

ارزیابی نقش تغییرات سیگنال‌های اقلیمی بر نوسان‌های بارش بهاره تحقیق موردی: استان خراسان رضوی

غلامعباس فلاح قاله‌ری

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران

(دریافت: ۸۷۶/۹، پذیرش نهایی: ۸۹/۱۱/۱۹)

چکیده

به منظور بررسی ارتباط بین سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی با بارش بهاره، استان خراسان رضوی انتخاب شد. پس از بررسی‌های لازم و تکمیل خلاهای آماری موجود برای ایستگاه‌هایی که کمتر از ۵ سال خلا آماری داشتند، تعداد ۳۸ ایستگاه همدیدی، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی تحت پوشش سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو، انتخاب و آزمون همگنی موسوم به «ران تست» روی داده‌های بارش این ایستگاه‌ها صورت گرفت. در مرحله بعد، در محیط نرم‌افزار Arc GIS، سری زمانی بارش متوسط منطقه‌ای به روش کریجینگ محاسبه شد. با استفاده از روابط همبستگی به دست آمده بین بارش متوسط منطقه‌ای و سیگنال‌های هواشناسی شاخص در بازه‌های زمانی گوناگون، سیگنال‌های اقلیمی موثر بر آب‌وهوای استان خراسان رضوی مشخص شد که از این سیگنال‌ها می‌توان در مدل‌های پیش‌بینی بارش و همچنین تشخیص دوره‌های خشک، تر و نرمال استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: سیگنال‌های هواشناسی، روش کریجینگ، آزمون همگنی ران تست

The assessment of the role of climatic signal changes on spring rainfall oscillations, Case study: Khorasan Razavi Province

Fallah-Ghalhary, Gh. A.

Ph. D. Student of climatology, University of Isfahan, Iran

(Received: 30 Aug 2008, Accepted: 8 Feb 2011)

Abstract

Long-term rainfall prediction is very important to countries thriving on agro-based economy. In general, climate and rainfall are highly non-linear phenomena in nature giving rise to what is known as "butterfly effect". The parameters that are required to predict the rainfall are enormous even for a short period. Soft computing is an innovative approach to constructing computationally intelligent systems that are supposed to possess humanlike expertise within a specific domain, adapt themselves and learn to do better in changing environments, and explain how they make decisions. Unlike conventional artificial intelligence techniques the guiding principle of soft computing is to exploit tolerance for imprecision, uncertainty, robustness, partial truth to achieve tractability, and better rapport with reality. In this paper, we analyzed 38 years of rainfall data in Khorasan-e Razavi province, the northeastern part of Iran. Total precipitation from April to June over a period of 38 years (1970-2007) was selected as data of our interest in this research and the RUN TEST homogeneity was performed to find out if the rainfall data

were randomly collected. Data of 38 stations including 4 synoptic, 10 climatology and 24 rain gauge stations (all belong to Iranian Meteorological Organization and Ministry of Energy) were selected for each year.

Calculation of local average rainfall: The Kriging method is used to estimate the amount of local average rainfall.

Data: The data used in this study are:

1) 38 Rainfall station data for the seasonal rainfall (Apr – Jun), a All of these stations are in the northeastern region of Iran.

2) Large-scale ocean and atmospheric circulation variables such as Sea Level Pressure (SLP) and the Sea Level Pressure difference in pre-rainfall months (Oct – March). These data were obtained from NCEP/NCAR Re-analysis data. These data sets span the period of 1948 – current, covering the globe on a 2.5*2.5 grid and available at <http://www.cdc.noaa.gov> NOAA website.

Identification of Predictors: The aim in this section is to identify predictors for seasonal rainfall, which can then be used in forecast models. The two main requirements for any useful predictors are:

- (i) good relationship with the seasonal rainfall,
- (ii) reasonable lead-time (i.e. months to season).

Our earlier work indicated that seasonal rainfall in the region is strongly correlated with predictors. So, the first step is to look for relationship with standardized predictors during the pre-rainfall seasons (Oct-March) and follow up with correlations between the rainfall and large-scale ocean-atmospheric variables (SLP, and SLP difference). This approach of correlation with large-scale ocean-atmospheric circulation variables is used to identify predictors for seasonal rainfall in the northeast of Iran

Correlation with Large-Scale Variables: We would like to check predictors large-scale aspects and also the seasonal rainfall correlation with predictors such as SLP and SLP difference during pre- season rainfall (Oct-March). In this research, the correlations that are significant at 95% confidence level have been selected.

Results showed strong relation between Sea Level Pressure (SLP) and sea Level Pressure difference (Δ SLP) changes with the rainfall of the studied areas. It can be concluded that meteorological signals may help us to predict the wet and dry seasons.

Key words: Meteorological signals, Run test homogeneity, Kriging Method

۱ مقدمه

فرایندهای آب‌وهوایی است و این تاثیرگذاری در زمینه‌های گوناگونی چون کشاورزی، آبیاری، اقتصاد، مخازرات، حمل‌ونقل، ترافیک، آلودگی هوا و صنایع نظامی بیشتر دیده می‌شود. پیش‌بینی این فرایندها ابزار مناسبی در اختیار مدیران حوزه‌های گوناگون قرار می‌دهد تا با در نظر گرفتن این پیش‌بینی‌ها، سیاست‌های آینده را در جهت بهینه ساختن صرف هزینه‌ها و امکانات بهره‌وری حداکثر طرح‌ریزی کنند (هالتینر و ویلیام، ۱۹۸۰). نیکلسون و سلاتو (۲۰۰۰) تاثیر لانینا (La Nino) را بر

یکی از روش‌های پیش‌بینی آب‌وهوایی، استفاده از علامت‌ها و پدیده‌های مشخصی از قبیل تغییرات دوره‌ای فشار سطح دریا، تغییرات دوره‌ای دمای سطح دریا و مانند اینها است، که از آنها با نام سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی یاد می‌شود. این سیگنال‌ها براساس فشار سطح دریا، گرادیان فشار سطح دریا، دمای سطح دریا، گرادیان دمای سطح دریا و دیگر پارامترهای هواشناسی به دست می‌آیند (فلاح قاهری، ۱۳۸۵).

همه جنبه‌های زندگی انسان به‌نحوی تحت‌تاثیر

گیسیلا و همکاران (۲۰۰۴) بارش‌های فصلی اتیوپی را در بازه ژوئن تا سپتامبر بررسی کرده‌اند نتایج آنان نشان داد که پیش‌بینی بارش برای بخش غربی مرکز اتیوپی خیلی مناسب است.

آنوپام و همکاران (۲۰۰۵)، از چرخش جوئی کوچک‌مقیاس برای پیش‌بینی بارش مونسونی در حوضه آبریز آناس (Anas) هند استفاده کردند. نتایج آنها روشن می‌سازد که مدل کوچک‌مقیاس آماری برای پیش‌بینی بارش بر مبنای الگوی چرخش جوئی روزانه در مناطق نیمه‌خشک هند برتری دارد.

کیم و همکاران (۲۰۰۷) تاثیر نشانه‌های اقلیمی پهن‌مقیاسی نظیر (NAO, North Atlantic Oscillation) و SOI بر بارش فصلی حوضه رودخانه کلرادو در امریکا را تحلیل کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که مدل‌سازی سامانه‌های دینامیکی اقلیم می‌تواند در توسعه یک مدل پیش‌بینی بلندمدت با ارزش برای مدیریت منابع آب نتیجه‌بخش باشد.

خوش‌اخلاق (۱۳۷۷) به صورت آماری ارتباط بین فازهای سرد و گرم انسو را با بارش ایران بررسی کرد. نتایج وی که حاصل همبستگی انسو و بارش است، نشان می‌دهد که خشکسالی‌های ایران هم‌زمان با لائینا و ترسالی‌ها هم‌زمان با النینو بوده است.

کارآموز و همکاران (۱۳۸۵)، تاثیر سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی بر بارش مناطق غرب ایران را بررسی کردند. نتایج آنها نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی با بارش منطقه غرب کشور است.

خورشیددوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۵) نقش انسو در تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی را مورد بررسی قرار داده‌اند. در بین فصل‌های چهارگانه، میزان همبستگی فقط در فصل پاییز معنی‌دار بوده و در سایر فصل‌ها همبستگی معنی‌داری بین بارش و پدیده‌های النینو و لائینا مشاهده نشده است.

بارش افریقا با استفاده از سری فوریه بررسی کردند. نتایج آنان روشن ساخت که تاثیرپذیری بارندگی مناطق استوایی و جنوب شرقی افریقا از لائینا پیچیده‌تر است و وابستگی بیشتری نسبت به زمان و مکان دارد.

واسکوویز (۲۰۰۱)، ارتباط بین انسو و چرخه جوئی زمستانه و دما در ناحیه اقیانوس اطلس شمالی را بررسی کرده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که در این ناحیه در زمستان هیچ ارتباط آماری معنی‌داری بین رخداد‌های گرم انسو و الگوهای تغییرات فشار سطح دریا وجود ندارد، درحالی‌که تغییرات رخداد‌های سرد، مشابه نوسان‌های مثبت NAO است.

ناظم السادات و کوردی (۲۰۰۰) نتیجه گرفتند که تغییرات دمای سطح آب در خلیج فارس، تاثیر معنی‌داری بر تغییرات بارندگی در مناطق جنوب و جنوب غربی ایران دارد. تحقیقات آنها روشن ساخت که بارش زمستانه (ژانویه تا مارس) مناطق موردنظر با دمای سطح دریا (SST, Sea Surface Temperature) در خلیج فارس نسبت عکس دارد.

ماریوتی و همکاران (۲۰۰۲) رابطه تغییرات باران‌های مدیترانه‌ای اروپا و انسو (ENSO) را بررسی کردند. نتایج آنها، نشانگر تاثیر معنی‌دار انسو بر بارش بخش مدیترانه‌ای اروپا است.

ون‌الدنبرگ و همکاران (۲۰۰۵)، مدل پیش‌بینی فصلی مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مقیاس آب‌وهوایی (ECMWF, European Centre for Medium-Range Weather Forecast) را با مدل‌های آماری در منطقه شرق و جنوب افریقا مورد مقایسه قرار داده‌اند. آنان برای این کار از نشانه‌های اقلیمی نظیر انسو استفاده کردند. نتایج حاکی از آن است که پیش‌بینی بارندگی مدل‌های ECMWF نسبت به مدل‌های آماری در بازه زمانی دسامبر تا فوریه (آذر تا بهمن) بهتر است، اما در بازه مارس تا می (اسفند تا اردیبهشت) دقت کمتری دارند.

بارش بهاره ۳۸ ساله فروردین تا خرداد (آوریل تا ژوئن) هر سال است. داده‌های بارش بهاره برای هر سال میلادی شامل بارندگی ۳۸ ایستگاه همدیسی، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی است که از سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو اخذ شده است. از این تعداد، ۲۴ ایستگاه مربوط به آمار و اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو و بقیه مربوط به سازمان هواشناسی‌اند. شکل ۱ نقشه محدوده مورد بررسی و نام ایستگاه‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد. در این تحقیق برای تکمیل برخی از نواقص اطلاعاتی بارش از روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها و برای آزمون همگنی داده‌ها از آزمون ران‌تست استفاده شده است.

محاسبه بارش متوسط منطقه‌ای: هدف نهایی از بررسی تغییرات مکانی بارش، شبیه‌سازی تغییرات اطلاعات بارش در بُعد مکان است، به نحوی که زمینه برای هدف‌های بعدی از جمله پیش‌بینی بارش و به‌دست آوردن اطلاعات لازم برای تحلیل بلندمدت وضعیت بارش در هر منطقه از محدوده مورد بررسی فراهم شود (فلاح قاله‌ری، ۱۳۸۵). همان‌طور که اشاره شد، در این تحقیق از روش کریجینگ برای محاسبه بارش متوسط منطقه‌ای استفاده شده است. گام‌های زیر برای به‌دست آوردن سری زمانی بارش متوسط منطقه‌ای برداشته شد:

- ۱- ایجاد فایل‌های ورودی نرم‌افزار Arcmap
- ۲- به‌دست آوردن واریوگرام تجربی ۳- تحلیل و ترسیم تغییرات مکانی بارش در منطقه برای هر سال ۴- به‌دست آوردن مقادیر متوسط بارش در منطقه مورد بررسی برای هر سال
- ۵- ساخت سری‌های زمانی بارش برای منطقه مورد بررسی.

فلاح قاله‌ری و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی مشابه، ارتباط سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی نظیر فشار و اختلاف فشار سطح دریا را با بارش منطقه خراسان بزرگ بررسی کرده‌اند. نتایج حاکی از ارتباط قوی این سیگنال‌ها با بارش منطقه خراسان بزرگ شامل سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی است.

فتاحی و صداقت‌کردار (۱۳۸۶) تاثیر پدیده انسو بر بارش‌های زمستانه ایران را بررسی کرده‌اند. بدین منظور، رابطه فراوانی تیپ‌های هوا با شاخص انسو مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج آنها نشان می‌دهد که تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار مرکزی، پرفشار اروپای شرقی و تلفیق سامانه پرفشار سیبری با پرفشار اروپایی در فاز ال‌نینو فراوانی بیشتری دارد. درحالی‌که تیپ هوای پرفشار سیبری و پرفشار شرقی - شمال شرقی در دوره‌های لائینا بیشتر است.

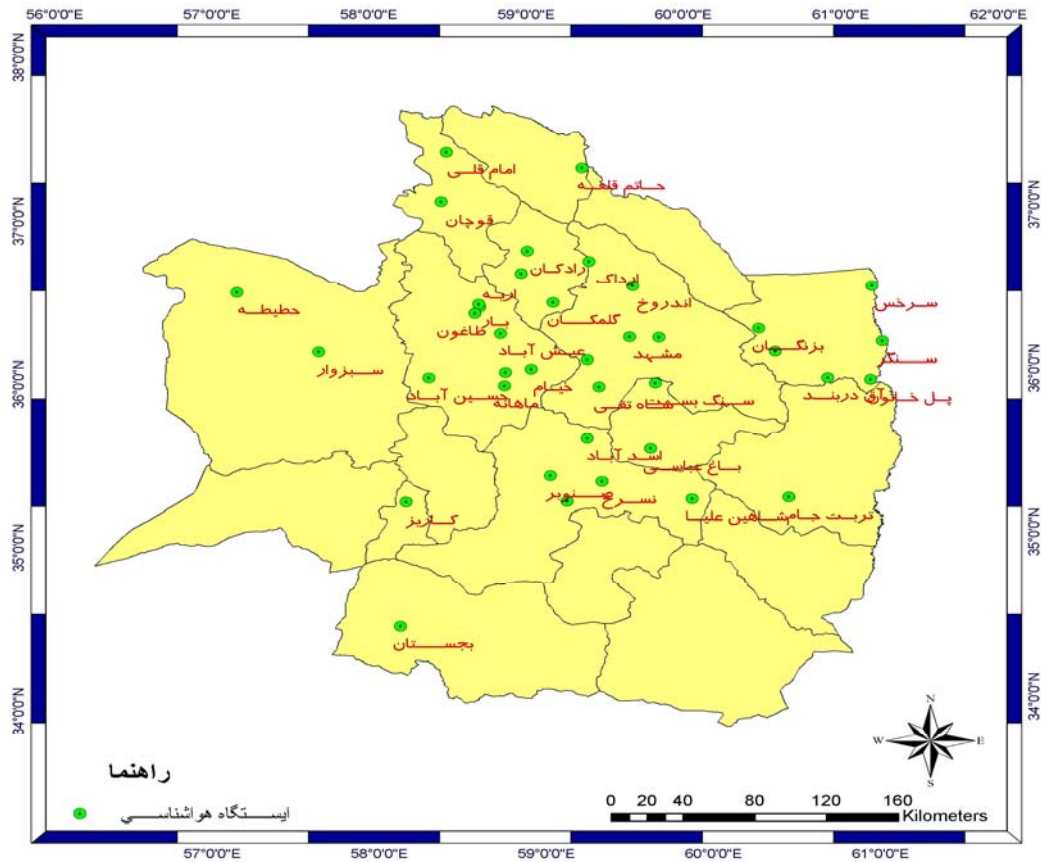
موسوی بایگی و همکاران (۱۳۸۷) تاثیر سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی را بر بارش منطقه خراسان بزرگ شامل سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی بررسی کرده‌اند. نتایج آنها نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار سیگنال‌های اقلیمی نظیر دما و اختلاف دمای سطح دریا بر بارش منطقه خراسان است، به طوری که می‌توان از این سیگنال‌ها در پیش‌بینی بارش منطقه خراسان بزرگ به‌نحو شایسته‌ای استفاده کرد.

در این تحقیق سعی شده است با استفاده از داده‌های فشار و اختلاف فشار سطح دریا بین نقاط شاخصی که بر آب‌وهوای ایران تاثیر گذارند، نقش این سیگنال‌های اقلیمی بر بارش بهاره استان خراسان رضوی مشخص شود.

۲ مواد و روش‌ها

۱-۲ منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در این تحقیق استان خراسان رضوی است. سری زمانی مورد بررسی در این تحقیق، متوسط



شکل ۱. نقشه محدوده مورد بررسی به همراه ایستگاه‌های منتخب.

به‌دست آوردن همبستگی بین سیگنال‌های شاخص با بارش منطقه از دو نرم‌افزار اکسل (EXCEL) و جامپ (JUMP 4) نسخه ۴ استفاده شده است.

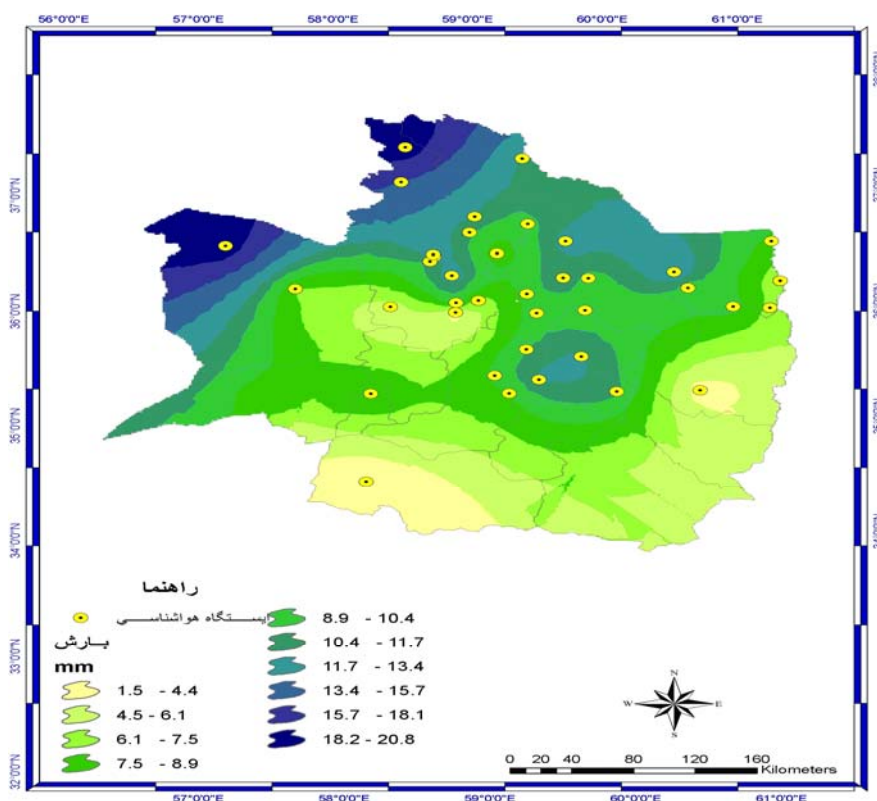
۲-۳ بررسی ارتباط تغییرات فشار سطح دریا با تغییرات بارش منطقه مورد تحقیق

داده‌های فشار سطح دریا از سایت نوا (NOAA) در شبکه با تفکیک افقی $2/5 \times 2/5$ درجه استخراج شده است. به‌منظور بررسی ارتباط تغییرات SLP با بارش در محدوده مورد بررسی، نقاطی به‌منزله نقاط شاخص در مناطق متفاوتی از دریاها مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته که مختصات این نقاط در جدول ۱ نشان داده شده است.

شکل ۲ یک نمونه از نقشه‌های ترسیم شده به روش کریجینگ را برای سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد. به‌این ترتیب اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی موجود، تبدیل به اطلاعات پیوسته در کل سطح منطقه می‌شود و می‌توان با استفاده از نتایج به‌دست آمده، به تحلیل و بررسی مکانی بارش پرداخت.

۲-۲ بررسی ارتباط سیگنال‌های شاخص با بارش

سیگنال‌هایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از: ۱- فشار سطح دریا (SLP, Sea Level Pressure) و ۲- گرادیان فشار سطح دریا (SLP, Sea Level Pressure Gradient). لازم به‌ذکر است برای برقراری آزمون‌های آماری لازم و



شکل ۲. نقشه تحلیل بارش ترسیم شده به روش کریجینگ برای سال ۲۰۰۷.

جدول ۱. نام و مختصات مورد استفاده در تحلیل های فشار سطح دریا.

نام نقاط مورد استفاده	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام نقاط مورد استفاده	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
دریای آدریاتیک	۴۲/۵	۱۵	غرب مدیترانه	۴۰	۵
گرینلند	۶۵	۳۳۰	شرق مدیترانه	۳۵	۳۰
خلیج عدن	۱۲/۵	۴۵	دریای سیاه	۴۵	۳۵
دریای عرب	۲۰	۶۵	مرکز اطلس	۳۰	۳۲۰
آرال	۴۵	۶۰	دریای شمال	۵۵	۵
آزور	۴۰	۳۳۰	اقیانوس هند	۵-۱۵	۶۰-۷۰
جنوب خلیج فارس	۲۵	۵۵	شبکه ایسلند	۵۵-۷۰	۳۰۰-۳۵۰
شمال خلیج فارس	۲۷/۵	۵۰	دریای لابرور	۶۰	۳۱۰
جنوب دریای سرخ	۱۵	۴۰-۴۲/۵	شبکه سوران	۱۵-۲۵	۰-۵۵
شمال دریای سرخ	۲۵	۳۵	دریای عمان	۲۲/۵	۶۵
شمال دریای خزر	۴۵	۵۰	بایکال	۵۵	۱۰۵-۱۰۷/۵
جنوب دریای خزر	۴۰	۵۰	سودان	۱۰	۳۰
سیبری	۵۰	۹۰	شبکه سیبری	۵۰-۶۰	۹۰-۱۳۰

*در جدول فوق، منظور از نقاطی که مختصات آنها با خط فاصله از هم جدا شده‌اند، یک محدوده است. برای مثال، شبکه ایسلند در محدوده ۵۵-۷۰ درجه عرض شمالی و ۳۰۰-۳۵۰ درجه طول جغرافیایی قرار دارد. همان‌طور که می‌دانیم طول جغرافیایی از ۰-۱۸۰ طول شرقی و ۰-۱۸۰ طول غربی تغییر می‌کند که در این مقاله برای پرهیز از واژه طول غربی و شرقی، با توجه به این موضوع که محیط زمین از ۰-۳۶۰ درجه تغییر می‌کند، برای سادگی، محیط زمین با مبدا طول جغرافیایی ۰ درجه به طرف شرق مبنای انتخاب نقاط قرار گرفته است.

۳ نتایج و بحث

محدوده کمتر از ۵ درصد قرار دارد. همچنین همه سیگنال‌ها، همبستگی مثبت با بارش منطقه مورد بررسی داشته‌اند.

۲- یکی از نقاط افتراق سیگنال‌ها را می‌توان در بازه فصلی مورد بررسی مشاهده کرد. برای مثال، فشار سطح دریا در خلیج عدن، جنوب دریای سرخ، دریای شمال و اقیانوس هند در بازه زمانی ژانویه تا مارس دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بوده است، در حالی که سیگنال‌های دیگر در بازه زمانی اکتبر تا مارس دارای همبستگی معنی‌دار با بارش منطقه بوده‌اند. بیشترین همبستگی معنی‌دار مربوط به فشار سطح دریا در اقیانوس هند به میزان ۰/۴۴ در بازه زمانی ژانویه تا مارس و ۰/۴۱ در بازه زمانی اکتبر تا مارس بوده است که هر دو در سطح ۱ درصد معنی‌دارند.

۳- نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که فشار سطح دریا در اقیانوس هند و جنوب دریای سرخ در هر دو بازه زمانی مورد بررسی دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بوده‌اند که این موضوع نقش فشار سطح دریا را در اقیانوس هند و دریای سرخ بر بارش بهاره منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد.

به منظور محاسبه سیگنال‌های SLP برای هر سیگنال ۲ بازه زمانی در هر سال در سری زمانی سیگنال شامل بازه‌های اکتبر تا مارس و ژانویه تا مارس در نظر گرفته شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، چون در این تحقیق، هدف تحلیل وضعیت بارش در بازه آوریل تا ژوئن (فروردین تا خرداد) بوده است، فصل‌بندی سیگنال‌ها طوری انتخاب شده است که فصل‌های بارندگی را شامل نشود. براساس آزمون‌های آماری و ضریب همبستگی بین تغییرات فشار سطح دریا و بارش در منطقه مورد بررسی SLP‌هایی که P-Value آنها کمتر از ۰/۰۵٪ و مقدار ضریب همبستگی آنها در سطح ۰/۰۵٪ از لحاظ آماری معنی‌دار بود، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این بررسی‌ها برای سیگنال‌هایی که ارتباط شاخص تری با بارش منطقه داشته‌اند، در شکل‌های (۳) تا (۱۲) نشان داده شده است. خلاصه مشاهدات اثر فشار سطح دریا در مناطق شاخص نیز در جدول ۲ آورده داده شده است. با مراجعه به جدول ۲ نتایج زیر قابل ذکر است:

۱- مقدار P-value برای همه سیگنال‌های انتخاب شده، در

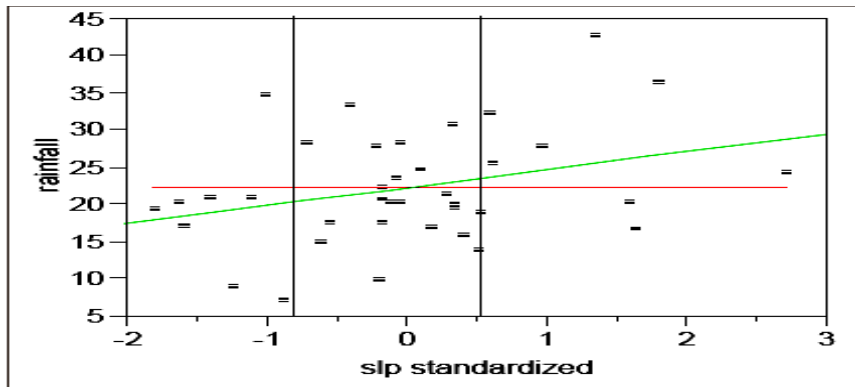
جدول ۲. خلاصه مشاهدات اثر فشار سطح دریا در مناطق شاخص انتخاب شده بر بارش منطقه.

نام نقاط انتخاب شده	فصل	P-Value	ضریب همبستگی	میانگین > بارش	میانگین < بارش
جنوب خلیج فارس	اکتبر تا مارس	۰/۰۵	۰/۳۱	SLP > ۰/۹	SLP < -۱
شمال خلیج فارس	اکتبر تا مارس	۰/۰۵	۰/۳۱	SLP > ۰/۹	SLP < -۰/۵
دریای عمان	اکتبر تا مارس	۰/۰۱	۰/۳۸	SLP > ۰/۸	SLP < -۱
جنوب دریای سرخ	اکتبر تا مارس	۰/۰۳	۰/۳۴	SLP > ۱/۱	SLP < -۰/۶
اقیانوس هند	اکتبر تا مارس	۰/۰۰۸	۰/۴۱	SLP > ۱	SLP < -۰/۵
سودان	اکتبر تا مارس	۰/۰۳	۰/۳۴	SLP > ۱/۵	SLP < -۰/۵
خلیج عدن	ژانویه تا مارس	۰/۰۴	۰/۳۲	SLP > ۰/۸	SLP < -۱
جنوب دریای سرخ	ژانویه تا مارس	۰/۰۲	۰/۳۶	SLP > ۱	SLP < -۱
دریای شمال	ژانویه تا مارس	۰/۰۱	۰/۳۸	SLP > ۱	SLP < -۰/۵
اقیانوس هند	ژانویه تا مارس	۰/۰۰۵	۰/۴۴	SLP > ۰/۵	SLP < -۱

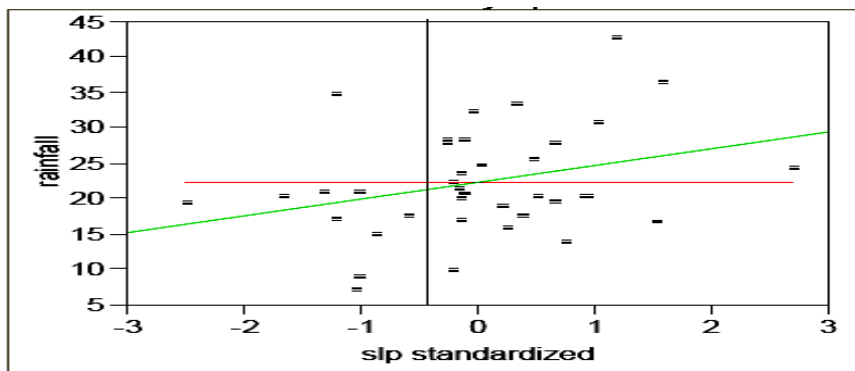
* ستون پنجم و ششم جدول‌های ۲ و ۳ مقادیری را نشان می‌دهند که به ازای آنها بارش بیشتر یا کمتر از میانگین بلندمدت است.

۴- نکته جالب توجه دیگر جدول ۲ این است که به غیر از فشار استاندارد شده سطح دریای شمال، بقیه سیگنال‌ها مربوط به منطقه خاورمیانه در آب‌های دریایی جنوب ایران هستند که این امر نقش این سیگنال‌ها را در تحلیل و پیش‌بینی وضعیت بارش منطقه برای ما آشکار می‌سازد.

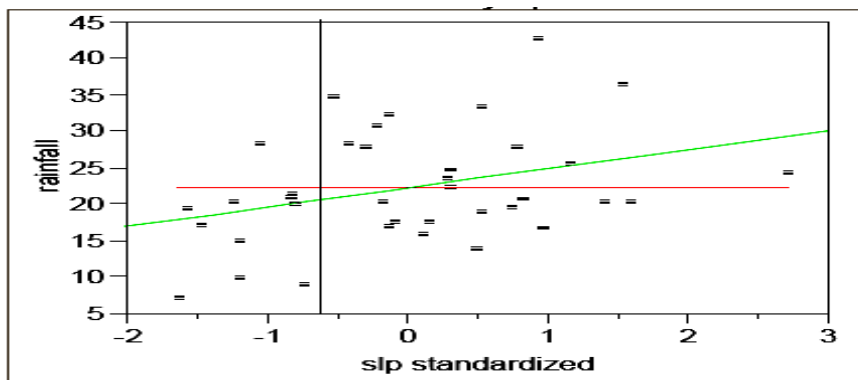
برای مثال، با مراجعه به شکل ۱۰ متوجه می‌شویم در هنگامی که مقدار فشار استاندارد شده سطح دریا کمتر از ۱- بوده است، با کاهش بارش در منطقه مواجه بوده‌ایم، برعکس وقتی مقدار فشار استاندارد شده سطح دریا بیش از ۰/۵ باشد، با افزایش بارش روبه‌رو می‌شویم. همین وضعیت با اندکی تفاوت در شکل ۷ نیز تکرار شده است.



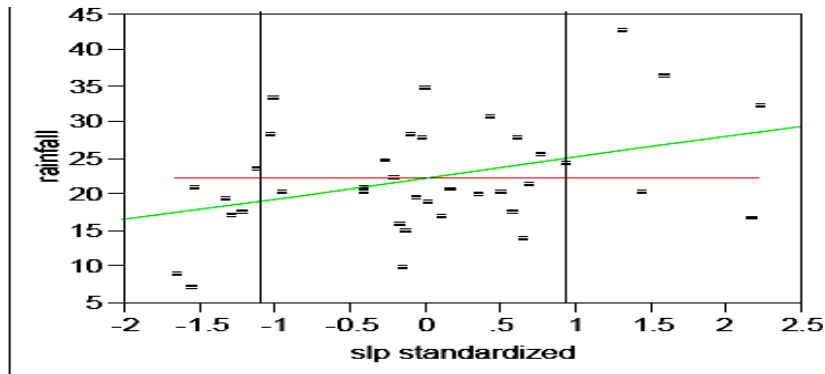
شکل ۳. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس جنوب خلیج فارس.



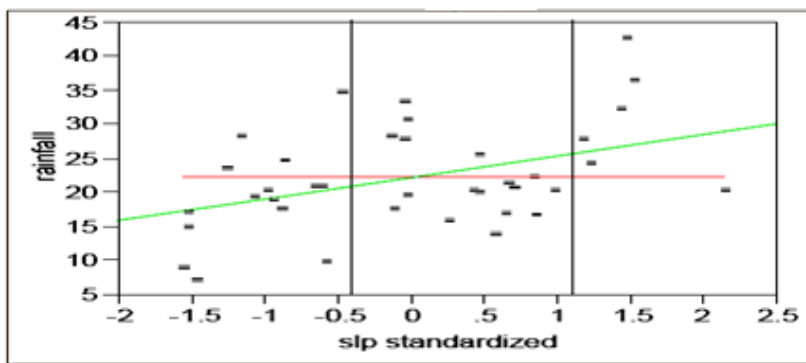
شکل ۴. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس شمال خلیج فارس.



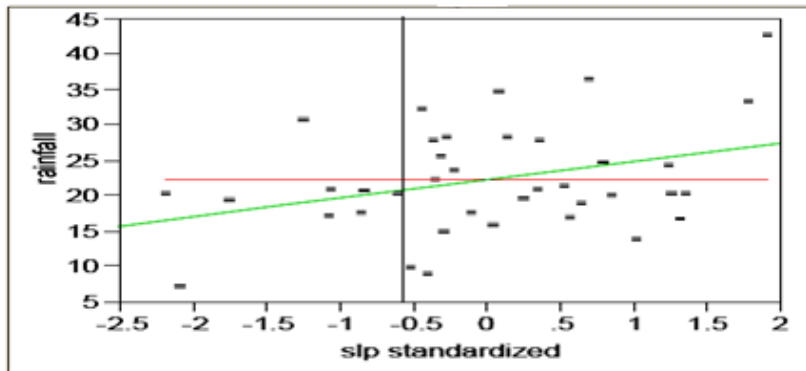
شکل ۵. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس جنوب دریای سرخ.



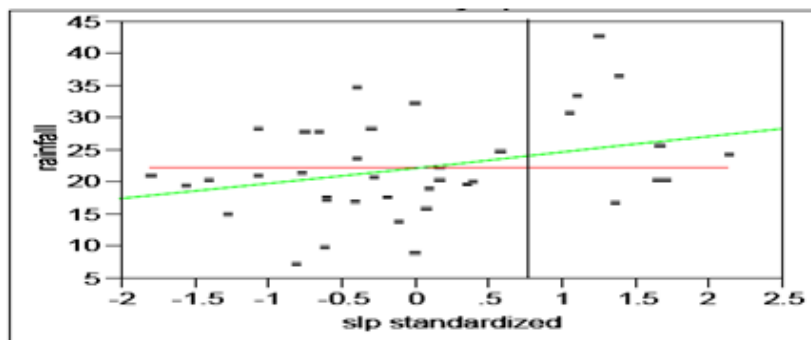
شکل ۶. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس دریای عمان.



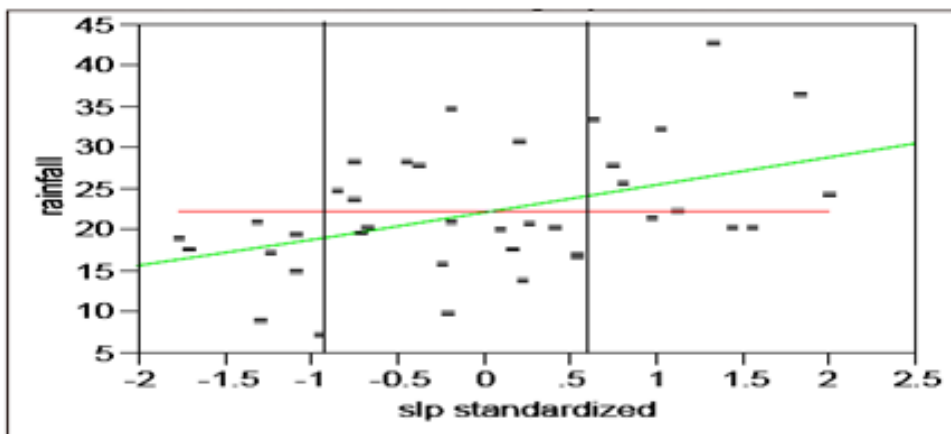
شکل ۷. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس اقیانوس هند.



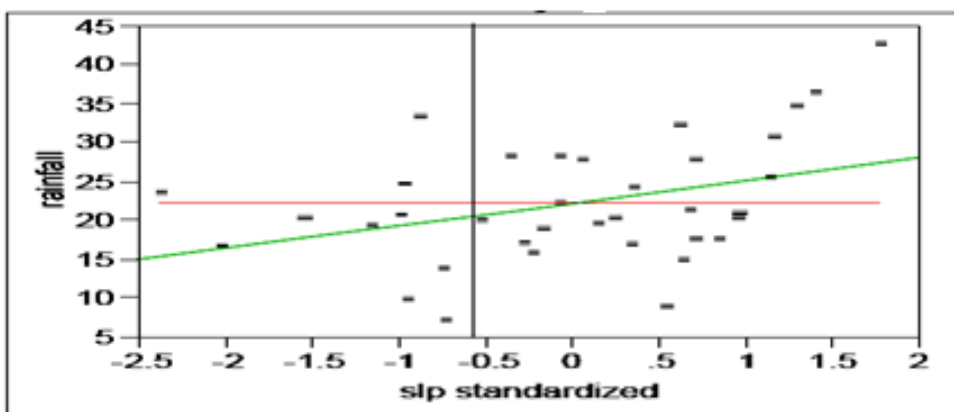
شکل ۸. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس سودان.



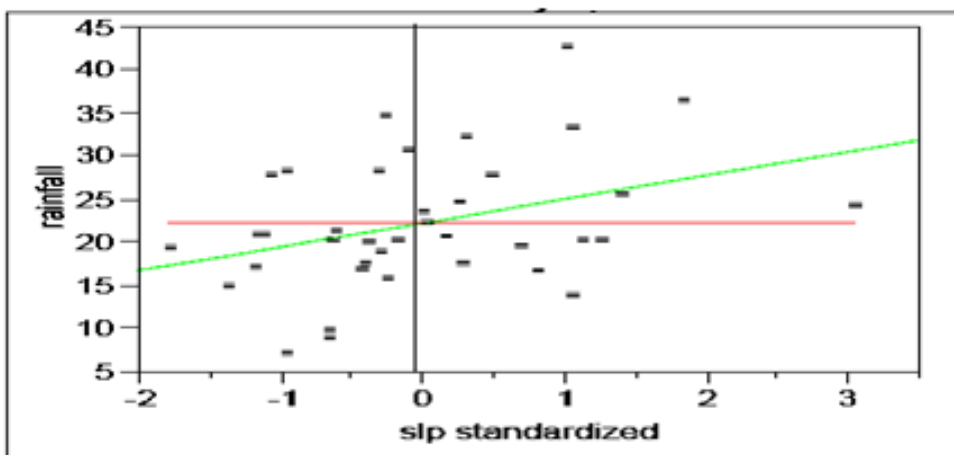
شکل ۹. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس خلیج عدن.



شکل ۱۰. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس اقیانوس هند.



شکل ۱۱. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس دریای شمال.



شکل ۱۲. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس جنوب دریای سرخ.

شده است. با مراجعه به جدول ۳ نتایج زیر قابل ذکر است:

۱- همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، مقدار P-value برای همه سیگنال‌های انتخاب شده در محدوده کمتر از ۵ درصد قرار دارد.

۲- در بازه زمانی اکتبر تا مارس فقط گرادیان‌های فشار بین دریای عرب و دریای لابرادور، شرق دریای مدیترانه و دریای عمان، اقیانوس هند و دریای لابرادور، دریای لابرادور و دریای عمان، شمال دریای خزر و دریای عمان، شمال دریای خزر و سودان، سودان و شبکه سبیری دارای همبستگی معنی‌دار با بارش منطقه است. بیشترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به گرادیان فشار بین شبکه سبیری و سودان به میزان ۰/۳۵ است.

۳- در بازه زمانی ژانویه تا مارس، گرادیان‌های فشار بین دریای عرب و گرینلند، بایکال و دریای عمان، گرینلند و شمال خلیج فارس، ایسلند و دریای عمان، شمال دریای خزر و دریای شمال، جنوب دریای سرخ و سبیری و سبیری و غرب دریای مدیترانه ارتباطی را با وقوع دوره‌های کم‌بارش و پُربارش در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهند و می‌توان از آنها در مدل‌های پیش‌بینی بارش و همچنین تشخیص دوره‌های کم‌بارش و پُربارش و نرمال در منطقه مورد بررسی بهره برد. بیشترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به گرادیان فشار بین دریای عرب و گرینلند به میزان ۰/۴۲ است که در سطح ۱ درصد نیز معنی‌دار بوده است.

۴- برخلاف روابط همبستگی به‌دست آمده برای فشار سطح دریا، ضریب همبستگی برای بیشتر سیگنال‌ها منفی به‌دست آمده است و نشان‌دهنده ارتباط معکوس معنی‌دار بین بارش و گرادیان فشار در بعضی از نقاط شاخص انتخاب شده است.

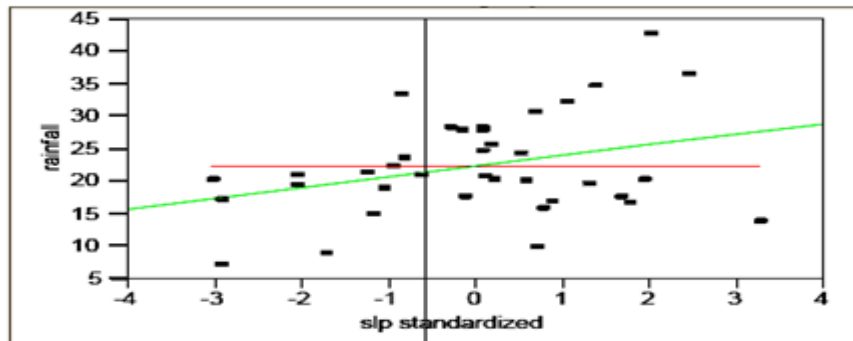
بررسی ارتباط تغییرات گرادیان فشار سطح دریا در نقاط شاخص با تغییرات بارش منطقه مورد تحقیق

در این تحقیق ارتباط تغییرات گرادیان فشار سطح دریا در نقاط شاخص انتخاب شده با تغییرات بارش منطقه نیز بررسی شده است. مانند قبل، به‌منظور بررسی ارتباط گرادیان فشار سطح دریا در نقاط شاخص انتخاب شده با بارش متوسط منطقه مورد تحقیق، دو بازه زمانی اکتبر تا مارس و ژانویه تا مارس در نظر گرفته شده است، تا پوشش زمانی کاملی برای هر سیگنال در نظر گرفته شود.

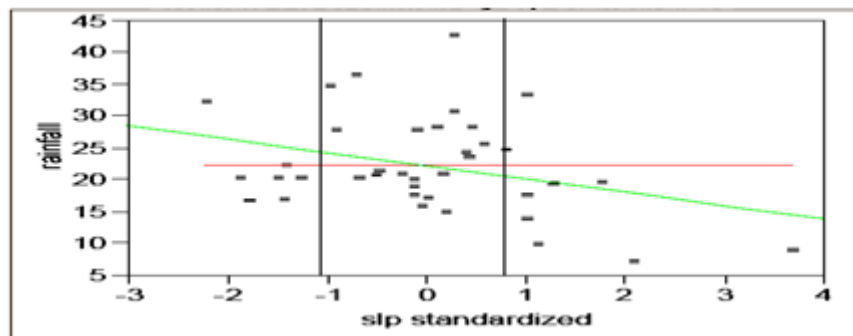
گرادیان فشار بین نقاط ذکر شده در جدول ۱ در بازه‌های زمانی فوق محاسبه شده است و از میان حدود هفتصد سیگنالی که مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند، مناسب‌ترین سیگنال‌ها که براساس آزمون‌های آماری ضریب همبستگی معنی‌دار و P-Value کمتر از ۵٪ داشتند، مشخص شدند. نتایج این بررسی‌ها در شکل‌های ۱۳ تا ۲۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود، تنها اختلاف‌های فشار در بازه زمانی اکتبر تا مارس بین دریای عرب و دریای لابرادور، شرق دریای مدیترانه و دریای عمان، اقیانوس هند و دریای لابرادور، دریای لابرادور و دریای عمان، شمال دریای خزر و دریای عمان، شمال دریای خزر و سودان، سودان و شبکه سبیری و اختلاف فشار در بازه زمانی ژانویه تا مارس بین دریای عرب و گرینلند، بین بایکال و دریای عمان، گرینلند و شمال خلیج فارس، ایسلند و دریای عمان، شمال دریای خزر و دریای شمال، جنوب دریای سرخ و سبیری و سبیری و غرب دریای مدیترانه ارتباطی را با وقوع دوره‌های کم‌بارش و پُربارش در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهند و می‌توان آنها را در پیش‌بینی دوره‌های کم‌بارش و پُربارش در منطقه مورد بررسی به کار برد. خلاصه مشاهدات اثر اختلاف‌های فشار سطح دریا بین نقاط شاخص پُربارش منطقه در جدول ۳ نشان داده

جدول ۳. خلاصه مشاهدات اثر گرادیان‌های فشار معنی‌دار در مناطق شاخص انتخاب شده بر بارش منطقه.

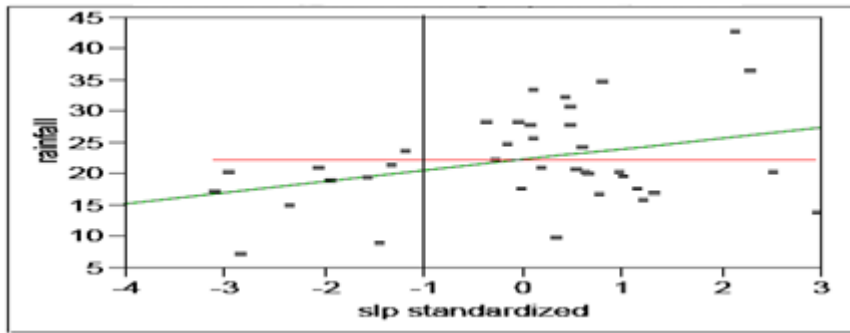
گرادیان فشار	فصل	P-Value	ضریب همبستگی	میانگین > بارش	میانگین < بارش
بین دریای عرب و دریای لابرادور	اکتبر تا مارس	۰/۰۴	۰/۳۲	-	$\Delta SLP < -1$
بین شرق مدیترانه و دریای عمان	اکتبر تا مارس	۰/۰۴	-۰/۳۲	-	$1 < \Delta SLP < -1$
بین اقیانوس هند و دریای لابرادور	اکتبر تا مارس	۰/۰۳	۰/۳۴	-	$\Delta SLP < -1$
بین دریای لابرادور و دریای عمان	اکتبر تا مارس	۰/۰۴	-۰/۳۲	-	$\Delta SLP > 0.2$
بین شمال خزر و دریای عمان	اکتبر تا مارس	۰/۰۴	-۰/۳۲	$\Delta SLP < -1$	$\Delta SLP > -1$
بین شمال خزر و سودان	اکتبر تا مارس	۰/۰۴	-۰/۳۲	-	$\Delta SLP < -1$ $\Delta SLP > 0.5$
بین سودان و شبکه سیبری	اکتبر تا مارس	۰/۰۲	۰/۳۵	-	$\Delta SLP < -0.5$
بین دریای عرب و گرینلند	ژانویه تا مارس	۰/۰۰۸	۰/۴۲	-	$\Delta SLP < 0$
بین بایکال و دریای عمان	ژانویه تا مارس	۰/۰۲	-۰/۳۶	$\Delta SLP < 0$	$\Delta SLP > 0$
بین گرینلند و شمال خلیج فارس	ژانویه تا مارس	۰/۰۳	-۰/۳۳	-	$\Delta SLP > 0$
بین ایسلند و دریای عمان	ژانویه تا مارس	۰/۰۱	-۰/۳۹	-	$\Delta SLP > 0.2$
بین شمال دریای خزر و دریای شمال	ژانویه تا مارس	۰/۰۴	-۰/۳۲	-	$\Delta SLP > -0.2$
بین جنوب دریای سرخ و سیبری	ژانویه تا مارس	۰/۰۲	۰/۳۶	$\Delta SLP > 1$	$\Delta SLP < -0.5$
بین سیبری و غرب دریای مدیترانه	ژانویه تا مارس	۰/۰۴	-۰/۳۳	-	$\Delta SLP > 0$



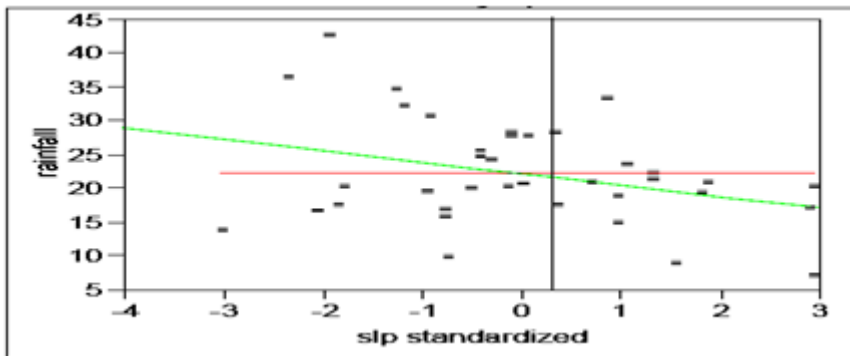
شکل ۱۳. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلی‌متر) نسبت به گرادیان فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس بین دریای عرب و دریای لابرادور.



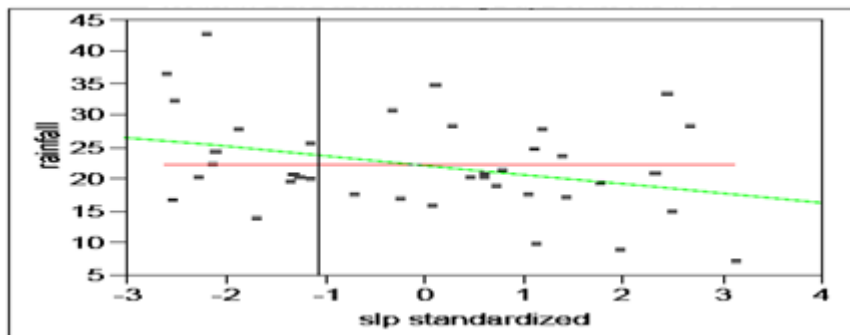
شکل ۱۴. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلی‌متر) نسبت به گرادیان فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس بین شرق دریای مدیترانه و دریای عمان.



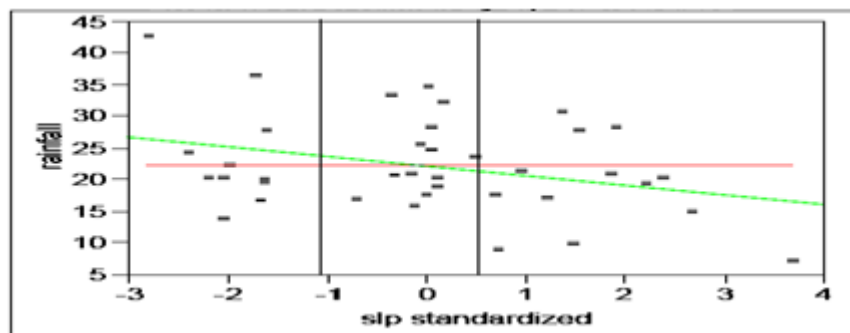
شکل ۱۵. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به گرادیان فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس بین اقیانوس هند و دریای لابرادور.



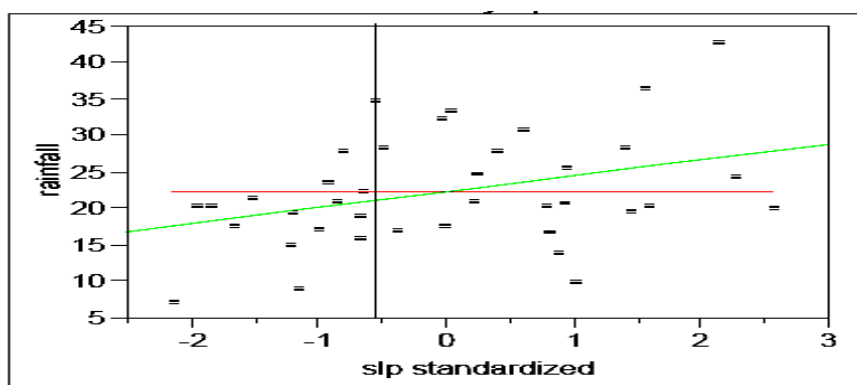
شکل ۱۶. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به گرادیان فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس بین دریای لابرادور و دریای عمان.



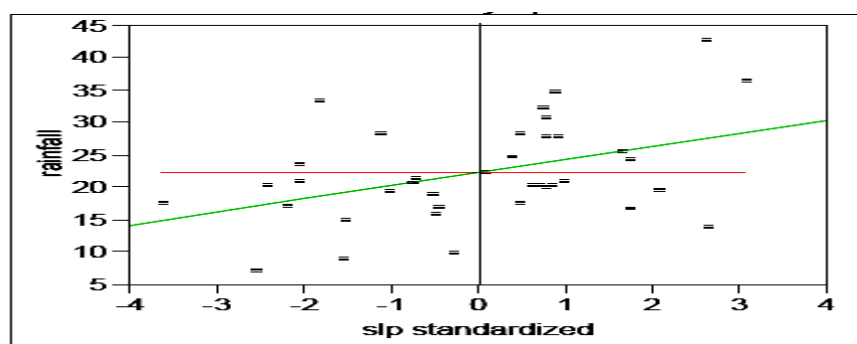
شکل ۱۷. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس بین شمال دریای خزر و دریای عمان.



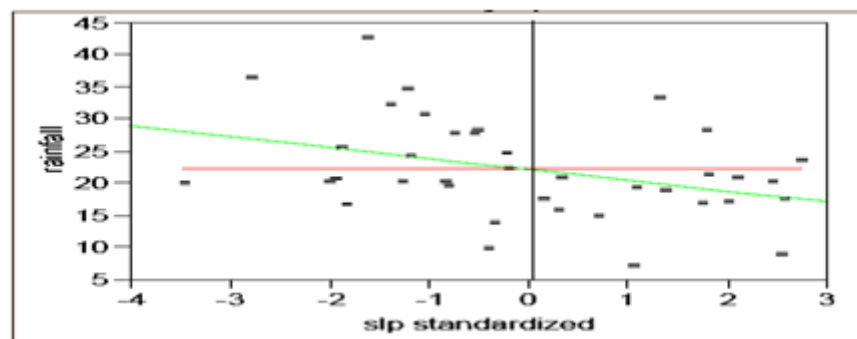
شکل ۱۸. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده اکتبر تا مارس بین شمال دریای خزر و سودان.



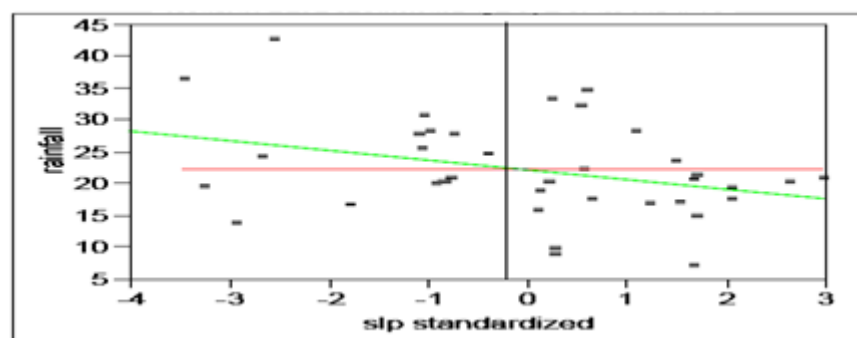
شکل ۱۹. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده اکبر تا مارس بین سودان و شبکه سبیری.



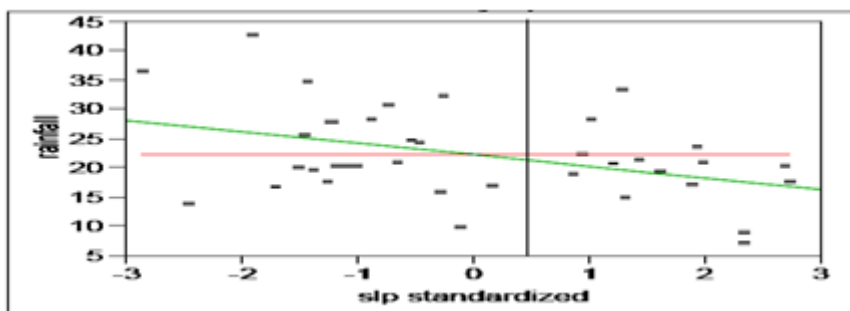
شکل ۲۰. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس بین دریای عرب و گرینلند.



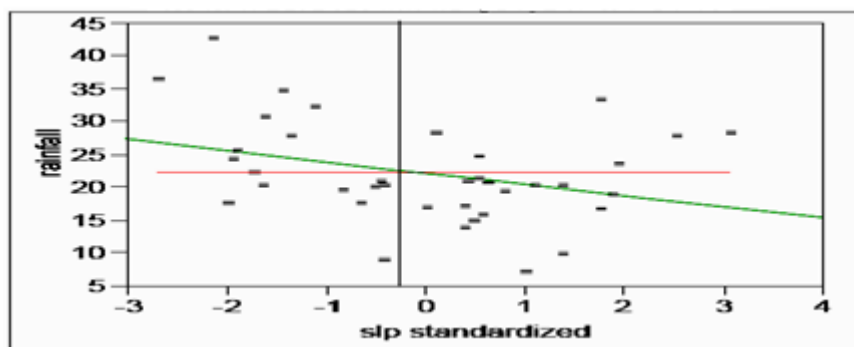
شکل ۲۱. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس بین بایکال و دریای عمان.



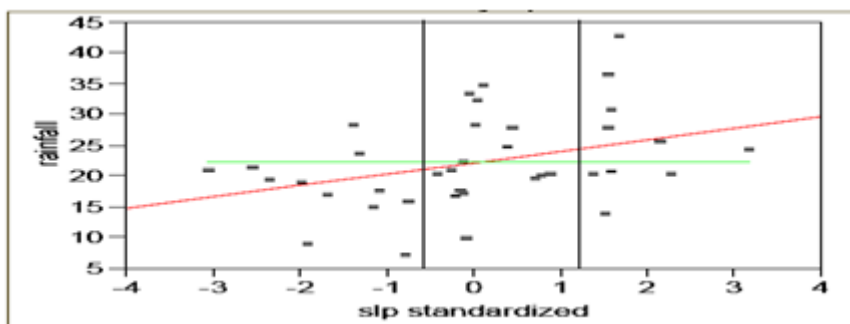
شکل ۲۲. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس بین گرینلند و شمال خلیج فارس.



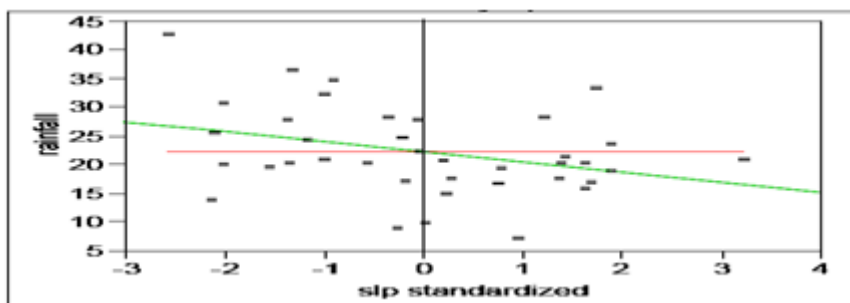
شکل ۲۳. تغییرات بارش فصل بعد (برحسب میلیمتر) نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس ایسلند و دریای عمان.



شکل ۲۴. تغییرات بارش بهاره نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس شمال خزر و دریای شمال.



شکل ۲۵. تغییرات بارش بهاره نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس جنوب دریای سرخ و سیبری.



شکل ۲۶. تغییرات بارش بهاره نسبت به اختلاف فشار استاندارد شده ژانویه تا مارس سیبری و غرب مدیترانه.

۴ نتیجه گیری و جمع بندی نهایی

همان طور که مشاهده می شود، نحوه ارتباط سیگنال های اقلیمی بزرگ مقیاس با بارش متوسط منطقه دارای نوسان های زیادی است. همه سیگنال های فشار سطح دریا با بارش منطقه دارای همبستگی مثبت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند. همچنین با توجه به تحلیل ارتباط سیگنال های مربوط به اختلاف فشار سطح دریا با بارش منطقه، اختلاف فشارهای بین شرق دریای مدیترانه و دریای عمان، دریای لابرادور و دریای عمان، شمال دریای خزر و دریای عمان، شمال دریای خزر و سودان، دریاچه بایکال و دریای عمان، سبیری و غرب دریای مدیترانه همبستگی منفی با بارش منطقه مورد بررسی داشته اند که در این میان، بیشترین همبستگی منفی معنی دار در سطح ۵ درصد مربوط به اختلاف فشار بین ایسلند و دریای عمان به میزان ۰/۳۹- است. همچنین با توجه به تحلیل ارتباط سیگنال های مربوط به اختلاف فشار سطح دریا با بارش منطقه، اختلاف فشارهای بین دریای عرب و لابرادور، اقیانوس هند و لابرادور، سودان و سبیری، دریای عرب و گرینلند و جنوب دریای سرخ و سبیری همبستگی مثبت با بارش منطقه مورد بررسی داشته اند که در این میان، دریای عرب و لابرادور با ضریب همبستگی ۰/۳۲ کمترین و اختلاف فشار بین دریای عرب و گرینلند با ضریب همبستگی ۰/۴۲ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده اند. از مجموع موارد فوق چنین استنباط می شود که سیگنال های شاخص مشخص شده در این تحقیق، توانسته اند الگوی پراکندگی و توزیع بارش بهاره را در سال های مورد بررسی در این تحقیق، توجیه کنند و می توان به طور موفقیت آمیزی، از آنها در حکم پیش بینی کننده در کنار پارامترهای هواشناسی دیگر در پیش بینی دوره های کم بارش و پربارش و نرمال در منطقه مورد بررسی بهره گرفت. برای می توان از این سیگنال ها در مدل های پیش بینی بارش با استفاده از شبکه های عصبی،

منطق فازی، شبکه های عصبی فازی تطبیقی، سری های زمانی و مانند آن در حکم پیش بینی کننده (Predictor) استفاده کرد و کارایی این مدل ها را افزایش داد. این موضوع نقش بسیار تعیین کننده ای در مدیریت و بهره برداری از منابع آب شرب و کشاورزی ایفا می کند و با در نظر گرفتن این پیش بینی ها، می توان سیاست های آینده را در جهت بهینه ساختن صرف هزینه ها و امکانات بهره وری حداکثر، طرح ریزی کرد.

قدردانی

این مقاله بخشی از نتایج طرح پژوهشی 'پیش بینی بارش بهاره استان خراسان رضوی براساس سیگنال های هواشناسی با استفاده از منطق فازی، شبکه های عصبی مصنوعی و شبکه های عصبی تطبیقی' از سوی نگارنده مقاله است. نگارنده مراتب سپاس و قدردانی خود را به دلیل در اختیار قرار گرفتن امکانات لازم برای عملی ساختن این طرح، از مسئولین محترم پژوهشگاه اقلیم شناسی، ابراز می دارند.

منابع

- خوش اخلاق، ف.، ۱۳۷۷، "پدیده انسو و تاثیر آن بر رژیم بارش ایران"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پایانی ۵۱، سال سیزدهم، شماره ۴.
- خورشید دوست، ع.، قویدل رحیمی، ی.، ۱۳۸۵، ارزیابی اثر پدیده انسو بر تغییر پذیری بارش های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چندمتغیره انسو، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، سال سی و هشتم، شماره ۵۷، پاییز ۱۳۸۵، ص ۱۵.
- فتاحی، ا.، صداقت کردار، ع.، ۱۳۸۶، تاثیر پدیده انسو بر بارش های زمستانه ایران، دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳ ص.
- فلاح قاله‌ری، غ.، ۱۳۸۵، پیش بینی بارش فصلی براساس

- Journal of Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, **22**(3), 411-420.
- Mariotti, A., Zeng, N. and Lau, K. M., 2002, Euro-Mediterranean rainfall and ENSO—a seasonally varying relationship, *Geophysical Research Letters*, **29**(12), 1621, doi:10.1029/2001GL014248.
- Nazemosadat, M. J. and Cordery, I., 2000, On the Relationship Between ENSO and Autumn Rainfall in Iran, *Journal of Climatology*, **1**, 47-62.
- Nicholson, S. E. and Selato, J. C., 2000, The Association Between ENSO and Winter Atmospheric Circulation and Temperature in the North Atlantic Region, *Journal of Climate*, **14**, 3408-3420.
- Van Oldenborgh, G. J., Balmaseda, M. A., Ferranti, L., Stockdale, T. N and Anderson, D. L. T., 2005, Did the ECMWF seasonal forecast model outperform, *Statistical ENSO forecast models of Climate*, **18**, 3240-3249.
- Vasquez, D., 2001, The Relationship Between California Rainfall and ENSO Events, *Journal of Climate*, **2**, 1258-1269.
- الگوهای سینوپتیکی با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- فلاح قاهره، غ.، موسوی بایگی، م.، حبیبی نوخندان، م.، ۱۳۸۶، پیش‌بینی بارش فصلی براساس الگوهای سینوپتیکی فشار و اختلاف فشار سطح دریا با استفاده از مدل‌های آماری، *مجله علمی پژوهشی علوم و صنایع کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۲۱، شماره دوم.*
- موسوی بایگی، م.، فلاح قاهره، غ.، حبیبی نوخندان، م.، ۱۳۸۷، بررسی ارتباط نشانه‌های پهن‌مقیاس اقلیمی با بارش خراسان، *مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد پانزدهم، شماره دوم.*
- کارآموز، م.، ۱۳۸۵، پیش‌بینی بلندمدت بارش با استفاده از سیگنال‌های هواشناسی، پروژه شماره ۳۴۲ سازمان هواشناسی کشور.
- موحد دانش، ع.، ۱۳۷۳، "هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران، انتشارات سمت.
- Anupam, K., Ervin, Z. Andras and B. Franz, N., 2005, Prediction of monsoon rainfall for a mesoscale Indian catchment based on stochastic downscaling and objective circulation patterns, *Journal Hydrology and Earth System Sciences*, **2**, 1961-1993.
- Gissila, T., Black, E., Grimes, D. I. F. and Slingo, J. M., 2004, Seasonal forecasting of the Ethiopian summer rains, *International Journal of Climatology*, **24**, 1345 – 1358.
- Haltiner, G. A. and Williams, R. T., 1980, *Numerical prediction and dynamic meteorology*, 2 nd Edition, New York, Wiley & Sons, 447.
- Harzallah, A. and Sadourny, R., 1997, Observed Lead-Lag Relationship Between Indian Summer Monsoon and Some Meteorological Variables, *Clim. Dn*, **13**, 637-648.
- Kim, W. T., Yoo, C. and Hyun, A. J., 2007, Influence of climate variation on seasonal precipitation in the Colorado River Basin,