

## پیش‌بینی حداکثر بارندگی ماهانه ایستگاه ایلام از روی دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ با استفاده از روش داده کاوی

علی رحیمی خوب\*

دانشیار گروه آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۷/۲۷)

### چکیده

پیش‌بینی حداکثر بارندگی ماهانه یکی از ابزارهای بهینه برای مدیریت‌های کشاورزی و منابع آب است. تحقیقات گذشته نشان می‌دهد، نوسانات دمای سطح آب دریاها بر بارش سطح خشکی‌های زمین موثر است. در این تحقیق ارتباط بین دمای سطوح گستره‌های آبی خلیج فارس و دریای سرخ با حداکثر بارش ماهانه ایستگاه ایلام و همچنین امکان پیش‌بینی آن با استفاده از روش داده‌کاوی بررسی شد. برای این منظور آمار ۴۵ سال دمای ماهانه سطوح آبی فوق به همراه بارندگی ماهانه ایستگاه ایلام استفاده شدند. شاخص اعتماد بین هر یک از دمای سطوح آب خلیج فارس و دریای سرخ و حداکثر بارش ماهانه بیش از ۶۰ درصد برآورد شد. این رقم بیانگر همبستگی زیاد بین دمای این سطوح و حداکثر بارش ایستگاه ایلام است. نتایج نشان داد، حداکثر بارش ماهانه با اعتماد ۶۶/۸ درصد و با زمان تأخیر یک ماه با استفاده از دمای دو سطح آبی خلیج فارس و دریای سرخ قابل پیش‌بینی است.

**واژه‌های کلیدی:** دمای سطح آب دریا، زمان تأخیر، شاخص اعتماد، بارندگی ماهانه

### مقدمه

(and Ghasemi, 2005) تحقیقات در باره تأثیر دمای سطح دریا

بر بارش مناطق مختلف استرالیا نشان داد، زمانی که دمای سطح دریا در شرق اقیانوس هند و جنوب غربی اقیانوس آرام (قسمت-های جنوبی استرالیا) بطور مستمر کاهش یابد، بارش کم شده و خشکسالیهای وسیع رخ می‌دهد (Streten, 1983 and 1981). بیش از نیمی از واریانس کل بارش استرالیا تحت تأثیر دو الگوی دمای سطح دریا بین منطقه اندونزی و مرکز اقیانوس هند و اقیانوس آرام قرار دارد (Nicholls, 1989). تحقیقی برای یافتن رابطه بین دمای سطح دریا و بارش موسمی تابستان در بنگلادش با استفاده از داده‌های ماهانه ۹۰ سال انجام گرفت و نتایج بیانگر همبستگی مثبت زیاد (۰/۶۴) بین بارش موسمی بنگلادش و SST خلیج بنگلادش و SST خلیج بنگال در ماه جون بود (Salaheddin et al., 2006). تحقیقات پژوهشگران ایرانی در این زمینه نشان می‌دهد، همبستگی منفی و معنی-داری بین SST زمستانه خلیج فارس و بارش زمستانه در استانهای جنوبی و جنوب غرب کشور (فارس، بوشهر، خوزستان و هرمزگان) وجود دارد (Nazemosadat et al., 1995; Nazemosadat and Shirvani, 2007; Nazemosadat, 1998) با توجه به موارد اشاره شده بالا می‌توان استنتاج کرد که تغییرات SST می‌تواند بر الگوی بارش در مناطق خشکی دور تأثیر گذار باشد و لذا یافتن رابطه بین این پارامترها کمک زیادی

کشور ایران به دلیل شرایط اقلیمی حاکم بر آن از بارش کمی برخوردار بوده و بعنوان کشوری با اقلیم خشک و نیمه خشک شناخته شده است. نزدیک به ۹۰ درصد از آبهای موجود در ایران صرف فعالیت‌های کشاورزی شده و به همین دلیل وقوع شرایط کم آبی، بیشترین آسیب را متوجه این فعالیت می‌کند. در حال حاضر نگرانی در مورد منابع آب، آنرا به یکی از مهمترین چالش‌ها برای اکثر پژوهشگران و مدیران کشور تبدیل کرده است. بخش بزرگی از کشور در دوره زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰، خشکسالی استثنایی را به مدت بیش از دو سال تجربه کردند. بنابراین در چنین شرایطی، پیش‌بینی بارندگی برای تصمیم-گیری‌های مدیریتی و استفاده بهینه از آب ضروری است.

تحقیقات انجام یافته در دهه اخیر در زمینه برهم کنش جو و سطوح گستره‌های آبی و خشکی نشان می‌دهد، تغییرات دمای سطح آب در گستره‌های آبی بزرگ (Sea surface temperature, SST) می‌تواند تأثیر معنی داری بر نوسانهای بارش در سطح خشکیهای زمین داشته باشد و روشن شده که تأثیر دمای سطح آب بر مقدار بارش، محدود به نقاط ساحلی نیست و نواحی بسیار دور از دریا می‌تواند تحت تأثیر تغییرات الگوهای دمای سطح گستره‌های آبی قرار گیرد (Nazemosadat

به پیش‌بینی بارندگی در مناطق تحت تأثیر نوسانات SST می‌کند.

روش‌هایی که تاکنون برای بررسی رابطه SST و بارش استفاده شده، روش‌های آماری کلاسیک نظیر تحلیل همبستگی متعارف، تحلیل خطی گسسته، رگرسیون خطی و غیر خطی است. امروزه در حوزه‌های مختلف برای تحلیل داده‌ها از روش جدیدی بنام داده‌کاوی استفاده می‌شود و در سالهای اخیر گسترش زیادی داشته است. بر خلاف آمار کلاسیک که بدنبال یافتن همبستگی بین داده‌هاست، این روش روندها و الگوهای نهفته در میان داده‌ها را جستجو کرده و به عبارتی الگوها و یا روند خاصی که بین متغیرها وجود دارد و باعث یک رخداد و یا واقعه می‌شود، کشف می‌شود و با دانستن این الگوها، برنامه‌ریزی برای مدیریت یک سامانه بهتر انجام خواهد گرفت. در دهه‌های گذشته، داده‌کاوی در مسایل مربوط به بازاریابی، بانکداری، بیمه، سهام، پزشکی و غیره استفاده می‌شد ولی امروزه در حوزه‌های مختلف دانش کاربرد وسیعی پیدا کرده به گونه‌ای که مرز و محدودیتی برای کاربرد این دانش وجود ندارد. به تازگی روش داده‌کاوی برای یافتن الگوهای خشکسالی در آمریکا بر اساس چند شاخص دمای سطح آب اقیانوسی و جوی بررسی شد و نتایج مثبتی کسب کردند (Tadesse et al., 2004).

استان ایلام به لحاظ کشاورزی و منابع طبیعی، جایگاه مهمی در توسعه کشور داشته و کشف الگوهای بین دمای سطح آب دریاها مرتبط با بارش این استان، مهم به نظر می‌رسد. بارندگی این استان بیشتر تحت تأثیر توده‌های کم فشار سودانی است که با عبور از دریای سرخ و خلیج فارس رطوبت کسب کرده و با برخورد با کوه‌های زاگرس باعث بارش فراوان می‌شود. لذا دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ می‌تواند تأثیر مهمی بر میزان بارش در استان ایلام داشته باشد. با وجودی که دریای سرخ در مسیر توده‌های کم فشار سودانی است و بخشی از رطوبت آن را تأمین می‌کند، تاکنون اثر دمای سطح این دریا بر بارش مناطق جنوب ایران بررسی نشده است.

هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان پیش‌بینی بارندگی‌های حداکثر ماهانه ایستگاه ایلام با استفاده از دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ است. پیش‌بینی وقوع حداکثر بارندگی ماهانه برای مدیریت منابع آب و خاک و مقابله با خطرات احتمالی سیل مهم است. برای رسیدن به این هدف دو سؤال زیر پاسخ داده شد:

۱- آیا اطلاعات گذشته دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ امکان پیش‌بینی بارندگی حداکثر ماهانه ایستگاه ایلام را فراهم می‌کنند؟

۲- در صورت مثبت بودن پرسش بالا، دمای سطح آب کدامیک از دریاها خلیج فارس و سرخ تأثیر بیشتری در دقت پیش‌بینی دارد؟

در این پژوهش، روش داده‌کاوی بعنوان مدل پیش‌بینی کننده استفاده شد و مدت زمان‌های یک و دو ماه برای پیش‌بینی بارندگی آبی بررسی شدند.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه و داده‌های بارش

استان ایلام با وسعت ۱۹۰۸۶ کیلومتر مربع در جنوب غرب کشور و در غرب دامنه سلسله جبال زاگرس قرار دارد. این استان از جنوب با خوزستان، از شرق با لرستان، از شمال با کرمانشاه و از سمت غرب با کشور عراق همجوار است. اقلیم استان ایلام در تابستانها تحت تأثیر پر فشار جنب حاره ای است که شرایط حرارتی به نسبت پایداری را در این منطقه برقرار می‌کند. در زمستان توده‌های غربی و کم فشارهای سودانی باعث بارش‌های رگباری و شدید در این استان می‌شود. به دلیل ماهیت دامنه‌ای استان که جزو کوهپایه‌های غربی زاگرس است، توده‌های ورودی از سمت غرب و جنوب غرب نقش مهمی در جذب رطوبت دارند. از طرف دیگر همین دامنه‌ها در تابستان تحت تأثیر صافی هوا و ساعات آفتابی زیاد با دریافت عمودی پرتوهای خورشیدی و صاف بودن هوا در تابستان، شرایط گرم و خشکی را پدید می‌آورد.

ایستگاه هواشناسی ایلام با ۴۵ سال آمار هواشناسی، طولانی‌ترین دوره آماری را در استان ایلام داشته و به همین دلیل آمار بارندگی ماهانه آن از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ برای تجزیه و تحلیل در این تحقیق استفاده شد. در این دوره حداکثر و حداقل بارش سالانه در سال‌های متوالی ۱۹۹۵ و ۱۹۹۴ رخ داد که به ترتیب برابر ۹۹۶ و ۳۵۰ میلی‌متر بودند. میانگین سالانه بارندگی ایستگاه ایلام در دوره ۴۵ ساله فوق ۶۳۱ میلی‌متر است. بیشترین مقدار بارندگی در ماه‌های ژانویه تا آوریل پیش می‌آید که در این میان ماه‌های ژانویه و فوریه با متوسط بارندگی ۱۱۵ میلی‌متر پرباران‌ترین ماه‌های سال‌اند. با توجه به آمار ماهانه بارندگی ۴۵ ساله فوق و بدون آمار گمشده، در کل ۵۴۰ داده استفاده شد.

### داده‌های دمای سطح آب (SST)

داده‌های متوسط ماهانه SST گستره‌های آبی خلیج فارس و دریای سرخ برای دوره ۴۵ ساله ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ از پایگاه اینترنتی سازمان مدیریت اقیانوسی و اتمسفری ایالات متحده آمریکا (<http://podaac.jpl.nasa.gov/sst>) استخراج گردید. این

سری‌های پیشین (Antecedent) که می‌تواند شامل یک یا چند سری باشد و مجموعه دوم، شامل سری پی‌آیند (Consequent) است. هنگامی که مجموعه نخست شامل یک سری باشد، قانون انجمنی بصورت  $X \rightarrow Z$  و اگر شامل دو سری باشد بصورت  $XY \rightarrow Z$  نوشته می‌شود. پارامترهای  $X$  و  $Y$  نشانگر رویدادهای پیشین و پارامتر  $Z$  رویداد پی‌آیند هستند. هدف از قانون انجمنی یافتن تعداد فراوانی‌ها در مجموعه سری‌ها یا پایگاه داده است که رویدادهای پیشین و پی‌آیند با هم اتفاق افتند. شاخص‌های پشتیبان (Support) و اعتماد (Confidence) برای نشان دادن درجه نیکویی قانون انجمنی استفاده می‌شوند. شاخص پشتیبان هر رویداد مثل  $X$  که با پارامتر  $S(X)$  نشان می‌دهند، عبارت از نسبت تعداد وقوع آن رویداد تقسیم بر کل مجموعه رویدادها در پایگاه داده است. همین طور شاخص پشتیبان دو رویداد توامان  $X$  و  $Y$  با پارامتر  $S(XY)$  نشان گذاری شده که برابر نسبت تعداد با هم بودن این دو رویداد تقسیم بر کل مجموعه رویدادهاست. بدیهی است هر چقدر شاخص پشتیبان رویدادی نزدیک به یک باشد، احتمال وقوع آن رویداد بیشتر است. شاخص اعتماد برای قانون انجمنی  $X \rightarrow Z$  و  $XY \rightarrow Z$  بترتیب زیر تعریف می‌شوند:

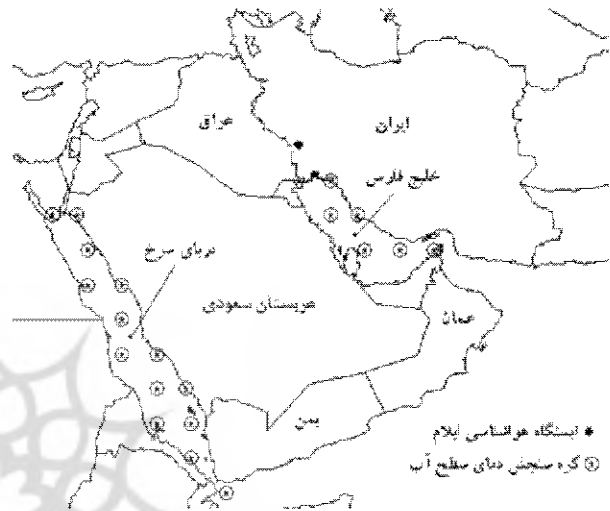
$$C(X \rightarrow Z) = \frac{S(XZ)}{S(X)} \quad (1)$$

$$C(XY \rightarrow Z) = \frac{S(XYZ)}{S(XY)} \quad (2)$$

در واقع شاخص اعتماد قوانین انجمنی فوق، احتمال شرطی وقوع پدیده‌ای را سنجش می‌کند برای مثال، اگر  $X$  در ۱۶ درصد مواقع روی دهد و در پی آن رویداد  $Z$  در ۱۰ درصد مواقع با هم اتفاق افتند، در این صورت شاخص اعتماد قانون انجمنی  $X \rightarrow Z$  برابر ۱۰ تقسیم بر ۱۶ (۰/۶۲۵) است و یا به عبارتی احتمال اینکه دو رویداد  $X$  و  $Z$  با هم باشند ۶۲/۵ درصد است. به همین ترتیب شاخص اعتماد قانون انجمنی  $XY \rightarrow Z$  میزان احتمال اینکه رویداد  $Z$  در پی دو رویداد  $X$  و  $Y$  اتفاق افتد را سنجش می‌کند. شاخص اعتماد قانون بیش از ۵۰ درصد معرف آن است که باید به آن قانون توجه خاص در برنامه‌ریزی‌ها داشت (Tadesse et al. 2004).

اجرای مدل قانون انجمنی در پنج مرحله انجام می‌شود. نخست، برای هر سری از داده‌ها و بر اساس دامنه و انحراف معیار آنها که از مشاهدات یک پدیده در طول زمان بدست آمده‌اند، گروه‌بندی تعریف می‌شود. دوم گسسته سازی داده‌ها است، بطوری که برای هر مشاهده تعیین می‌شود که در کدام رویداد یا گروه قرار دارد. سوم، سازمان دهی سری زمانی داده‌های گسسته فوق و یا به عبارتی دیگر تشکیل پایگاه داده به منظور پیش‌بینی مقادیر آینده سری پی‌آیند بر مبنای مقادیر گذشته سری‌های

پایگاه اطلاعات SST اقیانوس‌ها و دریاها را در شبکه‌ای از نقاط (گره) ارائه می‌دهد و فواصل جغرافیایی این نقاط در جهت عرضی و طولی ۲ درجه است. مطابق این شبکه بندی، خلیج فارس و دریای سرخ بترتیب دارای ۶ و ۱۴ گره‌اند. در این پژوهش، متوسط SST گره‌های واقع در هر گستره آبی بعنوان متوسط SST سطح کل آن گستره در نظر گرفته شد و بعنوان داده‌های پیشگو کننده استفاده شدند. شکل (۱) موقعیت گره‌های فوق و ایستگاه ایلام را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت گره‌های سنجش دمای سطح آب و ایستگاه هواشناسی ایلام

### داده‌کاوی

داده‌کاوی یکی از پیشرفت‌های اخیر در زمینه فن آوری داده‌ها است که قابلیت زیادی برای کشف اطلاعات مهم از پایگاه داده را دارد. این فن جزئی از تکنولوژی کشف دانش (knowledge discovery) شناخته شده که شامل مجموعه‌ای از فنون است که روابط، الگوها و دانش پنهان شده در درون انبوهی از داده‌ها را استخراج می‌کند. همچنین در بعضی موارد، داده‌کاوی را مترادف با تحلیل آماری پیشرفته برای کشف الگوهای مفید قلمداد می‌کنند (Tadesse et al. 2004). داده‌کاوی از نظر روش یافتن الگوها به دو نوع هدایت شده (Directed) و غیر هدایت شده (Undirected) تقسیم می‌شود. داده‌کاوی هدایت شده، دارای هدفی خاص و از پیش تعیین شده و به دنبال الگویی خاص است در حالیکه هدف داده‌کاوی غیر هدایت شده، یافتن الگوها یا تشابهات بین گروه‌هایی از اطلاعات بدون داشتن هدفی خاص و یا مجموعه‌هایی از دسته‌ها و الگوهای از پیش تعیین شده است. در این بررسی از قانون انجمنی (Association rules) که از نوع داده‌کاوی هدایت شده است، استفاده شد. در این روش، سری رویدادها جمع‌آوری شده و در دو مجموعه مقابل یکدیگر قرار داده می‌شوند. مجموعه نخست، شامل

این گروه‌ها و محدوده دامنه آنها در جدول (۱) ملاحظه می‌شود. گروه ۱ شامل مقادیر با فاصله بیش از ۱/۵- برابر SD از میانگین، گروه ۲ بین ۱/۵- تا ۱- برابر SD، گروه ۳ بین ۱- تا ۰/۵- برابر SD، گروه ۴ بین ۰/۵- تا ۰/۵ برابر SD، گروه ۵ بین ۰/۵ تا ۱ برابر SD، گروه ۶ بین ۱ تا ۱/۵ برابر SD و گروه ۷ ارقام بیشتر از ۱/۵ برابر SD قرار دارند. هفت گروه دمای سطح آب خلیج فارس با نمادهای  $X_1$  تا  $X_7$  و هفت گروه دمای سطح آب دریای سرخ با نمادهای  $Y_1$  تا  $Y_7$  مشخص شدند. بر اساس این گروه‌بندی، داده‌های گروه ۴ که در محدوده  $\pm 0/5$  انحراف معیار از میانگین‌اند بیشترین فراوانی را در توزیع داشته و داده‌های گروه‌های ۱ و ۷ که در محدوده بیش از  $\pm 1/5$  انحراف معیار از میانگین‌اند، کمترین فراوانی و یا به عبارتی کمترین احتمال وقوع را دارند.

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 انجمن از پیش تعیین شده را ارضا کند، انجام گرفته و شاخص‌های پشتیبان و اعتماد برآورد می‌شوند. در آخر، این شاخص‌ها تحلیل می‌شوند.

در این تحقیق، نرمال بودن داده‌های ماهانه دمای سطح آب دریا‌های خلیج فارس و سرخ با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و نرم افزار SPSS بررسی شد و در سطح معنی داری ۵ درصد، این داده‌ها توزیع نرمال داشتند. خاصیت این توزیع این است که هر چه انحراف داده‌ها از میانگین بیشتر باشد، احتمال وقوع و یا فراوانی آن‌ها کمتر می‌شود. لذا داده‌های بالا بر اساس میانگین و انحراف معیار آنها از میانگین (SD) به هفت گروه تقسیم شدند. چگونگی توصیف

جدول ۱- دامنه و گروه‌های دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ

گروه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
دمای سطح آب خلیج فارس (°C)	$< 20/0$	$22/2 - 20/0$	$24/4 - 22/2$	$28/8 - 24/4$	$30/9 - 28/8$	$33/1 - 30/9$	$> 33/1$
دمای سطح آب دریای سرخ (°C)	$< 24/7$	$25/7 - 24/7$	$26/7 - 25/7$	$28/8 - 26/7$	$29/8 - 28/8$	$30/9 - 29/8$	$> 30/9$

قوانین انجمنی  $X \rightarrow Z$  و  $Y \rightarrow Z$  بدست آمد، که در آن  $X$  دمای ماهانه سطح خلیج فارس،  $Y$  دمای ماهانه سطح دریای سرخ و  $Z$  حداکثر بارش ماهانه ایستگاه ایلام‌اند. شکل (۲) نشان می‌دهد که دمای سطح آبی گستره‌های فوق با حداکثر بارش ایستگاه ایلام همبستگی منفی ارتباط دارند. بصورتیکه با کم شدن دمای سطح آب (کاهش گروه دمای سطح آب) حداکثر بارش با شاخص اعتماد بیشتری برآورد شده است. بیشترین شاخص اعتماد در گروه‌های یک و دو دمای سطح آب برای هر دو گستره‌های آبی بدست آمده است. همان‌طور که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود، هر دو گستره‌های آبی خلیج فارس و دریای سرخ با زمان تأخیر دو ماه (Lag=2) ارتباط کمی با حداکثر بارش ایستگاه ایلام برقرار می‌کنند. بصورتی که حداکثر شاخص اعتماد حدود ۳۲ درصد برآورد شده که درجه اعتماد کمی برای برنامه‌ریزی دارد. ولی شاخص اعتماد با زمان‌های تأخیر صفر و یک ماه و برای گروه‌های یک و دو دمای سطح آب، بیش از ۵۰ درصد برآورد شده و نشان از ارتباط پارامترهای فوق با هم دیگر دارد. نکته مهمی که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود این است که، حداکثر بارش با زمان تأخیر یک ماه (Lag=1) با اعتماد بیشتری از روی دمای سطح آب خلیج فارس که نزدیکتر به منطقه مورد مطالعه است، قابل پیش‌بینی خواهد بود. ولی ارتباط هم زمانی دریای سرخ با حداکثر بارش بیشتر از دریای خلیج فارس است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در حالت زمان تأخیر

با توجه به اینکه هدف این بررسی پیش‌بینی حداکثر بارندگی ماهانه ایستگاه ایلام است، لذا پارامتر بارش که متغیر پی‌آیند است، شامل فقط یک گروه است و با نماد  $Z$  مشخص شد. برای تعیین گروه حداکثر بارش ماهانه، ۵۴۰ داده بارندگی ماهانه به ترتیب صعودی مرتب شدند و یک چهارم بیشترین آنها که بین ۱۴۰/۶ تا ۴۳۱/۳ ملیمتر در ماه بود بعنوان گروه حداکثر بارش در نظر گرفته شد.

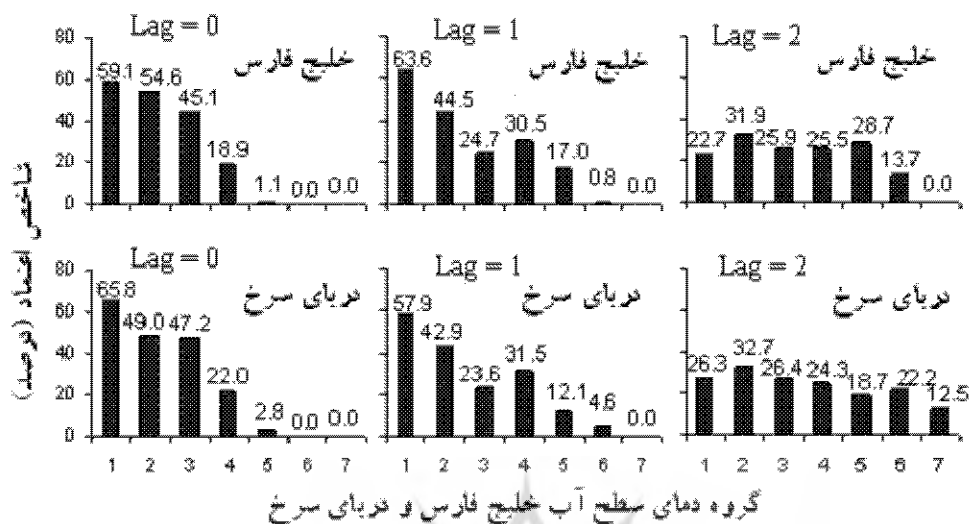
در این بررسی ۳ پایگاه داده برای تعیین اثر هم‌زمان و با تأخیر دمای سطوح آبی بر حداکثر بارش ساخته شدند. پایگاه اول، سری زمانی دمای سطوح آبی خلیج فارس و دریای سرخ با بارش ماهانه هم‌زمان هستند (Lag=0). در این سری، امکان پیش‌بینی حداکثر بارش با استفاده از این پایگاه وجود ندارد و فقط ارتباط دمای سطح آب دریا‌های فوق و بارش مشخص می‌شود. پایگاه دوم و سوم، سری زمانی حداکثر بارش ماهانه با دمای سطوح آبی فوق بترتیب یک و دو ماه تأخیر (Lag=1) و (Lag=2) دارد. این دو پایگاه برای پیش‌بینی یک و دو ماه قبل از وقوع حداکثر بارش کاربرد دارد.

### نتایج و بحث

نتایج تأثیر مستقل دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ بر روی حداکثر بارندگی ایستگاه ایلام با زمان‌های تأخیر صفر، یک و دو ماه در شکل (۲) ملاحظه می‌شود. این نتایج بر اساس

بارش حداکثر با شاخص اعتماد بالای ۵۰ درصد زمانی اتفاق می‌افتد که دمای سطوح آبی در گروه‌های یک و دو قرار گیرد، یعنی دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ بترتیب کمتر از ۲۲/۲ و ۲۵/۷ درجه سانتیگراد باشد.

صفر، شاخص اعتماد برای دریای سرخ و گروه یک دمای سطح آب برابر ۶۵/۸ درصد ولی برای دریای خلیج فارس برابر ۵۹/۱ درصد برآورد شده‌اند. دمای بالای سطح آب گستره‌های فوق (گروه‌های دمای ۴ تا ۷) ارتباط کمی بر بارش حداکثر دارد و



شکل ۲- نمودار شاخص اعتماد قوانین انجمنی بین دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ با حداکثر بارندگی ایستگاه ایلام با زمان‌های تأخیر صفر، یک و دو ماه

یک بودند، بارش حداکثر با دفعات ۱۳ بار با زمان تأخیر صفر پیش آمده است. لذا در جدول (۲) ملاحظه می‌شود که شاخص اعتماد قانون انجمنی که دمای سطوح آبی خلیج فارس و دریای سرخ در گروه یک باشند و باعث رویداد حداکثر بارش در ایستگاه ایلام شوند، ۶۸/۴۲ درصد برآورد شده است. به عبارتی وقتی دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ بترتیب کمتر از ۲۰ و ۲۴/۷ درجه سانتیگراد شد، با احتمال حدود ۶۸ درصد بارش سنگین در منطقه اتفاق خواهد افتاد.

بیشترین شاخص اعتماد بدست آمده با زمان تأخیر یک ماه مربوط به قانون انجمنی  $X_1Y_2 \rightarrow Z$  است که مقدار آن ۶۶/۷۹ درصد برآورد شده است. تفسیر این قانون این است که وقتی دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ بترتیب در گروه‌های یک و دو قرار گیرند ( $X_1Y_2$ )، در عرض یک ماه در ایستگاه ایلام و با احتمال حدود ۶۷ درصد بارش حداکثر پیش خواهد آمد. احتمال رویداد توأم دو رویداد  $X_1$  و  $Y_2$  حدود ۰/۵۶ درصد و احتمال رویداد آنها با حداکثر بارش ایستگاه ایلام ۰/۳۷ درصد برآورد شده است.

مقایسه نتایج شکل (۲) و جدول (۲) نشان می‌دهد، برای پیش‌بینی حداکثر بارش بهتر است، از هر دو گستره آبی خلیج فارس و دریای سرخ استفاده شود. زیرا حداکثر شاخص اعتماد قانون  $Z \rightarrow X_1Y_2$  نسبت به وقتی که تنها از دمای خلیج فارس استفاده شود، حدود ۳ درصد افزایش نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول (۲)، مقادیر شاخص اعتماد سه قانون  $Z \rightarrow X_1Y_1$

با توجه به نتایج فوق که نشان از تأثیر کم گروه‌های دمایی سطح آب بیشتر از ۴ بر روی پارامتر حداکثر بارش ماهانه است، لذا تأثیر توأم دمای سطح آب دو پهنه خلیج فارس و دریای سرخ بر وقوع حداکثر بارش برای گروه‌های یک تا سه دمای سطح آب با استفاده از قانون انجمنی  $XY \rightarrow Z$  بررسی شد. نتایج این بررسی در جدول (۲) ملاحظه می‌شود. قانون انجمنی  $X_1Y_1 \rightarrow Z$  با زمان تأخیر صفر بیشترین شاخص اعتماد به مقدار ۶۸/۴۲ درصد را دارد. شاخص پشتیبان گروه یک دمای سطح آب خلیج فارس ( $X_1$ ) و دریای سرخ ( $Y_1$ ) بترتیب ۴/۰۷ و ۷/۰۳ درصد برآورد شده و شاخص پشتیبان این دو رویداد که با هم اتفاق افتد ( $X_1Y_1$ ) برابر ۳/۵۱ درصد است. این ارقام نشان می‌دهد که احتمال وقوع رویداد گروه ۱ دمای سطح آب گستره‌های فوق و همچنین وقوع توأم آنها کم و از رویدادهای نادر هستند. با توجه به تعداد کل داده‌ها (برابر ۵۴۰)، تعداد رویداد گروه یک دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ بترتیب ۲۲ و ۳۸ بار در طول ۵۴۰ ماه اتفاق افتاده و ۱۹ دفعه آن با هم بودند. لذا می‌توان این نتیجه را گرفت که وقتی دمای سطح آب خلیج فارس کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد (گروه یک) باشد با شاخص اعتماد ۸۶ درصد  $(\frac{19}{22} \times 100)$  دمای سطح آب دریای سرخ کمتر از ۲۴/۷ درجه سانتیگراد (گروه یک) خواهد بود. به عبارتی هر چند که وقوع رویداد گروه یک دمای سطوح آبی فوق کم و نادر است ولی وقتی اتفاق بیافتند با احتمال ۸۶ درصد با هم اتفاق می‌افتند. از ۱۹ باری که دمای این سطوح آبی با هم در گروه

پیشین به عنوان عوامل پیشگوکننده در مدل داده کاوی بیشتر شود، امکان وقوع با هم چندین رویداد کمتر می‌شود. از این رو برای معتبر بودن شاخص‌های ارزیابی کننده الگوها، لازم است تعداد داده‌ها زیاد باشند. به همین منظور در این تحقیق با توجه به محدود بودن داده‌های بارش منطقه، فقط دو متغیر پیشین دمای سطوح آبی خلیج فارس و دریای سرخ استفاده شدند، در صورتیکه بارش به غیر از دمای سطوح آبی به پارامترهای دیگری نیز ارتباط دارد. توصیه می‌شود در مطالعات آینده در صورتیکه امکان استفاده از داده‌های بیشتری فراهم باشد، امکان استفاده از سیگنال‌های بزرگ اقلیمی (Large scale climate signals) مانند شاخص نوسانات جنوبی و شاخص نوسانات اطلس شمالی همراه با دمای سطوح آبی خلیج فارس و دریای سرخ برای بررسی امکان افزایش شاخص اعتماد پیش‌بینی بارش مطالعه شود.

### سیاسگزاری

از معاونت پژوهشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران به خاطر کمک در اجرای طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

$X_1Y_2 \rightarrow Z$  و  $X_2Y_1 \rightarrow Z$  برای پیش‌بینی حداکثر بارش با زمان تأخیر یک ماه، بیش از ۵۲ درصد برآورد شده و لذا این قوانین می‌توانند برای پایش بارش حداکثر در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای مورد توجه قرار گیرند.

### نتیجه گیری کلی

با استفاده از روش داده‌کاوی نشان داده شد، هر دو دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ بر روی حداکثر بارش ایستگاه ایلام موثرند. با توجه به مقادیر برآورد شده شاخص اعتماد، اثر هم‌زمان سطح آب دریای سرخ بر روی حداکثر بارش بیشتر از اثر دمای سطح آب خلیج فارس است. ولی با یک ماه تأخیر بین دمای سطح آب سطوح آبی فوق با حداکثر بارش، دمای سطح آب خلیج فارس اثر بیشتری بر بارش دارد. نتایج نشان داد استفاده توأم از دمای سطوح آبی برای پیش‌بینی بارش حداکثر کارایی بهتری دارد تا اینکه از یکی از آنها برای پیش‌بینی استفاده شود. شاخص اعتماد پیش‌بینی بارش حداکثر با زمان تأخیر ۲ ماه، مقادیر قابل قبولی ارائه نداد.

باید به این نکته توجه داشت که هر چه تعداد متغیرهای

جدول ۲- شاخص پشتیبان و اعتماد (بر حسب درصد) چند نمونه قوانین انجمنی بین دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ و حداکثر بارش ایستگاه ایلام برای زمان‌های تأخیر صفر، یک و دو ماهه

(۷) C(X, Y→Z)			(۶) S(X,Y,Z)			(۵) S(X,Y)	(۴) S(Y)	(۳) S(X)	(۲) (Y)	(۱) (X)
Lag =2	Lag =1	Lag=0	Lag =2	Lag =1	Lag=0					
۲۱/۰۵	۶۳/۲۸	۶۸/۴۲	۰/۷۴	۲/۲۲	۲/۴۱	۳/۵۱	۷/۰۳	۴/۰۷	Y <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>
۳۳/۴۶	۶۶/۷۹	۱/۰	۰/۱۹	۰/۳۷	۰/۰	۰/۵۶	۱۸/۱۵	۴/۰۷	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>
-	-	-	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۳/۳۳	۴/۰۷	Y <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>
۳۱/۷۰	۵۲/۷۳	۶۳/۱۶	۱/۱۱	۱/۸۶	۲/۲۲	۳/۵۲	۷/۰۳	۲۲/۰۴	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
-	-	-	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۷/۰۳	۱۵/۱۹	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>
۳۴/۵۴	۴۲/۰۱	۵۰/۵۴	۵/۹۵	۷/۲۴	۸/۷۰	۱۷/۲۲	۱۸/۱۵	۲۲/۰۴	Y <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>
۲۹/۳۴	۲۰/۰۴	۴۳/۰۸	۳/۵۳	۲/۴۱	۵/۱۹	۱۲/۰۴	۱۳/۳۳	۱۵/۱۹	Y <sub>3</sub>	X <sub>3</sub>

(۱): گروه دمای سطح آب خلیج فارس، (۲): گروه دمای سطح آب دریای سرخ، (۳): شاخص پشتیبان دمای سطح آب خلیج فارس، (۴): شاخص پشتیبان دمای سطح آب دریای سرخ (۵): شاخص پشتیبان دمای سطح آب خلیج فارس و دریای سرخ، (۶): شاخص پشتیبان دمای سطح آب خلیج فارس، دریای سرخ و حداکثر بارش ماهانه ایستگاه ایلام و (۷): شاخص اعتماد قانون انجمنی دمای سطح آب خلیج فارس، دریای سرخ و حداکثر بارش ماهانه ایستگاه ایلام

### REFERENCES

- Nazemosadat, S. M. J., Cordery, I. and Eslamian, S. (1995). The impact of the Persian Gulf sea surface temperature on Iranian rainfall. In: *Proceeding of the regional conference on water resources management*, 28-30 Aug., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
- Nazemosadat, S. M. J. (1998). The Persian Gulf Sea surface temperature as a drought diagnostic for southern parts of Iran. *Drought News Network*, 10 (3), 12-14.
- Nazemosadat, S. M. J. and Ghasemi, A. R. (2005). The influence of the Caspian see SSTs on winter and spring precipitation over Northern and Southwestern parts of Iran. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural resources*, 8(4), 1-14. (In Farsi)
- Nazemosadat, S. M. J. and Shirvani, A. (2007). Prediction of winter rainfall for Southern parts of

- Iran using Persian Gulf sea surface temperature. *Journal of Agricultural Science*, 29(2), 65-77. (In Farsi)
- Nicholls, N. (1989). Sea surface temperature and Australian winter rainfall. *Journal of Climate*, 2(9), 965-973.
- Salaheddin, A., Isaac, R.H., Curtis, S. and Matsumoto, J. (2006). Teleconnection between the sea surface temperature in the Bay of Bengal and Monsoon rainfall in Bangladesh. *Global and Planetary change*, 53(3), 188- 197.
- Sterten, N.A. (1981). Southern hemisphere sea surface temperature variability & apparent associations with Australian rainfall. *Journal of Geophysical Research*, 86(C1), 485-497.
- Streten, N.A. (1983). Extreme distributions of Australian rainfall in relation to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 3(2), 143-153.
- Tadesse, T., Wilhite, D., Harms, S., Hayes, H. and Oddard, S. (2004). Drought Monitoring Using Data Mining Techniques: A Case Study for Nebraska, USA. *Natural Hazards*, 33 (1), 137-159.





پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی