارندگی فصلی با میانگین دمای فصلی را نشان می دهند که در آن زمستان  $Q_1$ ، بهار  $Q_2$ ، تابستان  $Q_3$  و پاییز  $Q_4$  است و فصول سالهای میلادی ۱۶ روز با فصول سالهای شمسی اختلاف دارد.

در شکل های ۳ و ۴ وجود رابطه عکس در دوره های سرد و گرم از نظر دما و دوره های خشکسالی و ترسالی از نظر بارندگی مشاهده می شود. در برخی موارد میزان افزایش دما خیلی بیشتر از آهنگ کاهش بارندگی است. چرا که با توجه به دخالت عوامل متعدد در وقوع بارش، در یک نگاه سیستماتیک نباید تاثیر این عوامل را از نظر دور داشت. در شکلهای ترسیمی دوره های سه الی چهار ساله خشکسالی یا ترسالی را می توان به تناوب تشخیص داد، ولی از سال ۱۹۹۳ تا سال ۲۰۰۱ روند کاهش بارندگی کاملاً مشهود است. در شکل های ۵۴ ساله نوسان های میانگین و فصلی دما همانند میانگین ماهانه آن از یک نظم نسبی برخوردار بوده و تغییرات آن همانند تابع سینوسی است. با توجه به حاکمیت سیستم بارندگی مدیترانه ای در ایستگاه مورد مطالعه، همواره اوج بارندگی بر دوره های کاهش دما یعنی بر فصل سرد سال منطبق می باشد. در فاصله های تقریباً پنج ساله وقوع دوره های



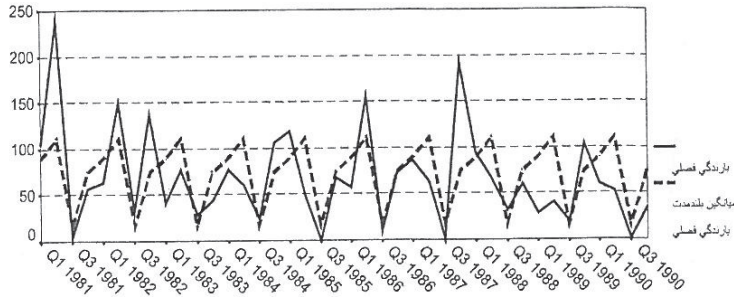
شکل ۳- مقایسه بارندگی فصلی و میانگین دمای فصلی (۱۹۹۰ - ۱۹۸۱)



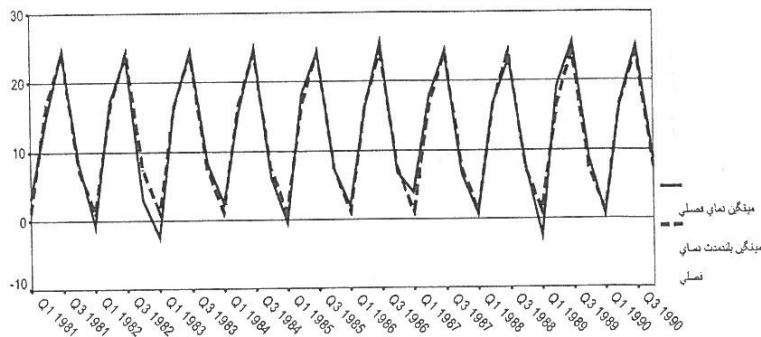
شکل ۴- مقایسه بارندگی فصلی و میانگین دمای فصلی (۲۰۰۴ - ۱۹۹۱)

خشکی سه الی چهار ساله مشاهده می گردد و در برخی موارد دوره های خشکسالی طولانی تر نیز قابل تشخیص است. از سال ۱۹۹۳ به بعد یک دوره خشکی طولانی تری شروع شده است که تا سال ۲۰۰۱ نیز ادامه می یابد. با توجه به رابطه معکوس بین دما و بارندگی و وجود تغییرات فصلی در پارامتر دما، تاثیر آتومالی از میانگین ۵۴ ساله آن بر روی بارندگی نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. بدین منظور میانگین بارندگی فصلی ۵۴ ساله محاسبه شده و در شکل های مربوطه به نام منحنی نرمال فصلی مشخص گردیده است. بارندگی فصلی نیز با خطوط متقاطع بر روی آن نشان داده شده است.

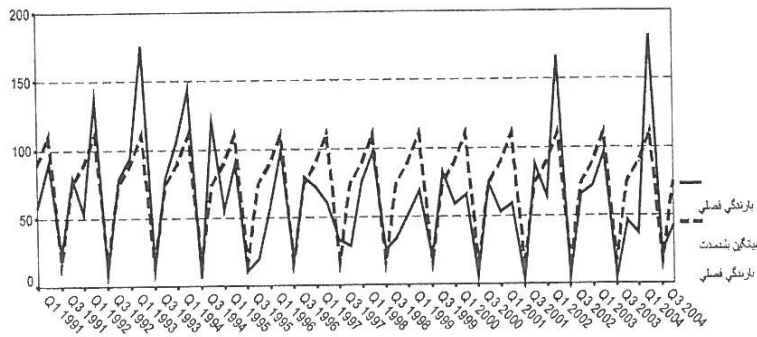
همچنین شکل هایی نیز برای مقایسه میانگین فصلی دما برای دوره ۵۴ ساله به همان ترتیب فوق ترسیم شده است. برای مقایسه دقیق تر، شکل های هر دوره به طور جدا ترسیم شده و مورد مطالعه قرار گرفتند. جهت خلاصه کردن موضوع فقط دو دوره اخیر (۲۰۰۴-۱۹۸۱) آورده شده است (شکل های ۵ تا ۸).



شکل ۵- مقایسه میانگین بلندمدت بارندگی ۵۴ ساله فصلی با بارندگی فصلی

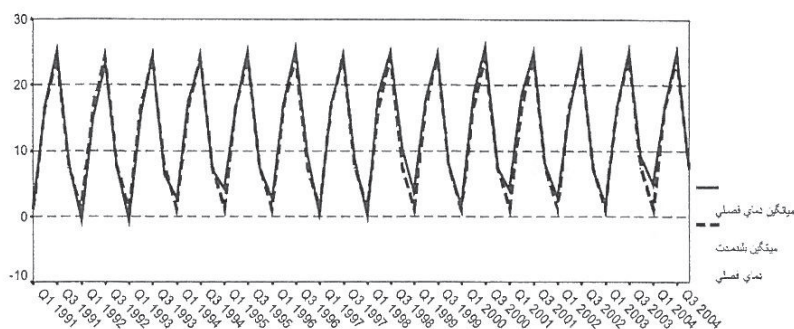


شکل ۶- مقایسه میانگین بلندمدت دمای فصلی ۵۴ ساله فصلی با میانگین دمای فصلی



شکل ۷- مقایسه میانگین بلندمدت بارندگی ۵۴ ساله فصلی با بارندگی فصلی



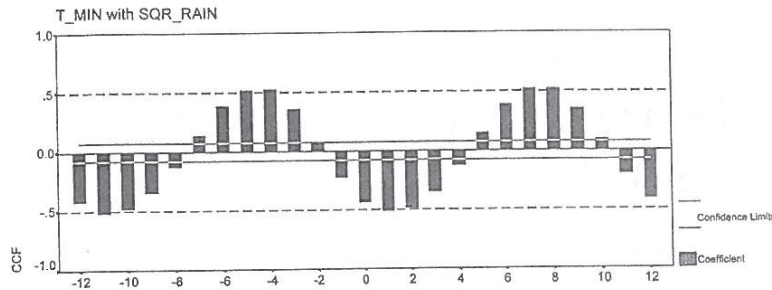


شکل ۸- مقایسه میانگین بلندمدت دمای فصلی ۵۴ ساله فصلی با میانگین دمای فصلی

## نتایج و بحث

بررسی شکل‌های ارایه شده نشان می‌دهد با اینکه تغییرات فصلی دما از آهنگ منظم تری برخوردار است ولی همیشه آنومالی منفی در میانگین فصلی دما بعد از تاخیر تقریباً سه ماهه با آنومالی مثبت بارندگی توأم می‌باشد. به عبارتی دوره‌های ترسالی منطبق بر دوره‌های سرد و دوره‌های خشکسالی منطبق بر دوره‌های گرم می‌باشند.

در تحلیل همبستگی نگار متقاطع دماهای حداقل، حداکثر و میانگین با بارندگی (CCF) با توجه به اینکه شکلهای حداقل، حداکثر و میانگین دما دقیقاً مشابه یکدیگر هستند، فقط شکل مربوط به میانگین حداقل دما (شکل ۹) مورد تحلیل قرار گرفته است. این شکل‌ها برای ۲۴ ماه یعنی از دوازده ماه قبل تا دوازده ماه بعد ترسیم شده‌اند. محور افقی از ۱۲- تا ۱۲+ قدم‌های تاخیر و محور عمودی ضریب همبستگی از ۱- الی ۱+ را نشان می‌دهد. هنگامی که تاخیر صفر است، مقدار همبستگی ۰٫۲۵- می‌باشد. قدرمطلق ضریب همبستگی تا تاخیر دو ماه همچنان افزایش پیدا می‌کند ولی بعد از آن کاهش یافته و در پنج ماه به حداقل مقدار خود می‌رسد. از این مرحله به بعد تا قدم هشتم افزایش و بعد از آن مجدداً کاهش پیدا می‌کند. این تغییرات نشان می‌دهند که در قدم صفر (همزمانی دما و بارش) زمانی که دما پایین است، بارندگی همان ماه بیشتر بوده و تا دو ماه آینده همین وضعیت بارندگی با شدت بیشتری حفظ می‌شود و برعکس با افزایش دما بارندگی همان ماه و دو ماه آینده کاهش می‌یابد ولی همبستگی دما و بارندگی در تاخیر هشت ماهه مثبت است. دلیل این امر فاصله زمانی هشت ماهه ماههای گرم و سرد در این منطقه است. به عبارت دیگر در ماههای گرمی که دما بالاتر است، بارندگی نیز در ماه سرد افزایش می‌یابد. از آنجا که همبستگی منفی در فاصله دو ماهه



شکل ۹- همبستگی نگار متقاطع جذر بارندگی و حداقل دما در قدمهای ۱۲- تا ۱۲

بارندگی و دما وجود دارد، می توان گفت مثلا اگر در سالی درجه حرارت فصل زمستان بالاتر از میانگین باشد، احتمالا بهار کم باران در پیش رو خواهد بود. دلیل این امر را می توان با گردش های عمومی جو و مراکز فشار مرتبط دانست، چراکه هر چه تعداد دفعات نفوذ سیستم های سرد به منطقه بیشتر باشد مقدار بارندگی نیز افزایش یافته و هر قدر نفوذ این سیستم ها کمتر باشد میانگین دما بالاتر رفته و وقوع بارندگی کمتر خواهد بود. این موضوع با توجه به مکانیسم غالب بارندگی در منطقه آذربایجان که عمدتا از طریق صعودهای اوروگرافیکی می باشد واقعیت پیدا می کند. این مطالب در مورد حداقل و حداکثر دما نیز صادق است.

علاوه بر این با دقت در شکل های CCF تاثیر دما تا دو ماه قبل بر روی بارش دارای بیشترین مقدار همبستگی بوده و نزدیک به ۰/۶ است. این مقدار از نظر آماری معنی دار بوده و می توان نتیجه گرفت که حافظه اقلیمی نسبت به متغیرهای بارش و دما حداکثر دو ماه می باشد. اثر این متغیرها بر روی هم به طور همزمان کمتر از اثر آنها با دو ماه تاخیر می باشد. در شکل های ۵۴ ساله که اثر معکوس این متغیرها نشان داده شده است این اثر با تاخیر همراه است بدین معنا که با حداکثرهای بارش در یک راستا نبوده و حداقل های دما زودتر از حداکثر بارش رخ می دهد. بنابراین برای پیش بینی مقادیر بارندگی از روی دما می توان از معادلات معرفی شده استفاده کرد. البته معادله بارش شامل کلیه تاخیرهایی است که مهمترین آنها قدم دوم می باشد.

شکل ۹ نشان می دهد که بارندگی با حداقل دما دارای بیشترین مقدار همبستگی در قدمهای ۰، ۱ و ۲ است. با استفاده از تحلیل رگرسیونی رابطه این دو متغیر در سه قدم اولیه تعیین شده و با استفاده از اطلاعات جدول رگرسیونی و روش سعی و خطا، بهترین معادله رگرسیونی (معادله ۱) بدست آمده است. یکی از معیارهای انتخاب این معادله مقایسه میانگین مربعات خطا و همبستگی می باشد. جداول ۳ و ۴ معنی دار بودن ضریب همبستگی و کفایت مدل را تایید می کنند.

جدول ۱- پارامترهای مدل

تعداد	انحراف معیار	میانگین	
۵۹۸	۱۴/۲۶۸۱	۲۴/۴۴۱	بارندگی
۵۹۸	۸/۷۸۰۷	۶/۷۶۵	دمای همان ماه
۵۹۸	۸/۷۶۶۹	۶/۷۸۰	دمای یک ماه قبل
۵۹۸	۸/۷۵۳۸۳	۶/۷۹۰۳	دمای دو ماه قبل

جدول ۲- ضرایب همبستگی پارامترها با یکدیگر

ضریب همبستگی پیرسون	مجذور بارندگی	دمای همان ماه	دمای یک ماه قبل	دمای دو ماه قبل
۱/۰۰۰	۰/۴۲۷	۰/۵۰۵	۰/۴۸۱	
۰/۴۲۷	۱/۰۰۰	۰/۸۴۱	۰/۴۷۸	
۰/۵۰۵	۰/۸۴۲	۱/۰۰۰	۰/۸۴۲	
۰/۴۸۱	۰/۴۷۸	۰/۸۴۲	۱/۰۰۰	
۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	معنی داری
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	دمای همان ماه
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	دمای یک ماه قبل
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	دمای دو ماه قبل
تعداد	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸
	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸
	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸
	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸	۵۹۸

جدول ۳- خلاصه مدل

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	Durbin-Watson
1	0.715	0.511	0.509	10.0010	0.511	207.043	3	594	.000	1.153

پیش بینی کننده ها: دمای همان ماه، دمای یک ماه قبل و دمای دو ماه قبل

جدول ۴- آنالیز واریانس

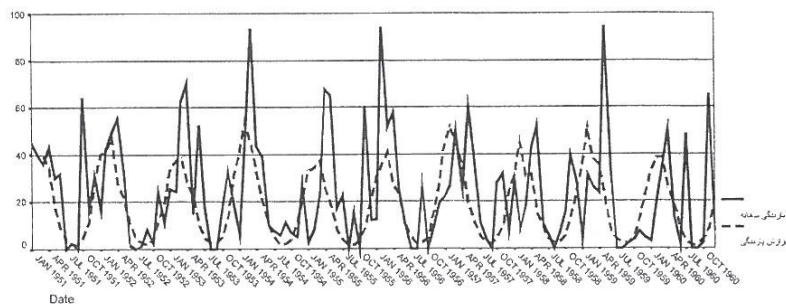
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1129.050	3	376.350	78.861	000.0
	Residual	2834.741	594	4.772		
	Total	3963.790	594			

پیش بینی کننده ها: دمای همان ماه، دمای یک ماه قبل و دمای دو ماه قبل  
متغیر وابسته: مجذور بارندگی

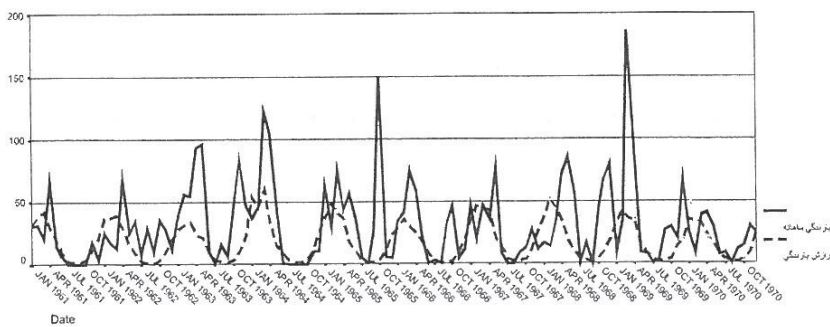
$$P_t = (5.515 - 0.123T_0 + 0.00832T_{-1} - 0.153T_{-1})^2 \quad (1)$$

در معادله فوق  $P_t$  مقدار بارندگی (mm)،  $T_0$  میانگین دمای حداقل همان ماه ( $^{\circ}\text{C}$ )،  $T_{-1}$  میانگین دمای حداقل یک ماه قبل ( $^{\circ}\text{C}$ )،  $T_{-2}$  میانگین دمای حداقل دو ماه قبل ( $^{\circ}\text{C}$ ) است.

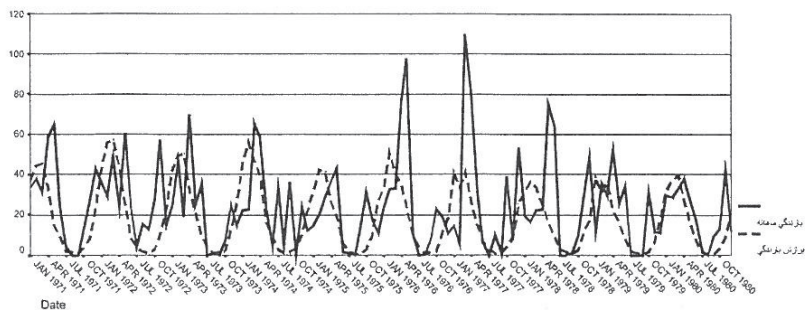
همچنانکه در شکل های ۱۰ تا ۱۴ ملاحظه می شود، منحنی محاسباتی و منحنی مشاهداتی به خوبی بر روی یکدیگر برآزش می گردند. منتهی چون تغییرات دما منظم تر از تغییرات بارندگی است، منحنی محاسباتی دارای تضاریس کمتری نسبت به منحنی مشاهداتی است. بنابراین با استفاده از مدل ارائه شده می توان بارندگی دو ماه بعد را با استفاده از داده های دما پیش بینی کرد.



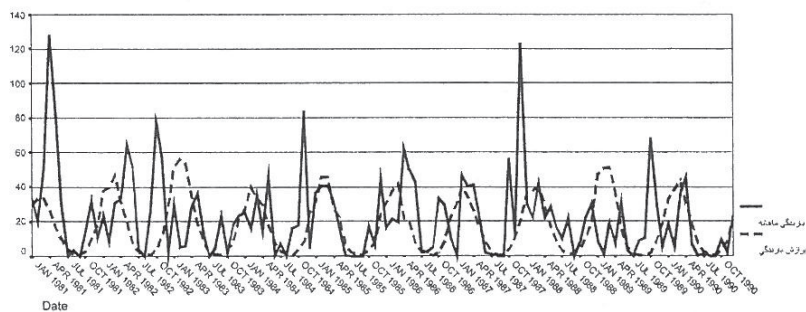
شکل ۱۰- برآزش منحنی مقادیر بارندگی محاسباتی حاصل از مدل بر روی مقادیر بارندگی مشاهداتی (۱۹۶۰ الی ۱۹۵۱)



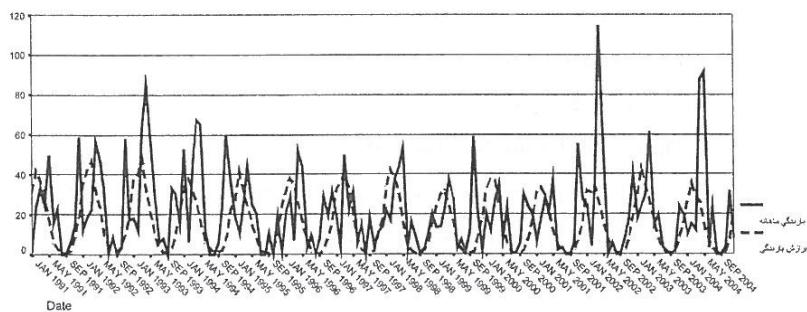
شکل ۱۱- برآزش منحنی مقادیر بارندگی محاسباتی حاصل از مدل بر روی مقادیر بارندگی مشاهداتی (۱۹۶۱ الی ۱۹۷۰)



شکل ۱۲- برازش منحنی مقادیر بارندگی محاسباتی حاصل از مدل بر روی مقادیر بارندگی مشاهداتی (۱۹۷۱ الی ۱۹۸۰)



شکل ۱۳- برازش منحنی مقادیر بارندگی محاسباتی حاصل از مدل بر روی مقادیر بارندگی مشاهداتی (۱۹۸۱ الی ۱۹۹۰)



شکل ۱۴- برازش منحنی مقادیر بارندگی محاسباتی حاصل از مدل بر روی مقادیر بارندگی مشاهداتی (۱۹۹۱ الی ۲۰۰۴)

## منابع

- ۱- بزرگ نیا، ابوالقاسم، ۱۳۶۶، تجزیه و تحلیل سری های زمانی و پیش بینی، انتشارات آستان قدس رضوی، معاونت فرهنگی.
  - ۲- رحیم زاده، فاطمه، ۱۳۷۶، کاربرد روشهای آماری در شناسایی شرایط وقوع بلا یای جوی، نشریه نیوار، شماره ۳۷.
  - ۳- سعیدآبادی، رشید و همکاران، ۱۳۸۴، مطالعه رابطه دما و بارندگی و پیش بینی وضعیت اقلیم در منطقه تبریز، مجله دانش کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، شماره ۳، جلد ۱۵، صفحه ۱۲۹-۱۰۹.
  - ۴- صوفی، مجید، محسنی، حمیدرضا، ۱۳۸۰، مدل اولویت بندی، اثرات اقتصادی خشکسالی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، دانشگاه زابل.
  - ۵- نوحی، کیوان، ۱۳۷۷، رویدادهای جوی خسارات بارش برای بشر، نشریه نیوار، شماره ۳۷.
  - ۶- نیرومند، حسنعلی، ۱۳۷۶، تحلیل در سریهای زمانی یک متغیره و چند متغیره، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
7. Bunkers, M., J., Miler, J., R., and DeGaetano, A.,T., 1996, Definition of Climate Regions in the Northern Plains Using an Objective Cluster Modification Technique, J. of Climate, 9: 30-146.
  8. Moonen, C., et al., 2001, Long-term Changes in Rainfall and Temperature in Pisa, Italy, Agricultura Mediterranea, International Journal of Agricultural Scimce, Vol. 131, ISSN 0394-0438, 2001, Page 66-76.
  9. Henry, F., Diaz and Jerome Namias, 1983, Associations Between Anomalies of Temperature and Precipitation in the United States and Western Northern Hemisphere 700 mb Height Profiles, Journal of Appleid Meteorology, Vol. 22, No. 3, pp. 352-363.
  10. Joel, D., Dobler, 2005, Cross-Correlation and Spectral Analysis between Temperature and Precipitation, This Paper Submitted for Statistical Signal Processing for Fall 2005

in the Department of Electrical and Computer Engineering at Portland State University.

11. M., Rebetez, 1995, Seasonal Relationship between Temperature, Precipitation and Snow Cover in a Mountainous Region, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 54, No. 3-4, pp. 99-106.
12. Paulson, E.G., Sadegipour, J. and Dracup, J.A., 1985, Regional Frequency Analysis of Multiyear Drought Using Watershed and Climatic Information, *J. of Hydrology*, 77:57-76.
13. Weining Zhao and M.A.K., Khalil, 1993, The Relationship between Precipitation and Temperature over the Contiguous United States, *Journal of Climate*, Vol. 6, No. 6, pp. 1232-1236.

