

## ارزیابی اثر نمایه چند متغیره انسو بر بارش زمستانه خراسان شمالی

مهری هاشمی دوین<sup>۱\*</sup>

۱- کارشناس ارشد هواشناسی پیش بین مسئول اداره کل هواشناسی خراسان شمالی

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱۰

### چکیده

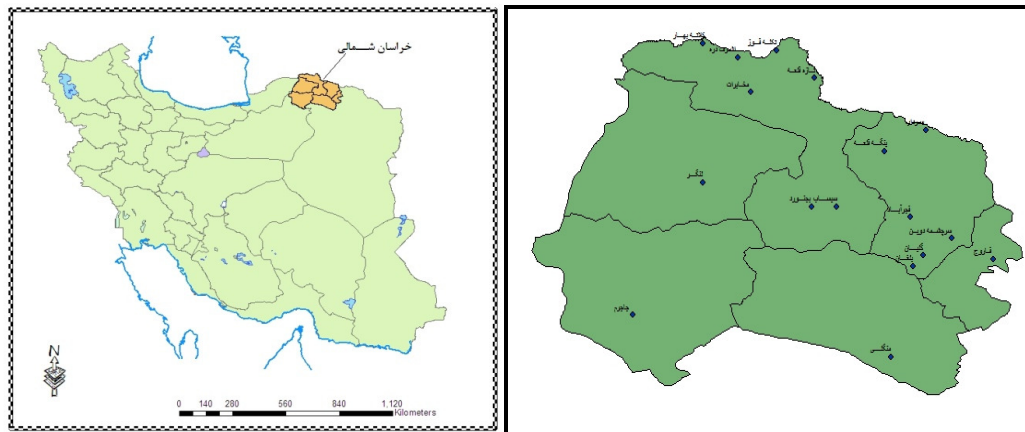
از آنجا که کشاورزی در خراسان شمالی از اهمیت و جایگاه ویژه ای برخوردار است. پیش بینی فصلی بارش می تواند تاثیر بسیار مهمی در تابستان و پاییز در پیش بینی بارش زمستانه استان خراسان شمالی با به کار بردن نرم افزار *CPT* (Climate predictability tool) می باشد. بدین منظور از مدل تحلیل هم بستگی متعارف *CCA* (Canonical correlation analysis) و رگرسیون خطی چند گانه در نرم افزار *CPT* استفاده شده است. سری های زمانی فصلی نمایه *MEI* به عنوان پیشگوکننده و بارش زمستانه دوره ۱۹۸۶-۲۰۰۸ هفده ایستگاه خراسان شمالی به عنوان پیشگو شونده در نظر گرفته شده است. در روش تحلیل هم بستگی متعارف به منظور کاهش تعداد متغیرهای پیشگوکننده از روش متعامد تجربی *EOF* (Empirical orthogonal function) استفاده شد و ۵ مؤلفه اصلی که ۸۹٪ از کل واریانس مجموعه داده ها را شرح می دهند، انتخاب گردید. نتایج به دست آمده از دو مدل مذکور نشان می دهند که بین بارش زمستان و نمایه *MEI* در فصل بهار همبستگی ضعیفی وجود دارد و نمایه پاییز *MEI* همبستگی قوی تری با بارش زمستان خراسان شمالی دارد و بیشترین همبستگی از ایستگاه تازه قلعه و کمترین همبستگی از ایستگاه منگلی به دست آمد. منفی بودن همبستگی نشان دهنده این است که با افزایش نمایه *MEI* بارش زمستان کاهش می یابد و برعکس. بارش ها در تمامی ایستگاه ها نسبت به سال ۲۰۰۸ که خشکسالی به وقوع پیوسته بود، افزایش داشتند که مشاهدات نیز این افزایش بارش را تایید می کنند. اختلاف بین داده های خروجی مدل ها و بارش مشاهده شده نشان دهنده این است که فقط با تعیین فاز *MEI* نمی توان بی هنجاری بارش زمستان را از نظر علامت و شدت پیش بینی نمود.

**واژگان کلیدی:** *MEI*, *CPT*، متعامد تجربی، خراسان شمالی، بارش زمستانه.

## مقدمه

مرطوب سرد می باشد. با توجه به این که کشاورزی در این استان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است بنابراین پیش بینی فصلی و دانستن شرایط آب و هوایی در ماه‌های آینده بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

استان خراسان شمالی واقع در شمال شرق ایران می‌باشد (شکل ۱) علی رغم وسعت کم، دارای اقلیم‌های متنوعی می‌باشد. غرب استان اقلیم نیمه خشک سرد، شرق استان خشک سرد و بخش‌های شمالی آن دارای اقلیم نیمه



شکل ۱- پراکندگی ایستگاه‌های منتخب استان خراسان شمالی (راست) و موقعیت استان خراسان شمالی (چپ)

ناظم السادات (۲۰۰۰) و کوردی (Cordery, 2000) به بررسی تاثیر پدیده انسو بر بارش زمستانه پرداخته و نشان داده اند که بیشترین حساسیت به این پدیده در ایستگاه‌های نوشهر و بندرانزلی می‌باشد. آن‌ها همچنین نتیجه‌گیری نمودند که تلفیق نمایه نوسانات جنوبی<sup>۳</sup> و دمای سطح آب منطقه نینو<sup>۴</sup> می‌توانند توانایی پیش‌بینی‌ها را افزایش دهند. فلاح و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از روش رگرسیون خطی چندگانه به پیش بینی فصلی بارش منطقه خراسان بزرگ پرداخته و نتیجه گیری نمودند که مدل‌های آماری می‌توانند به خوبی پیش بینی فصلی بارش را انجام دهند.

یار احمدی و عزیزی (۱۳۸۶) با استفاده از تحلیل رگرسیونی نشان دادند که بین میزان بارش و شاخص‌های اقلیمی SOI, AO, NAO, MEI, TNI, PDO و Nino3.4 در فصل بهار ارتباط ضعیفی وجود دارد. خورشید دوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۵) به بررسی همبستگی نمایه MEI و بارش آذربایجان شرقی پرداخته‌اند و بیشترین همبستگی را بین بارش فصل پاییز و MEI بدست آورده‌اند.

چنان چه پیش بینی‌ها حاکی از افزایش بارش یا کاهش بارش نسبت به نرمال باشد بخش کشاورزی باید تصمیمات لازم را جهت نوع کشت دیم و یا آبی اتخاذ نماید. علاوه بر کاربرد پیش بینی درازمدت در بخش کشاورزی، اهمیت آن در بخش منابع آبی استان نیز آشکار می‌باشد. بنابراین لازم است که ادارات تابعه جهاد کشاورزی، وزارت نیرو پیش بینی‌های فصلی را در تصمیم‌گیری‌های کلان خود در نظر داشته باشند.

در ایران در زمینه پیش‌بینی‌های اقلیمی مطالعات فراوانی شده است. در بخشی از این مطالعات به بررسی تاثیر دمای سطح آب اقیانوس آرام، اطلس و هند بر بارندگی و بخشی دیگر نیز به تاثیر دورپیوندها بر پیش‌بینی‌های اقلیمی پرداخته شده است. نتایج مطالعات تایید نموده‌اند که تغییرات دمای آب اقیانوس‌ها با نوسانات بارش ارتباط دارد. ناظم السادات و شیروانی (۱۳۸۵) نشان داده‌اند که بین نوسانات دمای سطح آب خلیج فارس و بارش زمستانه در مناطق جنوبی کشور همبستگی منفی وجود دارد.

1. SST, Sea Surface Temperature  
3. SOI, Southern Oscillation Index

2. ENSO: El-Nino Southern Oscillation  
4. Nino3.4

و دوازده تا SST ماهانه نیز به عنوان پیشگو شونده انتخاب نمودند. مدل CCA نشان داده که آنومالی منفی SST در شرق اقیانوس آرام استوایی تا نیمه اول سال ۲۰۰۲ ادامه خواهد یافت. هوانگ و همکارانش (Hwang et al, 2001) با استفاده از مدل CCA به بررسی مهارت پیش بینی فصلی شرق آسیا پرداخته‌اند و از روش اعتبارسنجی متقابل<sup>۱</sup> برای پیش‌بینی و مهارت آن برای میانگین سه ماهه دمای سطح دریا و بارندگی دوره ۳۷ ساله (۱۹۶۱-۹۷) استفاده نموده‌اند. تیپت و همکارانش (Tippett et al, 2008) دو روش CCA و MCA<sup>۲</sup> را به عنوان دو روش مرسوم جهت به تصویر کشیدن داده‌ها با بیشترین همبستگی و واریانس بین دو سری داده معرفی نمودند. لندمن و میسون (Landman, 1999) با استفاده از مدل تحلیل همبستگی متعارف و داده‌های دمای سطح به پیش‌بینی بارش برای آفریقای جنوبی پرداخته‌اند. مهارت نسبتاً متوسطی (۰٫۵ >) همبستگی) از مدل در بخش مرکزی و غربی کشور دیده شده و مهارت ضعیفی نیز در بخش شمال شرق دیده شده است.

لندمن به فیلتر آماری کردن پیش‌بینی‌های GCM روی آفریقای جنوبی با استفاده از خروجی‌های مدل و به کار بردن روش CCA پرداخته‌اند (Landman, Godard, 2002). تیپت و همکاران (Tippett et al, 2005) به پیش بینی فصلی بارش زمستان مرکز و جنوب غرب آسیا (شامل ایران) با استفاده از مدل آماری-دینامیکی انجام داده‌اند که از روش CCA استفاده نموده‌اند.

ساموئل و همکارانش (Samuel et al, 2001) در ناسا<sup>۵</sup> مدل CCA را برای پیش بینی فصلی بارش در ایالات متحده بکار گرفتند. پیشگوکننده را دمای سطح دریا انتخاب نمودند و نتیجه‌گیری نموده‌اند که زمانی که از داده‌های SST ماه‌های SEP-OCT-NOV برای پیش‌بینی بارش فصل بعدی استفاده می‌شود، همبستگی بهتری بدست آمده است.

بارنستون و راپلوسکی (Barnston, Ropelewski, 1992) با استفاده از مدل CCA و روش اعتبارسنجی متقابل به پیش بینی پدیده ENSO پرداخته‌اند. ناظم السادات و

ناظم السادات (۲۰۰۰) و کوردی (Cordery, 2000) به مطالعه نقش دورپیوندها بر بارش پاییزه ایران پرداخته‌اند. ناظم السادات و همکارانش (۱۳۸۲) با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۱</sup> به پهنه بندی بارندگی زمستانه استان‌های بوشهر، فارس و کهگیویه و بویر احمد پرداخته‌اند.

هاتلینگ (Hotelling, 1936) برای بررسی ارتباط بین دو سری متغیر، مدل تحلیل همبستگی متعارف<sup>۲</sup> را در سال ۱۹۳۶ معرفی نمود. واژه رگرسیون در فرهنگ لغت به معنی بازگشت است و اغلب جهت رساندن مفهوم "بازگشت به یک مقدار متوسط یا میانگین" به کار می‌رود. بدین معنی که برخی پدیده‌ها به مرور زمان از نظر کمی به طرف یک مقدار متوسط میل می‌کنند و تحلیل رگرسیونی رابطه بین دو متغیر را به دست می‌آورد. برگا (Borga, 2001) خودآموز و مثال‌هایی را برای همبستگی متعارف منتشر نموده است. بارنت و پریسندورفر (Barnett & Preisendorfer, 1987) با استفاده از مدل CCA و متغیرهای دمای سطح آب اقیانوس‌ها و فشار سطح دریا به بررسی و پیش بینی دمای فصلی و ماهانه ایالات متحده آمریکا پرداخته‌اند.

چو و هی (Chu & He, 1994) و بارنستون و هی (He & Barnston, 1996) با استفاده از مدل CCA و پیشگوکننده‌های دمای سطح دریا و ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی نیمکره شمالی به پیش بینی بارش آلاسکا و جزایر هاوایی پرداخته‌اند و دریافتند که نوسانات اقلیمی جهانی مانند پدیده ENSO نقش مهمی را در تغییرپذیری اقلیمی هاوایی و نیمه جنوبی آلاسکا دارد. احمدی گیوی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی اثر انسو بر توزیع بارش فصل ایران در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۳ پرداخته‌اند و نتیجه گرفتند که فقط با تعیین فاز انسو نمی‌توان بی‌هنجاری بارش فصلی را چه از نظر علامت و چه شدت پیش بینی نمود.

لندمن و میسون (Landan, Mason, 2001) با استفاده از مدل تحلیل همبستگی متعارف آنومالی SST برای ۱۲ ماه آینده را پیش بینی نمودند و از ۴ تا میانگین سه ماهه SST مربوط به سال ۲۰۰۱ به عنوان پیشگو کننده استفاده نمودند

1. PCA, Principle Component Analysis  
3. CCA, Canonical Correlation Analysis  
5. NASA: National Aeronautics and Space Administration

2. Cross Validation  
4. Maximum Covariance Analysis

جمع آوری و شاخص چند متغیره انسو به صورت جداگانه برای هر ماه محاسبه شده است. معادله شاخص MEI:

$$MEI = f(P + U + V + S + A + C) \quad (1)$$

در این شاخص مقادیر نوسانات MEI منفی معرف پدیده لائینا و مقادیر مثبت بیانگر حالت ال نینو می‌باشند (Wolter, Timlin, 1993). تمامی داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS, EXCEL میانگین‌گیری و به صورت داده‌های فصلی تبدیل گردیدند. مقادیر مثبت MEI نشان دهنده شرایط لائینو می‌باشد و مقادیر منفی نشان دهنده شرایط لائینو می‌باشد.

### بازسازی و نرمال نمودن داده‌ها

ابتدا با استفاده از روش نسبت‌ها به تکمیل و بازسازی داده‌های بارش پرداخته و ایستگاه‌هایی که آمار کاملی داشتند، انتخاب شده و سپس با استفاده از نرم افزار JMP4 و SPSS (One-Sample K-S Test) نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان دادند که سری داده‌های سالانه و فصل زمستان و پاییز در تمامی ایستگاه‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

### مدل تحلیل همبستگی متعارف

مدل‌های مختلف دینامیکی و آماری در کشورها برای پیش‌بینی‌های اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از رایج‌ترین روش‌ها و مدل‌هایی که در پیش‌بینی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل همبستگی متعارف می‌باشد. موسسه بین‌المللی تحقیق در زمینه پیش‌بینی اقلیمی دانشگاه کلمبیا آمریکا بسته ویندوزی را به نام CPT برای اجرای یک مدل پیش‌بینی فصلی اقلیمی در سال ۲۰۰۲ ارائه نمود که آخرین به روز رسانی آن مربوط به سال ۲۰۱۱ می‌باشد. در این مطالعه از تحلیل همبستگی متعارف و رگرسیون خطی چندگانه<sup>۲</sup> بر روی داده‌های MEI استفاده شده است. در این مطالعه از نسخه ۱۱،۱۰ نرم افزار CPT استفاده شده است. دو سری داده جهت اجرای مدل نیاز است. در این مطالعه

شیروانی (۱۳۸۳) با به کار بردن مدل CCA به پیش‌بینی بارش زمستانه سواحل دریای خزر پرداخته اند. دمای سطح آب را به عنوان پیشگوکننده و بارش ایستگاه‌های بندر انزلی و نوشهر را به عنوان پیشگو شونده در نظر گرفته اند. مرادی فر (۱۳۸۰) در پایان نامه خود به مطالعه رابطه بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس با استفاده از مدل‌سازی رگرسیون خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی دو متغیره و چند متغیره استفاده نموده است. عساکره (۱۳۸۳) با استفاده از رگرسیون چند متغیره به تغییرپذیری مکانی عناصر اقلیمی پرداخته است. مسعودیان (۱۳۸۴) با استفاده از آمار بلندمدت ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ به بررسی اثر انسو بر بارش ایران پرداخته و نتیجه گرفته است که بارش ایران در ماه‌های اکتبر، نوامبر و ژوئن با انسو پیوند غیر مستقیم دارد.

در مطالعه حاضر از مدل CCA, MLR نرم‌افزار CPT<sup>۱</sup> برای ارزیابی و تاثیر گذاری نوسانات MEI فصلی بر بارش زمستانه استان خراسان شمالی استفاده شده است.

### داده‌ها و روش کار

#### داده‌های بارش

در این مطالعه ابتدا بارش سه ماهه ژانویه، فوریه و مارس ۱۷ ایستگاه سینوپتیک و باران سنجی خراسان شمالی برای دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۸۶ استخراج شد و سپس با میانگین‌گیری از این داده‌ها بارش زمستان به دست آمد.

#### داده‌های MEI

داده‌های ماهانه شاخص چند متغیره انسو از بانک اطلاعاتی سازمان NOAA برای دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۸۶ استخراج شد و سپس سری زمانی فصلی شاخص با میانگین‌گیری به دست آمد. شاخص چند متغیره انسو با استفاده از ۶ متغیر اصلی، فشار سطح دریا (P)، مؤلفه‌های مداری (U) و نصف النهاری (V) باد سطح زمین، دمای سطح دریا (S)، دمای هوای سطحی (A) و مقدار کسر ابرناکی آسمان (C) بر روی اقیانوس آرام حاره‌ای به دست می‌آید. مشاهدات

1. CPT, Climate Predictability Tool

2. MLR, multiple linear regression

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2)$$

در این رابطه پارامتر  $\beta_0$  ثابت رگرسیون و  $\beta_1$  ضریب رگرسیون یا شیب می‌باشند.

ضریب همبستگی قویترین رابطه خطی محاسبه شده بین پیشگو کننده و پیشگوشونده می‌باشد که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$r = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y})}{S_x S_y} \quad (3)$$

در رابطه فوق  $S_x$  و  $S_y$  به ترتیب انحراف معیارهای  $X$  و  $Y$  می‌باشند.

رابطه ۳ همبستگی را به عنوان هم پراکنش استاندارد شده معرفی می‌کند. صورت کسر به هم پراکنش با ضریب  $n$  بستگی دارد و اگر آنومالی مثبت در پیشگو کننده و پیشگوشونده رخ دهد، مثبت خواهد شد و اگر آنومالی متضادی رخ دهد منفی خواهد شد (Mason & Baddour, 2008). در این مطالعه ضریب همبستگی منفی به این معنی می‌باشد که بارش فصلی با افزایش نمایه MEI کاهش خواهد یافت.

### مدل رگرسیون خطی چند گانه

MLR روشی است که برای مدل سازی رابطه خطی بین یک متغیر وابسته و یک یا چندین متغیر مستقل می‌باشد که به طور مناسب جمع مجذور اختلاف بین مقادیر پیش بینی شده و مشاهده شده را به حداقل می‌رساند و متداول ترین روش برای مدل‌های اقلیمی می‌باشد. مدل مقدار متغیر پیشگوشونده را به صورت تابعی خطی از یک یا چندین متغیر پیشگو کننده و یک عبارت خطا بیان می‌کند:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i,1} + b_2 x_{i,2} + \dots + b_k x_{i,k} + \epsilon_i \quad (4)$$

در این رابطه  $b_0$  ثابت رگرسیون،  $b_k$  ضریب  $k$  امین پیشگو کننده،  $k$  تعداد کل پیشگو کننده ها،  $y_i$  پیشگوشونده در سال  $i$  ام و  $\epsilon_i$  عبارت خطا می‌باشند. پس از وارد نمودن داده‌های  $x, y$  مانند توضیحات در مدل تحلیل هم بستگی متعارف، مدل رگرسیون خطی چند گانه را اجرا می‌کنیم.

نمایه MEI (میانگین فصلی بین سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۸۶) به عنوان پیشگو کننده ( $X$ ) می‌باشند که آن‌ها را متغیر مستقل نیز می‌نامند. ابتدا MEI فصل بهار را به عنوان پیشگو کننده انتخاب کرده و تاثیر آن را بر بارش فصل زمستان که به عنوان پیشگو شونده انتخاب شده است با استفاده از مدل تحلیل همبستگی متعارف بررسی نموده و سپس MEI فصل تابستان و پاییز را به ترتیب به عنوان پیشگو کننده انتخاب کرده و مجدداً مدل را اجرا شده است. داده‌ها را می‌توان به صورت ایستگاهی و هم به شکل شبکه‌ای استفاده نمود. در این مطالعه میانگین بارش زمستان از داده‌های بارش ۱۷ ایستگاه سینوپتیک و باران سنجی خراسان شمالی از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۸ میلادی به عنوان پیشگو شونده ( $Y$ ) که آن را متغیر وابسته نیز می‌نامند، استفاده شده است. اغلب مدل‌های آماری بر اساس رگرسیون خطی می‌باشند، که "بهترین حدس" را برای یک پیش بینی، با فرض این که هر تغییری در مقدار پیشگو کننده منجر به تغییر ثابتی در مقدار مورد انتظار پیشگوشونده دارد صرفنظر از مقدار پیشگو کننده، ارائه می‌کند (Mason & Baddour, 2008). رگرسیون یکی از قوی‌ترین ابزارها در تبیین روابط بین متغیرها به شمار می‌رود. برخی از روش‌ها و مدل‌ها مانند شبکه عصبی بیشتر برای پیش بینی استفاده شده و کمتر در تبیین و آزمون فرضیه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند اما رگرسیون بخوبی هر دو وظیفه پیش بینی و آزمون فرضیه را انجام می‌دهد (یار احمدی و عزیز، ۱۳۸۶).

پس از انتخاب دامنه  $Y$  (پیشگوشونده) سپس حداکثر تعداد مد توابع متعامد تجربی<sup>۱</sup> را انتخاب می‌کنیم. در حقیقت این روش به عنوان پیش پردازش<sup>۲</sup> برای داده‌های  $Y$  در مدل CCA می‌باشد که به منظور کاهش تعداد سری زمانی می‌باشد. بیشترین درصد واریانس نیز در مدل اول دیده می‌شود. مدل CCA بین پیشگوکننده‌ها ( $X$ ) و پیشگوشونده‌ها ( $Y$ ) رابطه خطی برقرار می‌کند و رابطه‌ای که بیشترین ضریب همبستگی را داشته باشند را انتخاب می‌کند:

1. EOF: Empirical Orthogonal Functions  
3. Mode

2. Prefilter

## c Retroactive validation

1981	Training period 1951-1980	Predict 1951	Omit 1982-2000	
1982	Training period 1951-1981	Predict 1952	Omit 1983-2000	
1983	Training period 1951-1982	Predict 1983	Omit 1984-2000	
...	Training period	Verification Period	Omit	
2000	Training Period 1951-1999		Predict 2000	

شکل ۳- الگوی شرح روش ارزیابی عطف به گذشته

در این مطالعه از روش اعتبارسنجی متقابل استفاده می‌کنیم.

## ارزیابی مدل

پس از اجرا نمودن مدل، ابتدا مدل داده‌ها را می‌خواند سپس شروع به انجام محاسبات می‌کند. هنگامی که توزیع نظری مشخص و مناسبی برای برازش داده‌ها وجود نداشته باشد، می‌توان یک توزیع مناسب برای آن پیدا کرد و یا حتی ترکیبی از چند توزیع را برای برازش به داده‌ها انتخاب نمود. البته آگاهی از برازش مناسب توزیع ضروری به نظر می‌رسد که این عمل از طریق آزمون نیکویی برازش امکان پذیر می‌باشد (رحیم زاده، ۱۳۹۰). در صفحه اصلی ما می‌توانیم نتایج حاصل از محاسبه نمایه نیکویی برازش<sup>۲</sup> را مشاهده کنیم. این نمایه میانگین همبستگی بین پیش‌بینی‌های اعتبارسنجی متقابل و مشاهدات را برای تمام سری‌ها شرح می‌دهد. نتایج حاصل از آن نشان می‌دهد که بهینه حالت در انتخاب مدل اول  $X, Y, CCA$  می‌باشد (جدول ۱). بیشترین مقادیر نمایه نیکویی به دست آمده در هر دو مدل  $MLR, CCA$  از نمایه  $MEI$  تابستان و پاییز به دست آمده است.

یکی از مهمترین بحث‌ها در پیش‌بینی فصلی اعتبارسنجی مدل است. پس از اجرای مدل در  $CPT$  اعتبار و میزان کارایی مدل را می‌توان بررسی نمود. بخشی از آن‌ها بر اساس محاسبات و اندازه‌گیری‌ها است و بخش دیگر بر این اساس است که می‌تواند پیش‌بینی‌ها را به خوبی به چند طبقه، تقسیم بندی نمایند. در این مطالعه به بررسی ضریب

## اجرای مدل

پس از وارد نمودن داده‌ها باید روش محاسبه مدل را انتخاب کنیم.  $CPT$  توانایی محاسبه به دو روش اعتبارسنجی متقابل و اعتبارسنجی عطف به گذشته<sup>۱</sup> را دارد. در روش اعتبارسنجی متقابل از یک سال چشم‌پوشی می‌شود و سال‌های باقیمانده برای اجرا و شکل‌گیری مدل استفاده می‌شود. سالی که نگه داشته شده پنجره اعتبارسنجی متقابل نامیده می‌شود و پیش‌بینی برای این سال انجام می‌شود و اگر پنجره را بزرگتر در نظر بگیریم پیش‌بینی برای سال میانی پنجره انجام می‌شود (شکل ۲ الف و ب). در این مطالعه پنجره را ۵ تایی در نظر گرفته شده است.

## b Leave-three-out cross-validation

1951	Predict 1951	Omit 1952	Training Period		
1952	Omit 1951	Predict 1952	Omit 1953	Training Period	
1953	Training period	Omit 1952	Predict 1953	Omit 1954	Training Period
1954	Training Period		Omit 1953	Predict 1954	Omit 1955
...	Training period		Omit	Verification Period	Omit
2000	Training Period			Omit 1999	Predict 2000

## a Leave-one-out cross-validation

1951	Predict 1951	Training Period			
1952	Training period	Predict 1952	Training Period		
1953	Training period		Predict 1953	Training Period	
1954	Training Period		Predict 1954	Training period	
...	Training period		Verification Period	Training period	
2000	Training Period			Omit 1999	Predict 2000

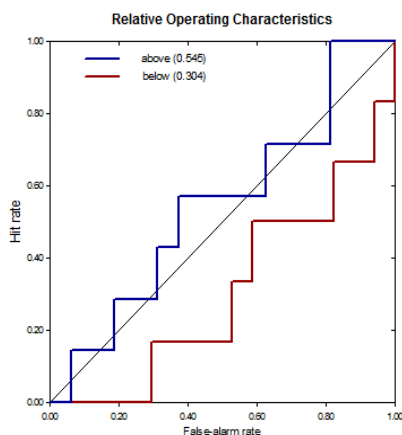
شکل ۲- الگوی شرح الف) روش اعتبارسنجی متقابل با چشم‌پوشی از یک سال، ب) اعتبارسنجی متقابل با چشم‌پوشی از سه سال

در روش اعتبارسنجی عطف به گذشته مدل فقط با استفاده از چند سال اول اجرا شده و پیش‌بینی برای سال بلافاصله بعد از پایان دوره شکل‌گیری انجام می‌شود. سپس مدل سالی را که پیش‌بینی برای آن انجام داد را به دوره شکل‌گیری مدل اضافه نموده و پیش‌بینی را برای سال بعدی انجام می‌دهد (شکل ۳).

## 1. Retroactive Validation

## 2. goodness of fit index

به عنوان مثال درصد تعداد دفعاتی که فاز گرم انسو به درستی پیش بینی شده به تعداد دفعاتی که فاز گرم اتفاق افتاده است. میسون نیز برای اعتبارسنجی مدل پیش بینی فصلی بارش در افریقای جنوبی از میزان موفقیت استفاده نمود (Mason, 1998). در مقابل میزان موفقیت، هشدار اشتباه درصد تعداد دفعاتی که یک پدیده اشتباه پیش بینی شده است به دفعاتی که پدیده رخ داده است. در یک پیش بینی عالی مقدار میزان موفقیت یک و مقدار هشدار اشتباه صفر خواهد شد و هنگامی که میزان موفقیت از هشدار اشتباه بیشتر باشد بدین معنی است که پیش بینی با مهارت<sup>۴</sup> انجام شده است. نتایج حاصل از بررسی میزان موفقیت نشان دادند که موفقیت در پیش بینی های بارش زمستان با استفاده از داده های پاییز و تابستان MEI به نسبت بهار بیشتر بوده است. شکل ۴ نمودار میزان موفقیت و هشدار اشتباه ایستگاه دوین با استفاده از داده های MEI فصل پاییز با رسم منحنی<sup>۵</sup> ROC نشان می دهد.



شکل ۴- نمودار میزان موفقیت و هشدار اشتباه برای پیش بینی بارش زمستان ایستگاه دوین با استفاده از مقادیر MEI فصل پاییز

همبستگی پیرسون<sup>۱</sup> که شدت همبستگی خطی بین مشاهدات و پیش بینی ها را شرح می دهد، ریشه میانگین مربع خطا که ریشه میانگین توان دوم اختلاف بین پیش بینی ها و مشاهدات می باشد، پرداخته شده است. ریشه میانگین مربع خطای<sup>۲</sup> حاصل از بارش زمستانه ایستگاه های خراسان شمالی و MEI فصل پاییز با توجه به این که بیشترین مقدار همبستگی را دارند در جدول دو آورده شده است. با توجه به حجم زیاد مطالب در این جا به مباحث مهم تری می پردازیم.

کمترین RMSE مربوط به ایستگاه های جاجرم و مخابرات به ترتیب ۲۷,۳ و ۲۸,۳۷ در مدل MLR می باشند و بیانگر آن است که پیش بینی ها در این دو ایستگاه از دقت بالاتری برخوردار می باشد.

جدول ۱- مقادیر نمایه نیکویی برازش محاسبه شده در مدل

CCA برای MEI تابستان

number of modes			Goodness Index
X	Y	CCA	
۱	۱	۱	۰,۲۶۱
۱	۲	۱	۰,۲۴۷
۱	۳	۱	۰,۲۴۱
۱	۴	۱	۰,۲۴۳
۱	۵	۱	۰,۲۴۴

### میزان موفقیت و هشدار اشتباه<sup>۳</sup>

شکل ۴ مشخص می کند که دلیلی برای این باور که مدل می تواند به دقت بارش زمستانه را پیش بینی کند، وجود داد. با استفاده از نمودار میزان موفقیت و هشدار اشتباه می توان به این سؤال پاسخ داد که چند درصد از پیش بینی های انجام شده توسط مدل درست می باشند و چند درصد از آن اشتباه می باشند (Kirtman et al, 2001). میزان موفقیت درصد تعداد دفعاتی که پیش بینی درست یک پدیده انجام شده به تعداد کل دفعات رخداد پدیده می باشد.

1. Pearson's Correlation  
3. Hit rate and False alarm  
5. ROC, Relative Operating Characteristic

2. RMSE, Root Mean Square Error  
4. Skilful

جدول ۲- مقادیر محاسبه شده RMSE ایستگاه‌های خراسان شمالی در مدل MLR

بجنورد	سیساب	اشرف دره	بلقان	فجرآباد	فاروج	گلیان	جاجرم	کلاته بهار
۳۵,۶۶	۳۶,۶۷	۵۳,۰۵	۵۱,۲۷	۴۲,۴۶	۳۱,۱۱	۵۷,۸۸	۲۷,۳	۳۸,۰۹
لنگر	منگلی	مخابرات	دوین	سرداب	تکله قوز	تازه قلعه	ینگه قلعه	
۴۰,۴۵	۳۴,۱	۲۸,۳۷	۵۷,۹۲	۴۳,۴۳	۳۸,۷۶	۴۵,۱۶	۵۱,۱۸	

شده است، می‌باشد. نتایج حاصل از این محاسبات در جدول ۳ آورده شده است که نشان می‌دهد تعداد دفعاتی که مدل شرایط زیر نرمال را به درستی پیش‌بینی کرده در ایستگاه گلیان بیشتر بوده و تعداد دفعاتی که شرایط بالای نرمال به درستی پیش‌بینی شده در ایستگاه بلقان بیشتر بوده است.

سطح زیر منحنی قرمز برای پیش‌بینی‌های زیر نرمال می‌باشد که بیان‌کننده نسبت دفعاتی که شرایط زیر نرمال با موفقیت نسبت به پیش‌بینی‌های نوع دیگر انجام شده است، می‌باشد و سطح زیر منحنی آبی برای پیش‌بینی‌های بالای نرمال می‌باشد که بیان‌کننده نسبت دفعاتی که شرایط بالای نرمال با موفقیت نسبت به پیش‌بینی‌های نوع دیگر انجام

جدول ۳- یافته‌های سطح زیر منحنی ROC

ایستگاه	ROC(below normal)	ROC(above normal)
بجنورد	۰,۲۶	۰,۲۵
سیساب	۰,۲۵	۰,۱۴
اشرف دره	۰,۱۶	۰,۱۳
بلقان	۰,۴۱	۰,۶۷
فجر آباد	۰,۲۳	۰,۲۱
فاروج	۰,۲۴	۰,۳۱
گلیان	۰,۴۲	۰,۲۶
جاجرم	۰,۲۵	۰,۱۸
کلاته بهار	۰,۱۳	۰,۲۱
لنگر	۰,۲۹	۰,۱۷
منگلی	۰,۳۸	۰,۶۷
مخابرات	۰,۲۴	۰,۱۶
دوین	۰,۳۰۰	۰,۵۴
سرداب	۰,۱۳	۰,۳۲
تکله قوز	۰,۴۰	۰,۳۸
تازه قلعه	۰,۲۲	۰,۰۸
ینگه قلعه	۰,۴۰	۰,۶۰

شده را این ۵ مؤلفه شرح می‌دهند (شکل ۵ الف و ب). از این ۸۹ درصد ۶۴ درصد مربوط به مدل اول می‌باشد (جدول ۴). شکل ۵ واریانس هر ۵ مدل انتخاب شده را به صورت درصد واریانس و همچنین درصد تجمعی واریانس نشان می‌دهد.

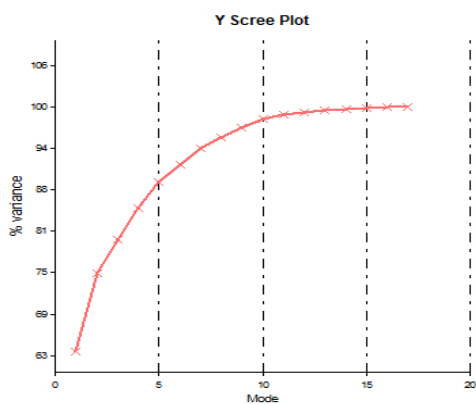
### یافته‌های تحقیق

با به کار بردن روش توابع متعامد تجربی ۵ مؤلفه اصلی EOF مربوط به پیشگو کننده MEI انتخاب و محاسبات CCA بر روی داده‌های بارش زمستان در نظر گرفته شد که ۸۹ درصد از کل واریانس بارش در ایستگاه‌های انتخاب

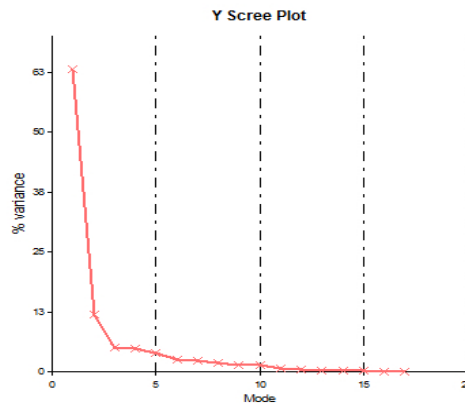


جدول ۴- مقادیر درصد واریانس برای هر مد بارش فصل زمستان

EOF	EOF1	EOF2	EOF3	EOF4	EOF5
درصد واریانس EOF	۶۴	۱۱	۵	۵	۴
درصد تجمعی واریانس	۶۴	۷۵	۸۰	۸۵	۸۹



ب

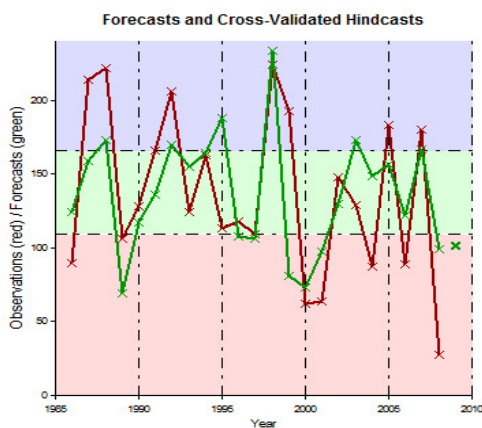


الف

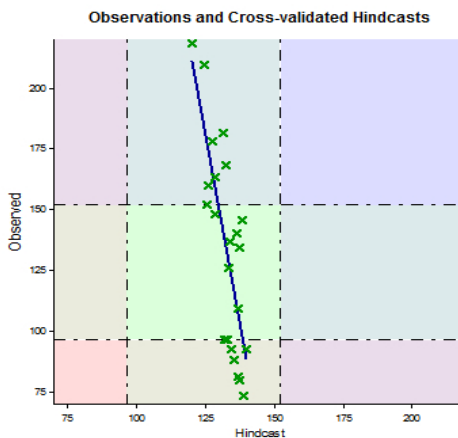
شکل ۵- الف: نمودار درصد واریانس ، ب: واریانس تجمعی مدها

نداشته، مقدار بارش با استفاده از مدل برآورد شده است که این عمل برای تمام ایستگاه‌ها و سال‌های مورد نظر بررسی شده است بنابراین برای هر ایستگاه علاوه بر سری زمانی مشاهدات یک سری زمانی از مقادیر پیش بینی شده بارش فصلی به دست می‌آید، به عنوان نمونه مقدار شبیه سازی شده و مشاهداتی ایستگاه دوین در شکل ۶ ب نشان داده شده است.

در شکل ۶-الف شیب منفی خط، همبستگی منفی بین بارش فصل زمستان و MEI پاییز ایستگاه تازه قلعه را نشان می‌دهد. در اکثر ایستگاه‌ها با توجه به همبستگی منفی بین بارش زمستانه و MEI پاییز شیب خط منفی می‌باشد. توانایی مدل در پیش‌بینی بارش زمستانه از طریق بررسی و ارزیابی مقادیر شبیه سازی شده و مشاهدات انجام می‌شود. با فرض اینکه در هر سالی بارش در ایستگاه وجود



ب

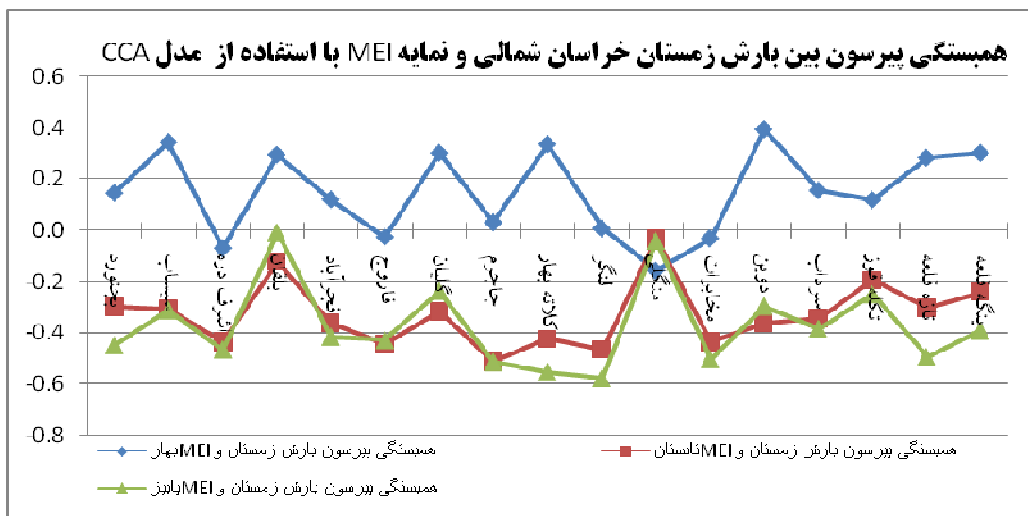


الف

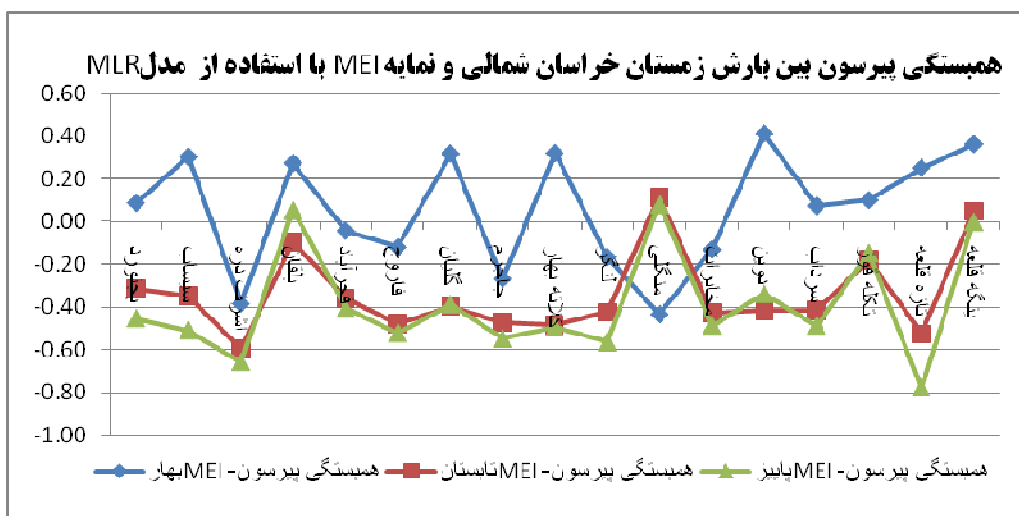
شکل ۶-الف: پراکندگی بین مقادیر مشاهدات و پیش بینی ایستگاه تازه قلعه، ب: سری زمانی مقادیر مشاهده شده و پیش بینی ایستگاه دوین با استفاده از MEI فصل پاییز

برخی ایستگاه‌ها مانند اشرف دره، جاجرم، فجرآباد و فاروج در هر سه فصل همبستگی منفی وجود دارد ولی همبستگی منفی مربوط به فصل پاییز قوی‌تر است. بیشترین همبستگی در مدل CCA مربوط به ایستگاه لنگر و کمترین مربوط به ایستگاه بلقان می‌باشد. بیشترین همبستگی در مدل MLR مربوط به ایستگاه تازه قلعه و کمترین مربوط به ایستگاه بلقان می‌باشد.

شکل ۷ و ۸ نشان می‌دهند که همبستگی پیرسون بین بارش فصل زمستان و داده‌های MEI فصل بهار، تابستان و پاییز برای تمام ایستگاه‌های مورد نظر خراسان شمالی که در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده‌اند، با استفاده از دو مدل CCA و MLR نشان می‌دهد. در اکثر ایستگاه‌ها بین بارش زمستان و MEI فصل بهار همبستگی مثبت پیرسون دیده می‌شود. در هر دو مدل همبستگی منفی بین بارش فصل زمستان و MEI فصل تابستان و به ویژه فصل پاییز وجود دارد. در



شکل ۷- همبستگی پیرسون بین بارش زمستان و MEI فصل بهار، تابستان و پاییز با استفاده از مدل CCA



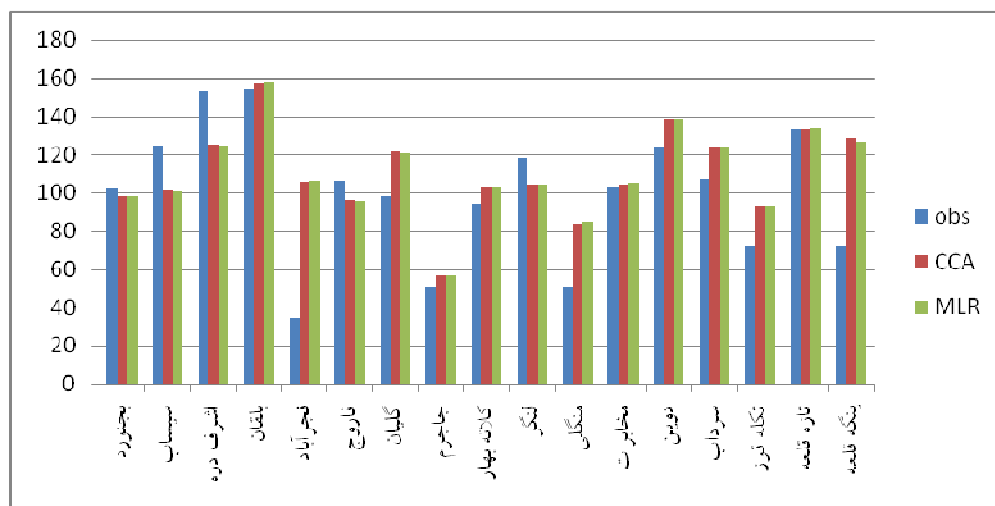
شکل ۸- همبستگی پیرسون بین بارش زمستان و MEI فصل بهار، تابستان و پاییز با استفاده از مدل MLR

نهایتاً به بررسی نتایج پیش‌بینی مدل می‌پردازیم. بارش زمستان سال ۲۰۰۹ در تمامی ایستگاه‌ها نسبت به سال ۲۰۰۸ که جزو خشک‌ترین سال‌های دوره آماری بوده، افزایش داشته است. هر دو مدل CCA و MLR در CPT نیز افزایش بارش زمستان ۲۰۰۹ را پیش‌بینی نموده‌اند (شکل ۹).

توان دوم همبستگی‌ها بیانگر مقدار واریانس از بارش زمستانه که توسط مؤلفه‌های اصلی MEI پاییز شرح داده می‌شوند و به عبارت دیگر میزان تاثیرگذاری نمایه MEI بر نوسانات منفی و یا مثبت بارش زمستان می‌باشند. به عنوان مثال ۶۱٪ از واریانس بارش زمستانه ایستگاه تازه قلعه توسط مؤلفه‌های اصلی شرح داده می‌شوند. نتایج حاصل با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- توان دوم همبستگی پیرسون بین بارش زمستانه ایستگاه‌های خراسان شمالی و MEI پاییز

کلاته بهار	لنگر	منگلی	مخابرات	دوین	سرداب	تکله قوز	تازه قلعه	ینگه قلعه
۰,۲۵	۰,۳۲	۰,۰۱	۰,۲۴	۰,۱۱	۰,۲۴	۰,۰۲	۰,۶۱	۰,۰۰
بجنورد	سیسب	اشرف دره	بلقان	فجرآباد	فاروج	گلیان	جاجرم	
۰,۲۰	۰,۲۶	۰,۴۳	۰,۰۰	۰,۱۷	۰,۲۷	۰,۱۵	۰,۳۰	



شکل ۹- مقایسه بارش زمستان ۲۰۰۹ رخ داده و خروجی مدل های CCA, MLR

را در کشاورزی خراسان شمالی دارد، ایفا کند. روش توابع متعامد تجربی برای خلاصه و فیلتر نمودن داده‌های پیش‌گوکننده که ۸۹٪ از کل واریانس داده‌های MEI را تعریف می‌نمودند، انتخاب نمودیم. نتایج حاصل از خروجی مدل رگرسیونی ارتباط بین نمایه MEI و بارش زمستان نشان داد که ضریب همبستگی پیرسون بین بارش زمستان و MEI بهار مثبت بوده و بیشترین همبستگی منفی نیز با MEI تابستان و پاییز بوده است. بیشینه همبستگی منفی در مدل CCA در ایستگاه لنگر و در مدل MLR ایستگاه تازه قلعه بوده و

### نتیجه گیری

در این مطالعه با توجه به تاثیر نوسانات دورپیوندها بر تغییرات بارش، رابطه بین MEI و بارش زمستانه ۱۷ ایستگاه خراسان شمالی در دوره ۱۹۸۶-۲۰۰۸ مورد ارزیابی قرار گرفت. سری زمانی فصلی MEI به عنوان پیش‌گوکننده و داده‌های بارش زمستان به عنوان پیش‌گو شونده مورد مطالعه قرار گرفت و مدل CPT با استفاده از روش CCA و MLR اجرا گردید. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند نقش مهمی را در پیش‌بینی بارش زمستان که اهمیت زیادی

- for Seasonal Rainfall Forecasting Based on Synoptic Patterns of Atmospheric Upper Levels, *Journal of Water and Soil*, No.19, pp.128-143.
6. Moradifar, H., 2001, modeling the relationship between rainfall and elevation at Zagros, Master Thesis, Razi University.
  7. Masodian, M., 2005, Enso impact on precipitation in Iran, *Journal of Geography and Regional Development Research*, No.4, pp.73-82.
  8. Nazemosadat, M. J., Beigi, B., Amin, S., 2003, Application of the Principal Component Analysis for the Regionalization of Winter Precipitation over Boushehr, Fars, and Kohgiluyeh & Boyer-Ahmad Provinces. *JWSS - Isfahan University of Technology*, No. 7 (1), pp.61-72.
  9. Nazemosadat, M. J., Shirvani, A., 2004, The Application of CCA for the Assessment and Comparison of the Capability of SOI and Nion's SST for the Prediction of Winter Precipitation over the Caspian Sea Coasts. *JWSS - Isfahan University of Technology*, No. 8 (1), pp.11-25.
  10. Nazemosadat, M. J., Shirvani, A., 2006, prediction of winter precipitation in southern region of Iran by using Persian Gulf SST, CCA model, *Journal of Agriculture Science*, No.29, pp.65-77.
  11. Yar Ahmadi, D., Azizi, Gh., 2007, Multivariate analysis of the relationship between Iran seasonal rainfall and climate indexes, *Journal of Climate Research*, No.62, pp.161-174.
- کمترین همبستگی نیز در ایستگاه بلقان بوده است. ضریب مثبت این شاخص نشان می‌دهد که در صورت افزایش نمایه MEI میزان بارش زمستان نیز افزایش می‌یابد و برعکس با کاهش مقدار نمایه میزان بارش زمستان کاهش می‌یابد.
- نتایج پیش بینی مدل افزایش بارش زمستان ۲۰۰۹ را در ایستگاه‌های خراسان شمالی نشان داد که با مشاهدات بارش زمستان ۲۰۰۹ که نسبت به سال خشک ۲۰۰۸ افزایش داشت، مطابقت دارد ولی مدل در برخی ایستگاه‌ها این افزایش را بیشتر و در برخی ایستگاه‌ها افزایش با شدت کمتری را نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که با تعیین فاز نمایه MEI، چه از نظر علامت و چه شدت، به تنهایی نمی‌توان بی‌هنجاری‌های بارش زمستان خراسان شمالی را چه از نظر علامت و چه شدت پیش بینی نمود.

#### منابع

1. Ahmadi- Givi, F., D. Parhizkar, S. Hajjam, 2009, The study of the ENSO's effect on the seasonal precipitation of Iran in the period 1971-2000, *Journal of the Earth and Space Physics*, No.4, pp.95-113.
2. Khorshid Doost, A.M., Ghavidel, Y., 2006, The effects of ENSO on seasonal rainfall fluctuations using multivariate ENSO index (MEI) in Eastern Azerbaijan Province, *Journal of Geographical Researches*, No.57, pp.15-26.
3. Rahimzaseh, F., 2011, *Statistical Methods in Meteorology and climatology Researches*, Hoseini Publication, Tehran.
4. Asakareh, H., 2004, spatial modeling of climate element changes case study, annual rainfall of Isfahan, *Journal of Geographical Research*, No.74, pp.213-231.
5. Fallah, Gh., Mousavi Baygi, M and M. Habibi Nokhandan, 2009, Using Statistical Model

20. Landman, w. A. and L. Goddard, 2002, Statistical Recalibration of GCM Forecasts over Southern Africa Using Model Output Statistics. *J. Climate*, No 15, pp.2038-2055.
21. Landman, w. A., S.J. Mason, 1999, Operational Long-Lead Prediction of South African Rainfall using Canonical Correlation Analysis. *Int. J. Climatol*, No.19, pp. 1073–1090.
22. Landman, W. A., and S. J. Mason, 2001, Forecasts of near-global sea surface temperatures using canonical correlation analysis. *J. Climate*, No.14, pp.3819–3833.
23. Mason, S. J., 1998, Seasonal forecasting of South African rainfall using a non-linear discriminant analysis model. *Int. J. Climatol.*, No.18, pp.147–164.
24. Mason, S. J., O. Baddour., 2008, Statistical Modelling, pp.167-206, Troccoli A, Harrison MSJ, Anderson DLT and Mason SJ (eds), *Seasonal Climate: Forecasting and Managing Risk*, NATO Science Series, Springer Academic Publishers, pp. 467.
25. Nazemosadat, M. J., and I. Cordery, 2000: On the relationship between ENSO and autumn rainfall in Iran. *Int. J. Climatol*, No.20, pp.47–61.
26. Nazemosadat, M. J. and I. Cordery. 2000, the Impact of ENSO on Winter Rainfall in Iran. In *Proceedings of the 26th National and 3rd International Hydrology and Water Resources Symposium.*, Inst. Eng. Australia. Perth, Australia, pp. 538–543.
27. Samuel S. P. Shen, William K. M. Lau, Kyu-Myong Kim, and Guilong Li, 2001, A
12. Barnett T. P., R. Preisendorfer ,1987, Origins and levels of monthly and seasonal forecast skill for the United States surface air temperatures determined by canonical correlation analysis, *Monthly Weather Review*, No.115, pp.1825-1850.
13. Barnston, A. G., and C. F. Ropelewski, 1992, Prediction of ENSO using canonical correlation analysis. *J. Climate*, No. 5, pp.1316–1345.
14. Barnston, A. G. and Y. He, 1996, Skill of CCA forecasts of 3-month mean surface climate in Hawaii and Alaska. *J. Climate*, No.9, pp.2579-2605.
15. Borga,M., 2001, Canonical Correlation a Tutorial.<http://people.imt.liu.se/~magnus/cca>
16. Chu, P.S and Y. He, 1994, Long-range prediction of Hawaiian winter rainfall using canonical correlation analysis. *Int. J. Climatol.*, No.14, pp.659–669.
17. Hotelling, H., 1936, Relations between two sets of variants. *Biometrika*, No.28, pp.321-377.
18. Hwang S-O, Schemm J-KE, Barnston AG, Kwon W-T, 2001, Long-lead seasonal forecast skill in far eastern Asia using canonical correlation analysis. *Journal of Climate*, No 14, pp. 3005–3016.
19. Kirtman. B. P, J. Shukla, M. Balmaseda, N. Graham, C. Penland, Y. Xue and S. Zebiak., 2001, Current Status of ENSO Forecast Skill. Report to the CLIVAR Working Group on Seasonal to Interannual Prediction, CLIVAR Publication Series No. 56, and pp.26.

- precipitation, J. Climate, No.18, pp.1831-1843.
30. WOLTER, K. and M. S. TIMLIN, 1993, Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index, Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop, (Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma), pp. 52-57.
- Canonical Ensemble Correlation Prediction Model for Seasonal Precipitation Anomaly, Goddard Space Flight Center Greenbelt report, Maryland, USA, pp.54.
28. Tippet, M. K., T. DelSole, S. J. Mason, A. G. Barnston, 2008, Regression-based methods for finding coupled patterns. J. Climate, No.21, pp.4384-4398.
29. Tippet, M. K., Goddard, L. and Barnston, A. G., 2005. Statistical-Dynamical Seasonal Forecasts of Central Southwest Asia winter