

## بررسی اثر انسو (ENSO) بر توزیع بارش فصلی ایران در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰

فرهنگ احمدی گیوی<sup>۱\*</sup>، داود پرهیزکار<sup>۲</sup> و سهراب حجاج<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران  
<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

(دریافت: ۸۷،۵۵، پذیرش نهایی: ۸۷،۱۱،۵)

### چکیده

بررسی توزیع بارش فصلی کشور در دهه اخیر، با استفاده از اطلاعات سازمان هواشناسی کشور، نشان از تغییر آن از نظر شدت و بسامد وقوع، نسبت به میانگین بلندمدت سی ساله ۱۹۷۱-۲۰۰۰ دارد. در این مقاله اثر احتمالی ارتباط از دور انسو بر بارش‌های فصلی ایران در این دوره بررسی شده است. داده‌های بارش تجمعی ماهانه و فصلی برای ۴۳ ایستگاه همدیدی از سازمان هواشناسی کشور و داده‌های مربوط به سال‌های فعالیت انسو در فازهای گرم و سرد از مرکز نوا (NOAA) تهیه شده‌اند. ابتدا شش نمونه از شدیدترین سال‌های فعالیت انسو در دوره سی ساله، سه النینو و سه لانتینا، انتخاب و سپس بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی کشور در این فازها (برحسب سال‌های خورشیدی و آبی) صورت گرفته است. به علاوه، ارتباط بین بی‌هنجاری بارش فصلی کل کشور و شاخص نینوی اقیانوسی (هم از نظر علامت و هم از نظر شدت) در این فازها و همچنین میزان همبستگی بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش فصلی ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور در دوره سی ساله، مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی کشور در فازهای متفاوت فعالیت انسو، نشان می‌دهد که در هیچ‌یک از فازها، توزیع بارش فصلی از الگو و روندی خاص تبعیت نمی‌کند. مقایسه بی‌هنجاری‌های بارش فصلی کل کشور و شاخص نینوی اقیانوسی نیز حاکی از آن است که هم علامت و هم شدت بی‌هنجاری‌های بارش در هریک از فازها متفاوت بوده و در سال‌های النینو (یا لانتینا) بررسی شده، هم بی‌هنجاری بارش فصلی مثبت و هم بی‌هنجاری منفی بارش وجود دارد. مقادیر ضرایب همبستگی ضعیف بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش فصلی ۴۳ ایستگاه کشور در دوره سی ساله نیز نتایج فوق را تأیید می‌کند. نتیجه مهم آنکه فقط با تعیین فاز انسو نمی‌توان بی‌هنجاری بارش فصلی، چه از نظر علامت و چه شدت، را پیش‌بینی کرد. علت احتمالی می‌تواند مربوط به برهم‌کنش پیچیده و غیر خطی اثر انسو با دیگر پدیده‌های بزرگ‌مقیاس جوی و اقیانوسی مانند نوسان اطلس شمالی، نوسان ماد-جولین و مانسون باشد.

واژه‌های کلیدی: انسو، ارتباط از دور، النینو، لانتینا، بی‌هنجاری بارش فصلی، شاخص نینوی اقیانوسی

## The study of the ENSO's effect on the seasonal precipitation of Iran in the period 1971-2000

Ahmadi- Givi, F<sup>1</sup>., Parhizkar, D.<sup>2</sup> and Hajjam, S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

<sup>2</sup>Ph. D. Student of Meteorology, Islamic Azad University, Research and Science Branch, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Associate Professor, Islamic Azad University, Research and Science Branch, Tehran, Iran

(Received: 26 July 2008, Accepted: 24 Jan 2009)

### Abstract

An analysis of seasonal rainfall over Iran for a period of 30 years (1971-2000) shows a significant variability in spatial and temporal distributions of rainfall as well as its

frequency and intensity. In this paper, the likely effects of ENSO on the rainfall anomalies are investigated. The accumulated monthly and seasonal rainfalls from 43 synoptic stations are taken through the Islamic Republic of Iran Meteorology Organization (IRIMO) and the ENSO activity years are obtained from NOAA. Three cases of strong cold phase (La-Nina) and three cases of strong warm phase (El-Nino) of ENSO in the period of this study have been selected. Then, the distribution of seasonal rainfall anomalies for these cases is studied. Also, the relation between the seasonal rainfall anomalies and Oceanic Nino Index (ONI), from the sign and magnitude view point, for the selected cases is examined. These investigations have been done for both solar and agriculture (from autumn of one year to the next) years. In addition, the correlation between the ONI and the seasonal rainfall of the 43 stations for the total 30 year period at study is calculated.

The results of the distribution of seasonal rainfall anomalies for the above cases indicate that there is no certain relation between the rainfall anomalies over Iran and the different phases of ENSO activity. The comparison of total seasonal rainfall anomalies over Iran and the ONI anomalies shows that the signs and magnitudes of anomalies in all the cases are significantly inconsistent. For example, both positive and negative seasonal rainfall anomalies exist in the El-Nino years. The weak correlation between the ONI and the seasonal rainfall of the 43 stations for the period of 30 years confirms the above results.

The key result is that it is not possible to predict the sign and magnitude of seasonal rainfall anomalies having the phase of ENSO activity. The possible reason being that ENSO has a complex and nonlinear interaction with other phenomena such as monsoon, North Atlantic Oscillation (NAO), and Madden-Julian Oscillation (MJO).

**Key words:** ENSO, El-Nino, La-Nina, annual rainfall anomalies, Oceanic Nino Index

## ۱ مقدمه

دوره ۱۹۵۱-۱۹۷۱ ارتباط بین انسو و بارش اندونزی و همچنین دمای سطحی دریا و بی‌هنجاری‌های گردش را بررسی کرده است. براساس نتایج او، بی‌هنجاری‌های بارش فصل خشک از نظر فضایی همدوس است و به شدت با دمای سطحی دریا و فاز گرم انسو (النینو) همبستگی دارد. شرایط خشک‌سالی به‌طور معمول در اثنای النینو رخ داده و در این فاز، دمای سطحی آب اطراف اندونزی خنک و گردش واکر نیز ضعیف‌تر است. عکس این روند در فاز سرد انسو صورت می‌گیرد، به‌گونه‌ای که از نظر فضایی بارش ناهمدوس است و همبستگی با دمای سطحی آب وجود ندارد. ونگ و هندن (۲۰۰۷) روشن ساختند که در وقوع النینوی قوی ۱۹۹۷ بارش فصل بهار در دو سوم از شرق استرالیا در حد نرمال بوده، در حالی که همراه با النینوی متوسط ۲۰۰۲ شرایط

انسو پدیده بزرگ‌مقیاس جوئی-اقیانوسی است که در اقیانوس آرام حاره‌ای به وقوع می‌پیوندد. این پدیده که دارای فازهای گرم (النینو) و سرد (لانینا) است، می‌تواند با سازوکار ارتباط از دور بر کمیت‌های جوئی سایر نقاط جهان از قبیل دما، جریان‌ها و گردش‌های محلی و همچنین بارش اثرات متفاوت داشته باشد (برای مثال: راسموسن و کارپنتر، ۱۹۸۲؛ دسر و والاس، ۱۹۹۰؛ نیکل، ۱۹۹۷؛ چمبرز و همکاران، ۱۹۹۹؛ روول، ۲۰۰۱؛ انلو و همکاران، ۲۰۰۴؛ پاور و همکاران، ۲۰۰۶؛ لیم و کیم، ۲۰۰۷؛ اسمیت و همکاران، ۲۰۰۷؛ ونگ و هندن، ۲۰۰۷). برای نمونه، تارتاگلیون و همکاران (۲۰۰۳) روشن ساخته‌اند که النینو سبب تضعیف فعالیت هاریکن و بارش همراه آن در اقیانوس اطلس و دریای کارائیب و لانینا سبب تقویت آن می‌شود. هندن (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های مشاهداتی در

به نسبت خشک وجود داشته است.

کادیوگلو و همکاران (۱۹۹۹) رابطه مثبت و ضعیفی بین بارش ماه دسامبر ترکیه و النینو به دست آورده اند که از نظر مکانی ناهمگن است. در اثنای وقوع النینو، در شمال غرب ترکیه افزایش بارش و در مناطق مرکزی و شرق آن کاهش بارش دیده می شود. به علاوه آنها روشن ساخته اند که این ارتباط از نظر زمانی نیز متغیر است، به گونه ای که در دوره ۱۹۳۱-۱۹۶۰ همبستگی منفی و در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ همبستگی مثبت بین بارش و رخداد النینو به چشم می خورد. پاگانو و همکاران (۲۰۰۳) در مرور اقلیم شناسی- آب شناسی خاورمیانه و ارتباط از دور فصلی، نتیجه گرفته اند که وقوع النینو، نشانه ای از ایجاد وضعیت جوئی مرطوب تر از شرایط نرمال در فصل های پاییز و زمستان در منطقه خاورمیانه است. البته این نشانه از نظر زمانی ناپایدار و دارای تغییرات دهه ای قابل توجهی است. آنها با بررسی و مقایسه پژوهش های صورت گرفته در این زمینه اظهار می دارند که نه توافقی عام درباره آغاز و پایان کلی این دوره های اقلیمی و نه توصیفی از دلایل فیزیکی این تغییر پذیری دهه ای وجود دارد. نتایج حاکی از آن است که نشانه میان سالانه النینو در خاورمیانه ممکن است گذرا و پیش بینی آن دشوار باشد.

لیم و کیم (۲۰۰۷) با بررسی اثرات انسو بر تحولات فضایی و زمانی بارش و کمیت های همدیدی مرتبط با مانسون تابستانی آسیایی به این نتیجه رسیده اند که مانسون به شکل پیچیده ای به فازهای متفاوت انسو پاسخ می دهد. این پاسخ به عواملی چون مرحله مانسون (آغازین یا بلوغ)، بی هنجاری گردش واکر، بی هنجاری گردش هادلی و فشار سطحی دریا در غرب اقیانوس آرام بستگی دارد. طبق نتایج آنها، بی هنجاری بارش مشاهده شده همراه با مانسون تابستانی آسیایی را نمی توان فقط متأثر از فازهای متفاوت انسو در نظر گرفت، بلکه این پدیده، با دیگر عوامل جوئی و اقیانوسی ارتباط دارد.

در ایران نیز پژوهش هایی در ارتباط با اثر انسو و کمیت های اقلیمی دما و به ویژه بارش در نقاط گوناگون کشور صورت گرفته است. این پژوهش ها عمدتاً به بررسی همبستگی های آماری بین بارش نقاط مورد نظر با شاخص های انسو پرداخته اند و نتایج آنها در بسیاری موارد، همبستگی های معنی دار نشان می دهد. برای مثال، نتایج پژوهش قوی دل رحیمی (۱۳۸۴)، حاکی از آن است که رخداد النینو (لانیئا) باعث افزایش (کاهش) بارش فصل بهار در آذربایجان شرقی می شود. غیور و خسروی (۱۳۸۰) نیز روشن ساخته اند که میزان بارش جنوب شرق ایران در فصل پاییز، در اثنای فاز گرم انسو (النینو) به طور معنی داری بیشتر از شرایط عادی و فاز سرد آن (لانیئا) است. به عکس در فصل تابستان، رخداد النینو شرایط خشک و لانیئا شرایط پرباران و مرطوب تر از معمول در منطقه مورد بررسی، به همراه دارد.

ناظم السادات و کوردری (b, ۲۰۰۰a) با بررسی اثر انسو در بارش های فصل سرد (پاییز و زمستان) ایران، افزایش بارش پاییزی در اثنای النینو شناسایی کرده اند. مقدار میانگین همبستگی های متوالی محاسبه شده در کار آنها بین شاخص نوسان جنوبی (SOI) و بارش فصل پاییز حدود منهای ۰٫۲ است. بیشینه مقدار این همبستگی در شمال غرب و مناطق مرکزی به منهای ۰٫۶ و در مجاورت دریای خزر به منهای ۰٫۴ می رسد. این همبستگی با زمان، به ویژه در دوره های قبل، ناپایدار است. با ورود به زمستان، نشانه النینو ضعیف می شود و بارش زمستانی کمتر از معمول در سواحل غربی دریای خزر در زمان النینو رخ می دهد. براساس نتایج آنها، همبستگی قوی تری در لانیئا نسبت به النینو در مقیاس دهه ای دیده می شود. در پژوهشی دیگر، ناظم السادات (۱۳۸۵) با بررسی تاثیر انسو بر آب دهی پنج رودخانه در استان فارس به این نتیجه رسیده است که احتمال وقوع خشک سالی (ترسالی) در دوره النینو کمتر (بیشتر) و در دوره لانیئا بیشتر (کمتر) از دوره

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis> )

به طور کلی براساس نتایج فوق، انتظار می‌رود که فازهای متفاوت فعالیت انسو در توزیع بارش فصلی ایران اثر داشته باشد. البته باید توجه داشت، از آنجا که انسو پدیده‌ای در مقیاس سیاره‌ای و بارش پدیده‌ای در مقیاس بسیار کوچک‌تر و متأثر از عوامل گوناگون، مانند عوامل محلی است، باید در تحلیل نتایج حاصل از بررسی همبستگی‌های آماری بسیار دقت کرد. در این راستا، مقاله حاضر به بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی ایران در شش مورد از سال‌های فعالیت شدید انسو در دوره سی ساله به صورت فازهای گرم و سرد می‌پردازد. لازم به ذکر است که این مقاله به عرضه نتایج بررسی آماری یک پژوهش جامع در ارتباط با عنوان مقاله اختصاص دارد. نتایج مرحله بعدی پژوهش که به بررسی چگونگی ارتباط انسو با توزیع بارش فصلی کشور از دیدگاه‌های همدیدی، دینامیکی و اقلیمی مربوط است، در مقاله دیگر مطرح خواهد شد.

نمونه‌های انتخاب شده فازهای گرم و سرد، دارای بیشترین بی‌هنجاری‌ها (بیش از ۱۵ درجه سلسیوس) بوده‌اند. به عبارت دیگر قویترین النینو و لانیناهای موجود در دوره، انتخاب شده است. انتخاب این فازها با توجه به رخداد پی‌درپی نوعی بی‌هنجاری، دست کم برای پنج ماه متوالی است. فاز خنثی به شرایطی گفته می‌شود که مقدار شاخص نینوی اقیانوسی بین منهای ۰٫۵ تا مثبت ۰٫۵ درجه سلسیوس در نوسان باشد.

جدول ۱. سال‌های انسوی انتخابی در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰.

ردیف	سال	فاز گرم (النینو)	فاز سرد (لانینا)
۱	۱۹۷۲	*	
۲	۱۹۷۳		*
۳	۱۹۷۵		*
۴	۱۹۸۲	*	
۵	۱۹۸۸		*
۶	۱۹۹۷	*	

## ۲-۳ روش کار

در این بررسی، ابتدا مقدار هنجار (میانگین سی ساله) بارش

هنجار (فاز خنثی) است.

به طور کلی براساس نتایج فوق، انتظار می‌رود که فازهای متفاوت فعالیت انسو در توزیع بارش فصلی ایران اثر داشته باشد. البته باید توجه داشت، از آنجا که انسو پدیده‌ای در مقیاس سیاره‌ای و بارش پدیده‌ای در مقیاس بسیار کوچک‌تر و متأثر از عوامل گوناگون، مانند عوامل محلی است، باید در تحلیل نتایج حاصل از بررسی همبستگی‌های آماری بسیار دقت کرد. در این راستا، مقاله حاضر به بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی ایران در شش مورد از سال‌های فعالیت شدید انسو در دوره سی ساله به صورت فازهای گرم و سرد می‌پردازد. لازم به ذکر است که این مقاله به عرضه نتایج بررسی آماری یک پژوهش جامع در ارتباط با عنوان مقاله اختصاص دارد. نتایج مرحله بعدی پژوهش که به بررسی چگونگی ارتباط انسو با توزیع بارش فصلی کشور از دیدگاه‌های همدیدی، دینامیکی و اقلیمی مربوط است، در مقاله دیگر مطرح خواهد شد.

## ۲ داده‌ها و روش کار

### ۱-۲ داده‌های بارش

در این بررسی، دوره سی ساله از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ میلادی در حکم مبنای تحقیق انتخاب شده است. داده‌های مورد نیاز از پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور به دست آمده است. این داده‌ها شامل بارش تجمعی ماهانه ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور است که از سال ۱۹۷۱ آمار داشته‌اند. از این ۴۳ ایستگاه، ۲۷ ایستگاه دارای آمار کامل سی ساله بوده‌اند و ۱۶ ایستگاه دیگر کمبودهای آماری متفاوت داشته‌اند که با استفاده از نرم‌افزار CurveExpert داده‌های آنها بازسازی و تکمیل شده است.

### ۲-۲ انتخاب فازهای متفاوت انسو

با استفاده از پایگاه اینترنتی نوآ (NOAA)

فصل بیشتر از ۴۰ درصد و در نیمه شرقی کشور کمتر از ۲۰ درصد بارش سالانه است. در سواحل دریای خزر و استان خوزستان، سهم بارش پاییزی بیش از ۴۰ درصد است که بیشترین سهم در سطح کشور است. سهم بارش این فصل در شمال غرب کشور ۲۰ تا ۳۰ درصد از بارش سالانه است که نسبت به جنوب غرب بسیار کمتر است.

با توجه به سهم بارش‌های زمستانی از بارش سالانه در شکل ۱-ب، دیده می‌شود که در نیمه جنوبی کشور، بیش از ۵۰ درصد بارش سالانه در فصل زمستان رخ داده است؛ در حالی که بارش این فصل در نوار شمالی کشور، به‌ویژه شمال غرب، کمتر از ۳۰ درصد میزان سالانه است. مناطق جنوب و جنوب شرق کشور با دریافت بیش از ۶۵ درصد بارش سالانه در این فصل، دارای بیشترین بارش فصلی است و این سهم بیش از دو برابر سهم بارش فصلی در شمال غرب کشور است.

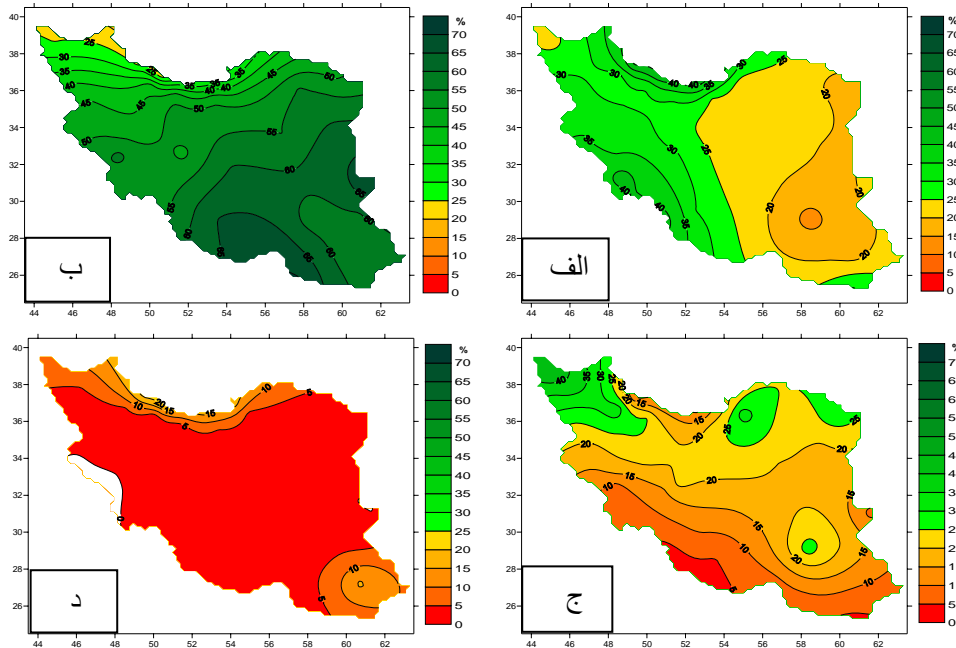
در فصل بهار (شکل ۱-ج)، بیشترین سهم بارش فصلی از بارش سالانه در مناطق گوناگون کشور مربوط به شمال غرب با میزان بیش از ۴۰ درصد است. در حالی که

فصلی هر ایستگاه، در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ محاسبه شده، سپس بی‌هنجاری آن در سال‌های انسو انتخابی به‌دست آمده است. این کار هم برای سال‌های خورشیدی و هم سال‌های آبی صورت گرفته است. از آنجا که بارش، کمیتی گسسته است و از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌تواند دارای تغییرات بسیار باشد، برای مقایسه بی‌هنجاری‌ها با یکدیگر، به‌جای خود بی‌هنجاری‌ها از مقدار بی‌تعدد شده آنها استفاده شده است. در ادامه، تغییرات شاخص نینوی اقیانوسی و بارش فصلی کل کشور در نموداری مقایسه و مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین میزان همبستگی بین دمای سطح آب در اقیانوس آرام حاره‌ای و بارش فصلی ایران در دوره پیش‌گفته نیز محاسبه و تحلیل شده است.

### ۳ نتایج

#### ۱-۳ وضعیت هنجار

شکل ۱-الف نشان‌دهنده سهم بارش‌های پاییزی ایران از بارش سالانه آن است. در نیمه غربی کشور، سهم این



شکل ۱. توزیع بارش فصلی به‌صورت درصد از بارش سالانه: الف) پاییز، ب) زمستان، ج) بهار و د) تابستان.

## الف) فاز گرم انسو (سال‌های النینو)

شکل ۲ بی‌هنجاری بارش فصل زمستان در مناطق گوناگون کشور در سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۸۲ و ۱۹۹۷ که قوی‌ترین النینوها حضور داشته‌اند را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۲ تقریباً همه بخش‌های کشور از بارش فصلی در حد هنجار و یا بیشتر برخوردار بوده‌اند. این درحالی‌است که در ۱۹۹۷، خشکی فصلی گسترده‌ای در مرکز، شمال، شمال شرق و شرق کشور اتفاق افتاده است. نکته مشترک در بارش فصل زمستان این سه سال، آن است که در نوار جنوبی کشور بارش بیش از مقدار هنجار بوده است.

در شکل ۳ بی‌هنجاری بارش فصلی برای بهار سال‌های النینوی شدید نشان داده شده است. در بهار ۱۹۷۲، تقریباً در همه نقاط کشور بارش در حد هنجار یا بیش از آن رخ داده است؛ حال آنکه در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۹۷، بخش‌های زیادی از کشور دچار کم‌بارشی بوده‌اند. نکته قابل توجه آن است که در این فصل از سه سال فوق، نه فقط الگوی توزیع بارش در نقاط گوناگون کشور مشابه یکدیگر نیستند، بلکه در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۹۷ توزیع تقریباً متضادی دیده می‌شود.

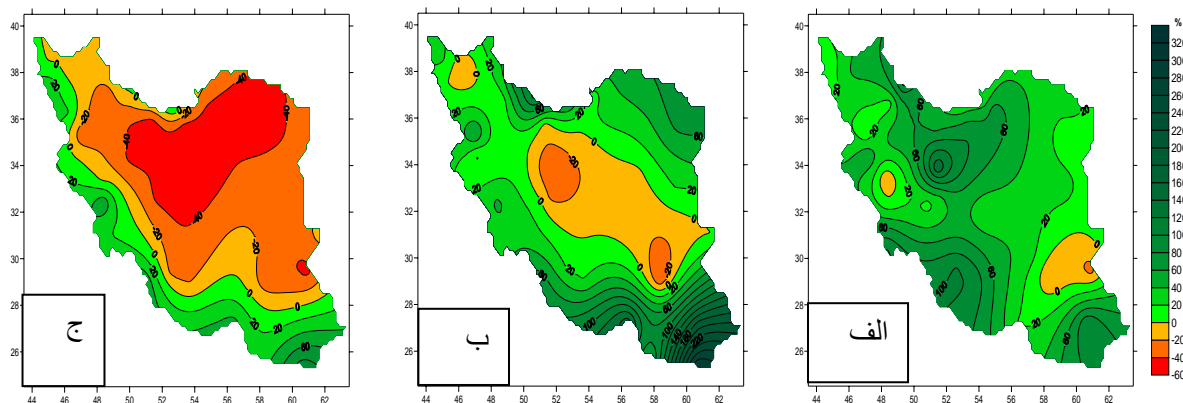
در جنوب غرب کشور این سهم کمتر از ۵ درصد است. به‌طور کلی، نیمه جنوبی کشور کمترین و نیمه شمالی بیشترین سهم بارش این فصل از مقدار سالانه را دارند. نکته قابل توجه، سهم اندک در سواحل دریای خزر است که در بعضی نقاط کمتر از ۱۵ درصد است.

مطابق شکل ۱-د که مربوط به سهم بارش‌های تابستانی از بارش سالانه است، سهم بارش فصلی در بیشتر مناطق کشور کمتر از ۵ درصد است. در جنوب شرق کشور این سهم بیش از ۱۰ درصد و در سواحل دریای خزر بیش از ۲۰ درصد است. نکته حائز اهمیت، سهم بارش‌های تابستانی در جنوب شرق کشور است که به‌خوبی آشکار است.

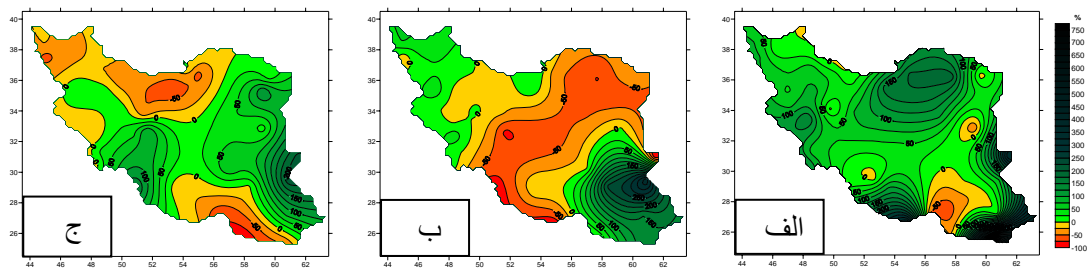
## ۲-۳ وضعیت بی‌هنجار

از آنجا که معمولاً موضوع خشک‌سالی و ترسالی مناطق کشور در طی یک سال آبی در نظر گرفته می‌شود، در این بخش، نتایج بررسی برای سال خورشیدی و سال آبی (پاییز یک سال تا پاییز سال دیگر) به‌طور جداگانه عرضه و با یکدیگر مقایسه می‌شود.

## ۱-۲-۳ سال خورشیدی



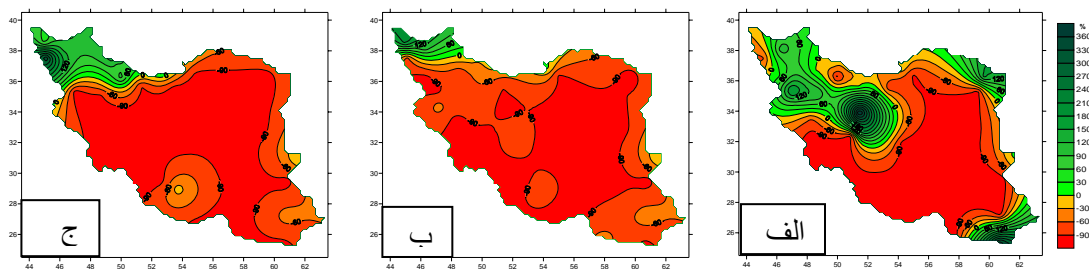
شکل ۲. بی‌هنجاری بارش فصل زمستان در مناطق گوناگون کشور در سال‌های: الف) ۱۹۷۲، ب) ۱۹۸۲ و ج) ۱۹۹۷.



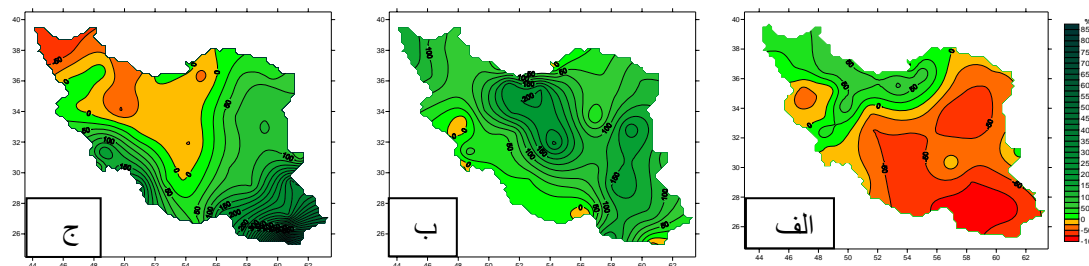
شکل ۳. مشابه شکل ۲ ولی برای فصل بهار.

در شکل ۵ بی‌هنجاری بارش در فصل پاییز برای سال‌های النینوی شدید نشان داده شده است. مطابق شکل، بارش پاییزی در ۱۹۸۲ تقریباً در بیشتر نقاط کشور بیش از حد هنجار رخ داده است، در حالی که در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۹۷ بخش‌های قابل توجهی از کشور دچار کم‌بارشی بوده‌اند. نکته حائز اهمیت در این شکل، تفاوت عمده در توزیع بارش در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۹۷ است. با توجه به شکل‌های ۲ و ۵ مشاهده می‌شود که توزیع بارش در فصل‌های زمستان و پاییز سه سال مورد بررسی، به‌ویژه در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۷، بسیار متفاوت بوده است و با نتایج ناظم‌السادات و کوردری (۲۰۰۰a, b) همخوانی ندارد.

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، بارش‌های تابستانی در مناطق گوناگون کشور، به استثنای سواحل دریای خزر و جنوب شرق، سهم بسیار کوچکی در بارش سالانه دارند. از این رو ممکن است چندان حائز اهمیت نباشند. بی‌هنجاری بارش فصل تابستان برای سال‌های النینوی مورد نظر در شکل ۴ آورده شده است. مقایسه بی‌هنجاری بارش فصلی در این سه سال، تفاوت‌هایی را در توزیع نشان می‌دهد که مهم‌ترین آن مربوط به بارش‌های جنوب شرق کشور است که در ۱۹۷۲، بارش فصلی بیش از حد هنجار و در دو سال دیگر، کمتر از مقدار هنجار است. در شمال غرب کشور، تقریباً توزیع همگنی اتفاق افتاده است.



شکل ۴. مشابه شکل ۲ ولی برای فصل تابستان.



شکل ۵. مشابه شکل ۳ ولی برای فصل پاییز.

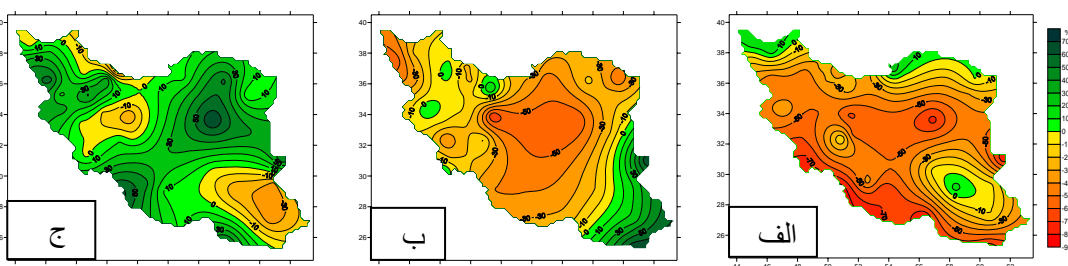
(ب) فاز سرد انسو (سال‌های لائینا)

بی‌هنجاری بارش در فصل زمستان برای سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۷۵ و ۱۹۸۸ که قوی‌ترین لائیناها در دوره مورد بررسی در آنها رخ داده است، در شکل ۶ آورده شده است. نکته مهم در بی‌هنجاری بارش فصلی در این سه سال، نبود الگوی مشابه از توزیع بی‌هنجاری‌ها است. با توجه به شکل، در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۵ بخش وسیعی از کشور دچار کم‌بارشی بوده ولی در ۱۹۸۸، فقط در بخش کوچکی از جنوب شرق و مرکز کشور کم‌بارشی، آن هم با شدت کم، اتفاق افتاده است.

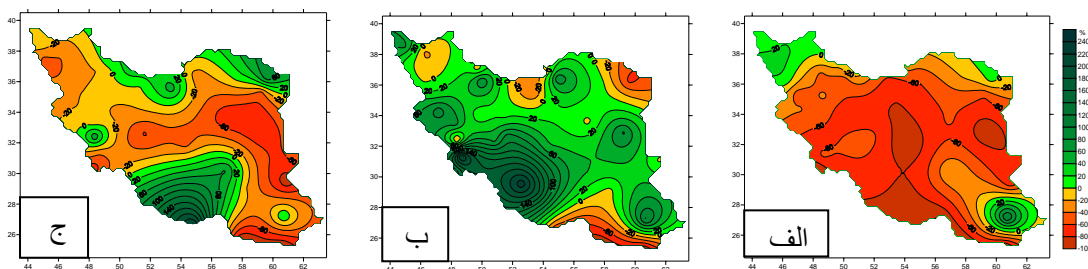
شکل ۷ توزیع بی‌هنجاری بارش در فصل بهار در

نقاط گوناگون کشور برای سال‌های لائینای مورد بررسی را نشان می‌دهد. مطابق شکل، کم‌بارشی فصل بهار ۱۹۷۳ شدیدتر از دو سال دیگر است. در ۱۹۷۵ پربارشی در بیشتر نقاط کشور رخ داده و در ۱۹۸۸، کم‌بارشی و پربارشی توأم بوده است.

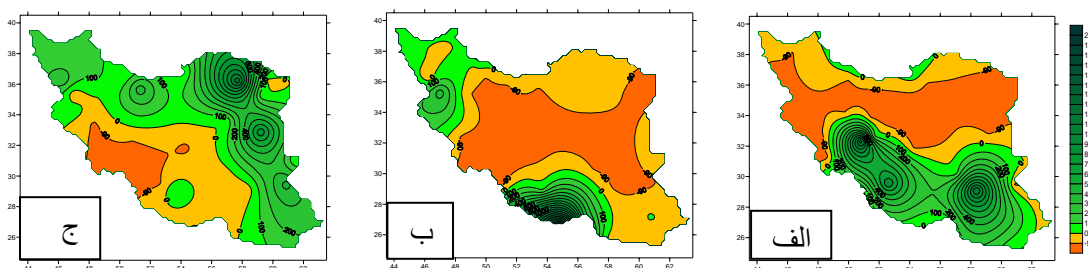
در شکل ۸ توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی تابستان برای سال‌های لائینای شدید آورده شده است. در مقایسه شکل‌های مربوط به سه سال متفاوت نیز الگوی مشابهی دیده نمی‌شود. تنها نکته قابل ملاحظه، شدت پربارشی در نقاط گوناگون کشور است که در هر سه سال بسیار شدید است. البته باید توجه داشت همان‌طور که در قبل ذکر شد، سهم بارش تابستانی از بارش سالانه بسیار کم است.



شکل ۶. بی‌هنجاری بارش فصل زمستان در مناطق گوناگون کشور در سالهای: الف) ۱۹۷۳، ب) ۱۹۷۵ و ج) ۱۹۸۸.



شکل ۷. مشابه شکل ۶ ولی برای فصل بهار.



شکل ۸. مشابه شکل ۶ ولی برای فصل تابستان.



موضوع به نوعی روند تغییرات در سال آبی را تداعی می‌کند. از این رو در این بخش، بی‌هنجاری‌های فصلی در سال‌های آبی معادل سال‌های میلادی فوق نیز بررسی می‌شود.

#### الف) سال‌های النینو

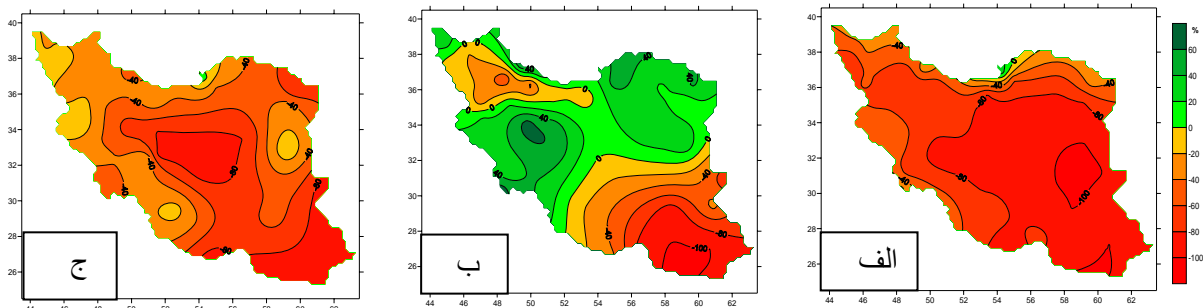
بی‌هنجاری بارش فصلی در پاییز سال‌های النینو (۱۹۷۲)، ۱۹۸۲ و ۱۹۹۷) در شکل ۵ آورده شد و مورد بررسی قرار گرفت. ادامه این بی‌هنجاری‌ها که مربوط به زمستان سال میلادی بعدی است (سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۸۳ و ۱۹۹۸)، در شکل ۱۰ آورده شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که در زمستان سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۸۳، با آنکه شاخص نینوی اقیانوسی مقادیر مثبت بالایی داشته است، کم‌بارشی فراگیر در کشور رخ داده است.

در شکل ۱۱ بی‌هنجاری بارش فصل بهار در سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۸۳ و ۱۹۹۸ نشان داده شده است. در بین این سه سال، در بهار ۱۹۸۳ همچنان شاهد شرایط النینو، البته با شدت کمتر، بوده‌ایم ولی در بهار دو سال دیگر شرایط از این فاز خارج شده است. نکته دیگر آن که در این فصل، هیچ الگوی مشابهی دیده نمی‌شود. در بی‌هنجاری بارش فصل تابستان در سال‌های فوق نیز الگوی مشابهی به چشم نمی‌خورد (شکل ۱۲).

شکل ۹ نشان‌دهنده توزیع بی‌هنجاری بارش در فصل پاییز برای سه سال لائینا است. با توجه به شکل، بی‌هنجاری بارش مشابهی در جنوب شرق کشور در هر سه سال دیده می‌شود. در ۱۹۷۵ که ضعیف‌ترین لائینا در بین سه مورد رخ داده است، به جز جنوب شرق کشور، در دیگر نقاط، میزان بارش در حد هنجار یا بالاتر است. شدیدترین و گسترده‌ترین کم‌بارشی مربوط به قوی‌ترین لائینا یعنی ۱۹۷۳ است. نتیجه‌ای که می‌توان از مقایسه توزیع بارش فصلی در سال‌های النینو و لائینای مورد بررسی گرفت، نبود الگو و روند خاص در بی‌هنجاری‌های بارش کشور در این سال‌ها است که با نتایج ناظم السادات و کوردی (b, ۲۰۰۰a) و پاگانو و همکاران (۲۰۰۳) تفاوت دارد.

#### ۳-۲-۲ سال آبی

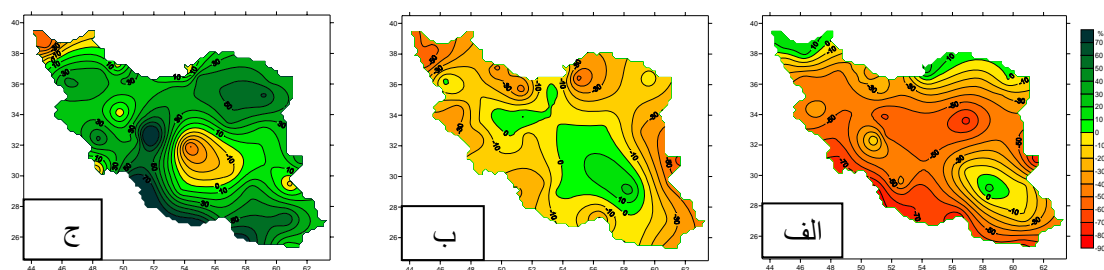
تغییرات شاخص نینوی اقیانوسی براساس میانگین متحرک سه‌ماهه (برای جزئیات بیشتر به بخش ۲-۲ مراجعه شود) در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به تغییرات مطرح شده در جدول که نشانگر تغییرات دمای سطح دریا در سال‌های متفاوت فعالیت انسو است، مشاهده می‌شود که بی‌هنجاری‌های دمای سطح دریا در هر سال میلادی، به‌طور مشابه، تا بخشی از سال بعد ادامه داشته است. این



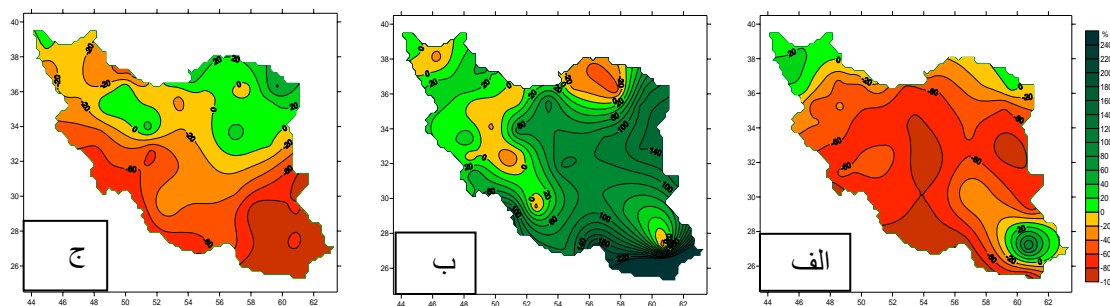
شکل ۹. مشابه شکل ۶ ولی برای فصل پاییز.

جدول ۲. تغییرات شاخص نینوی اقیانوسی بر اساس میانگین متحرک سه ماهه؛ (دژف) معرف ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه، (ژفم) معرف ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و ... هستند.

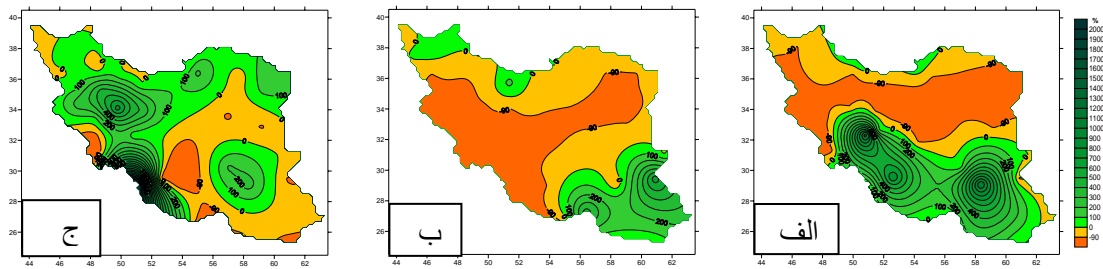
ردیف	سال	دژف	ژفم	فمآ	مآم	آمژ	مژج	ژجا	جاس	اسا	سان	اند	ندژ
۱	۱۹۷۲	-۰۷	-۰۳	۰۰	۰۳	۰۵	۰۸	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸	۲۰	۲۱
۲	۱۹۷۳	۱۸	۱۲	۰۵	۰۱	-۰۵	-۰۸	-۱۱	-۱۳	-۱۵	-۱۷	-۱۹	-۲۰
۳	۱۹۷۴	-۱۱	-۱۶	-۱۲	-۱۱	-۰۹	-۰۷	-۰۵	-۰۴	-۰۵	-۰۷	-۰۸	-۰۷
۴	۱۹۷۵	-۰۶	-۰۶	-۰۷	-۰۸	-۱۰	-۱۱	-۱۳	-۱۴	-۱۶	-۱۶	-۱۷	-۱۸
۵	۱۹۷۶	-۱۶	-۱۲	-۰۹	-۰۷	-۰۵	-۰۲	۰۱	۰۳	۰۵	۰۷	۰۸	۰۸
۶	۱۹۷۹	-۱۱	۰۰	۰۱	۰۲	۰۱	۰۰	۰۰	۰۲	۰۳	۰۴	۰۵	۰۵
۷	۱۹۸۰	۰۵	۰۳	۰۲	۰۲	۰۳	۰۳	۰۲	۰۰	-۰۱	۰۰	۰۰	-۰۱
۸	۱۹۸۱	-۰۳	-۰۴	-۰۴	-۰۳	-۰۳	-۰۳	-۰۴	-۰۳	-۰۲	-۰۱	-۰۱	-۰۱
۹	۱۹۸۲	۰۰	۰۱	۰۲	۰۴	۰۶	۰۷	۰۸	۱۰	۱۵	۱۹	۲۲	۲۳
۱۰	۱۹۸۳	۲۳	۲۰	۱۶	۱۲	۱۰	۰۶	۰۲	۰۲	۰۵	۰۸	۰۹	-۰۸
۱۱	۱۹۸۵	-۱۰	-۰۸	-۰۸	-۰۸	-۰۷	-۰۵	-۰۴	-۰۴	-۰۴	-۰۳	-۰۲	-۰۳
۱۲	۱۹۸۶	-۰۴	-۰۴	-۰۳	-۰۲	-۰۱	۰۰	۰۲	۰۵	۰۷	۰۹	۱۱	۱۲
۱۳	۱۹۸۸	۰۸	۰۵	۰۱	-۰۳	-۰۸	-۱۲	-۱۲	-۱۱	-۱۳	-۱۶	-۱۹	-۱۹
۱۴	۱۹۸۹	-۱۷	-۱۵	-۱۱	-۰۹	-۰۶	-۰۴	-۰۳	-۰۳	-۰۳	-۰۳	-۰۲	-۰۱
۱۵	۱۹۹۷	-۰۴	-۰۳	۰۰	۰۴	۰۹	۱۴	۱۷	۲۰	۲۳	۲۴	۲۵	۲۵
۱۶	۱۹۹۸	۲۴	۲۰	۱۴	۱۱	۰۴	۰۱	-۰۱	-۰۱	-۰۱	-۱	-۱۳	-۱۵



شکل ۱۰. بی‌هنجاری بارش فصل زمستان در مناطق گوناگون کشور در سال‌های: الف) ۱۹۷۳، ب) ۱۹۸۳ و ج) ۱۹۹۸.



شکل ۱۱. مشابه شکل ۱۰ ولی برای فصل بهار.

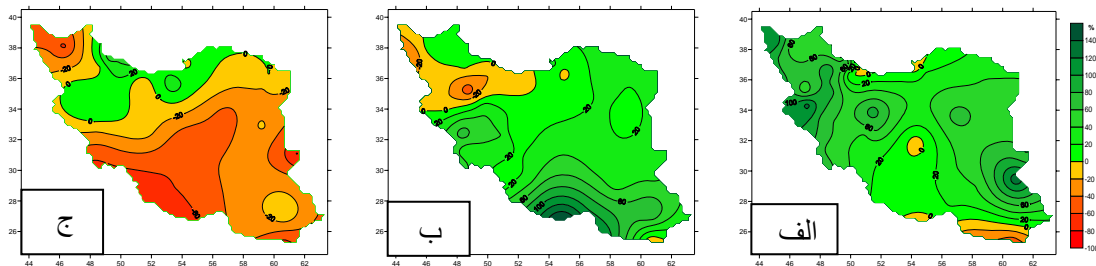


شکل ۱۲. مشابه شکل ۱۰ ولی برای فصل تابستان.

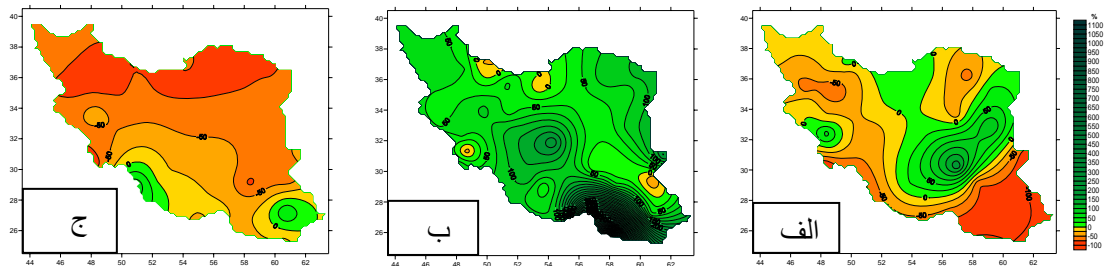
نمی‌کند. در زمستان ۱۹۸۹ که در این سال لائینای قوی‌تری نسبت به دو سال دیگر وجود داشته است، بخش گسترده‌ای از کشور خشک بوده و حال آنکه در دو سال دیگر میزان بارش در حد هنجار یا بیشتر بوده است. در شکل ۱۴ بی‌هنجاری بارش فصل بهار در سال‌های ۱۹۷۴، ۱۹۷۶ و ۱۹۸۹ نشان داده شده است. مطابق شکل، در بهار سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۸۹ کم‌بارشی گسترده‌ای در سطح کشور وجود داشته است. اما برخلاف این دو سال، در بهار ۱۹۷۶ بارش به صورت چشم‌گیری بیشتر از هنجار بوده است.

(ب) سال‌های لائینا

بی‌هنجاری بارش فصلی در پاییز سال‌های لائینا (۱۹۷۳، ۱۹۷۵ و ۱۹۸۸) در شکل ۹ آورده شد و مورد بررسی قرار گرفت. ادامه این بی‌هنجاری‌ها که مربوط به زمستان سال میلادی بعدی است (سال‌های ۱۹۷۴، ۱۹۷۶ و ۱۹۸۹)، در شکل ۱۳ آورده شده است. با توجه به جدول ۲، هر سه سال در این فصل همچنان دارای شرایط لائینا بوده‌اند. با آنکه شاخص نینوی اقیانوسی حاکی از وجود شرایط همگن در اقیانوس آرام حاره‌ای است، اما بی‌هنجاری‌های بارش ایران در این فصل، از آهنگ خاصی تبعیت



شکل ۱۳. بی‌هنجاری بارش فصل زمستان در مناطق گوناگون کشور در سال‌های: الف) ۱۹۷۴، ب) ۱۹۷۶ و ج) ۱۹۸۹.



شکل ۱۴. مشابه شکل ۱۳ ولی برای فصل بهار.

شکل ۱۵ بی‌هنجاری بارش فصل تابستان در سال‌های فوق را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که در تابستان این سال‌ها، انسو تقریباً در شرایط خنثی قرار داشته است. مانند موارد دیگر، بی‌هنجاری بارش در این فصل از سال‌های مورد بررسی، متفاوت بوده و حتی در بعضی مناطق الگوی متضاد به چشم می‌خورد.

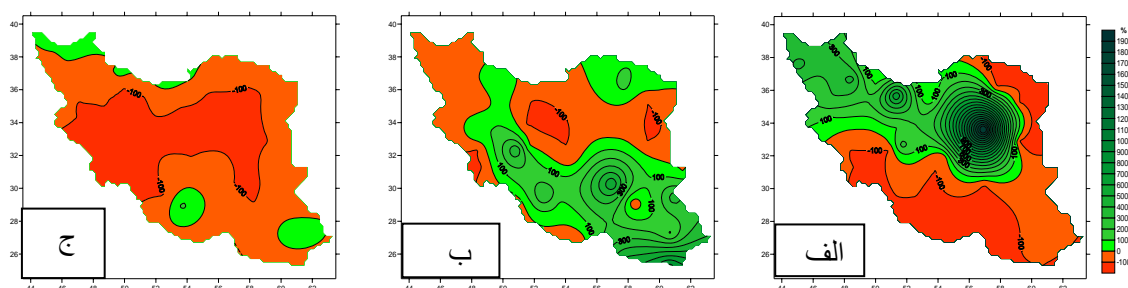
شکل ۱۷ نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصل بهار کل کشور و ONI، مربوط به شش فاز انسو را نشان می‌دهد. در این شکل همخوانی بین تغییرات دمای سطح دریا و تعریف سال‌های النینو و لائینا دیده می‌شود. نکته حائز اهمیت بی‌هنجاری‌های در حد نرمال بارش در سال‌های ۱۹۸۲، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۷ و غیرهم‌فاز بودن بی‌هنجاری بارش و ONI در سال ۱۹۷۵ است.

شکل ۱۸ آورده شده است. در این فصل نیز همخوانی کامل بین تغییرات دمای سطح دریا و شرط لازم برای النینو و لائینا وجود داشته است و بی‌هنجاری ONI مقادیر نسبتاً بالایی دارد. اگرچه بارش‌های تابستانی درصد اندکی از بارش‌های سالانه کشور را تشکیل می‌دهند، اما در پنج مورد از شش مورد انتخابی، بی‌هنجاری‌های بارش و ONI در فاز مخالف قرار دارند.

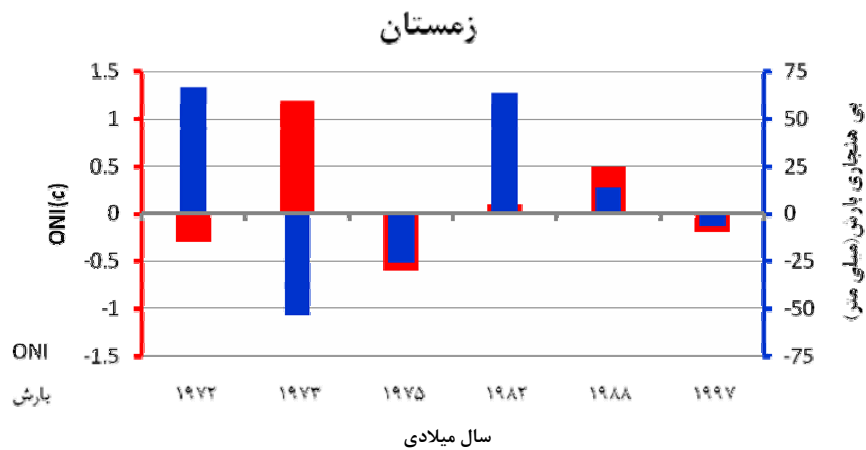
### ۳-۳ مقایسه بی‌هنجاری بارش فصلی و شاخص نینوی اقیانوسی

برای آنکه نتایج بخش قبل به صورت کمی نشان داده شود، در این بخش بی‌هنجاری‌های بارش فصلی کل کشور و شاخص نینوی اقیانوسی (ONI) در شش فاز گرم و سرد انسو، برای سال‌های خورشیدی و آبی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در شکل ۱۶ نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصل زمستان کل کشور (محور قائم سمت راست) و ONI (محور قائم سمت چپ)، مربوط به شش فاز انسو، برحسب سال‌های خورشیدی آورده شده است.

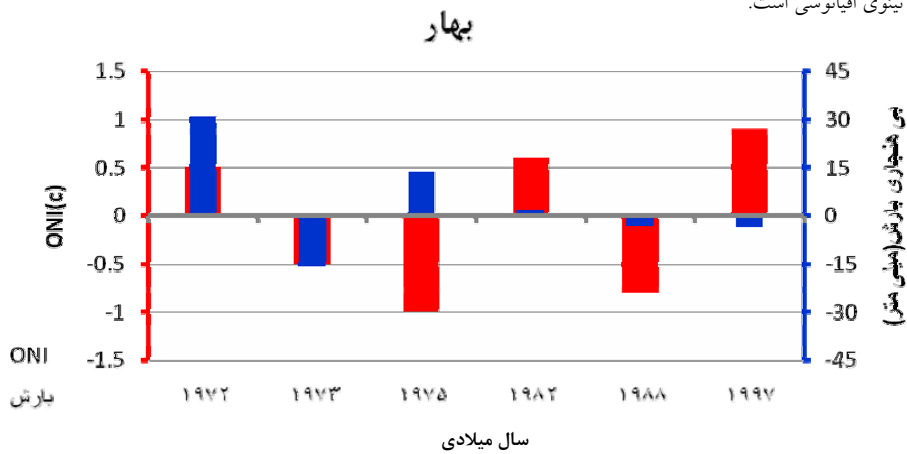
چندین نکته قابل توجه در شکل ۱۶ به چشم می‌خورد. با آنکه سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۸۸ سال‌های لائینا است، ولی شاهد بی‌هنجاری شدید مثبت دمای سطح دریا، به ترتیب بیش از ۱ درجه و ۰٫۵ درجه سلسیوس، در فصل زمستان هستیم؛ و یا در سال‌های النینوی ۱۹۷۲ و ۱۹۹۷ بی‌هنجاری منفی دمای سطح دریا دیده می‌شود. همراه با افزایش دمای



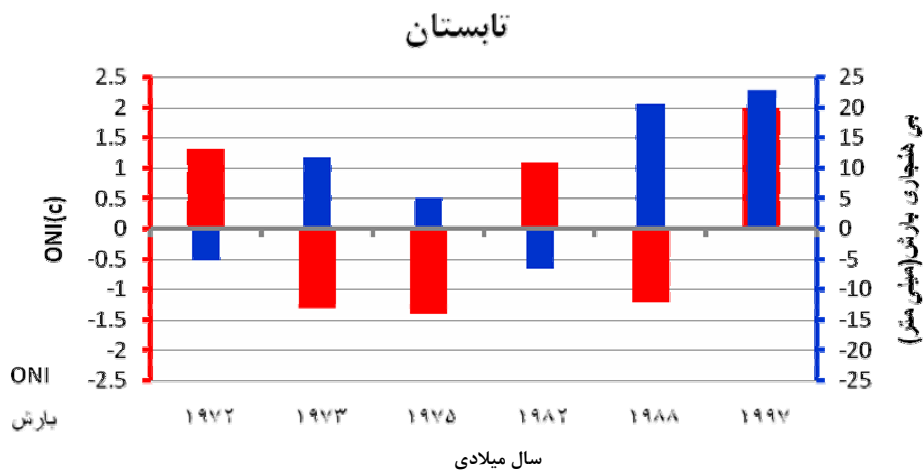
شکل ۱۵. مشابه شکل ۱۳ ولی برای فصل تابستان.



شکل ۱۶. نمودار بی‌هنگاری بارش کشور در فصل زمستان (محور قائم سمت راست، برحسب میلی‌متر) و شاخص نینوی اقیانوسی (محور قائم سمت چپ، برحسب دمای سلسیوس) برای شش فاز گرم و سرد انسو برحسب سال خورشیدی (میلادی). رنگ آبی معرف بی‌هنگاری بارش و رنگ سرخ معرف شاخص نینوی اقیانوسی است.



شکل ۱۷. مانند شکل ۱۶ ولی برای فصل بهار.



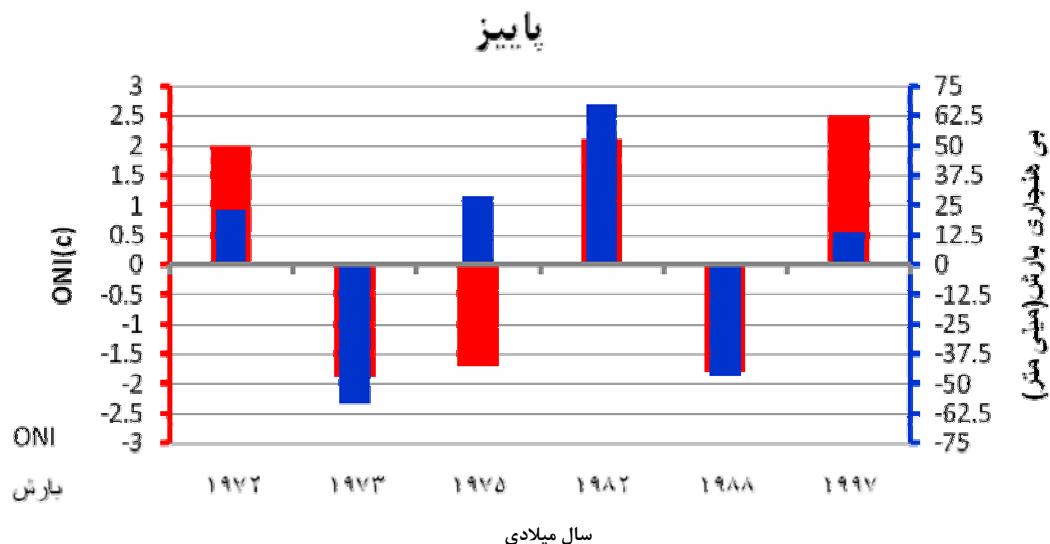
شکل ۱۸. مانند شکل ۱۶ ولی برای فصل تابستان.

بعد سال‌های النینو و لانینای مورد بررسی هستند. برای مثال، شکل ۲۰ ادامه شکل ۱۹ است. با توجه به شکل ۲۰، با آنکه از میزان بی‌هنجاری‌های دما نسبت به پاییز (شکل ۱۹) کاسته شده است، اما همچنان این مقادیر در محدوده تعریف النینو و لانینا هستند و ادامه روند پاییز است. نکته دیگر آنکه در چهار مورد از شش مورد، بی‌هنجاری‌های بارش و ONI در فاز مخالف قرار دارند.

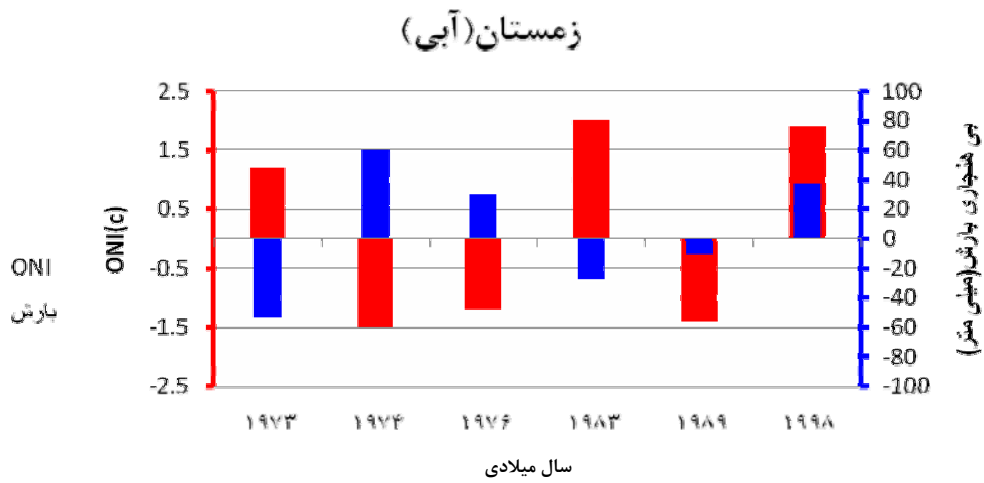
در شکل ۲۱ نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصل بهار سال آبی و ONI آورده شده است. با توجه به شکل، به تدریج بی‌هنجاری‌های دما کاهش یافته است و با خارج شدن از محدوده تعریف النینو و لانینا، حتی تغییر علامت می‌دهد. برای نمونه، در بهار ۱۹۷۳ بی‌هنجاری دمای منفی به جای مثبت دیده می‌شود. در سال‌های ۱۹۷۶ و ۱۹۹۸ نیز بی‌هنجاری‌های بارش و ONI در فاز مخالف قرار دارند. نکته دیگر متفاوت بودن میزان بی‌هنجاری بارش در سال‌های لانینای ۱۹۷۴ و ۱۹۸۹ است. با آنکه لانینای ۱۹۷۴ قوی‌تر از ۱۹۸۹ است، ولی بی‌هنجاری بارش آن بسیار کمتر است.

در شکل ۱۹ نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصل پاییز و ONI نشان داده شده است. تغییرات دمای سطح دریای مشاهده شده در این فصل، کاملاً در محدوده تعریف النینو و لانینا قرار دارد و دارای مقادیر زیادی است. نکته قابل توجه غیرهم‌فاز بودن بی‌هنجاری بارش و ONI در ۱۹۷۵ و متفاوت بودن میزان بی‌هنجاری بارش در سال‌های متفاوت النینو و لانینا است. برای نمونه، در ۱۹۹۷ که النینوی شدیدتری نسبت به ۱۹۸۲ رخ داده، بی‌هنجاری بارش آن بسیار ضعیف و در حد نرمال است و حال آنکه در ۱۹۸۲ پربارشی شدید به چشم می‌خورد. با توجه به این شکل، بارش در حد نرمال در پاییز ۱۹۷۲ دیده می‌شود، ولی توزیع بارش شکل ۵ حاکی از وجود فصلی خشک در بخش بزرگی از کشور است.

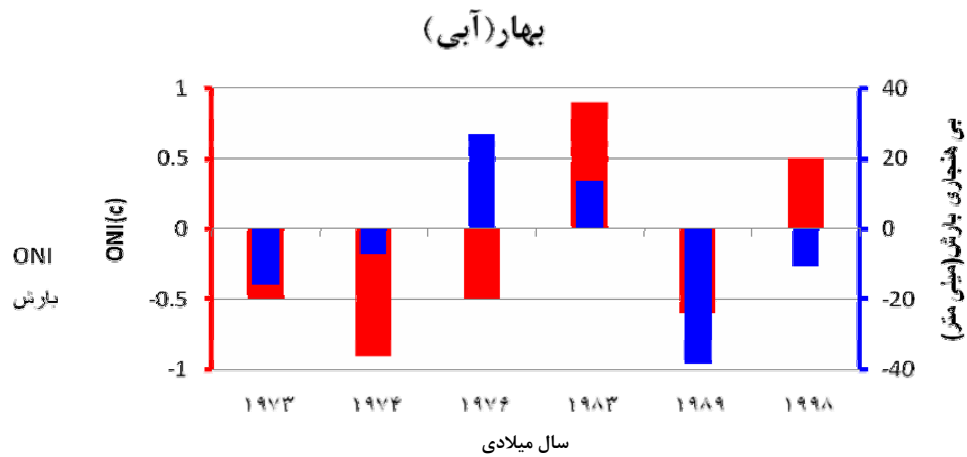
شکل ۲۰ نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصل زمستان سال آبی و ONI، برای شش فاز انسو را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که فصل پاییز اولین فصل سال آبی است و جزء سال قبل میلادی در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه سه فصل دیگر که در ادامه تحلیل می‌شوند، مربوط به سال



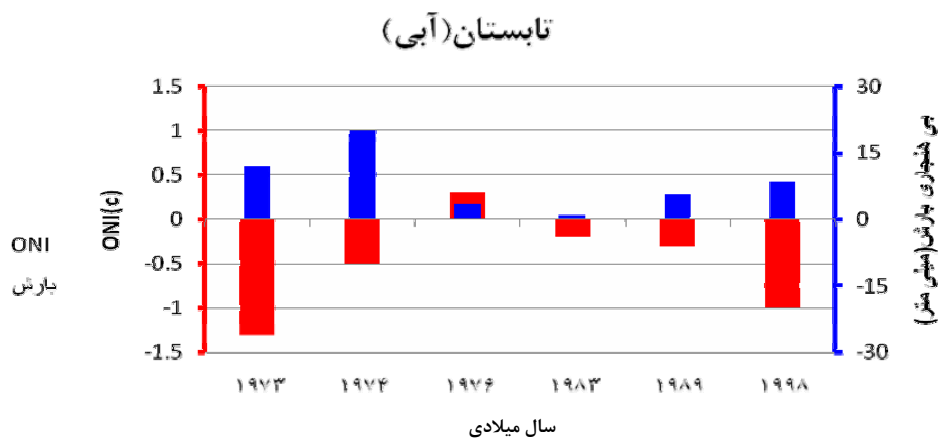
شکل ۱۹. مانند شکل ۱۶ ولی برای فصل پاییز.



شکل ۲۰. مانند شکل ۱۶ ولی برای فصل زمستان سال آبی.



شکل ۲۱. مانند شکل ۱۶ ولی برای فصل بهار سال آبی.



شکل ۲۲. مانند شکل ۱۶ ولی برای فصل تابستان سال آبی.

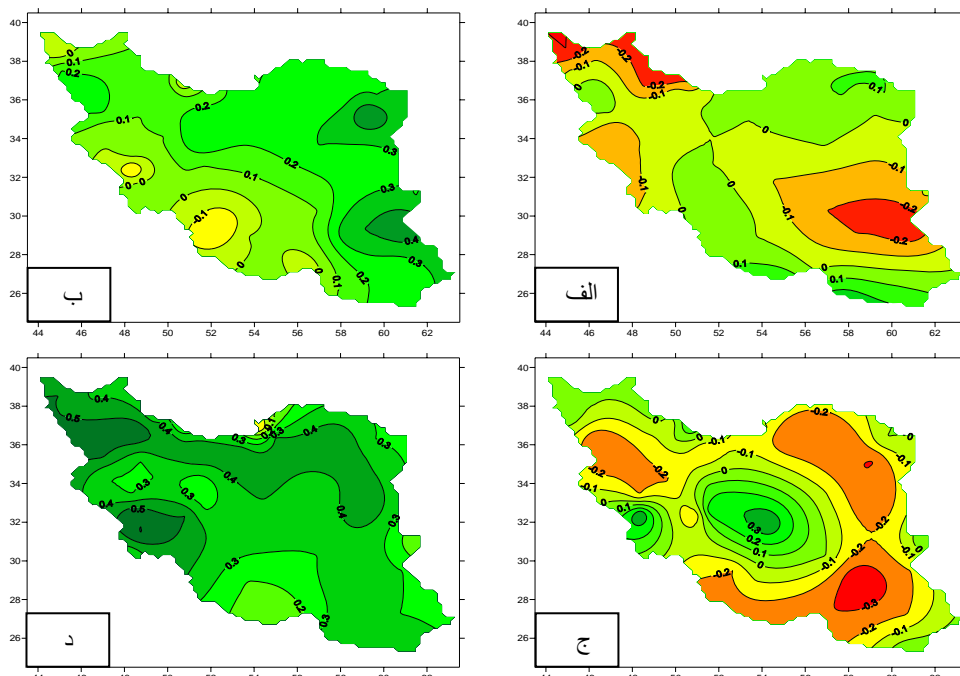
این ضریب، معیاری عددی برای بیان وجود رابطه بین دو متغیر  $X$  و  $Y$  است که در آن  $(X_1, Y_1)$  تا  $(X_n, Y_n)$ ، زوج‌های مرتب داده‌های دیدبانی شده دمای سطح دریا در منطقه اقیانوس آرام حاره‌ای و بارش فصلی ایستگاه‌های پیش‌گفته در دوره سی‌ساله هستند. مقادیر  $r$  بین ۱ و -۱ است؛ به این معنی که اگر ارتباط بین دو کمیت کامل باشد، ضریب همبستگی آن دو کمیت، یکی از این دو عدد خواهد بود. البته در  $r=1$  نقاط زوج‌های مرتب در امتداد یک خط راست با شیب مثبت و در  $r=-1$  با شیب منفی توزیع می‌شوند. هرچه مقدار  $r$  به مقادیر حدی یاد شده نزدیک‌تر باشد، فشردگی توزیع نقاط زوج‌های مرتب در اطراف یک خط راست بیشتر خواهد بود و هرچه مقدار  $r$  به صفر نزدیک‌تر شود به همان میزان ارتباط خطی بین دو کمیت ضعیف‌تر می‌شود. در  $r=0$  هیچ‌گونه ارتباط خطی بین دو کمیت وجود ندارد.

نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصل تابستان سال آبی و ONI در شکل ۲۲ نشان داده شده است. در این شکل تغییر قابل توجهی در علامت و میزان بی‌هنجاری‌های دما، نسبت به پاییز و زمستان، دیده می‌شود. در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۹۸ به جای بی‌هنجاری مثبت دما، بی‌هنجاری منفی مشاهده شده و در دیگر سال‌ها، مقادیر بی‌هنجاری‌های دما کاهش بسیار یافته است.

### ۴-۳ ضریب همبستگی

در ادامه پژوهش، برای بررسی میزان همبستگی بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش فصلی در ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور، ضریب همبستگی به روش گشتاور حاصل ضرب پیرسن در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ از رابطه زیر محاسبه و نتایج آن در شکل ۲۳ آورده شده است.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2\right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2\right]}}$$



شکل ۲۳. میدان ضریب همبستگی بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش فصلی ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ برای فصل‌های: الف) زمستان، ب) بهار، ج) تابستان و د) پاییز. محورهای افقی و قائم به ترتیب طول و عرض جغرافیایی را نشان می‌دهند.



اقیانوسی (هم از نظر علامت و هم از نظر شدت) در این فازها و همچنین میزان همبستگی بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش فصلی ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور در دوره سی ساله، مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی مناطق گوناگون کشور در فازهای گرم (شکل‌های ۲ تا ۵) و سرد (شکل‌های ۶ تا ۹) انسو نشان می‌دهد که در هیچ‌یک از فازها، توزیع فصلی بارش از روندی خاص تبعیت نمی‌کند و در هر یک از دو فاز، الگوهای متفاوت و حتی مخالف دیده می‌شود. این نتیجه هم در سال‌های خورشیدی و هم سال‌های آبی مشهود است (شکل‌های ۱۰ تا ۱۵).

مقایسه بی‌هنجاری‌های بارش فصلی کل کشور و شاخص نینوی اقیانوسی نیز حاکی از متفاوت بودن چگونگی تغییرات و شدت آنها است. برای نمونه، با آنکه سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۸۸ سال‌های لائینا است (شکل ۱۶)، ولی شاهد بی‌هنجاری شدید مثبت دمای سطح دریا در فصل زمستان هستیم؛ و یا در سال‌های النینوی ۱۹۷۲ و ۱۹۹۷ بی‌هنجاری منفی دمای سطح دریا دیده می‌شود. از سوی دیگر با افزایش دمای سطح دریا در فصل زمستان ۱۹۷۳، کم‌بارشی شدید بیش از ۵۰ میلی‌متر وجود داشته و یا با تغییر دمای اندک سطح دریا در زمستان سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۲، پربارشی بیش از ۵۰ میلی‌متر نسبت به نرمال در کشور رخ داده است (شکل ۱۶). نکته حائز اهمیت در نمودار مربوط به فصل بهار (شکل ۱۷)، وجود بی‌هنجاری‌های در حد نرمال بارش در سال‌های النینوی ۱۹۸۲ و ۱۹۸۸ و سال لائینای ۱۹۹۷ و همچنین غیرهم‌فاز بودن بی‌هنجاری بارش و ONI در ۱۹۷۵ است. در نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصل بهار و ONI (شکل ۱۸) نیز مشاهده می‌شود که در پنج مورد از شش مورد انتخابی، بی‌هنجاری‌های بارش و ONI در فاز مخالف قرار دارند. در نمودار مربوط به فصل پاییز (شکل ۱۹)، اگرچه تغییرات دمای سطح دریا در این فصل کاملاً در محدوده تعریف

شکل ۲۳- الف توزیع ضریب همبستگی بین بارش زمستانی ایستگاه‌های متفاوت و شاخص نینوی اقیانوسی را نشان می‌دهد. طبق این شکل، بیشترین همبستگی خطی بین بارش‌های شرق و شمال غرب کشور با مقداری کمتر از ۰٫۳ با شیب منفی دیده می‌شود. برای فصل بهار (شکل ۲۳- ب)، بیشترین مقدار همبستگی به مناطقی محدود در شرق کشور با مقدار ۰٫۴ و شیب مثبت اختصاص دارد. بارش‌های تابستانی نیز همبستگی بسیار کمی با شاخص نینوی اقیانوسی نشان می‌دهد (شکل ۲۳- ج). بالاترین مقادیر ضریب همبستگی مربوط به فصل پاییز است و در مناطق غرب کشور واقع است (شکل ۲۳- د) که دارای مقداری بیش از ۰٫۵ با شیب مثبت است. با توجه به این شکل‌ها نتیجه می‌شود که در مجموع ارتباط خطی قوی بین دمای سطح آب دریا در منطقه اقیانوس آرام حاره‌ای و بارش‌های فصلی ایران وجود ندارد. به بیان دیگر فقط با اتکا به شاخص نینوی اقیانوسی نمی‌توان بی‌هنجاری بارش فصلی ایران را پیش‌بینی کرد.

#### ۴ نتیجه‌گیری

در این مقاله ارتباط احتمالی بین پدیده انسو و بارش‌های فصلی ایران از راه بررسی بی‌هنجاری توزیع بارش در فازهای متفاوت فعالیت انسو در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ بررسی شده است. در این راستا، شش نمونه از شدیدترین سال‌های فعالیت انسو در دوره فوق، سه النینو و سه لائینا، با استفاده از داده‌های مرکز نوا (NOAA) انتخاب و بررسی‌ها برای آن سال‌ها صورت گرفته است. از آنجا که معمولاً موضوع خشک‌سالی و ترسالی مناطق کشور در طی یک سال آبی در نظر گرفته می‌شود، این بررسی هم برحسب سال خورشیدی و هم برحسب سال آبی صورت گرفته است. علاوه بر بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی مناطق گوناگون کشور در فازهای گرم و سرد انسو، ارتباط بین بی‌هنجاری بارش فصلی کل کشور و شاخص نینوی

کیم (۲۰۰۷) باشد. از این رو برای توضیح و امکان پیش‌بینی بی‌هنجاری‌های بارش فصلی در کشور، نیاز به بررسی‌های جامع دینامیکی از همه عوامل تاثیرگذار و سازوکار آنها است.

#### منابع

غیور، ح. و خسروی، م.، ۱۳۸۰، تاثیر پدیده انسو بر نابهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران. مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۶، ۱۴۱-۱۷۴.

قوی‌دل رحیمی، ی.، ۱۳۸۴، اثر الگوی بزرگ‌مقیاس گردش جوئی - اقیانوسی «انسو» بر تغییرپذیری فصلی اقلیم در ایران: آثار «ال نینو» و «لانینا» بر تغییرپذیری بارش‌های بهاری در آذربایجان شرقی. مجله مدرس علوم انسانی، شماره ۹، ۱۱۷-۱۳۲.

ناظم السادات، م. ج.، ۱۳۸۵، ارزیابی تاثیر پدیده النینو-نوسان جنوبی (ENSO) بر آبدهی و خشک‌سالی (ترسالی) هیدرولوژیکی رودخانه‌های مهم استان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۷، ۳۶۱-۳۶۹.

Chambers, D. P., Tapley, B. D. and Stewart, R. H., 1999, Anomalous warming in the Indian Ocean coincident with El Niño, *J. Geophys. Res.*, **104**, 3035-3047.

Deser, C., and Wallace, J. M., 1990, Large-scale atmospheric circulation features of warm and cold episodes in the tropical Pacific, *J. Climate*, **3**, 1254-1281.

Enloe, J., O'Brien, J. J. and Smith, S. R., 2004, ENSO Impacts on peak wind gusts in the United States, *J. Climate*, **17**, 1728-1737.

Hendon, H. H., 2003, Indonesian rainfall variability: Impacts of ENSO and local air-sea interaction, *J. Climate*, **16**, 1775-1790.

Kadioğlu, M., Tulunay, Y. and Borhan, Y., 1999, Variability of Turkish precipitation compared to El Niño events, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 1597-1600.

Lim, Y. K. and Kim, K. Y., 2007, ENSO Impact

النینو و لانینا واقع است، غیرهم‌فاز بودن بی‌هنجاری بارش و ONI در ۱۹۷۵ و اختلاف چشمگیر میزان بی‌هنجاری بارش در سال‌های متفاوت النینو و لانینا از نکات بارز است.

نکته جالب و قابل توجهی که در نمودارهای بی‌هنجاری بارش فصلی و ONI (شکل‌های ۱۶ تا ۱۹) به چشم می‌خورد، متفاوت بودن تغییرات دمای سطح دریا، از نظر علامت و شدت، در فصل‌های متفاوت از سال‌های النینو و لانینا است. در فصل پاییز، میزان تغییرات دمای سطح دریا نسبت به دیگر فصول بیشتر است و در محدوده تعریف النینو و لانینا قرار دارد؛ حال آنکه کمترین تغییرات دما مربوط به فصل زمستان است و علامت آن نیز مخالف شرط النینو و لانینا است. موارد پیش‌گفته، با تغییراتی در نمودار بی‌هنجاری‌های بارش فصلی و ONI برای سال‌های آبی نیز دیده می‌شود (شکل‌های ۲۰ تا ۲۲).

وجود ضرایب همبستگی ضعیف (و بسیار ضعیف در بیشتر نقاط کشور) بین دمای سطح دریا در اقیانوس آرام حاره‌ای و بارش فصلی ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور در دوره سی‌ساله نیز نشانگر همبستگی آماری ضعیف بین آنها است (شکل ۲۳).

نتایج بررسی‌های فوق نشان می‌دهد که توزیع بارش فصلی کشور در فازهای متفاوت انسو از روند و الگوی خاص تبعیت نمی‌کند و در هریک از دو فاز، الگوهای متفاوت دیده می‌شود. در سال‌های النینو (یا لانینای) بررسی شده، هم بی‌هنجاری بارش فصلی مثبت و هم بی‌هنجاری منفی بارش به چشم می‌خورد. به بیان دیگر فقط با تعیین فاز انسو نمی‌توان توزیع بی‌هنجاری بارش فصلی در کشور را، چه از نظر علامت و چه شدت، پیش‌بینی کرد. این نتیجه می‌تواند در اثر عوامل گوناگون از قبیل ناچیز (یا ضعیف) بودن نقش انسو در بی‌هنجاری‌های بارش فصلی کشور (شکل ۲۳) و یا به‌ویژه برهم‌کنش پیچیده این اثر با دیگر پدیده‌های بزرگ‌مقیاس جوئی و اقیانوسی، مانند نوسان اطلس شمالی، نوسان مادن-جولین و مانسون (لیم و

- on the Space-Time Evolution of the Regional Asian Summer Monsoons. *J. Climate*, **20**, 2397-2415.
- Nazemosadat, M. J. and Cordery, I., 2000a, On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran, *Int. J. Climatol.*, **20**, 47-62.
- Nazemosadat, M. J. and Cordery, I., 2000b, The impact of ENSO on winter rainfall in Iran. Proceeding of the 26th National and 3rd International Hydrology and Water Resources Symposium, Inst. Eng. Australia., 20-23 November 2000, Perth. 538-543.
- Nichol, J., 1997, Bioclimatic impacts of the 1994 smoke haze event in Southeast Asia, *Atmos. Environ.*, **31**, 1209-1219.
- Pagano, T. C., Mahani, S. H., Nazemosadat, M. J., and Sorooshian, S., 2003, Review of Middle Eastern Hydroclimatology and Seasonal teleconnections, *Iran J. Sci. technol.*, **27**(B1), 95-109.
- Power, S., Haylock, M., Colman, R. and Wang, X., 2006, The Predictability of Interdecadal Changes in ENSO Activity and ENSO Teleconnections, *J. Climate*, **19**, 4755-4771.
- Rasmusson, E. M., and Carpenter, T. H., 1982, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño, *Mon. Weather. Rev.*, **110**, 354-384.
- Rowell, D. P., 2001, Teleconnections between the tropical Pacific and the Sahel, *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, **127**, 1683-1706.
- Smith, S. R., Brolley, J., O'Brien, J. J., and Tartaglione, C. A., 2007, ENSO's Impact on Regional U.S. Hurricane activities, *J. Climate*, **20**, 1404-1414.
- Tartaglione, C. A., Smith, S. R., and O'Brien, J. J., 2003, ENSO impact on hurricane landfall probabilities for the Caribbean, *J. Climate*, **17**, 2925-2931.
- Wang, G. and Hendon, H. H., 2007, Sensitivity of Australian Rainfall to Inter- ELNino Variations, *J. Climate*, **20**, 4211-4226.