

استفاده از قوانین انجمنی برای پیش‌بینی بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز

پیش‌بینی مقادیر بارش حداکثر برای اهداف مختلفی نظیر برآورد سیلاب، رواناب، رسوب، برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت حوضه‌های آبریز دارای اهمیت زیادی است. در این تحقیق با استفاده از قوانین انجمنی به‌عنوان یکی از تکنیک‌های داده‌کاوی، وابستگی بین بیشینه بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک تبریز و دمای سطح دریاها، مدیترانه و سرخ با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر مختلف بررسی شد. جهت بررسی دقت قوانین از دو معیار شاخص پشتیبان و شاخص اطمینان استفاده گردید. نتایج نشان داد، بین هریک از دمای سطوح آب دریاها، سیاه، مدیترانه و سرخ با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک تبریز همبستگی نسبی وجود دارد به طوری که شاخص اعتماد بین هریک از دمای سطح پهنه‌های آبی فوق، با بیشینه بارش ماهانه در حدود ۷۰ درصد برآورد شد. همچنین نتایج حاکی از این بود که استفاده توأمان از دمای تفاضلی سطح دریاها مذکور برای پیش‌بینی بیشینه بارش ایستگاه تبریز کارایی بهتری دارد.

واژگان کلیدی: بیشینه بارش ماهانه، دمای سطح دریا، داده‌کاوی، قوانین انجمنی، ایستگاه سینوپتیک تبریز.

امیر مولاجو*

دانشجوی کارشناسی ارشد
مهندسی و مدیریت منابع آب،
دانشکده عمران، دانشگاه تبریز.
پست الکترونیک:
amir.molaju3@yahoo.com

وحید نورانی

استاد، دانشکده عمران، دانشگاه
تبریز.
پست الکترونیک:
nourani@tabrizu.ac.ir

محمد تقی ستاری

استادیار، دانشکده کشاورزی،
دانشگاه تبریز.
پست الکترونیک:
mtsattar@tabrizu.ac.ir

۱- مقدمه

جو، پدیده‌ای سه‌بعدی و سیال است که اگر بخشی از آن دچار تغییر شود، این تغییر در تمامی سیاره پخش می‌شود و با تأخیر زمانی همه بخش‌های جو به تغییری که در بخشی پدید آمده، پاسخ می‌دهند [۱]. در سال‌های اخیر، برهم‌کنش بین عوامل آب‌وهوایی در خشکی، اقیانوس و جو مورد توجه بسیاری از دانشمندان علوم هواشناسی و اقلیم‌شناسی قرار گرفته است. نتایج پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که تغییرات دما در سطح گستره‌های بزرگ آبی (SST^1) می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر نوسان‌های بارش در سطح خشکی‌های زمین داشته باشد. در خصوص نقش SST در تغییر اقلیم جهانی، می‌توان به پدیده انسو ($ENSO^2$) که یکی از مهم‌ترین عوامل تغییردهنده اقلیم است، اشاره کرد که با

بارش، یکی از مهم‌ترین داده‌های ورودی به سیستم‌های هیدرولوژیکی محسوب می‌شود که مطالعه و اندازه‌گیری آن در اکثر موارد برای مطالعات رواناب، آب‌های زیرزمینی، سیلاب، رسوب و غیره لازم می‌باشد. از آنجایی که ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، در حال حاضر نگرانی در مورد منابع آب، آن را به یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای اکثر پژوهشگران و مدیران کشور تبدیل کرده است. به همین دلیل، پیش‌بینی بارش برای برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و همچنین استفاده بهینه از منابع آب ضروری است.

* نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۹، بازنگری: ۱۳۹۵/۴/۲۷، پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۴.

¹- Sea Surface Temperature

²- El Nino-South Oscillatio

چند ایستگاه در غرب ایران را با ناهنجاری‌های فصلی دمای سطح آب دریای مدیترانه، بررسی کردند و نشان دادند که هرگاه دمای پاییزه سطح آب دریای مدیترانه، سردتر از معمول باشد، ایستگاه‌های مورد بررسی در غرب ایران شرایط مرطوب‌تری را تجربه می‌کنند [۸]. محمدی و همکاران، تأثیر دمای سطح آب دریای خزر را بر بارش استان مازندران مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که همبستگی منفی با سطح اطمینان بالایی بین این دو عامل وجود دارد. به طوری که با سرد شدن آب دریای خزر در ماه‌های مختلف سال، بارش در استان مازندران کاهش می‌یابد و بالعکس [۹]. رنجبر و ایزدی همبستگی مابین دمای سطح آب اقیانوس هند و دریای عرب را با بی‌هنجاری‌های بارش نیمه جنوبی ایران بررسی کردند و نشان دادند که در زمان فعالیت سامانه‌های کم‌فشار دینامیکی، شرایط مناسبی برای تغذیه رطوبت از روی دریای عرب، دریای سرخ و خلیج فارس فراهم می‌شود. همچنین نشان دادند که برای نواحی غربی اقیانوس هند، همبستگی معنی‌داری مابین بی‌هنجاری‌های بارشی و دمای سطح آب در ماه‌های اکتبر، نوامبر و ژانویه وجود دارد [۱۰]. میدانی و عراقی‌نژاد، تأثیر دمای سطح آب دریای مدیترانه را روی میزان بارش و جریان در جنوب غربی ایران بررسی کردند و نشان دادند که مابین دمای سطح آب دریای مدیترانه در فصل پاییز با میزان بارش زمستانه و نیز میزان متوسط جریان بین ماه‌های فوریه تا می، رابطه وجود دارد. همچنین نتایج بررسی‌های آنها حاکی از این بود که شاخص SST قابلیت بیشتری برای انتخاب شدن به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده مناسب نسبت به سایر شاخص‌های آب‌وهوایی شناخته شده دارد [۱۱].

روش‌های متداولی که برای بررسی تأثیر داده‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی بر روی پارامترهای هیدرولوژیکی ارائه می‌شوند بر پایه روش‌های آماری کلاسیک مانند رگرسیون خطی و غیرخطی، تحلیل همبستگی متعارف و

به‌وجود آوردن پدیده‌های النینو و لانینا، تغییراتی را در اقلیم، مخصوصاً توزیع زمانی و مکانی بارش به‌وجود آورده است [۲].

تشخیص همبستگی بین دمای سطح آب دریا و بارش، نقش مؤثری در پیش‌بینی خشکسالی و ترسالی مناطقی که تحت تأثیر نوسان‌های دما قرار می‌گیرند، خواهد داشت. نیکولس^۳ نشان داد که تغییرات SST در قسمت‌های خاصی از گستره اقیانوس هند و دریای عرب می‌تواند به‌عنوان یک عامل مستقل، بخش قابل ملاحظه‌ای از واریانس بارندگی زمستانه در ایالت‌های مختلفی از استرالیا را توجیه نماید [۳]. ملینا^۴ و همکاران، بارش ناگهانی ساحل شرق اسپانیا را با توجه به نقش دمای سطح آب دریای مدیترانه بررسی کردند. نتایج حاکی از نقش مهم دمای سطح دریا به‌عنوان منبع رطوبتی در چرخندزایی مدیترانه‌ای بود [۴]. راول^۵ تأثیر دمای سطح آب دریای مدیترانه روی بارش‌های فصلی کشورهای واقع بر روی خط استوا در غرب آفریقا را بررسی کرد و نتیجه گرفت با افزایش دمای سطح دریای مدیترانه، منطقه ساحل مرطوب‌تر می‌شود و بالعکس [۵]. ناظم‌السادات و قاسمی، تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر را بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران بررسی کردند و نشان دادند که وقوع شرایط گرم در دمای سطح آب دریای خزر عموماً موجب کاهش ۲۰ درصدی در بارش فصل زمستان مناطق مذکور می‌شود [۶]. جهانبخش اصل و همکاران، میزان تأثیر فصلی دمای سطح آب دریای مدیترانه بر بارش‌های فصلی پایکوه‌های شرقی زاگرس و چاله‌های مرکزی ایران را بررسی کردند که نتایج حاکی از همبستگی منفی بین SST دریای مدیترانه و بارش در فصل زمستان و همبستگی مثبت بین SST دریای مدیترانه و بارش در فصل پاییز بود [۷]. رضایی‌بنفشه و همکاران، رابطه بین بارش پاییزه و زمستانه

^۳- Nicholls

^۴- Millana

^۵- Rowell

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان شرقی از استان‌های مهم و پرجمعیت ایران است که در گوشه شمال غرب کشور واقع گردیده است و از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۴۵ درجه و ۷ دقیقه الی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه الی ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این استان با مساحتی برابر ۴۵۴۹۱ کیلومتر مربع (حدود ۲/۸۱ درصد مساحت کل کشور)، از لحاظ وسعت در بین استان‌های کشور در رتبه دهم قرار دارد. مطابق شکل ۱، این استان در جنوب خود با استان زنجان هم‌جوار است و از ناحیه غربی و جنوب غربی با آذربایجان غربی همسایه می‌باشد که بخش عمده‌ای از مرز مشترک آنها را دریاچه ارومیه تشکیل داده است.

آب‌وهوای آذربایجان شرقی به‌طور کلی سرد و خشک است ولی به‌علت توپوگرافیکی از اقلیم‌های متفاوتی برخوردار است. این استان همواره تحت تأثیر بادهای سرد شمالی و سیبری و بادهای مرطوب دریای سیاه و مدیترانه و اقیانوس اطلس قرار گرفته است. همچنین بادهای محلی نیز تحت تأثیر شرایط طبیعی استان از سوی کوهستان‌های بلند و دریاچه ارومیه و خزر به‌سوی دشت‌ها و جلگه‌ها می‌وزند. آذربایجان شرقی یک منطقه سردسیر و کوهستانی است و از لحاظ تقسیم‌بندی اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک به حساب می‌آید.

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک تبریز و نیز داده‌های متوسط ماهانه SST گستره‌های آبی دریا‌های سیاه، سرخ و مدیترانه استفاده شده است. مبنای انتخاب ایستگاه تبریز برای اخذ داده‌های بارش، داشتن آمار طولانی و بلندمدت نسبت به سایر ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی بود که داده‌های بارش این ایستگاه برای سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰، از

غیره می‌باشند. در سال‌های اخیر، در حوزه‌های مختلف، تکنیک‌هایی تحت عنوان داده‌کاوی^۶ ارائه شده‌اند که در آنها روندها و الگوهای نهفته در میان انبوهی از داده‌ها کشف می‌شود و با دانستن این الگوها، برنامه‌ریزی برای مدیریت یک سامانه بهتر انجام خواهد گرفت. تادس^۷ و همکاران، از روش داده‌کاوی برای کشف الگوهای خشکسالی در ایالت نبراسکا براساس چندین پارامتر اتمسفری و اقیانوسی، استفاده کردند [۱۲]. رحیمی خوب، با استفاده از قوانین انجمنی^۸ که یکی از تکنیک‌های داده‌کاوی می‌باشد، ارتباط بین دمای سطح گستره‌های آبی خلیج فارس و دریای سرخ، با حداکثر بارش ماهانه ایستگاه ایلام را بررسی کرد و نشان داد حداکثر بارش ماهانه با زمان تأخیر یک ماه با استفاده از SST، دو گستره آبی فوق قابل پیش‌بینی است [۱۳]. نیکزاد و همکاران، از روش داده‌کاوی قوانین انجمنی برای آشکارسازی وابستگی‌های بین پارامترهای اقیانوسی-جوی و اقلیمی برای پیش‌خشکسالی استان خوزستان استفاده کردند و نشان دادند که وقایع خشکسالی بیشتر با وضعیت نرمال شاخص‌ها همراه می‌باشد [۱۴].

با توجه به موارد اشاره شده بالا می‌توان استنتاج کرد که تغییرات SST می‌تواند بر الگوی بارش در مناطق خشکی دور تأثیرگذار باشد و لذا یافتن رابطه بین این پارامترها کمک زیادی به پیش‌بینی بارندگی در مناطق مختلف تحت تأثیر نوسانات SST می‌کند. از این‌رو، هدف از این مقاله بررسی وابستگی بین بیشینه بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک تبریز و دمای سطح دریا‌های مدیترانه، سیاه و سرخ با در نظر گرفتن تأخیرهای چند ماهه با استفاده از قوانین انجمنی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

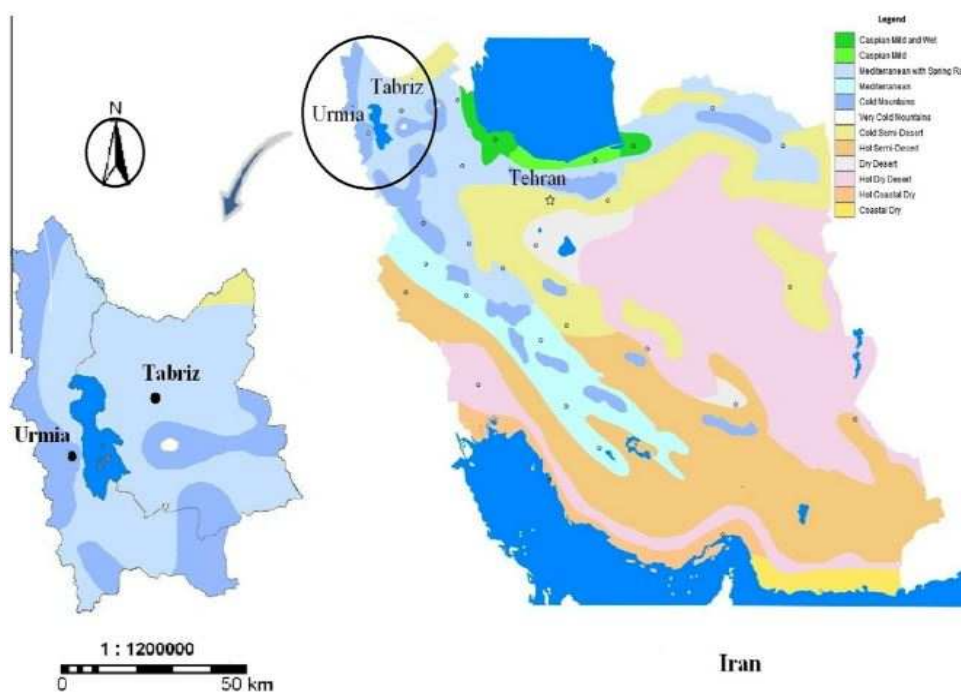
^۶- Data Mining

^۷- Tadesse

^۸- Association Rules

برای انجام این مطالعه، علاوه بر داده‌های بارش، داده‌های دمای سطح آب دریا‌های سیاه، مدیترانه و سرخ نیز ضروری بود و از این‌رو داده‌های مربوط به دمای سطح آب پهنه‌های آبی فوق برای دوره ۶۰ ساله ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ از پایگاه اینترنتی NOAA دریافت گردید. در این پژوهش، دمای سطح آب پهنه‌های آبی فوق به‌عنوان مرجعی جهت بررسی بارش منطقه مورد استفاده قرار گرفت.

سایت سازمان هواشناسی تهیه گردید. در این دوره حداکثر و حداقل بارش سالانه مربوط به سال‌های ۱۹۶۳ و ۱۹۹۰ می‌باشد که به ترتیب برابر ۵۴۷/۵ و ۱۴۸ میلی‌متر بودند. میانگین سالانه بارندگی ایستگاه تبریز در این دوره ۶۰ ساله، ۲۸۲ میلی‌متر گزارش شده است. با توجه به آمار ماهانه بارندگی ۶۰ ساله و بدون آمار مفقوده، در کل، از ۷۲۰ رکورد داده، استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان شرقی و شهر تبریز.

امروزی چالش‌های جدیدی در تحلیل داده‌ها به‌وجود آورده‌اند. روش‌های سنتی به دو دلیل، امروزه کارایی خود را از دست داده‌اند. علت اول، افزایش تعداد مشاهدات است و علت دوم که از اهمیت بالایی برخوردار است، افزایش تعداد متغیرهای مربوط به یک مشاهده می‌باشد.

هدف اصلی از داده‌کاوی، کشف دانش^۹ در محیط مورد بررسی است. این دانش می‌تواند شکل‌های گوناگونی داشته باشد. دانش استخراج شده می‌تواند به فرم الگوهای موجود در داده‌ها باشد که کشف این الگوها منجر به شناخت بهتر سیستم نیز می‌شود. تکنیک‌های متنوعی در

۳-۲- روش تحلیل داده‌ها

پیشرفت‌های به‌وجود آمده در جمع‌آوری داده‌ها و قابلیت‌های ذخیره‌سازی در طی دهه‌های اخیر باعث شده در بسیاری از علوم با حجم بزرگی از اطلاعات روبرو شویم. داده‌کاوی، کوششی برای به‌دست آوردن اطلاعات مفید از میان این داده‌ها است و رشد بی‌رویه داده‌ها در سطح جهان اهمیت داده‌کاوی را دو چندان کرده است [۱۵].

محققان در زمینه‌های مختلف مانند مهندسی، اقتصاد، ستاره‌شناسی، زیست‌شناسی و غیره هر روز با مشاهدات بیشتر و بیشتری روبرو می‌شوند. در مقایسه با بسترهای داده‌ای قدیمی و کوچک‌تر، بسترهای داده‌ای

^۹- Knowledge Discovery

$$Support(X \rightarrow Y) = P(X \cup Y) \quad (1)$$

$$Confidence(X \rightarrow Y) = P(X/Y) \quad (2)$$

$$= P(X \cup Y) / P(X)$$

اجرای مدل قانون انجمنی در پنج مرحله انجام می‌شود. نخست، برای هر سری از داده‌ها و براساس دامنه و انحراف معیار آنها که از مشاهدات یک پدیده در طول زمان به دست آمده‌اند، گروه‌بندی تعریف می‌شود. دوم گسسته‌سازی داده‌ها است، به طوری که برای هر مشاهده تعیین می‌شود که در کدام رویداد یا گروه قرار می‌گیرد. سوم، سازمان‌دهی سری زمانی داده‌های گسسته فوق و یا به عبارت دیگر، تشکیل پایگاه داده به منظور پیش‌بینی مقادیر آینده سری پی‌آیند بر مبنای مقادیر گذشته سری‌های پیشین است. برای این منظور، باید اختلاف زمان مورد نظر بین سری‌های پیشین و پی‌آیند از قبل مشخص باشد. چهارم، عملیات جستجو بر روی پایگاه داده برای شمارش رویدادهایی که قانون انجمنی از پیش تعیین شده را ارضا کند، انجام گرفته و شاخص‌های پشتیبان و اعتماد برآورد می‌شوند. در آخر، این شاخص‌ها تحلیل می‌شوند [۱۳].

سرآغاز هرگونه مطالعه‌ای که با سری‌های زمانی سروکار دارد، صحت‌سنجی داده‌های تاریخی است. برای این منظور، محققان مختلف از آزمون‌های صحت‌سنجی متفاوت نظیر آزمون‌های همگنی و بررسی داده‌های پرت استفاده می‌کنند. در این آزمون‌ها روند تغییرات، نرمال و استاندارد بودن داده‌ها و به طور کلی کیفیت و سلامت سری زمانی داده‌های تاریخی مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرند. بدیهی است که در صورت استفاده از داده‌های غلط و نادرست در آغاز تحقیق، نتیجه‌گیری و حاصل نهایی کار، قابل قبول نخواهد بود [۱۶]. در این تحقیق، توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف با استفاده از نرم‌افزار SPSS نرمال بودن داده‌های ماهانه سطح آب گستره‌های آبی فوق بررسی شد که به علت روند در میانگین، داده‌ها

داده‌کاوی وجود دارند که الگوهای مختلفی را تولید می‌کنند. روش‌های کشف قوانین انجمنی، طبقه‌بندی داده‌ها و خوشه‌بندی از عمده‌ترین راهکارهایی محسوب می‌شوند که به تولید الگوهای خاص می‌پردازند. طی سال‌های گذشته، در میان تکنیک‌های داده‌کاوی توجه خاصی به الگوریتم‌های کشف الگوهای مکرر وجود داشته است. همان‌طور که از نام این الگوریتم‌ها مشخص است، به دنبال الگوهایی هستیم که به دفعات در مجموعه داده‌ها دیده می‌شوند. در این میان به الگوریتم‌های کشف مجموعه اقلام مکرر^{۱۰} بیشتر پرداخته شده است که در نهایت به تولید قوانین انجمنی منجر می‌شود. در قوانین انجمنی وابستگی‌های مهم میان اقلام موجود در پایگاه داده تراکنشی، مشخص می‌شوند به نحوی که حضور بعضی اقلام در تراکنش‌ها بر حضور برخی اقلام دیگر در همان تراکنش‌ها دلالت دارد [۱۵].

یک قانون انجمنی که در این بررسی از آن به عنوان روش تحلیل بهره برده شده است، با عبارت $X \rightarrow Y$ بیان می‌شود که در آن X و Y مجموعه اقلام غیرتهی هستند که هیچ‌گونه اشتراکی ندارند ($X \cap Y = \emptyset$). پارامتر X نشانگر رویداد پیشین و پارامتر Y رویداد پی‌آیند می‌باشد. هدف از قانون انجمنی یافتن تعداد فراوانی‌ها در مجموعه سری‌ها یا پایگاه داده است که رویدادهای پیشین و پی‌آیند با هم اتفاق افتند.

مفید بودن هر قانون انجمنی با دو معیار پشتیبان^{۱۱} و اطمینان^{۱۲} اندازه‌گیری می‌شود. مقدار پشتیبان، طبق رابطه ۱ نشان می‌دهد که در چند درصد از تراکنش‌های پایگاه داده‌ها می‌توان مجموعه اقلام X و Y را همراه یکدیگر پیدا کرد و مقدار اطمینان، طبق رابطه ۲، در میان تراکنش‌هایی که مجموعه اقلام X را در خود دارند، به دنبال مجموعه اقلام Y می‌گردد.

^{۱۰}- Frequent Itemsets Mining

^{۱۱}- Support

^{۱۲}- Confidence

ادامه کار مطابق جدول ۱، براساس مقدار میانگین و انحراف معیار داده‌های تفاضلی شده دمای سطح دریاهای مدیترانه، سیاه و سرخ، داده‌ها در پنج گروه دسته‌بندی شدند.

$$D = SST(t+1) - SST(t) \quad (3)$$

جدول ۱- دامنه و گروه‌های دمای تفاضلی شده سطح آب دریاهای مدیترانه، سرخ و سیاه.

گروه ۵	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	
> 2.471	(1.237) - (2.471)	(-1.233) - (1.237)	(-2.467) - (-1.233)	< -2.467	دمای تفاضلی سطح آب دریای مدیترانه
> 1.972	(0.987) - (1.972)	(-0.983) - (0.987)	(-1.968) - (-0.983)	< -1.968	دمای تفاضلی سطح آب دریای سرخ
> 4.027	(2.014) - (4.027)	(-2.012) - (2.014)	(-4.025) - (-2.012)	< -4.025	دمای تفاضلی سطح آب دریای سیاه

۱، شناسایی شدند. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود برای بررسی اثر همزمان یعنی بدون تأخیر، مؤثرترین گروه دمایی برای هر سه پهنه آبی، گروه ۵ بوده و برای زمان تأخیر پنج‌ماهه، مؤثرترین گروه دمایی برای هر سه پهنه آبی، گروه ۱ می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

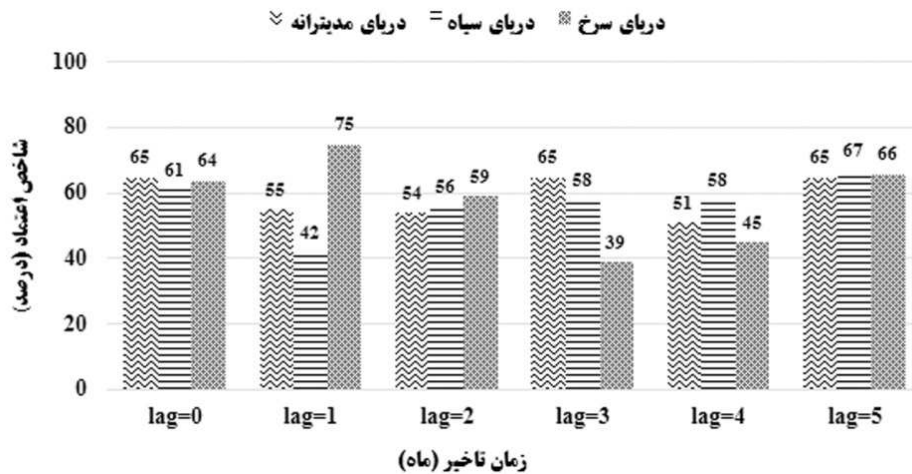
ابتدا برای زمان‌های تأخیر مختلف و برای هر یک از پهنه‌های آبی دریاهای مدیترانه، سیاه و سرخ مؤثرترین گروه دمایی از بین پنج گروه دمایی ارائه شده در جدول

جدول ۲- مؤثرترین گروه دمای تفاضلی شده سطح آب دریاهای مدیترانه، سیاه و سرخ برای زمان‌های تأخیر مختلف

بدون تأخیر	تأخیر یک‌ماهه	تأخیر دو‌ماهه	تأخیر سه‌ماهه	تأخیر چهارماهه	تأخیر پنج‌ماهه	
گروه ۵	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۱	دریای مدیترانه
گروه ۵	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۱	گروه ۱	دریای سیاه
گروه ۵	گروه ۵	گروه ۵	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۱	دریای سرخ

به‌عنوان سناریوی اول، مطابق شکل ۲، تأثیر مستقل دمای سطح آب هریک از پهنه‌های آبی فوق بر روی بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر مختلف، بررسی شد که بالاترین شاخص اعتماد، مربوط به دریای سرخ با در نظر گرفتن تأخیر یک‌ماهه بود.

با توجه به اینکه هدف این بررسی پیش‌بینی بیشینه بارندگی ماهانه ایستگاه تبریز می‌باشد، لذا پارامتر پی‌آیند همان بارش ماهانه خواهد بود. برای تعیین گروه بیشینه بارش ماهانه، ۷۲۰ داده بارندگی ماهانه به ترتیب صعودی مرتب شدند و بارش ماهانه بیشتر از ۲۵ میلی‌متر به‌عنوان گروه حداکثر بارش در نظر گرفته شد.



شکل ۲- نمودار شاخص اعتماد قوانین انجمنی بین دمای تفاضلی سطح آب دریاهاى مدیترانه، سیاه و سرخ به صورت مستقل با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز.

آبی دریاهاى مدیترانه، سیاه و سرخ، با درنظر گرفتن یک ماه تأخیر، مربوط به دریای سرخ می باشد که برابر با ۷۵ درصد می باشد. به عبارتی اگر دمای تفاضلی سطح آب دریای سرخ در گروه دمایی ۵ قرار گیرد، با شاخص اعتماد حدود ۷۵ درصد بعد از یک ماه، بارش چشمگیری در شهر تبریز اتفاق خواهد افتاد.

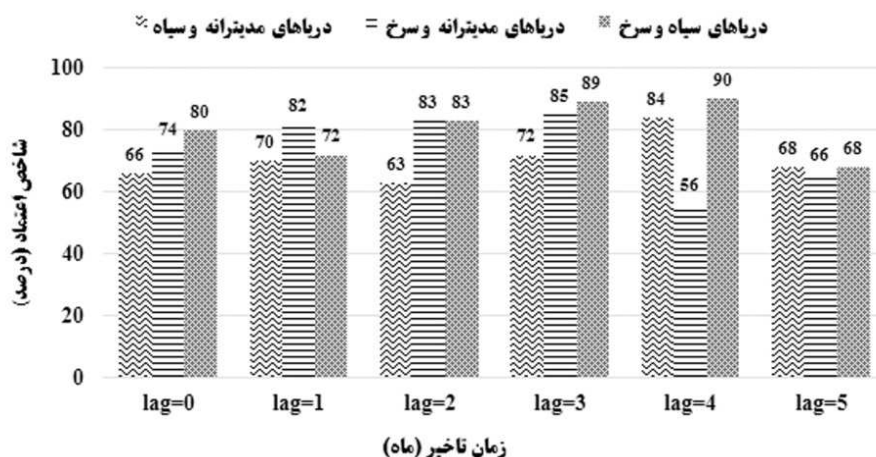
در ادامه کار، به عنوان سناریوی دوم مطابق شکل ۳، برای گروه های دمایی مؤثر، تأثیر توأمان دمای تفاضلی سطح آب پهنه های آبی ذکر شده به صورت دوه دو، با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز با استفاده از قوانین انجمنی بررسی شد که نتایج حاکی از افزایش شاخص اعتماد نسبت به سناریوی اول بود.

مطابق شکل ۳، اگر دمای تفاضلی سطح آب دریاهاى مدیترانه و سیاه به صورت توأمان در گروه دمایی ۵ قرار گیرند با شاخص اعتماد حدود ۶۶ درصد به صورت همزمان و اگر دمای تفاضلی سطح آب دریای مدیترانه در گروه ۴ قرارگیرد و همزمان با آن دمای تفاضلی سطح آب دریای سیاه نیز در گروه ۳ قرار گیرد، با شاخص اعتماد حدود ۷۰ درصد با درنظر گرفتن یک ماه تأخیر، بارش چشمگیری در شهر تبریز رخ خواهد داد. به همین ترتیب، نتایج برای زمان های تأخیر دوماهه، سه ماهه، چهارماهه و پنج ماهه قابل مشاهده می باشد. همان طور که مشاهده می شود، بالاترین میزان شاخص اعتماد بین دماهای

مطابق شکل ۲، بالاترین میزان شاخص اعتماد بین دمای تفاضلی سطح آب دریای مدیترانه با بیشینه بارش ماهانه شهر تبریز مربوط به بررسی اثر همزمان یعنی بدون تأخیر و نیز درنظر گرفتن سه ماه و پنج ماه تأخیر می باشد. به عبارتی، اگر دمای تفاضلی سطح آب دریای مدیترانه در گروه دمایی ۵ قرار گیرد با شاخص اعتماد حدود ۶۵ درصد به صورت همزمان و اگر دمای تفاضلی سطح آب این دریا در گروه ۳ قرار گیرد با شاخص اعتماد حدود ۶۵ درصد با درنظر گرفتن سه ماه تأخیر، بارش چشمگیری در شهر تبریز رخ خواهد داد. در بررسی تأثیر مستقل دمای تفاضلی سطح آب دریای سیاه بر بیشینه بارش شهر تبریز نیز می توان گفت که به عنوان مثال، اگر دمای تفاضلی سطح آب دریای سیاه در گروه دمایی ۵ قرار گیرد با شاخص اعتماد حدود ۶۱ درصد به صورت همزمان بارش قابل ملاحظه ای در شهر تبریز اتفاق خواهد افتاد. به همین ترتیب نتایج برای سایر زمان های تأخیر نیز قابل مشاهده می باشد. همان طور که مشاهده می شود پایین ترین میزان شاخص اعتماد بین دمای تفاضلی سطح آب دریای سیاه با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز، مربوط به درنظر گرفتن یک ماه تأخیر یعنی ۴۲ درصد و بالاترین میزان این شاخص مربوط به درنظر گرفتن پنج ماه تأخیر یعنی ۶۷ درصد می باشد. بالاترین میزان شاخص اعتماد در بررسی مستقل اثر دمایی هر سه پهنه

۵ قرار گیرند با شاخص اعتماد حدود ۷۴ درصد به‌صورت همزمان و اگر دمای تفاضلی سطح آب دریای مدیترانه در گروه ۴ قرار گیرد و همزمان با آن دمای تفاضلی سطح آب دریای سرخ نیز در گروه ۵ قرار گیرد، با شاخص اعتماد حدود ۸۲ درصد با درنظر گرفتن یک ماه تأخیر، بارش چشمگیری در شهر تبریز رخ خواهد داد.

تفاضلی سطح آب دریا‌های مدیترانه و سیاه با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز، مربوط به درنظر گرفتن تأخیر چهارماهه می‌باشد که برابر با ۸۴ درصد است. در بررسی تأثیر توأمان دماهای تفاضلی سطح آب دریا‌های مدیترانه و سرخ بر بیشینه بارش ماهانه شهر تبریز نیز می‌توان گفت که به‌عنوان مثال، اگر دمای تفاضلی سطح آب دریا‌های مدیترانه و سرخ به‌صورت توأمان در گروه دمایی

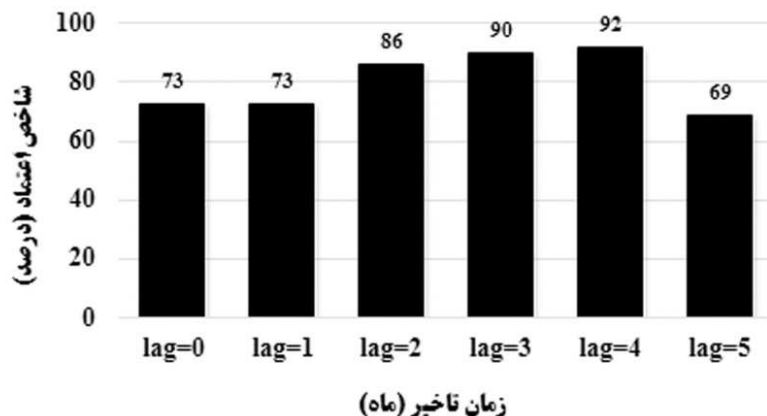


شکل ۳- نمودار شاخص اعتماد قوانین انجمنی بین دمای تفاضلی سطح آب دریا‌های مدیترانه، سیاه و سرخ به‌صورت دوه‌دو، با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز.

تفاضلی سطح آب دریای سیاه در گروه دمایی ۱ قرار گیرد و همزمان با آن دمای تفاضلی سطح آب دریای سرخ در گروه دمایی ۳ قرار گیرد با شاخص اعتماد ۹۰ درصد، بارش قابل ملاحظه‌ای در شهر تبریز رخ خواهد داد. همچنین از مقایسه نمودارهای شکل ۳ این نتیجه نیز حاصل می‌شود که به‌جز برای یک ماه تأخیر، بالاترین شاخص‌های اعتماد برای زمان‌های تأخیر مختلف، مربوط به بررسی اثر توأمان دریا‌های سیاه و سرخ می‌باشد.

به‌عنوان سناریوی سوم، مطابق شکل ۴، تأثیر توأمان دمای تفاضلی سطح آب هر سه پهنه‌ی آبی دریا‌های مدیترانه، سیاه و سرخ با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از افزایش مقدار شاخص اعتماد برای زمان‌های تأخیر بالای دو ماه، نسبت به دو سناریوی قبلی بود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، برخلاف حالت قبل، یعنی بررسی تأثیر توأمان دریا‌های مدیترانه و سیاه بر بیشینه بارش شهر تبریز، در این حالت پایین‌ترین میزان شاخص اعتماد مربوط به درنظر گرفتن چهار ماه تأخیر می‌باشد که برابر با ۵۶ درصد است. از مقایسه نمودارهای شکل ۳ می‌توان نتیجه گرفت که بالاترین میزان شاخص اعتماد در بررسی اثر دمایی پهنه‌های آبی دریا‌های مدیترانه، سیاه و سرخ به‌صورت دوه‌دو، با درنظر گرفتن سه ماه و چهار ماه تأخیر، مربوط به اثر توأمان دریا‌های سیاه و سرخ می‌باشد که به ترتیب برابر با ۸۹ درصد و ۹۰ درصد می‌باشد. به عبارتی، اگر دمای تفاضلی سطح آب دریای سیاه در گروه دمایی ۳ قرار گیرد و همزمان با آن دمای تفاضلی سطح آب دریای سرخ در گروه دمایی ۴ قرار گیرد با شاخص اعتماد حدود ۸۹ درصد بعد از سه ماه و نیز اگر دمای



شکل ۴- نمودار شاخص اعتماد قوانین انجمنی بین دماهای تفاضلی سطح آب دریاها سیاه، مدیترانه و سرخ به صورت توأمان با بیشینه بارش ماهانه ایستگاه تبریز

۱۰۰ درصد به صورت همزمان بارش چشمگیری در شهر تبریز رخ خواهد داد. این رویداد به این دلیل نادر محسوب می‌شود که از تعداد کل داده‌ها یعنی ۷۲۰ رکورد فقط در ۱۲ مورد چنین پدیده‌ای مشاهده شده است. به عبارتی، هرچند که وقوع این رویداد کم و نادر است یعنی دارای شاخص پشتیبان پایینی است، اما شاخص اعتماد بالایی دارد.

مطابق جدول ۳، اگر دمای تفاضلی دریاها سیاه و سرخ هر دو به صورت همزمان در گروه دمایی ۵ قرار گیرند و همزمان با آنها دمای تفاضلی دریای مدیترانه در گروه ۴ قرار گیرد که این پدیده فقط در ۱۲ مورد از ۷۲۰ رکورد مشاهده شده است، با شاخص اعتماد ۹۰ درصد، بعد از یک ماه بارش چشمگیری در ایستگاه تبریز اتفاق خواهد افتاد. همچنین اگر دمای تفاضلی دریاها سیاه، مدیترانه و سرخ به صورت همزمان، به ترتیب در گروه‌های ۲، ۳ و ۴ قرار گیرند که این رخداد نیز فقط در ۱۰ مورد از تعداد کل داده‌ها مشاهده گردیده است، با شاخص اعتماد حدود ۱۰۰ درصد بعد از دو ماه و یا سه ماه، بارش قابل ملاحظه‌ای در شهر تبریز رخ خواهد داد.

مطابق شکل ۴، اگر دمای تفاضلی سطح آب دریاها سیاه و مدیترانه هر دو به صورت همزمان در گروه دمایی ۳ قرار گیرند و همزمان با آنها دمای تفاضلی سطح آب دریای سرخ نیز در گروه دمایی ۴ قرار گیرد، بعد از سه ماه با شاخص اعتماد ۹۰ درصد در شهر تبریز بارش چشمگیری رخ خواهد داد. همچنین اگر دمای تفاضلی سطح آب دریاها سیاه و مدیترانه و سرخ هر دو به صورت همزمان در گروه دمایی ۳ قرار گیرند و همزمان با آنها دمای تفاضلی سطح آب دریای سیاه در گروه دمایی ۱ قرار گیرد، با شاخص اعتماد حدود ۹۲ درصد، بعد از چهار ماه، بارش قابل ملاحظه‌ای در شهر تبریز اتفاق خواهد افتاد. به همین ترتیب، نتایج برای زمان‌های تأخیر مختلف مشاهده می‌گردد.

علاوه بر نتایج ذکر شده در بالا، قوانین انجمنی دیگری نیز مطابق جدول ۳، استخراج شدند که با وجود اینکه شاخص اعتماد بالایی دارند، اما به دلیل پایین بودن شاخص پشتیبان جزو رویدادهای نادر محسوب می‌شوند. به عنوان مثال، اگر دمای تفاضلی دمای سطح آب دریاها سیاه و سرخ هر دو به صورت همزمان در گروه دمایی ۵ قرار گیرند و همزمان با آنها دمای تفاضلی سطح آب دریای مدیترانه در گروه ۴ قرار گیرد، با شاخص اعتماد

جدول ۳- شاخص اعتماد چند نمونه قوانین انجمنی نادر بین دمای تفاضلی سطح دریا‌های سیاه، مدیترانه و سرخ با بیشینه بارش ماهانه تبریز.

شاخص اعتماد	گروه دمایی دریای سرخ	گروه دمایی دریای مدیترانه	گروه دمایی دریای سیاه	
۱۰۰ درصد	گروه ۵	گروه ۴	گروه ۵	بدون تاخیر
۹۰ درصد	گروه ۵	گروه ۴	گروه ۵	تأخیر یک‌ماهه
۱۰۰ درصد	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	تأخیر دو‌ماهه
۱۰۰ درصد	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	تأخیر سه‌ماهه
۸۶ درصد	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۱	تأخیر چهارماهه
۱۰۰ درصد	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	تأخیر پنج‌ماهه

۴- نتیجه‌گیری

تحقیق نشان داده شد که استفاده از دمای تفاضلی سطح آب دریاها می‌تواند نتایج پیش‌بینی‌ها را بهبود بخشد.

شاخص اعتماد محاسبه شده برای حالت‌های مختلف هر سه سناریوی مطرح شده نشان داد که عمدتاً بالاترین شاخص اعتماد مربوط به زمان‌های تأخیر سه ماه و چهار ماه می‌باشد. به همین دلیل، توصیه می‌شود در مطالعات آینده به‌جای بررسی بارش ماهانه، بارش فصلی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود از سایر داده‌های بزرگ مقیاس اقلیمی نیز برای افزایش میزان شاخص اعتماد استفاده شود.

با استفاده از روش داده‌کاوی نشان داده شد که دمای سطح آب هر سه پهنه آبی دریا‌های سیاه، مدیترانه و سرخ بر روی بیشینه بارش ایستگاه تبریز مؤثر هستند، اما این اثرگذاری بسته به مدت زمان تأخیر می‌تواند متفاوت باشد. در این تحقیق نیز همانند مطالعات قبل، نتایج نشان داد استفاده توأمان از دمای سطوح آبی برای پیش‌بینی بارش حداکثر کارایی بهتری دارد تا اینکه به‌صورت مستقل از دمای سطح پهنه‌های آبی برای پیش‌بینی استفاده شود. برخلاف کارهای قبل، در این

مراجع

- [۱]. کلوپانی، م. ر.، مسعودیان، الف. (۱۳۸۷). "اقلیم‌شناسی ایران"، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۸۲.
- [۲]. خورشیددوست، ع. م.، قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۵). "ارزیابی تأثیر انسو بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چندمتغیره انسو"، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، (۵۷)، ۳۸-۲۶.
- [3]. Nicholls, N. (1989). Sea surface temperatures and Australian winter rainfall. *Journal of Climate*, 2(9), 965-973.
- [4]. Millán, M., Estrela, M. J., & Caselles, V. (1995). Torrential precipitations on the Spanish east coast: the role of the Mediterranean sea surface temperature. *Atmospheric Research*, 36(1), 1-16.
- [5]. Rowell, D. P. (2003). The impact of Mediterranean SSTs on the Sahelian rainfall season. *Journal of Climate*, 16(5), 849-862.
- [۶]. ناظم‌السادات، م. ج.، قاسمی، الف. ر. (۱۳۸۳). "تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمال و جنوب غربی ایران"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۴)، ۸-۱۴.
- [۷]. جهانبخش‌اصل، س.، زینالی، ب.، جلالی، ط. (۱۳۹۰). "تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای مدیترانه بر بارش پایکوه‌های شرقی زاگرس و چاله‌های مرکزی ایران"، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، (۳۲)، ۱۶-۲۵، ۴۹.
- [8]. Rezaebanafsheh, M., Jahanbakhsh, S., Bayati, M., & Zeynali, B. (2011). Forecasting autumn and winter precipitation of west of Iran applying Mediterranean SSTs in summer and autumn. *Phys Geogr Res Q*, 74(4), 47-62.

- [۹]. محمدی، ع.، عابدینی، م.، عسگری شیرازی، ح. (۱۳۹۱). "تحلیل هم‌مدیدی اثر دمای سطح آب دریای خزر بر بارش استان مازندران". مجله علوم و فناوری دریا، ۶۱، ۵۲-۴۰.
- [۱۰]. رنجبر، ع.، ایزدی، پ. (۱۳۹۲). "ارتباط بی‌هنجاری‌های دمای سطح آب اقیانوس هند و دریای عرب با بی‌هنجاری‌های بارش نیمه جنوبی ایران"، مجله فیزیک و فضا، ۳۹(۴)، ۱۳۵-۱۵۷.
- [11]. Meidani, E., & Araghinejad, S. (2014). Long-lead streamflow forecasting in the Southwest of Iran by sea surface temperature of the Mediterranean Sea. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(8), 05014005.
- [12]. Tadesse, T., Wilhite, D. A., Harms, S. K., Hayes, M. J., & Goddard, S. (2004). Drought monitoring using data mining techniques: A case study for Nebraska, USA. *Natural Hazards*, 33(1), 137-159.
- [۱۳]. رحیمی‌خوب، ع. (۱۳۸۹). "پیش‌بینی حداکثر بارندگی ماهانه ایستگاه ایلام از روی دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ با استفاده از روش داده‌کاوی"، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۲(۱)، ۷-۱.
- [۱۴]. نیکزاد، م.، بهبهانی، م. ر.، رحیمی‌خوب، ع. (۱۳۹۲). "اشکارسازی وابستگی‌های بین پارامترهای اقیانوسی-جوی و اقلیمی برای پیش‌خشکسالی با روش داده‌کاوی مطالعه موردی: استان خوزستان"، مجله پژوهش آب ایران، ۷(۱۳)، ۱۷۵-۱۸۳.
- [۱۵]. اسماعیلی، م. (۱۳۹۱). "مفاهیم و تکنیک‌های داده‌کاوی"، انتشارات نیاز دانش، ۳۱۵.
- [۱۶]. قاجارنیا، ن.، لیاقت، ع.، آراسته، پ. (۱۳۹۳). "صحت‌سنجی داده‌های بارندگی ایستگاه‌های غیر ثبات سازمان هواشناسی و تماب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه"، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۴(۱)، ۹۱-۱۰۸.

A. Molaju *

MSc Student, Faculty
of Civil Engineering,
University of Tabriz.

e-mail: amir.molaju3@yahoo.com

V. Nourani

Professor, Faculty of
Civil Engineering,
University of Tabriz.

e-mail: nourani@tabrizu.ac.ir

M. T. Sattari

Assistant Professor,
Faculty of Agriculture,
University of Tabriz.

e-mail: mtsattar@tabrizu.ac.ir

Using the Association Rules to Forecast the Maximum Monthly Precipitation of Tabriz Synoptic Station

Long-term forecasting of maximum monthly precipitation (MMP) is very important for a variety purposes such as flood and runoff forecasting, irrigation scheduling and watershed management. In this study, the application of data mining technique (association rules) is offered to discover affiliation between MMP of Tabriz synoptic station and sea surface temperatures (SST) of the Black, Mediterranean and Red Seas considering the different lags. Data mining is a technology which helps extracting hidden predictive information from large data bases and thus it facilitates that decision makers to make proactive, knowledge-driven decisions. To examine the accuracy of the rules, support and confidence measures were calculated. The results show a relative correlation between the Mediterranean, Black and Red Sea SSTs and MMP of Tabriz synoptic station so that the confidence between the MMP values and the SST of seas is approximately 70 percent. Also the results indicate that the combination of the Mediterranean, Black and Red Sea SSTs to forecast the MMP of Tabriz synoptic station have a better performance.

Keywords: *Maximum monthly Precipitation, Sea surface temperature, Data mining, Association rules, Tabriz synoptic station.*

* Corresponding author