

## مدل سازی تأثیر شاخص‌های اقلیم سیاره‌ای بر بارش آذربایجان شرقی مطالعه

### موردی: شهرستان تبریز

علی اکبر رسولی: استاد اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

حمید میرهاشمی: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران\*

علی قاسمی بکناش: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۴/۴ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۱، صص ۲۰۲-۱۸۷

#### چکیده

در این مطالعه به منظور ارائه مدل و ارزیابی تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم شاخص‌های اقلیمی بر بارش ماهانه و سالانه آذربایجان شرقی، ایستگاه شهرستان تبریز به سبب دارا بودن آمار طولانی مدت به عنوان نماینده استان تحت بررسی قرار گرفت. از این رو مقادیر بارش، نم نسبی و دمای بیشینه شهرستان مذکور و ۱۳ شاخص اقلیمی سیاره‌ای در بازه‌های زمانی سالانه و ماهانه، با کاربرد روش‌های آماری تحلیل مسیر و معادلات ساختاری مورد ارزیابی و کنکاش قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که مدل سازی بارش سالانه و ماه‌های فوریه، مارس، می، سپتامبر و اکتبر با توجه به شرایط تعیین شده برای ارائه مدل مناسب در سطح ۹۵٪ اطمینان معنادار هستند و مدل سازی سایر ماه‌ها شرایط تعیین را ایفا نمود. بدین ترتیب مدل اکتبر با تبیین ۶۱/۸٪ از پراش بارش، به عنوان بهترین مدل، مدل سالانه با دخالت ۷ متغیر بیشترین متغیر و شاخص نوسان اطللس شمالی به عنوان بیشترین حضور در مدل‌ها و گسترش زمانی نسبت به سایر شاخص‌ها شناسایی شدند. ارزیابی مدل‌ها معنادار نشان می‌دهد که چگونگی، نوع شاخص و میزان تأثیر بر بارش به صورت مستقیم و غیر مستقیم در ماه‌های مختلف متفاوت است. به طور کلی با استناد به مدل‌ها می‌توان ابراز داشت که شاخص‌های اقلیمی به عنوان نماینده مراکز عمل، به صورت مستقیم و غیر مستقیم تا حد قابل قبولی قادر به تبیین پراش بارش شهرستان تبریز (آذربایجان شرقی) هستند. واژه‌های کلیدی: معادله ساختاری، مدل، تحلیل مسیر، شهرستان تبریز، شاخص‌های اقلیمی.

#### مقدمه

با ارایه‌ی این شاخص‌های همدید، وضعیت و کیفیت و نهایتاً توان یک الگوی گسترده همدید در یک معیار عددی خلاصه می‌شود، مثلاً برای اینکه کیفیت کلی جریان جوی را در یک منطقه وسیعی مانند خاورمیانه بتوان سنجد کافی است که اختلاف فشار سطح دریا را بین دو مدار ۳۵ و ۵۵ درجه شمالی محاسبه و از روی آن جهت و شدت جریان را مشخص نمود (علیجانی، ۱۳۸۱، ۱۳۸). پژوهش‌های زیادی در رابطه ارتباط بین نوسانات شاخص‌های اقلیمی پیوند از

امروزه در بحث تغییر اقلیم به نوسانات مراکز فشار بسیار اشاره می‌شود. به طوری که برای کمی کردن تأثیرات این نوسانات بر مناطق دور و نزدیک شاخص‌های عددی ارائه شده است. این شاخص‌ها تحت عنوان شاخص‌های همدید نشان‌دهندی شدت و ضعف مراکز فشار و گرادیان‌های بین این مراکز هستند.

فصلی نوسان اطلس شمالی را با فراوانی، توزیع و نوع بارش شرق ایالات متحده در طی دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۱ مقایسه کردند. نتایج ایشان حاکی از آن است که بین فراوانی بارش در کل منطقه مورد مطالعه و فاز مثبت شاخص اطلس شمالی همبستگی معنادار بالای وجود دارد. بعلاوه رخداد بارش برف با فاز مثبت شاخص مربوطه، در بخش‌های شمالی منطقه مورد تحقیق دارای همبستگی معنادار بالای است. وانگ<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین تغییرات دمای هوای نیمکره شمالی در فصل زمستان با نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی پرداختند. یافته‌های اینان نشان داد که نوسان قطبی و اطلس شمالی عملکرد متفاوتی بر روی تغییرات دمای زمستانه نیمکره شمال دارند به طوری که عمده تأثیرات نوسان قطبی بر روی نواحی اوراسیا و کشورهای افریقای است. در حالی که نوسان اطلس شمالی بیشترین تأثیر منطقه‌ای را بر روی شمال غرب افریقا دارد. بدینسان ایشان بیان نمودند که این ناهماهنگی بین دو الگو می‌تواند در دیگر متغیرهای هواشناختی مانند فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل نیز منعکس شود. عارف محمود<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی ارتباط بین شاخص چند متغیره انسو و بارش تابستانه بر روی پاکستان با استفاده از تحلیل همبستگی به این نتیجه رسیدند که در سال‌های رخداد النینو بارش‌های مونسونی تابستانه پاکستان کاهش می‌یابد و در سال بعد از رخداد النینو، پاکستان بارش‌های بیشتر از نرمال، از مونسون تابستانی دریافت می‌کند. کایا<sup>۶</sup> (۲۰۰۱) به بررسی ارتباط بین

دور و تغییرات متغیرهای هواشناختی در مناطق مختلف جهان انجام گرفته است، بیشتر این تحقیقات برپایه‌ی روش‌های آماری از جمله تحلیل همبستگی و تحلیل‌های چند متغیره انجام شده است، این مطالعات همگی حکایت از ارتباط بین این الگوها و متغیرهای هواشناختی در بستر زمان و مکان دارند. به تبع در ایران نیز مطالعاتی از این دست در ارتباط با بارش و دما، صورت گرفته است؛ که تمامی آنها بیانگر شدت و ضعف این ارتباط بر اساس زمان و مکان تحت بررسی هستند. در ذیل به چندین مطالعه خارجی و داخلی در این رابطه اشاره می‌شود. مازارلا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰) با انجام تکنیک تحلیل طیفی بر روی داده‌های ماهانه شاخص چند متغیره انسو در بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۰۸، به یک سیکل بزرگ مقیاس ۶۰ ماهه، با ضریب اعتماد ۹۹٪ در این داده‌ها پی بردند. به طوری که ایشان آشکار نمودند که بیشترین مقادیر شاخص چند متغیره نشانگر رخداد النینو و کمترین مقدار معرف لاینو به ترتیب مطابق با مقادیر حداکثر و حداقل در این سیکل ۶۰ ماهه است. حافظ و روبا<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) به بررسی ارتباط بین شاخص‌های انسو و نوسان اطلس شمالی با دمای هوای مصر پرداختند، نتایج ایشان نشان داد که این ارتباط فقط برای قسمت جنوب غربی مصر معنادار است، به طوری که در فصل زمستان بخش‌های جنوب غربی همبستگی معکوسی (۰/۶-) با نوسان اطلس شمالی دارند، و در فصل پاییز یک همبستگی مستقیم با النینو (۰/۶+) و یک همبستگی منفی (۰/۵-) با نوسان جنوبی دارند. دورکی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی فازهای

4-Wang  
5- Aref  
6- Kahya

1- Mazzarella  
2- Hafez and Robaa  
3-Durkee

شاخص‌های مورد مطالعه ایشان و بارش بهاره ضعیف است، همچنین از میان شاخص‌های مرتبط با انسو شاخص نینو ۳/۴ بیشترین ارتباط را با میزان بارش پاییزه و زمستانه ایران دارد و در نهایت مشخص نمودند که شاخص نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی با میزان بارش زمستانه نسبت به بارش پاییزه ارتباط بیشتری دارند. اکبری و مسعودیان (۱۳۸۶) در مطالعه‌ی به شناسایی نقش الگوهای پیوند از دور نیم کره شمالی بر روی دمای ایران با استفاده از روش تجزیه و تحلیل رگرسیون پرداختند؛ ایشان به این نتیجه رسیدند که هیچ یک از الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی توان تبیین درصد بزرگی از تغییرات دمای ایران را در همه‌ی ماه‌های سال ندارند بلکه بعضی از الگوها در برخی از ماه‌ها درصد نسبتاً کوچکی از تغییرات دمای بخش‌های از ایران را تبیین می‌کنند. خورشید دوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۵) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چند متغیره انسو و بکارگیری روش تحلیل همبستگی پیرسون ابراز داشتند که رابطه بین بارش‌های استان و شاخص چند متغیره انسو در فصل پاییز معنادار و مثبت است، ولی در سایر فصول معنادار نیست. حضرتی و همکاران (۱۳۸۳) تأثیر نوسان اطلس شمالی و انسو بر دما و بارش حوضه دریاچه ارومیه را مورد مطالعه قرار دادند، ایشان به این نتیجه رسیدند که بارش‌های زمستانه حوضه با نوسان اطلس شمالی و بارش‌های پاییزه حوضه با پدیده انسو ارتباط دارند همچنین مشخص نمودند وقوع فاز منفی نوسان اطلس شمالی باعث کاهش دمای زمستانه و فاز مثبت باعث افزایش دمای زمستانه می‌شود. غیور و خسروی (۱۳۸۰) تأثیر پدیده انسو بر ناهنجاری‌های

سیگنال‌های النینو و لانینو با طغیان‌های ماهانه رودخانه‌ای در شمال غربی و شرق آناتولی در ترکیه پرداخت و مشخص نمود که ناهنجاری‌های مثبت طغیان‌های رودخانه‌ای در شمال غرب، از آوریل تا اکتبر با رخداد النینو رابطه قوی دارد. هارل<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) در مطالعه‌ی تحت عنوان روند دهه‌ی نوسان اطلس شمالی: درحرارت و بارش ناحیه‌ی آشکار نمودند که تغییر جریان میانگین و شدت طوفان ناشی از تغییر فاز نوسان اطلس شمالی در اقیانوس اطلس باعث تغییرات عمده‌ای در انتقال و همگرایی رطوبت جو و در نتیجه توزیع تبخیر و بارش می‌شود. بنابراین در زمستان‌های که شاخص نوسان اطلس شمالی مثبت است، در بسیاری از مناطق گرینلند و نواحی قطبی کانادا میزان تبخیر بیش از بارش است به طوری که تفاوت آن در فاز مثبت و منفی ۱ میلی متر در روز است. این شرایط خشک به همین مقدار در ناحیه‌ی وسیعی در اروپای مرکزی، مدیترانه و بخش‌های از خاورمیانه نیز رخ می‌دهد.

خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸۷) مقادیر بارش و دمای هوای در سواحل جنوبی خزر را در طی بازه زمانی ۱۹۷۴-۲۰۰۳ را با دوره‌های مثبت و منفی نوسان اطلس شمالی مورد آزمون همبستگی قرار دادند. نتایج ایشان آشکار نمود که فاز مثبت شاخص اطلس شمالی با دوره‌های افزایش بارش و کاهش دما، و فاز منفی با دوره‌های کاهش بارش و افزایش دما در سواحل جنوبی خزر مقارن است. یاراحمدی و عزیز (۱۳۸۶) با بهره‌گیری از روش تحلیل چند متغیره به ارتباط بین میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی پرداختند، و به این نتیجه رسیدند که ارتباط بین

1- Hurrell

بارش تابستانی و پاییزه جنوب شرق ایران را با استفاده از روش‌ها و آزمون‌های آماری، مطالعه، و مشخص نمودند که بارش‌های پاییزه در فازهای گرم انسو افزایش و در فازهای سرد کاهش می‌یابد در صورتیکه در تابستان وضعیت بر عکس می‌گردد، یعنی در فازهای گرم وضعیت خشک و در فازهای سرد وضعیت بارشی بر منطقه مستولی می‌گردد هدف از انجام این پژوهش دستیابی به یک دید نسبتاً کلی در ارتباط بین الگوهای پیوند از دور و متغیرهای محلی با بارش، ارائه‌ی مدل سالانه و ماهانه این ارتباط و در نهایت مشخص نمودن تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم هر یک از الگوهای پیوند از دور در ماه‌های سال بر بارش شهر تبریز است. موقعیت جغرافیای و ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد تحقیق

شهر تبریز به عنوان مرکز استان آذربایجان شرقی در ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد، همچنین با وسعتی در حدود ۱۱۸۰۰ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۱۳۴۰ متر از سطح دریا در قلمرو میانی خطه آذربایجان و در قسمت شرقی دریاچه ارومیه قرار گرفته است. آب و هوای تبریز استپی خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد مقارن است. میانگین دمای سالانه ۱۲/۵ درجه سلسیوس است. ماه جولای با میانگین دمای بلند مدت ۲۶ درجه سلسیوس و ماه ژانویه با میانگین بلند مدت ۱/۷- درجه سلسیوس به ترتیب به عنوان گرمترین و سردترین ماه‌های سال مشخص می‌باشند. میانگین بارندگی سالانه در حدود ۵۲۸/۹ میلی‌متر است. آوریل با بارش متوسط ۵۲/۷ میلی‌متر و آگوست با متوسط ۳/۲ میلی‌متر به ترتیب به عنوان پر بارش‌ترین و کم بارش‌ترین ماه‌ها در بین

دیگر ماه‌های سال قرار دارند. این شهر دارای نوسان بارندگی سالانه زیادی از ۵۴۷/۵ میلی‌متر در سال‌های پر بارش تا حداقل ۱۴۸ میلی‌متر در سال‌های کم بارش است، که این امر خطر خشکسالی و سال‌های سیلابی را در شهرستان تبریز روشن می‌نماید.

داده‌ها و روش‌ها

در آینده اقلیم شناسان هم‌دید باید تحلیل‌های دو متغیره را کنار بگذارند و سلسله فرایندها و مقیاس‌ها را در مطالعات خود وارد کنند (هارمان و وینکلر ۱۹۹۱ به نقل از یارنال، ۱۳۸۱) محقق باید روابط و پس خورهای کلیدی میان متغیرهای این سلسله را پیدا کند، رفتار غیر خطی و گسستگی‌های ناگهانی فرایندهای فیزیکی و شیمیایی را بشناسد. بنابراین باید هرچه بیشتر به مدل سازی گام به گام و دستگاه‌گرا نزدیک شود (یارنال، ۲۱۵، ۱۳۸۱).

اندرکنش علل متعددی باعث رخداد بارش در یک منطقه می‌شود؛ در این رابطه می‌توان به دما، نم نسبی، فرازش، الگوهای فشار و سایر عوامل مستقر در سطح کره زمین اشاره نمود، که به طور مستقیم و غیر مستقیم (با تأثیر بر سایر متغیرهای موثر در بارش) در نوسان و رخداد بارش یک منطقه موثر هستند. بنابراین، در این پژوهش با توجه به اهداف تحقیق، جهت‌یابی علل و مشخص نمودن میزان تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم این علل بر بارش شهر تبریز از روش تحلیل مسیر<sup>۱</sup> استفاده شده است.

تحلیل مسیر با نام رایت<sup>۲</sup> پیوند دارد، فردی که از این روش برای مطالعه اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرها بر یکدیگر استفاده کرد (شوماخر و

۱- Path Analysis

۲- Wright

(نوسان اطلس شمالی<sup>۱</sup>، نوسان قطبی<sup>۲</sup>، الگوی شرق اطلس<sup>۳</sup>، دمای اطلس حاره‌ای شمالی<sup>۴</sup>، دمای اطلس حاره‌ای جنوبی<sup>۵</sup>، الگوی اوراسیا-قطبی<sup>۶</sup>، شاخص چند متغیره انسو<sup>۷</sup>، الگوی اسکاندیناوی<sup>۸</sup>، شاخص انسو<sup>۹</sup>، دمای نصف النهاری اطلس<sup>۱۰</sup>، باد نصف النهاری النهاری اطلس<sup>۱۱</sup>، میانگین دمای جهانی - خشکی اقیانوس<sup>۱۲</sup> و میزان شار خورشید<sup>۱۳</sup>) از تارنمای [www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov) در طی دور آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ برداشت شد. در گام دوم برای ارائه مدل برای هر ماه و کل دوره آماری، ماتریس همبستگی پیرسون بین بارش و سایر متغیرها بسته شد و متغیرهای که با بارش رابطه معناداری در سطح اعتماد ۹۵٪ در ماه مربوطه نداشتند از تحلیل خارج می‌شدند. در گام سوم با استناد بر ماتریس همبستگی بر مبنای استدلال نظری محققین و مطالعات گذشته، آرایش متغیرها در دیاگرام مسیر صورت گرفت، در گام چهارم برای مناسب بودن دیاگرام مدل ضریب تعیین چندگانه اولین خروجی محاسبه شد (شرط دیگر محققین با توجه به هدف تحقیق وجود معناداری رابطه حداقل دو الگوی پیوند از دور با بارش در مدل بود و اگر کمتر از این مقدار بود مدل وارد تحلیل‌های بعدی نمی‌شد) و اگر دارای ضریب تعیین بالای بود یعنی اینکه نسبت مناسبی از پراش بارش را توضیح

لومکس (۱۳۸۸، ۱۷۴). روش تحلیل مسیر تعمیمی از رگرسیون معمولی است که قادر است علاوه بر بیان آثار مستقیم و آثار غیر مستقیم، اثر کل هر یک از متغیرهای مستقل را بر متغیرهای وابسته نشان دهد و با بیان منطقی، روابط و همبستگی مشاهده شده بین آنها را تفسیر کند (آذر ۱۳۸۱).

از جمله مزایای این روش نسبت به تحلیل رگرسیون می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود (الف) تحلیل مسیر علاوه بر

تأثیر مستقیم تأثیر غیر مستقیم را نیز نشان می‌دهد در صورتیکه رگرسیون از چنین توانایی برخوردار نیست. (ب) تحلیل مسیر میزان کذب روابط میان متغیرها را نشان می‌دهد، یعنی چقدر از این روابط ناشی از متغیر مستقل و چقدر ناشی از متغیرهای خارج از تحلیل ماست (منصورفر ۱۳۸۷، ۲۰۸). (ج) در رگرسیون چندگانه یک متغیر وابسته در یک تحلیل منفرد به همه متغیرهای مستقل دیگر بازگشت داده می‌شود در صورتیکه در تحلیل مسیر یک یا تعداد بیشتری از تحلیل‌های رگرسیون چندگانه، بر اساس روابط تعریف شده میان متغیرها در مدل مسیر شکل می‌گیرند (شوماخر و لومکس ۱۳۸۸، ۱۸۰).

چهارچوب روش شناسی پژوهش در چندین گام بیان می‌شود: ابتدا برای نیل به پژوهش از دو پایگاه داده استفاده شده است، پایگاه اول مربوط به متغیرهای بارش، نم نسبی، دمای بیشینه شهر تبریز؛ این داده‌ها به صورت میانگین ماهانه و سالانه در طی دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ از تارنمای سازمان هواشناسی برداشت گردید. پایگاه دوم مربوط به مقادیر ماهانه و سالانه شاخص‌های اقلیمی الگوهای پیوند از دور

- 1- North Atlantic Oscillation (NAO)
- 2- Arctic Oscillation (AO)
- 3- East Atlantic (EA)
- 4- North Tropical Atlantic
- 5- Tropical Southern Atlantic (TSA)
- 6- Polar/Eurasia (PEP)
- 7- Multivariate ENSO Index (MEI)
- 8- Scandinavia (SCAND)
- 9- Southern Oscillation Index (SOI)
- 10- Atlantic Meridional Mode (SST)
- 11- Atlantic Meridional Mode (Wind)
- 12- Global Mean Land/Ocean Temperature
- 13- Solar Flux

دیگری اثر غیرمستقیم از طریق سایر متغیرها، در واقع ایده ترکیب‌زدایی همبستگی این است که ماتریس همبستگی اولیه، در صورتی که همه اثرات در یک مدل مسیر خاص، به حساب آیند به طور کامل می‌تواند بازتولید شود. (شوماخر و لومکس ۱۳۸۸، ۱۸۲) به بیان دیگر از طریق ضرایب مسیر می‌توان به ماتریس همبستگی دست یافت (رابطه ۲).

$$Z_1 = e_1$$

$$Z_2 = p_{21}z_1 + e_2$$

$$Z_3 = p_{31}z_1 + p_{32}z_2 + e_3$$

$$Z_4 = p_{41}z_1 + p_{42}z_2 + p_{43}z_3 + e_4$$

در رابطه ۱:  $Z$  ها معرفت‌متغیرهای دخیل در مدل هستند، بدینسان  $Z_1$  مبین متغیر اول (متغیر بیرونی) که تغییرات این متغیر براساس  $e_1$  عواملی که خارج از مدل واقع هستند قابل تبیین است.  $Z_2$  متغیر دوم (متغیر درونی) که تغییرات این متغیر توسط متغیر بیرونی  $Z_1$  و  $e_2$  خارج از مدل تبیین می‌شود.  $p$  ضرایب مسیر هستند که اندیس اول مربوط به متغیر مابعد و اندیس دوم مربوط به متغیر ماقبل است.

رابطه ۲

$$R_{12} = \frac{1}{N} \sum Z_1 Z_2 = \frac{1}{N} \sum Z_1 (P_{21} Z_1) = P_{21}$$

$$R_{23} = \frac{1}{N} \sum Z_2 Z_3 = \frac{1}{N} \sum Z_2 (P_{31} Z_1 + P_{32} Z_2) = P_{31} R_{12} + P_{32}$$

$$R_{13} = \frac{1}{N} \sum Z_1 Z_3 = \frac{1}{N} \sum Z_1 (P_{31} Z_1 + P_{32} Z_2) = P_{31} + P_{32} R_{12}$$

$$R_{14} = \frac{1}{N} \sum Z_1 Z_4 = \frac{1}{N} \sum Z_1 (P_{41} Z_1 + P_{42} Z_2 + P_{43} Z_3) = P_{41} + P_{42} R_{12} + P_{43} R_{13}$$

$$R_{24} = \frac{1}{N} \sum Z_2 Z_4 = \frac{1}{N} \sum Z_2 (P_{41} Z_1 + P_{42} Z_2 + P_{43} Z_3) = P_{41} R_{12} + P_{42} + P_{43} R_{23}$$

$$R_{34} = \frac{1}{N} \sum Z_3 Z_4 = \frac{1}{N} \sum Z_3 (P_{41} Z_1 + P_{42} Z_2 + P_{43} Z_3) = P_{41} R_{13} + P_{42} R_{23} + P_{43}$$

در روابط فوق:  $R$  ها مبین همبستگی بین متغیرهای یک تحلیل چند متغیر در معادلات ساختاری هستند. سایر علائم مانند رابطه ۱ است.

دهد (حداقل ۳۰٪) به عنوان مدل مناسب وارد تحلیل‌های بعدی می‌شد، در گام چهارم ضرایب مسیر هر یک از متغیرهای مستقل با استفاده از ضریب رگرسیون جزئی استاندارد (وولف، ۱۹۷۷) و معادله ساختاری محاسبه شد. بدین صورت که بعد از مشخص نمودن روابط متغیرها در قالب نمرات استاندارد، از آنها برای محاسبه ضرایب رگرسیون جزئی استاندارد استفاده گردید و اگر ضریب مسیری کمتر از ۵٪ بود برای برازش بیشتر مدل آن مسیر تحت عنوان مسیر بدون تأثیر از مدل حذف می‌گردید و دوباره ضرایب مسیر محاسبه می‌شد، سپس با استفاده از ضرایب مسیر بدست آمده، از طریق معادله ساختاری (رابطه ۱ و ۲) همبستگی‌ها بازسازی می‌شد. یعنی اینکه همبستگی‌ها به عنوان مجهولات با استفاده از توابع ضرایب مسیر (معلومات) بدست می‌آمد، در این راستا، چون تعداد همبستگی‌ها (مجهولات) از تعداد ضرایب مسیر (معلومات) بیشتر است، همبستگی‌های بازسازی شده با همبستگی‌های اولیه اختلاف دارند بنابراین اگر میزان اختلاف کمتر از ۵٪ باشد (منصوف، ۱۳۸۷، ۲۲۷)، نتیجه می‌گیریم که داده‌ها با مدل جمع و جور شده سازگاری دارند و مدل بدست آمده قابل پذیرش است، در غیر این صورت مدل رد می‌شد.

در گام آخر برای تفسیر دقیق‌تر روابط بین متغیرها و مشخص نمودن اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرها اقدام به تجزیه‌ی همبستگی (رابطه ۲) در مدل شد. بنابراین با استفاده از این روش، همبستگی بین دو متغیر در یک تحلیل چند متغیره به دو جزء تقسیم می‌شد که یکی اثر مستقیم دو متغیر را نشان می‌دهد و

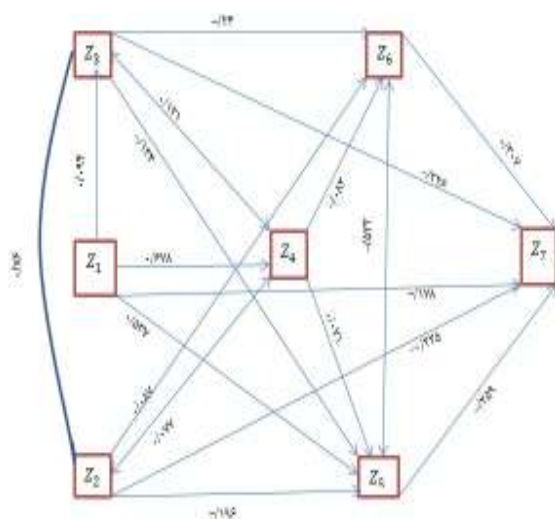
الگوی شرق اطلس هیچ تأثیر مستقیمی در بارش ندارد ولی این الگو با همبستگی که با نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی و با تأثیری که بر روی دما و نم نسبی دارد به طور غیر مستقیم در بارش اثر می‌گذارد، همچنین دمای جهان عملاً تأثیر مستقیمی بر نم نسبی ندارد ولی از طریق تأثیر بر الگوی شرق اطلس، نوسان قطبی و دما به صورت غیر مستقیم و معکوس نم نسبی را دچار تغییر می‌کند  $P_{61} = -0.04$ . حال با توجه به اینکه ضرایب مسیر  $P_{21}, P_{61}, P_{74}$  کمتر از  $0.05$  هستند؛ می‌توان گفت که این متغیرها هیچ تأثیر مستقیمی در متغیر مابعد خود ندارند بنابراین، برای برازش بهتر و سادگی مدل، این مسیرها حذف شدند و مدل جدید ایجاد (شکل ۲) و دوباره اقدام به محاسبه ضرایب جدید شد. سپس با اعمال معادلات ساختاری بر روی ضرایب جدید (روابط ۲) همبستگی‌ها بازسازی گردید. بعد از بازسازی همبستگی‌ها برای سازگار بودن همبستگی‌های بازسازی شده، آنها را با همبستگی‌های اولیه مقایسه نمودیم. با توجه به تفاوت اندکی که بین این دو طیف همبستگی وجود دارد (جدول ۱) نتیجه می‌گیریم که داده‌ها با مدل جمع و جور شده سازگاری دارند.

بررسی مدل و تجزیه همبستگی (اثرات مستقیم و غیر مستقیم) سالانه نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر مطلق در تغییر بارش را نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی به صورت معکوس بر عهده دارند، به نحوی که فازهای منفی این دو شاخص اقلیمی باعث افزایش بارش سالانه می‌گردد. یعنی در سال‌های که کم فشار ایسلند و مرکز پرفشار جنب حاره‌ای بر روی اقیانوس اطلس نسبت به حالت بهنجار ضعیف گردند این وضعیت حاکم می‌گردد. بنابراین گردش‌های نصف النہاری در منطقه خاورمیانه و مدیترانه تسلط

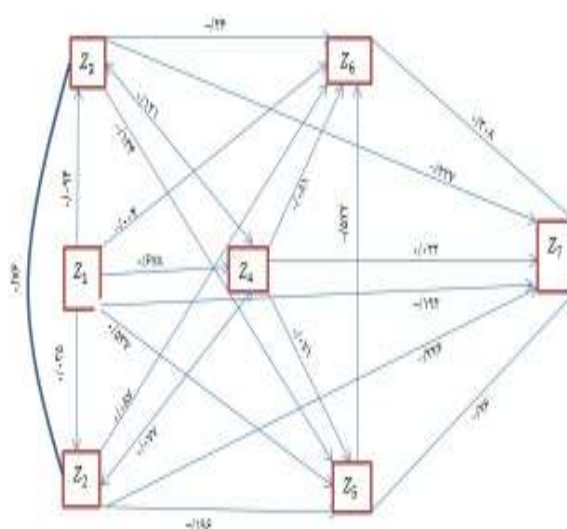
در دیاگرام‌های مدل: جهت سادگی، متغیرهای مشاهده شده صورت نمادین با  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ ، درون جعبه قرار می‌گیرند که اندیس‌های عددی نماد متغیرها هستند. خطوط مستقیم پیکان یک جهت از یک جعبه (متغیر) به جعبه دیگر دیگر نشان‌دهنده اثرات مستقیم است، یعنی جعبه‌ی (متغیر) که در ابتدای پیکان قرار دارد دارای اثر مستقیم بر جعبه (متغیر) قرار گرفته در انتهای پیکان است. خط انحنای و پیکان دو جهت بین دو جعبه (دو متغیر) مشاهده شده مبین همبستگی آنها با همدیگر است. تأثیر غیر مستقیم + تأثیر مستقیم = تأثیر کل.

#### یافته‌ها

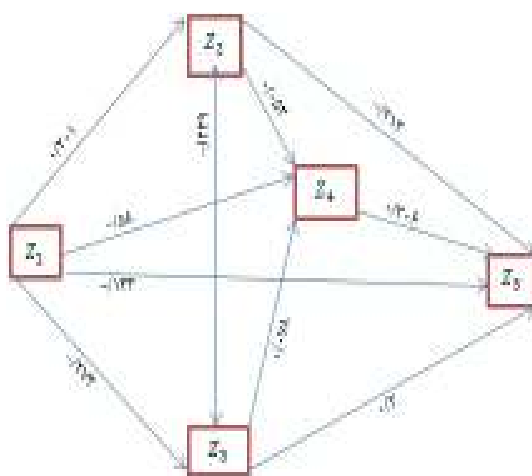
در این تحقیق ابتدا سعی شد مدل سالانه و سپس مدل‌های ماهانه ارائه گردد. همچنین سیر و چگونگی شکل‌گیری و تکوین دیاگرام مدل سالانه به عنوان نمونه بیان می‌گردد. انجام تحلیل همبستگی بین داده‌های سالانه بارش با دمای بیشینه، نم نسبی و شاخص‌های اقلیمی پیوند از دور نشان داد که تنها دمای بیشینه ( $Z_5$ )، نم نسبی ( $Z_6$ )، الگوی شرق اطلس ( $Z_4$ )، نوسان اطلس شمالی ( $Z_2$ )، نوسان قطبی ( $Z_7$ ) و میانگین دمای جهان ( $Z_1$ ) در سطح ۹۵٪ اطمینان با بارش ( $Z_7$ )، رابطه معناداری دارند و رابطه سایر متغیرها با بارش معنادار نیست. بنابراین، برای انجام مراحل بعدی و تهیه‌ی مدل سالانه این متغیرهای معنادار وارد و سایر متغیرها از تحلیل حذف شدند. سپس اقدام به آرایش متغیرها در دیاگرام مدل شد (شکل ۱). ضریب همبستگی چندگانه خروجی از دیاگرام برابر با  $0.711$  بود و این نشان از معناداری مدل داشت به طوری که مدل قادر است  $50.5\%$  از بارش بارش را تبیین نماید. با توجه به ضریب مسیر  $P_{74} = 0.022$  (شکل ۱) می‌توان اظهار داشت که



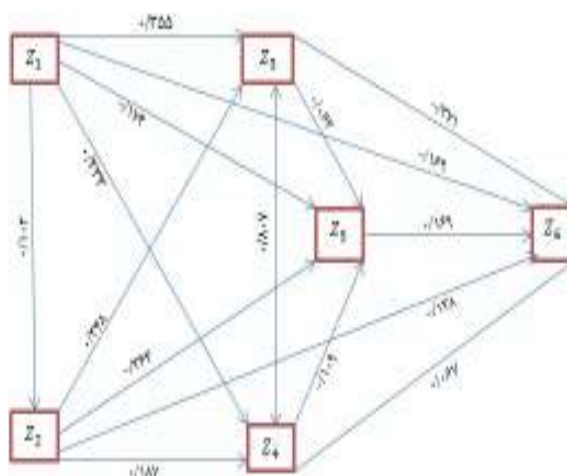
شکل ۲ مدل اصلاح شده سالانه



شکل ۱ مدل اصلاح نشده سالانه



شکل ۴ مدل ماه مارس



شکل ۳ مدل ماه فوریه

بیشترین تأثیر کل را نسبت به سایر شاخص‌ها در مدل، بر بارش می‌گذارد. اگر چه تأثیر مطلق این شاخص بر بارش نسبتاً قابل توجه است ولی در قیاس با تأثیر غیر مستقیم سهم کمتری را ایفا می‌کند، به طوری که این شاخص از مسیرهای مختلفی بر بارش تأثیر می‌گذارد. اما مهمترین این مسیرها از طریق تغییر در دمای بیشینه است. همچنین دمای جهان تأثیر کل ناچیزی بر نوسان اطللس شمالی و نوسان قطبی می‌گذارد که علت آن در ماهیت فشاری شاخص‌های

می‌یابد الگوی شرق اطللس تأثیر کل نسبتاً زیادی بر بارش، دما و نم نسبی دارد ولی تأثیر مطلق این الگو بر متغیرهای مذکور نسبت به تأثیر غیر مستقیم ناچیز است. به طوری که از تأثیر مطلق بر بارش در مدل اصلاح شده صرف نظر گردید. در واقع این الگو با همبستگی که با نوسان اطللس شمالی و نوسان قطبی دارد از طریق غیر مستقیم و با واسطه تأثیر زیادی بر بارش به صورت معکوس می‌گذارد. دمای جهان



الگوی حاره‌ای اطلس جنوبی رابطه داشت اما ضریب تعیین چندگانه خروجی مدل کمتر از ۰/۳۰ بود، همچنین شرط حداقل دو الگو را نیز ارضاء نمی‌کرد در نتیجه وارد تحلیل‌های بعدی نشد. بارش ژوئن با میانگین دمای جهان رابطه معناداری داشت و مقدار ضریب تعیین چندگانه مدل نیز بسیار بالا بود اما شرط حداقل دو الگو را ارضاء ننمود، بنابراین وارد تحلیل‌های بعدی نشد. سایر ماه‌ها دو شرط پژوهش را ارضاء نمودند که در ادامه به تفسیر هریک به صورت جداگانه می‌پردازیم.

تحلیل همبستگی بارش ماه فوریه با سایر متغیرها نشان داد که نم نسبی ( $Z_5$ )، نوسان قطبی ( $Z_4$ )، نوسان اطلس شمالی ( $Z_3$ )، میانگین دمای جهان ( $Z_2$ ) و شار خورشید ( $Z_1$ ) با بارش ( $Z_R$ )، در سطح ۰/۹۵ اطمینان، همبستگی معناداری دارند. همان گونه که از مدل (شکل ۳) محرز است، مقدار هیچکدام از ضرایب کمتر از ۰/۵ نیست بنابراین، مدل نیاز به اصلاح، حذف مسیر و بازسازی همبستگی ندارد. با توجه به ضریب تعیین چندگانه خروجی (جدول ۲)

جدول ۲- خصوصیات مدل‌ها معنادار

مدل	ضریب تعیین چندگانه خروجی از مدل	همبستگی چندگانه خروجی از مدل	مدل
مدل اصلاح شده	۰/۵۰۵	۰/۷۱۱	سالانه
*	۰/۳۱۸	۰/۵۶۴	فوریه
	۰/۳۲۵	۰/۵۷	مارس
*	۰/۵	۰/۷۰۷	می
	۰/۵۲۵	۰/۷۲۵	سپتامبر
*	۰/۶۱۴	۰/۷۸۴	اکتبر

دیگرام مسیر، مدل قادر است ۰/۳۱/۸ از پراشبارش را تبیین نماید. با توجه به مدل (شکل ۳)، در این ماه بیشترین و کمترین تأثیر مطلق بر بارش را به ترتیب

مذکور است. اما تأثیر زیادی بر الگوی شرق اطلس دارد. چون شاخص مذکور از متغیرهای دمای به صورت مستقیم استخراج شده است. چنین تأثیرات متفاوتی نسبت به دوالگوی دیگر به همراه دارد.

جدول ۱ مقایسه همبستگی‌های اولیه و بازسازی شده مدل

## اصلاحی سالانه

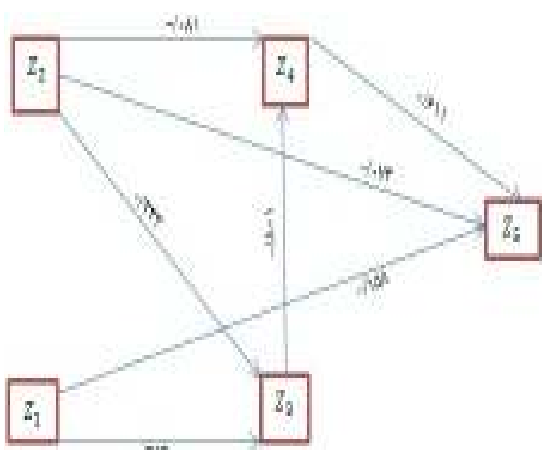
متغیرها	همبستگی اولیه	همبستگی بازسازی شده	اختلاف همبستگی
$Z_{1,7}$	-۰/۴۶۹	-۰/۴۶۵	۰/۰۰۴
$Z_{2,7}$	-۰/۳۱۹	-۰/۳۲۸	۰/۰۰۹
$Z_{3,7}$	-۰/۳۷۷	-۰/۳۷۶	۰/۰۰۱
$Z_{4,7}$	-۰/۳۵۶	-۰/۳۶۷	۰/۰۱۱
$Z_{5,7}$	-۰/۴۰۹	-۰/۴۰۹	۰/۰۰
$Z_{6,7}$	۰/۵۱۶	۰/۵۲۹	۰/۰۱۴
$Z_{1,6}$	-۰/۳۷۴	-۰/۳۶۳	۰/۰۱
$Z_{2,6}$	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱۵	۰/۰۰۰۵
$Z_{3,6}$	-۰/۰۶۸	-۰/۰۶۷	۰/۰۰۱
$Z_{4,6}$	-۰/۳۵۶	-۰/۳۱۷	۰/۰۳۹
$Z_{5,6}$	-۰/۵۲۷	-۰/۵۲۷	۰/۰۰

به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت، در سال‌های که دمای جهانی دچار ناهنجاری منفی می‌گردد گردش نصف النهاری بر منطقه مدیترانه و خاورمیانه برقرار می‌شود. در نتیجه سامانه‌های باران‌زا به همراه هوای سرد و مرطوب، شهرستان تبریز را تحت تأثیر قرار می‌دهند. و شاهد افزایش بارش سالانه می‌باشیم. اما با افزایش دمای جهانی و افزایش شیو فشار میان عرض‌های قطبی و عرض‌های میانی، یعنی با قوی‌تر شدن مراکز فشار مذکور شرایط گرم و خشک نسبت به سال‌ها بهنجار بر شهرستان تبریز غلبه می‌یابد.

تحلیل همبستگی ماهانه مشخص نمود که بارش ماه‌های ژانویه، دسامبر، نوامبر، آوریل و آگوست با هیچ یک از الگوها همبستگی معناداری ندارند. بارش جولای با

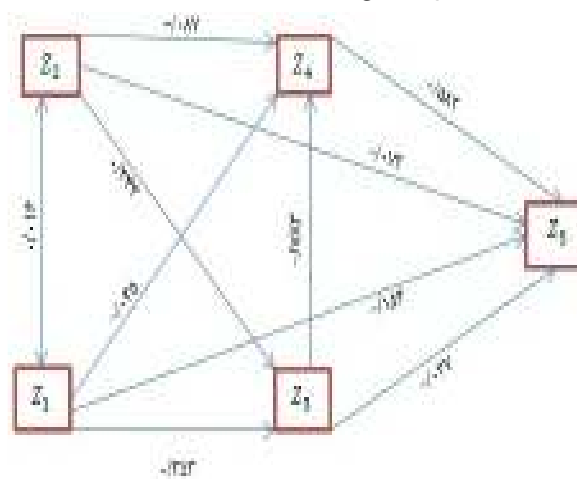
شدن پرفشار جنب حاره‌ای، افزایش شیو فشار در امتداد نصف النهارات و برقراری جریان‌های مداری در منطقه مدیترانه و خاورمیانه و رخداد فازهای مثبت نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی می‌گردد در نتیجه سامانه‌های بارانزا به طرف عرض‌های بالا عقب نشینی می‌کنند. و شرایط گرم و خشکی در ماه مربوطه بر شهرستان تبریز غلبه می‌یابد.

تحلیل همبستگی ماه مارس مشخص نمود که نم نسبی ( $Z_4$ )، الگوی قطبی - اوراسیا ( $Z_3$ )، نوسان اطلس شمالی ( $Z_7$ ) و میانگین دمای جهان ( $Z_1$ ) با بارش ( $Z_5$ )، در سطح ۹۵٪ اطمینان رابطه معناداری دارند. مقادیر ضرایب هیچکدام از مسیرها کمتر از ۰/۵٪ نیست (شکل ۴)، بنابراین، مدل نیاز به اصلاح ندارد. با توجه به ضریب چندگانه خروجی از دیاگرام (شکل ۴)، مدل می‌تواند ۳۲/۵٪ از پراش بارش را تبیین نماید (جدول ۲). بررسی مدل و تجزیه همبستگی نشان می‌دهد که نوسان اطلس شمالی در این ماه نیز عمدتاً بیشترین تأثیر را از طریق مستقیم و منفی بر بارش می‌گذارد.

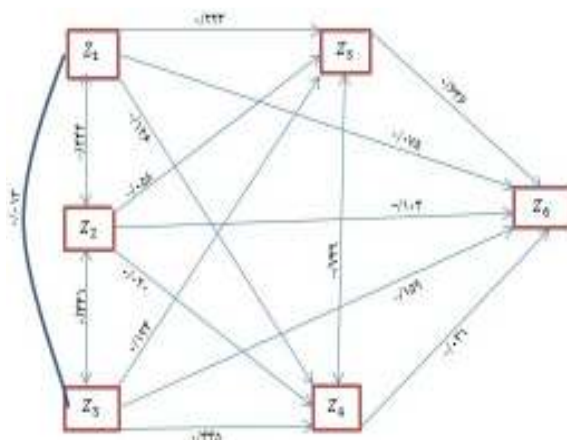


شکل ۶ مدل اصلاح شده ماه می

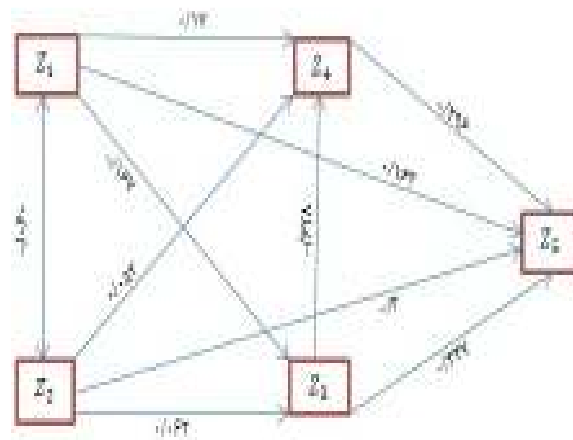
نوسان اطلس شمالی و نوسان قطبی بر عهده دارند، همچنین تأثیر مستقیم تمام الگوها بجز نوسان قطبی به صورت منفی است. تجزیه همبستگی الگوها روشن می‌کند که بیشترین تأثیر غیر مستقیم در بارش مربوط به نوسان قطبی است (تأثیر غیر مستقیم این الگو از تأثیر کل بیشتر است) به طوری که این الگو با اثری که بر نم نسبی می‌گذارد و همچنین با همبستگی که با نوسان اطلس شمالی دارد به صورت غیر مستقیم باعث ناهنجاری منفی بارش می‌گردد. اما تأثیر مستقیم این الگو مثبت و ناچیز است. تأثیر نوسان اطلس شمالی مانند وضعیت سالانه تأثیر این الگو بر بارش، عمدتاً به صورت مستقیم است و بر نم نسبی تأثیر مستقیم ناچیزی می‌گذارد در واقع این الگو با همبستگی که با نوسان قطبی دارد نم نسبی را مورد تأثیر قرار می‌دهد. تأثیر مستقیم و غیر مستقیم دمای جهانی و شار خورشیدی بر بارش تقریباً یکسان است، اما بر نوسان اطلس شمالی، نوسان قطبی و نم نسبی عمدتاً به صورت مستقیم می‌باشد و تأثیر غیر مستقیم این متغیرها قابل صرف نظر است. بنابراین مانند مدل سالانه، گرمایش جهانی در ماه فوریه باعث قوی‌تر



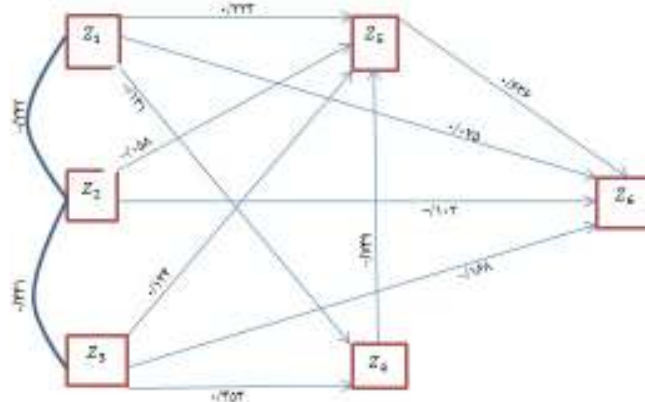
شکل ۵ مدل اصلاح نشده ماه می



شکل ۸ مدل اصلاح نشده ما اکتبر



شکل ۷ مدل ماه سپتامبر



شکل ۹ مدل اصلاح شده ماه اکتبر

به طوری که بیشترین تأثیر کل و غیر مستقیم را بر بارش نسبت به سایر الگوها به خود اختصاص می‌دهد. در نتیجه به ازای ناهنجاری منفی دمای جهان شاهد رخداد فازهای مثبت الگوی قطبی - اوراسیا یعنی قوی‌تر شدن چرخه ورتکس قطبی هستیم، به نحویکه اگر در ماه مارس مرکز پراتفاسی در شمال مغولستان قرار گرفته باشد و مرکز کم ارتفاعی نیز در عرض‌های قطبی (در واقع هر چقدر مرکز کم ارتفاع عمیق‌تر باشد ورتکس قطبی نیز شدیدتر است) می‌توان انتظار ناهنجاری مثبت در بارش را داشت. یعنی در این زمان بارش تبریز افزایش می‌یابد.

ولی بر روی نم نسبی تأثیر مستقیم ناچیز و مثبتی می‌گذارد، در صورتی که تأثیر غیر مستقیم منفی نسبتاً وزینی بر متغیر مذکور دارد به طور کلی تأثیر کلی این الگو بر نم نسبی ناچیز است. تأثیر الگوی قطبی - اوراسیا نیز بر بارش و نم نسبی مانند نوسان اطلس شمالی است. اما این تأثیرات مثبت است یعنی فازهای مثبت این الگو باعث افزایش بارش می‌گردد. بنابراین، این الگو با نوسان اطلس شمالی رابطه معکوسی دارد. میانگین دمای جهان تأثیر بسیار شدید و مطلق، البته منفی بر نم نسبی دارد در واقع این الگو بیشتر از طریق نم نسبی به صورت غیر مستقیم بارش را متأثر می‌کند

افزایش نقطه شبنم باعث افزایش بارش می‌گردد. همچنین می‌توان بیان داشت که در این ماه الگوی مذکور یک الگوی دمایی است و از طریق تغییر در دمای بیشینه سایر متغیرها را مورد تأثیر قرار می‌دهد.

تحلیل همبستگی ماه سپتامبر حاکی از آن است که متغیرهای نم نسبی ( $Z_4$ )، دمای بیشینه ( $Z_3$ )، نوسان اطلس شمالی ( $Z_1$ ) و دمای نصف النهاری اطلس ( $Z_2$ ) در سطح ۹۵٪ اطمینان با بارش ( $Z_5$ ) رابطه معناداری دارند. با توجه بهضریب تعیین چندگانه خروجی از دیاگرام مسیر (شکل ۷ و جدول ۲)، مدل قادر است ۵۲/۵٪ از پراش بارش ماه سپتامبر را تبیین نماید. بررسی مدل بیانگر آن است که نوسان اطلس شمالی و دمای نصف النهاری اطلس در مدله صورت علل همبسته و منفی آرایش گرفته‌اند (البته با همبستگی ضعیف) بررسی تجزیه همبستگی نشان دهنده فزونی تأثیر کلی، و مستقیم دمای بیشینه بر بارش در این ماه نسبت به نم نسبی است و می‌توان ابراز داشت که مهمترین متغیر در این ماه نسبت به تأثیر در سایر متغیرهای محلی، دمای بیشینه است. تأثیر دمای نصف النهاری بر بارش عمدتاً به صورت مطلق و منفی است در واقع این متغیر به صورت ناچیزی در اثر تأثیر بر سایر متغیرها بارش را متأثر می‌کند، به طوری که می‌توان اظهار نمود این الگو، الگوی بارشی است.

جدول ۳- مقایسه همبستگی اولیه و همبستگی بازسازی

شده مدل اصلاحی ماه می

متغیرها	همبستگی اولیه	همبستگی باز سازی شده	اختلاف همبستگی
$Z_{1,2}$	-۰/۳۵۹	-۰/۳۵۹	۰/۰۰
$Z_{2,5}$	-۰/۲۹۷	-۰/۲۹۶	۰/۰۰۱
$Z_{3,5}$	-۰/۶	-۰/۵۹	۰/۰۰۱
$Z_{4,5}$	۰/۶۸۹	۰/۶۸۹	۰/۰۰
$Z_{1,4}$	-۰/۳۲۷	-۰/۲۸۸	۰/۰۳۹
$Z_{2,4}$	-۰/۳۶۰	-۰/۳۶۰	۰/۰۰
$Z_{3,4}$	-۰/۸۳	-۰/۸۲۹	۰/۰۰۱

تحلیل همبستگی ماه می آشکار نمود که نم نسبی ( $Z_4$ )، دمای بیشینه ( $Z_3$ )، شاخص نصف النهاری باد اطلس شمالی ( $Z_2$ ) و شاخص دمای اطلس جنوبی ( $Z_1$ ) با بارش ( $Z_5$ )، در سطح ۹۵٪ اطمینان رابطه معناداری دارند. آرایش متغیرها در این مدل حاکی از آن است که با فرا رسیدن ماه‌های گرم تأثیر نوسانات دمای- فشاری مناطق حاره‌ای شمالی و جنوبی بر بارش تبریز بیشتر می‌شود. با توجه به ضریب تعیین چندگانه خروجی از دیاگرام (شکل ۵ و جدول ۲)، مدل قادر است ۵۰٪ از پراش بارش ماه می را تبیین نماید. محاسبه ضرایب مسیر مشخص کرد که ضرایب  $P_{21}, P_{41}, P_{53}$  کمتر از ۰/۵ هستند. بنابراین، جهت برازش بهینه‌تر مدل، این مسیرها حذف و مدل اصلاح گردید (شکل ۶ و جدول ۳). بررسی مدل حاکی از آن است که دو الگوی پیوند از دور به صورت علل ناهمبسته بیرونی در دیاگرام مدل آرایش یافته‌اند و هر دو به صورت معکوس بر بارش تأثیر می‌گذارند، یعنی هنگامیکه در ماه می میانگین دمای حاره‌ای اقیانوس اطلس از استوا تا مدار ۲۰ درجه جنوبی دارای ناهنجاری مثبت باشد و همچنین کمربند همگرای حاره‌ای به طرف نیمکره جنوبی قرار داشته باشد؛ که این دو مطلب گویای قرارگیری پرفشار جنب حاره‌ای در عرض‌های جنوبی‌تر هستند، در این صورت بارش تبریز بر اثر ورود سامانه‌های عرض‌های میانه افزایش می‌یابد. بررسی تجزیه همبستگی مدل نشان می‌دهد که دمای اطلس جنوبی نسبت به باد نصف النهاری اطلس تأثیر کل و مطلق بیشتری بر بارش دارد، در حالی که الگوی باد نصف النهاری از طریق تأثیری مطلق قوی که بر دمای بیشینه و دمای بیشینه بر نم نسبی می‌گذارد بارش را به صورت غیر مستقیم و معکوس دچار تغییر می‌کند. در واقع این الگو با کاهش دما و

همبستگی‌های بازسازی شده (جدول ۴) مدل مورد پذیرش قرار گرفت.

جدول ۴ مقایسه همبستگی اولیه و همبستگی بازسازی شده مدل اصلاحی ماه اکتبر

متغیرها	همبستگی اولیه	همبستگی بازسازی شده	اختلاف همبستگی
Z <sub>1,6</sub>	۰/۳۱۷	۰/۳۰۹	۰/۰۰۸
Z <sub>2,6</sub>	-۰/۳۵۳	-۰/۳۴۸	۰/۰۰۵
Z <sub>3,6</sub>	-۰/۳۳۸	-۰/۳۶۳	۰/۰۰۵
Z <sub>4,6</sub>	-۰/۶۰۶	-۰/۵۸۹	۰/۰۱۷
Z <sub>5,6</sub>	۰/۷۴۸	۰/۷۲۵	۰/۰۲۳
Z <sub>1,4</sub>	-۰/۱۲۵	-۰/۱۲۶	۰/۰۰۱
Z <sub>2,4</sub>	۰/۲۴۶	۰/۲۳۱	۰/۰۱۵
Z <sub>3,4</sub>	۰/۴۵۲	۰/۴۵۱	۰/۰۰۱

تحلیل همبستگی و تجزیه همبستگی نشان می‌دهد که باد نصف النهاری اطلس بیشترین تأثیر کل و مطلق را به صورت معکوس بر بارش می‌گذارد، همچنین این متغیر با تأثیر مطلق و غیر مستقیمی که بر دما و نم نسبی می‌گذارد و همبستگی مثبتی که با دمای نصف النهاری اطلس دارد، تأثیر غیر مستقیم قوی بر بارش می‌نهد. بررسی تجزیه همبستگی دمای نصف النهاری آشکار کرد که این متغیر عملاً تأثیر مستقیمی بر دما ندارد و تأثیر مستقیم ناچیزی بر نم نسبی می‌گذارد، در واقع این متغیر با همبستگی که با باد نصف النهاری اطلس و شاخص چند متغیره انسو دارد دما، نم نسبی و بارش را با واسطه و به صورت غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد. شاخص چندمتغیره انسوی بیشترین تأثیر خود را به صورت غیر مستقیم و مثبت بر بارش می‌گذارد در واقع ارتباط سه الگوی مدل با هم و با بارش تبریز نشان می‌دهد که هنگامیکه شاخص چند متغیره انسودر فاز مثبت باشد. شاخص باد نصف النهاری نیز مبین افزایش حرکات نصف النهاری و به طور غیرمستقیم مبین جابه‌جایی جنوب سوی رودباد جبهه قطبی و رودباد جنب حاره‌ای در نیمه‌ی شرقی

بررسی عملکرد نوسان اطلس شمالی در مدل ماه سپتامبر حاکی از عملکرد متفاوت آن در مدل مذکور نسبت به سایر مدل‌ها است. به طوری که در این مدل با نسبت وزن یکسانی به صورت مطلق، دما، نم نسبی و بارش رامتأثر می‌کند. اما تأثیر کلی این الگو بر بارش و نم نسبی به مراتب بیشتر از تأثیر کل بر دما است همچنین در این مدل بارش و نم نسبی را به صورت مثبت و دما را به صورت معکوس مورد تأثیر قرار می‌دهد، یعنی برخلاف مدل‌ها گذشته فاز مثبت نوسان اطلس شمالی باعث افزایش بارش و ثبت دماهای بیشینه پایین‌تری نسبت به حالت بهنجار، در شهر تبریز می‌شود. نکته دیگر اینکه نوسان اطلس شمالی از طریق تأثیر بر سایر متغیرها بر خلاف مدل‌ها گذشته تأثیر وزین غیر مستقیمی در بارش می‌گذارد. به طور کلی با قوی‌تر شدن مرکز پرفشار جنب حاره‌ای و کم فشار ایسلند در ماه مربوطه و متعاقب آن رخداد فاز مثبت الگوی مذکور، افزایش بارش در شهر تبریز رخ می‌دهد.

تحلیل همبستگی ماه اکتبر مشخص کرد که متغیرهای نم نسبی (Z<sub>5</sub>)، دمای بیشینه (Z<sub>4</sub>)، دمای نصف النهاری اطلس (Z<sub>2</sub>)، باد نصف النهاری اطلس (Z<sub>3</sub>) و شاخص چند متغیره انسو (Z<sub>1</sub>) با بارش (Z<sub>6</sub>) در سطح ۹۵٪ اطمینان رابطه دارند، و سایر متغیرها رابطه معناداری با بارش ندارند. با توجه ضریب تعیین چندگانه خروجی از دیاگرام مسیر (شکل ۸ و جدول ۲) مدل قادر است ۶۱/۴٪ از پراش بارش را تبیین نماید. محاسبه ضرایب مسیر نشان داد که ضرایب **F64, P42, P31** کمتر از ۰/۵٪ هستند در نتیجه برای ارائه مدل مناسب‌تر، مدل مورد اصلاح قرار گرفت، با توجه به اختلاف ناچیز بین همبستگی‌های اولیه و

اطلس استو شاخص دمای نصف النهاری معرف افزایش دما در غرب اطلس حاره‌ای شمالی یا قرارگیری کمربند همگرای حاره‌ای در این قسمت از اطلس است. در نتیجه هر سه شاخص به صورت مستقیم و غیر مستقیم وقوع النینو و تغییرات ناشی از آن را در سایر پدیده‌های سیاره‌ای بیان می‌دارند. بنابراین بارش‌های ماه اکتبر تبریز همزمان با رخداد النینو اثر عقب نشینی رودباد جنب حاره‌ای به عرض‌های جنوبی و ورود سامانه‌های سرد و مرطوب افزایش می‌یابد.

### نتیجه گیری

در این مطالعه با کاربرد روش‌آماری تحلیل مسیر، ارتباط مستقیم و غیر مستقیم بین بارش شهرستان تبریز در بازه زمانی سالانه و ماهانه، با متغیرهای محلی و شاخص‌های اقلیمی پیوند از دور مورد ارزیابی و مدل سازی قرار گرفت. با توجه به اینکه مراتب منفی و مثبت شاخص‌های اقلیمی مبین چگونگی فعالیت مراکز عمل و تأثیرگذاری مراکز مذکور بر اقلیم سیاره‌ای است. یافته‌ها حاکی از آن است که انواع شاخص‌ها و چگونگی تأثیر گذاری این شاخص‌ها به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر بارش شهرستان تبریز در ماه‌های مختلف سال متفاوت است، به طوری که با توجه به اهداف تحقیق و همچنین معیارهای تعیین شده برای ارائه‌ی مدل مناسب؛ فقط در ماه‌های فوریه، مارس، می، سپتامبر، اکتبر و سالانه، مدل‌ها خروجی دارای معناداری در سطح ۹۵٪ اطمینان بودند. و در سایر ماه‌ها مدل‌ها ایجاد شده نتوانستند شروط تعیین شده برای ارائه‌ی مدل مناسب را مهیا نمایند.

بررسی مدل‌های ماه‌هانه و سالانه حاکی از آن است که دمای جهانی تنها در برخی از ماه‌های زمستان و بهار و به طور سالانه با بارش تبریز رابطه دارد در صورتی که

در ماه‌های پاییز و تابستان فاقد چنین رابطه معناداری است. عمده‌ترین عامل رخداد چنین وضعیت دوگانه‌ای این است که، همبستگی بین ناهنجاری دمای جهانی و بارش تبریز، طبق مدل تابع دو مسیر است یکی از طریق مستقیم و بدون واسطه و دیگری از طریق تأثیر بر نوسانات شمالی، بدین صورت که با افزایش گرمایش جهانی در ماه‌های زمستان و بهار مرکز پرفشار جنب حاره‌ای قوی‌تر می‌شود، در این راستا جریان‌ات مداری بر منطقه خاورمیانه حاکم می‌گردند (فازهای مثبت نوسانات شمالی) به طوری که سامانه‌های برون حاره‌ای مجال حرکت به سمت عرض‌های پایین را پیدا نمی‌کنند. بنابراین، به دلیل عدم ورود سامانه‌های باران‌زا، شرایط پایدار و خشکی بر منطقه و به خصوص شهر تبریز حاکم می‌گردد. اما با رخداد سرمایش جهانی شرایط معکوس رخ می‌دهد. پس گرمایش جهانی در مقاطع زمانی سالانه، زمستانه و بهاره، باعث کم شدن بارش تبریز به صورت مستقیم و غیر مستقیم می‌گردد. حال آن که در ماه‌های تابستان گرمایش جهانی تأثیر چندانی بر بارش تبریز ندارد چون این متغیر علاوه بر نداشتن تأثیر مستقیم بر بارش، تأثیر غیر مستقیم آن، هم به دلیل موثر نبودن مراکز فشار برون حاره‌ای در نوسانات بارش تبریز، حذف می‌گردد. چون عامل گرمایش جهانی بیشتر از طریق تغییر در شدت و ضعف مراکز فشار باعث تغییرات بارش در نقاط مختلف زمین می‌گردد. همچنین در این مدل‌ها می‌توان به عملکرد سه شاخص قطبی، اطلس شمالی و شرق اطلس اشاره نمود دو شاخص اولی به دلیل منتج شدن از پارامترهای فشاری تأثیر مستقیم وزینی بر بارش تبریز دارند اما شاخص اطلس شرقی به دلیل منتج شدن از پارامترهای دمایی اطلس شرقی و غربی، عمدتاً از طریق همبستگی با دو شاخص دیگر

ن حاره‌ای، جنب حاره‌ای و قطبی در نیمکره شمالی عوامل دخیل در این نوسانات عامل تعیین کننده‌ای در چگونگی و میزان بارش و دمای تبریز در مقاطع سالانه، زمستانه و بهاره هستند. اما در فصل تابستان غالباً نوسانات مراکز فشار جنب حاره‌ای، حاره‌ای و جنوب حاره‌ای نقش تعیین کننده‌ای در پراکنش بارشی تبریز دارند.

### منابع

- آذر، عادل، (۱۳۸۱)، تحلیل مسیر (Path Analysis) و علت یابی در علم مدیریت، مجله مجتمع آموزش عالی قم، سال چهارم - شماره پانزدهم، صص ۵۹-۹۶
- اکبری، طیبه و مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۸۶) شناسایی نقش الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی بر دمای ایران، مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان، صص ۱۱۷-۱۳۲.
- حضرتی، شهربانو و همکاران، (۱۳۸۳)، بررسی تأثیر پدیده‌های نوسانات اقلیم شمالی و جنوبی بر دما و بارش حوزه دریاچه ارومیه. اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، ۲۲-۲۴.
- خورشید دوست، علی محمد و قویدل رحیمی، یوسف، (۱۳۸۳)، ارزیابی اثر پدیده انسو بر تغییر پذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از «شاخص چند متغیره انسو». پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۵۷ صص ۲۶-۱۵.
- زاهدی، مجید و همکاران، (۱۳۸۸)، تهیهی اقلیم آذربایجان، نشریه‌ی جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۲۷ صص ۲۱۵-۲۳۰.
- شوماخر، رندال ای و لومکس، ریچار جی، (۱۳۸۸)، مقدمه‌ای بر مدل سازی معادله ساختاری، برگردان وحید قاسمی، انتشارات جامعه شناسان، چاپ اول.

به صورت غیر مستقیم بر بارش تأثیر می‌گذارد. با این حال این سه شاخص رابطه منفی با بارش دارند یعنی فازهای منفی آنها باعث افزایش بارش می‌گردد. بدین صورت وقتی شاخص‌ها معرف گردش نصف النهاری در منطقه خاورمیانه باشند (فاز منفی) سرعت مداری جریات جوی کاهش می‌یابد و اختلاف فشار مداری بر اثر پیشروی سامانه‌های عرض‌های بالا به سمت عرض‌های پایین و متعاقباً سامانه‌های عرض‌های پایین به سمت عرض‌های بالا افزایش می‌یابد از این رو مناطق کم فشاری شدیدی همراه با ناپایداری در خاورمیانه شکل می‌گیرد.

با توجه به شاخص‌های دخیل در مدل سپتامبر و اکتبر می‌توان بیان نمود که شاخص‌های مربوطه به نوعی ارتباط بین نوسان مکانی کمربند همگرای حاره‌ای در دو طرف خط استوا در اقیانوس اطلس و نوسانات جنوبی را با بارش تبریز بیان می‌دارند به طوری که شاخص چند متغیره انسو (رخداد النینو یا لائینو) و باد نصف النهاری به عنوان معرفی جهت حرکات رودباد جنب حاره‌ای و دمای حاره‌ای به عنوان نوسانات مکانی کمربند همگرایی حاره‌ای در دو سوی خط استوا در نظر گرفته شده است. از این رو ارتباط این شاخص‌ها با هم دیگر و بارش تبریز نشانگر آن است که در هنگام رخداد فاز مثبت شاخص چند متغیره انسو (النینو) کمربند همگرایی حاره‌ای به طرف عرض‌های جنوبی متمایل می‌گردد (فاز منفی دمای حاره‌ای) و حداکثر سرعت باد نیز دچار جابه‌جای جنوب سو می‌گردد. (رودباد جنب حاره‌ای) بنابراین سامانه‌های بارانزا، شهر تبریز را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در این حالت شاهد افزایش بارش به همراه کاهش دما در شهر مذکور می‌باشیم. در نهایت باید اذعان نمود که مکان گزینی و شدت مراکز فشار برو.

- یارنال، برنت، (۱۳۸۵)، اقلیم‌شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی، برگردان ابوالفضل مسعودیان، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ اول.
- Durkee J. D. , J. D Frye, C. M. Fuhrmann, M. C. Lacke, H. G. Jeong, T. L. Mote (2007), Effects the North Atlantic Oscillation on precipitation-type frequency and distribution in the astern United States. *Theor. Appl. Climatol.* DOI 10. 1007/s00704-007-0345-x.
- Foster, J. , A. Rango, and M. Owe (1983), Snow cover and temperaturerelationships in North America and Eurasia, *J. Clim. Appl. Meteorol.* , 22, 460-469.
- Hafez, Y. Y. , S. M. Robaa(2008). The Relationship between the Mean Surface Air Temperature in Egypt and NAO Index and ENSO, *The Open Atmospheric Science Journal*, Vol(2):8-17.
- Harrison D. E. , and N. K. Larkin (1998). El Nino-Southern Oscillation sea surface temperature and wind anomalies. *Rev. Geophys.* , 36, 353-399.
- Hurrell, J. W. , (1995), Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Region temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679.
- Kahya, E. , M. C. Karabork. (2001). The analysis of El Nino and La Nino signals in streamflows of Turley International Journal of Climatology, 1231-1250.
- Mazzarella, A. , A. Giuliani, I. Liritzis (2010). On the 60- month cycle of multivariate ENSO index. *Theor Appl Climatol*, 23-27.
- Mahmood, A. , T. M. AliKhan, N. Faisal. (2004). Correlation between multivariate enso index (MEI) and pakistan's summer rainfall. *Pakistan Journal of Meteorology*, Vol. 1: 53-64.
- Wallace, J. M. , and D. S. Gutzler, (1981), Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.* , 109, 784-812.
- Wang, D. , C. Wang, X. Yang, and J. Lu (2005), Winter Northern Hemisphere surface air temperature variability associated with the Arctic Oscillation and North Atlantic Oscillation, *Geophys. Res. Lett.* , 32, L16706, doi:10. 1029/2005GL022952.
- Thompson, D. W. J. , and J. M. Wallace, (2000), Annular modes in the extratropical circulation, Part I: Month-to-month variability. *J. Climate*, 13, 1000-1016.
- Wolfe, L. M., (1977), An Introduction to path analysis. *Multiple Linear Regression Viepoints*, 9, 20-56 www. cdc. noaa. gov www. weather. ir
- خسروی، محمود و همکاران، (۱۳۸۶)، ارتباط شاخص نوسان قطبی با نوسان‌های دمای، مورد: ایستگاه شهرکرد، مجله جغرافیا و توسعه.
- خوش اخلاق، فرامرز، قنبری، نوذر، معصوم پور سماکش، جعفر (۱۳۸۷)، مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۶۶، صص ۵۷-۷۰
- علیجانی، بهلول، (۱۳۸۱)، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، چاپ اول.
- غیور حسعلی و خسروی، محمود، (۱۳۸۰)، تأثیر پدیده ی انسو بر ناهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۶۲ صص ۱۴۲-۱۷۴.
- مرادی، حمید رضا، (۱۳۸۳) شاخص نوسان اطلس شمال و تأثیر آن بر اقلیم ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۸، صص ۳۰-۱۷.
- منصورفر، کریم، (۱۳۸۷)، روش‌های پیشرفته آماری، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم.
- مهدوی، مسعود و طاهر خانی، مهدی، (۱۳۸۳)، کاربرد آمار در جغرافیا، انتشارات قومس. چاپ اول.
- نصر اصفهانی، محمد علی، محب‌الحجه، علیرضا و فرهنگ گیوی (۱۳۸۷)، اثر نوسان اطلس شمالی بر برخی کمیت‌های هواشناسی و رد سپهر در خاورمیانه و جنوب غرب آسا، مجله ژئوفیزیک ایران، شماره ۲، صص ۵۱-۶۴.
- یاراحمدی، داریوش و عزیز قاسم، (۱۳۸۶)، تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۶۲ صص ۱۶۱-۱۷۴.