

بررسی نقش انسو (ENSO) در بارش سالانه ایران در دوره ۱۹۷۱ - ۲۰۰۰

فرهنگ احمدی گیوی^{۱*}، داود پرهیزکار^۲

استادیار مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (ahmadig@ut.ac.ir)
دکترای هواشناسی، سازمان هواشناسی ایران (davood_parhizkar2002@yahoo.com)

(دریافت: ۸۷/۵/۵، پذیرش نهایی: ۸۷/۸/۱۸)

چکیده

بررسی توزیع بارش سالانه 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 دارد. در این مقاله اثر احتمالی ارتباط از دور انسو بر بارش‌های سالانه ایران در دوره ۱۹۷۱ - ۲۰۰۰ بررسی شده است. داده‌های بارش تجمعی ماهانه و سالانه برای ۴۳ ایستگاه 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 سی‌ساله، سه النینو و سه لانینا، انتخاب و سپس بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش سالانه کشور در این فازها (برحسب سال‌های خورشیدی و آبی) صورت گرفته است. به‌علاوه، ارتباط بین بی‌هنجاری بارش سالانه 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 سالانه ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور در دوره سی‌ساله، مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش سالانه کشور در فازهای گوناگون فعالیت انسو، نشان می‌دهد که در هیچ‌یک از فازها، توزیع سالانه بارش از الگو و روندی خاص تبعیت نمی‌کند. مقایسه بی‌هنجاری‌های بارش سالانه کل کشور و شاخص نینوی اقیانوسی نیز حاکی از آن است که اگرچه از نظر علامت در پنج مورد از شش مورد بررسی شده همخوانی وجود دارد، ولی از نظر شدت بی‌هنجاری‌های بارش در هر یک از فازها، تفاوت اساسی دیده می‌شود. برای نمونه، قوی‌ترین النینو بین سه مورد با کمترین بی‌هنجاری بارش مثبت و قوی‌ترین لانینا بین سه مورد، به‌جای بی‌هنجاری منفی بارش، با بی‌هنجاری مثبت بارش همراه بوده است. مقادیر ضرایب همبستگی ضعیف بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش سالانه ۴۳ ایستگاه کشور در دوره سی‌ساله نیز نتایج فوق را تایید می‌کند. نتیجه مهم آن که فقط با تعیین فاز انسو نمی‌توان بی‌هنجاری بارش سالانه، چه از نظر علامت و چه شدت، را پیش‌بینی کرد. علت احتمالی می‌تواند مربوط به برهم‌کنش پیچیده و غیرخطی اثر انسو با دیگر پدیده‌های بزرگ‌مقیاس جوی و اقیانوسی مانند مانسون، نوسان اطلس شمالی و نوسان مادن-جولین باشد.

کلید واژه‌ها: انسو، النینو، لانینا، بی‌هنجاری بارش سالانه و شاخص نینوی اقیانوسی.

A study of the relationship between ENSO and the distribution of annual precipitation in Iran in the period 1971-2000

Ahmadi-Givi, F.^{*1}, Parhizkar, D².

¹ Assistant Professor of Institute of Geophysics, University of Tehran

² PhD in Meteorology, Iranian Meteorological Organization

Abstract

An analysis of annual 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 annual rainfalls from 43 synoptic stations are taken through 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

* نویسنده مسئول (Corresponding author)

been selected. Then, the distribution of annual rainfall anomalies for these cases is studied. Also, the relation between the annual 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 annual rainfall of the 43 stations for the total 30 year period of study is calculated.

The results of the distribution of annual 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 annual rainfall anomalies and the ONI anomalies shows that although there is consistency between the signs of anomalies in five of the cases, but the magnitudes are substantially inconsistent. For example, the most intense El-Nino is associated with the least positive rainfall anomalies and the most intense La-Nina is associated with positive rainfall anomalies, instead of a negative anomaly. The weak correlation between the ONI and the annual 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 annual 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).

Keywords: ENSO, El-Nino, La-Nina, annual rainfall anomalies, Oceanic Nino Index.

۱ مقدمه

وسیع از ایالات متحده آمریکا شدت بادهای جستی افزایش می‌یابد و به عکس در فاز گرم، ضعیف‌تر می‌شوند. همچنین تارتاگلیون و همکاران (۲۰۰۳) روشن ساختند که النینو سبب تضعیف فعالیت هاریکن و بارش همراه آن در اقیانوس اطلس و دریای کارائیب، و لائینا سبب تقویت آن می‌شود.

هندن (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های مشاهداتی در دوره ۹۷-۱۹۵۱ 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 می‌دهد 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، به گونه‌ای که از نظر فضایی، بارش ناهمدوس است و همبستگی با دمای سطحی آب وجود ندارد. لیم و کیم (۲۰۰۷) با بررسی اثرات انسو بر تحولات فضایی و زمانی بارش و کمیت‌های همدیدی مرتبط با مانسون تابستانی آسیایی به این نتیجه رسیده‌اند که مانسون به

انسو یک پدیده جوی-اقیانوسی است که در اقیانوس آرام حاره‌ای به وقوع می‌پیوندد و در فاز گرم (النینو) و فاز سرد آن (لائینا) تغییرات شدیدی در پارامترهای جوی و اقیانوسی در غرب و شرق این اقیانوس صورت می‌گیرد. از جمله این تغییرات می‌توان به تغییرات فشار سطحی و باد سطحی، مناطق صعودی و نزولی هوا، آلودگی، ابرناکی و بارش در جو و همچنین تغییرات دمای سطح آب، ارتفاع سطح آب و عمق ترموکلاين در اقیانوس اشاره کرد (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). این نتایج روشن می‌سازد که فازهای گرم و سرد انسو می‌تواند با سازوکار ارتباط از دور بر پدیده‌های بزرگ مقیاس و پارامترهای مختلف جوی مناطق بسیار دور و حتی گردش کلی جو، اثرات قابل توجه و متضاد داشته باشد. برای نمونه، نتیجه تحقیق در مورد آثار انسو بر بیشینه مقدار بادهای جستی از سوی انلو و همکاران (۲۰۰۴) نشانگر آن است که در فاز سرد انسو در بخش

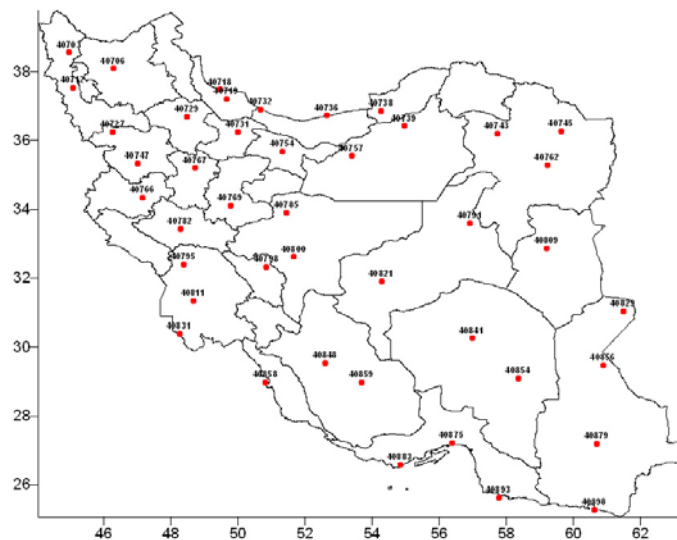
مقاله حاضر به ارائه نتایج بررسی آماری یک پژوهش جامع در ارتباط با عنوان مقاله اختصاص دارد. نتایج مراحل بعدی پژوهش که به بررسی چگونگی ارتباط انسو با توزیع بارش سالانه کشور از دیدگاه‌های همدیدی، دینامیکی و اقلیمی اختصاص دارد، در مقاله دیگر ارائه خواهد شد.

۲ داده‌ها و روش کار ۲-۱ داده‌های بارش

برای عملی ساختن این بررسی، ابتدا دوره‌ای سی ساله از ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ میلادی، در حکم پایه بررسی انتخاب و میانگین کمیت‌های جوی در این دوره به مثابه مشخصات جو هنجار در نظر گرفته شد. داده‌های مورد نیاز از پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور به دست آمده است. این داده‌ها شامل بارش تجمعی ماهانه و سالانه ۴۳ ایستگاه همدیدی ایران است که از ۱۹۷۱ دارای آمار بوده‌اند. پراکندگی این ایستگاه‌ها در سطح کشور در شکل ۱ نشان داده شده است. (قابل دسترس در آدرس پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور: <http://www.irimo.ir>)

شکل پیچیده‌ای به فازهای متفاوت انسو پاسخ می‌دهد. این پاسخ به عواملی چون مرحله مانسون (آغازین یا بلوغ)، بی‌هنجاری گردش واکر، بی‌هنجاری گردش هادلی و فشار سطحی دریا در غرب اقیانوس آرام بستگی دارد. نتایج آنها حاکی از آن است که بی‌هنجاری بارش مشاهده شده همراه با مانسون تابستانی آسیایی را نمی‌توان فقط متأثر از فازهای گوناگون انسو در نظر گرفت، بلکه این پدیده با دیگر عوامل جوی و اقیانوسی ارتباط دارد.

در ایران نیز پژوهش‌هایی در ارتباط با اثر انسو بر بارش نقاط گوناگون کشور صورت گرفته است. این پژوهش‌ها عمدتاً به بررسی همبستگی‌های آماری بین بارش نقاط مورد نظر با شاخص‌های انسو پرداخته‌اند و نتایج آنها در بسیاری از موارد همبستگی‌های معنی‌داری نشان می‌دهد (برای مثال: ناظم‌السادات، ۱۳۸۵). از آنجا که انسو یک پدیده‌ای در مقیاس سیاره‌ای و بارش پدیده‌ای در مقیاس بسیار کوچک‌تر و متأثر از عوامل گوناگون، و از جمله عوامل محلی است، باید در تحلیل نتایج حاصل از بررسی همبستگی‌های آماری بسیار دقت کرد.



شکل ۱. توزیع ۴۳ ایستگاه همدیدی در سطح کشور که داده‌های آنها در این پژوهش استفاده شده است. محورهای افقی و قائم به ترتیب طول و عرض جغرافیایی و اعداد مقابل ایستگاه‌ها، نشانگر شماره آنها است.

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).

مقدار این شاخص با تفاضل مقدار میانگین دوره سی ساله دمای سطح دریا (SST) در منطقه نینو ۳-۴، از میانگین متحرک سه ماهه آن به دست می آید. منطقه نینو ۳-۴ بین عرض‌های جغرافیایی ۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۱۲۰ تا ۱۷۰ درجه غربی قرار دارد.

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	*	

نمونه‌های انتخاب شده فازهای گرم و سرد دارای بیشترین بی‌هنجاری‌ها (بیش از ۱٫۵ درجه سلسیوس) بوده‌اند. به عبارت دیگر قوی‌ترین الینو و لانیناهای موجود در دوره انتخاب شده است. انتخاب این فازها با توجه به رخداد پی‌درپی نوعی بی‌هنجاری، دست کم طی پنج‌ماه متوالی، است. فاز خنثی به شرایطی گفته می‌شود که مقدار شاخص نینوی اقیانوسی بین ۰٫۵- تا ۰٫۵+ درجه سلسیوس در نوسان باشد.

۳ تحلیل نتایج

۳-۱ وضعیت هنجار

مقدار هنجار بارش سالانه برای هر ایستگاه معادل مقدار میانگین سی ساله آن (۱۹۷۱-۲۰۰۰) به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\bar{P} = P_{\text{Normal}} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} P_i \quad (3)$$

شکل ۲ توزیع بارش سالانه میانگین ایران برای دوره سی ساله ۱۹۷۱-۲۰۰۰ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در

از ۴۳ ایستگاه فوق، ۲۷ ایستگاه دارای آمار کامل سی ساله‌اند و ۱۶ ایستگاه دیگر با کمبودهای آماری متفاوت مواجه هستند (پیوست ۱) که با استفاده از نرم‌افزار CurveExpert داده‌های آنها بازسازی و تکمیل شده است. داده‌های ساخته شده با استفاده معادله همبستگی بین داده‌های دو ایستگاه همسایه تولید شده‌اند. در ادامه، ابتدا میانگین سالانه بارش برای هریک از ایستگاه‌ها در دوره مورد بررسی محاسبه شده و سپس بی‌هنجاری آن با تفاضل مقدار سالانه از مقدار میانگین بلندمدت، به صورت زیر به دست آمده است:

$$P' = P - \bar{P} \quad (1)$$

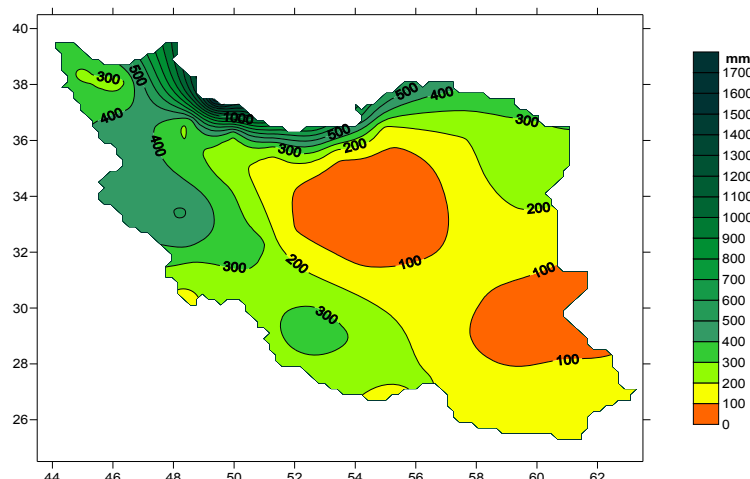
که در آن P' بی‌هنجاری بارش سالانه، P بارش سالانه و \bar{P} میانگین بارش سالانه است. از آنجا که بارش، کمیتی گسسته است و از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌تواند دارای تغییرات بسیار باشد، برای مقایسه بی‌هنجاری‌ها با یکدیگر، به جای خود بی‌هنجاری‌ها از مقادیر بی‌بعد شده آنها به صورت زیر استفاده شده است:

$$P_{\text{per(anomaly)}} = \frac{P'}{\bar{P}} \times 100 \quad (2)$$

نتایج این پژوهش به صورت نقشه‌های پهنه‌بندی از بی‌هنجاری‌ها ارائه شده است. برای تهیه این نقشه‌ها، ابتدا به روش کریجینگ مقادیر بی‌هنجاری‌های شبکه نامنظم به یک شبکه منظم (۰٫۵×۰٫۵ درجه) در آمده و سپس خطوط ترسیم شده‌اند.

۳-۲ انتخاب فازهای گوناگون انسو

با استفاده از پایگاه اینترنتی نوآ (NOAA) شش نمونه از سال‌های فعالیت انسو در فازهای متفاوت گرم و سرد، در طی دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ انتخاب شده که مشخصات آنها در جدول ۱ آمده است. فازهای گرم و سرد انسو براساس میزان ازدیاد شاخص نینوی اقیانوسی (ONI) از مقدار آستانه ± 0.5 درجه سلسیوس تعیین می‌شود (قابل دسترس در آدرس پایگاه اینترنتی نوآ:



شکل ۲. میانگین بارش سالانه در دوره سی ساله (۱۹۷۱-۲۰۰۰) در مناطق گوناگون ایران.

۱۹۸۲ مجدداً در جنوب شرق بیش از ۱۵۰ درصد مقدار هنجار منطقه، بارش رخ داده است. به طور کلی، بارش در کل کشور در این دو سال، در حد هنجار یا بیش از آن بوده است.

در ۱۹۹۷، نواحی مرکزی و شمال ایران دارای بارش کمتر از ۶۰ درصد هنجار است، در حالی که نوار جنوبی کشور بارشی بیش از صد در صد در جنوب غرب و دویت درصد در جنوب شرق داشته است. از مقایسه بارش سالانه در این سه سال، دیده می شود که نیمه جنوبی کشور در هر سه مورد دارای بارش در حد هنجار یا بالاتر از آن بوده است.

(ب) فاز سرد انسو (سال های لائینا)

در شکل ۴ بی هنجاری های بارش در سال های ۱۹۷۳، ۱۹۷۵ و ۱۹۸۸ نشان داده شده است. لائینای ۱۹۷۳ که قوی ترین لائینا در بین سه نمونه است، همراه با کم بارشی گسترده در سطح کشور و با بیشینه مقدار بین ۷۰ تا ۸۰ درصد در مرکز ایران بوده است. در دو نمونه دیگر، گستردگی و شدت کم بارشی بسیار کوچک تر است و بیشتر نقاط، بارشی در حد نرمال داشته اند. نکته مشترک بین سه نمونه آن است که در هیچ یک از آنها پربارشی فراگیر و قابل ملاحظه ای به چشم نمی خورد.

شکل دیده می شود، نواحی مرکزی و جنوب شرقی با میانگین بارش کمتر از ۱۰۰ میلی متر، کم بارش ترین و استان گیلان با میانگین بارش بیشتر از ۱۷۰۰ میلی متر، پربارش ترین مناطق کشور هستند.

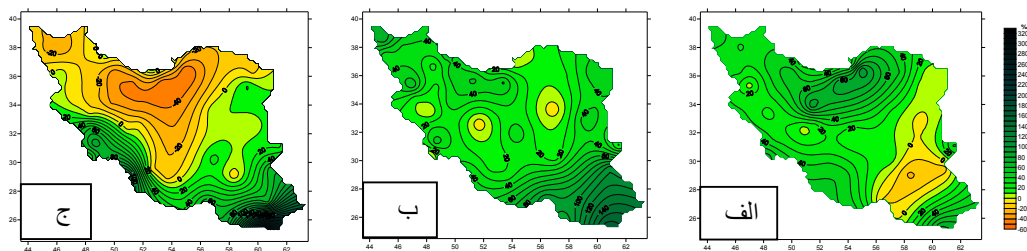
۲-۳ وضعیت بی هنجار

در بررسی بی هنجاری های بارش در مناطق گوناگون کشور، از آنجا که معمولاً موضوع خشک سالی و ترسالی مناطق کشور در طی یک سال آبی در نظر گرفته می شود، در این بخش نتایج بررسی برای سال خورشیدی و سال آبی (پاییز یک سال تا پاییز سال دیگر) به طور جداگانه عرضه و با یکدیگر مقایسه می شود.

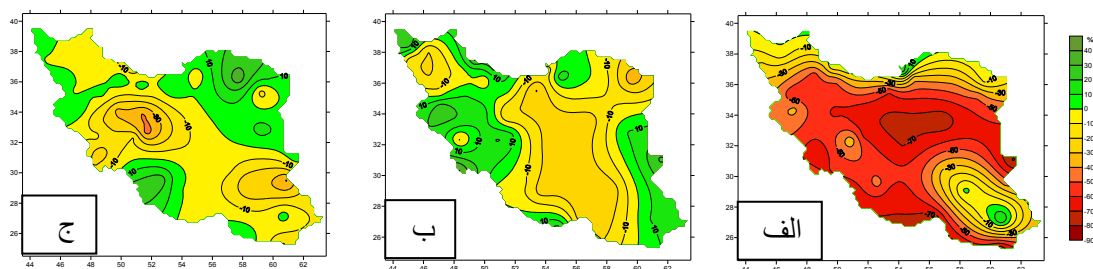
۱-۲-۳ سال خورشیدی

الف) فاز گرم انسو (سال های نینو)

شکل ۳ بی هنجاری بارش سالانه کشور در سال های ۱۹۷۲، ۱۹۸۲ و ۱۹۹۷ را نشان می دهد. با توجه به شکل، سال های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۲ سال های پربارش ایران بوده اند. در ۱۹۷۲، به جز بخش کوچکی از جنوب شرق کشور که حدود ۲۰ درصد کم بارشی داشته، در مجاورت این بخش بیش از ۷۰ درصد، در جنوب غرب بیش از ۵۰ درصد و در مرکز و شمال شرق بیش از ۸۰ درصد و در



شکل ۳. بی‌هنجاری بارش سالانه کشور در فاز گرم انسو در سال‌های: الف) ۱۹۷۲، ب) ۱۹۸۲ و ج) ۱۹۹۷.



شکل ۴. بی‌هنجاری بارش سالانه کشور در فاز سرد انسو در سال‌های: الف) ۱۹۷۳، ب) ۱۹۷۵ و ج) ۱۹۸۸.

۱۹۷۵ که بارش در حد هنجار یا کم‌تر از آن بوده است، مقداری بیشتر از هنجار را تقریباً در کل کشور نشان می‌دهد. در سال آبی ۱۹۸۸-۱۹۸۹ نیز برخلاف سال ۱۹۸۸ که بیشتر نقاط کشور بارشی در حد هنجار داشته‌اند، کم بارشی فراگیر به چشم می‌خورد. توزیع بارش سالانه در این سه سال آبی نیز روند و الگوی مشخصی را نشان نمی‌دهد.

۳-۳ مقایسه بی‌هنجاری بارش سالانه و شاخص نینوی اقیانوسی

برای آن که نتایج بخش قبل به صورت کمی نشان داده شود، در این بخش بی‌هنجاری‌های بارش سالانه کشور و شاخص نینوی اقیانوسی (ONI) در شش فاز گرم و سرد انسوی بررسی شده در فوق، در سال‌های خورشیدی و آبی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. مقدار بارش سالانه ایران با میانگین‌گیری از مجموع بارش سالانه ۴۳ ایستگاه به دست آمده است. در شکل ۷ نمودار بی‌هنجاری‌های بارش سالانه کشور (محور قائم سمت راست) و ONI (محور قائم سمت چپ)، مربوط

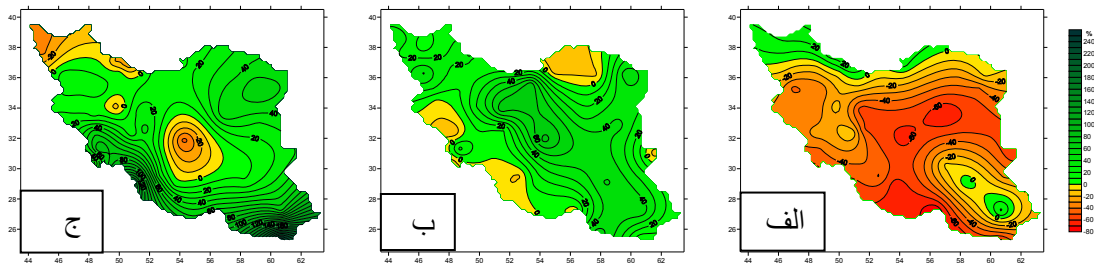
۳-۲-۲ سال آبی

الف) فاز گرم انسو (سال‌های نینوی)

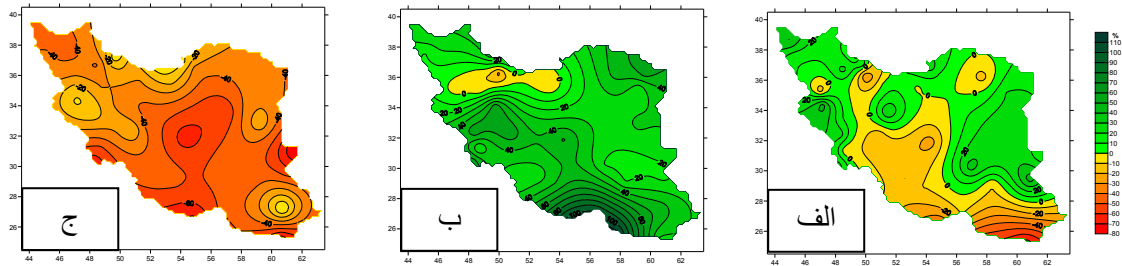
شکل ۵ توزیع بی‌هنجاری بارش در سال‌های آبی ۱۹۷۲-۱۹۷۳، ۱۹۸۲-۱۹۸۳ و ۱۹۹۷-۱۹۹۸ را نشان می‌دهد. از مقایسه این شکل با شکل ۳ دیده می‌شود که سال آبی ۱۹۷۲-۱۹۷۳، برخلاف سال ۱۹۷۲، سالی خشک برای بیشتر نقاط کشور بوده است. از سوی دیگر در سال آبی ۱۹۹۷-۱۹۹۸، نیمه شمالی کشور، برخلاف ۱۹۹۷، بارشی در حد نرمال یا بیشتر داشته است. نکته قابل توجه در این سه سال آبی نیز، نبود روند و آهنگی مشخص در توزیع بارش است.

ب) فاز سرد انسو (سال‌های لائینا)

بی‌هنجاری بارش در سال‌های آبی ۱۹۷۳-۱۹۷۴، ۱۹۷۵-۱۹۷۶ و ۱۹۸۸-۱۹۸۹ در شکل ۶ نشان داده شده است. سال آبی ۱۹۷۳-۱۹۷۴، برخلاف سال ۱۹۷۳، یک سال خشک نبوده است و به جز بخش کوچکی از جنوب شرق، بقیه نقاط، بارشی در حد هنجار یا بیشتر داشته‌اند. بارش در سال آبی ۱۹۷۵-۱۹۷۶، برخلاف سال



شکل ۵. بی‌هنجاری بارش در فاز گرم انسو در سال‌های آبی: الف) ۷۲-۷۳ (ب) ۸۲-۸۳ و ج) ۸۸-۸۹.



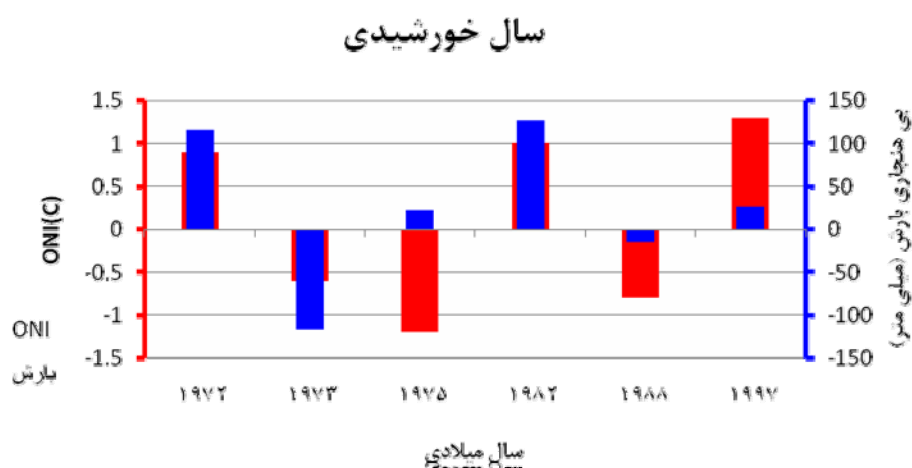
شکل ۶. بی‌هنجاری بارش در فاز سرد انسو در سال‌های آبی: الف) ۷۳-۷۴، ب) ۷۵-۷۶ و ج) ۸۸-۸۹.

سی‌ساله به وقوع پیوسته است، بی‌هنجاری‌های بارش و ONI غیرهم‌فاز هستند.

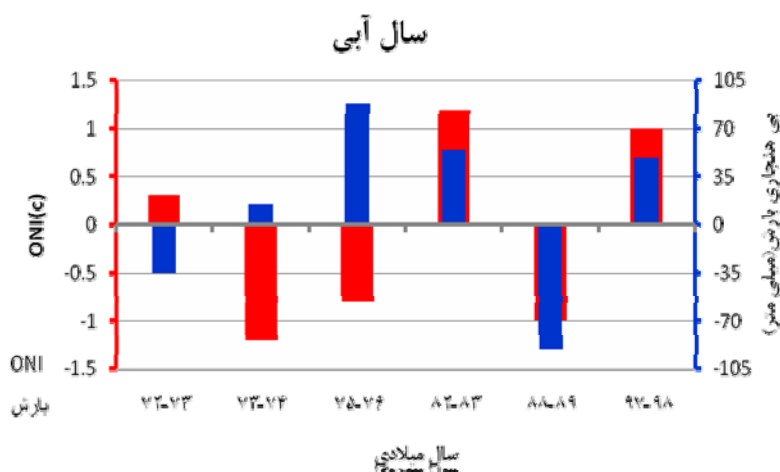
شکل ۸ نمودار بی‌هنجاری‌های بارش سالانه کشور و ONI، مربوط به شش فاز انسو، برحسب سال‌های آبی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که در سال‌های آبی ۷۲-۷۳، ۷۴-۷۵ و ۷۶-۷۵ بی‌هنجاری‌های بارش سالانه و ONI در فاز مخالف بوده ولی در سال‌های ۸۲-۸۳، ۸۸-۸۹ و ۹۷-۹۸ در فاز موافق قرار داشته‌اند. نکته حائز اهمیت دیگر در شکل ۸ مربوط به شدت بی‌هنجاری‌ها است. برای نمونه در سال ۷۳-۷۴ که قوی‌ترین لانینا رخ داده است، بی‌هنجاری بارش مثبت ولی در حد صفر است؛ اما در سال ۷۵-۷۶ با لانینای ضعیف‌تر، بی‌هنجاری بارش مثبت شدید به چشم می‌رسد.

از آن جا که بیشتر بارش در ایران در فصل‌های سرد سال رخ می‌دهد و همچنین اثر النینو و لانینا نیز بیشتر در این فصول مورد توجه است، در شکل ۹ میانگین فصول سرد (پاییز و زمستان) ONI با بارش سالانه سال آبی مورد مقایسه قرار گرفته است. در این شکل، مقدار ONI

به شش فاز انسو، برحسب سال‌های خورشیدی عرضه شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که به جز سال ۱۹۷۵، در سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۷۳، ۱۹۸۲، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۷ بی‌هنجاری‌های بارش و ONI هم‌فاز هستند. نکته قابل توجه در این شکل، چگونگی تغییرات است. برای نمونه، در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۲ که النینوی تقریباً مشابهی رخ داده است، بی‌هنجاری بارش شدید و بسیار بیشتر از نرمال بوده، در حالی که در ۱۹۹۷ که قوی‌ترین النینو در دوره مورد بررسی به وقوع پیوسته است، بارش میانگین سالانه در کشور نزدیک به نرمال است. این موضوع در شکل ۳ نیز به وضوح به چشم می‌رسد و نشان از آن دارد که نیمه شمالی کشور در این سال کم‌بارشی بیش از ۴۰ درصد داشته است. از سوی دیگر با آنکه در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۸۸ لانینای تقریباً مشابهی رخ داده است، بی‌هنجاری بارش بسیار متفاوت است. در ۱۹۷۳ بی‌هنجاری بارش شدید منفی و در ۱۹۸۸ بی‌هنجاری نزدیک به صفر وجود داشته است. نکته شایان توجه دیگر در شکل ۷ آن است که برخلاف سال‌های لانینای ۱۹۷۳ و ۱۹۸۸، در ۱۹۷۵ که قوی‌ترین لانینا در دوره



شکل ۷. نمودار بی‌هنجاری بارش سالانه کشور (محور قائم سمت راست، برحسب میلی‌متر) و شاخص نینوی اقیانوسی (محور قائم سمت چپ، برحسب دمای سلسیوس) برای شش فاز گرم و سرد انسو در دوره مورد بررسی برحسب سال خورشیدی. رنگ آبی معرف بی‌هنجاری بارش و رنگ سرخ معرف شاخص نینوی اقیانوسی است.

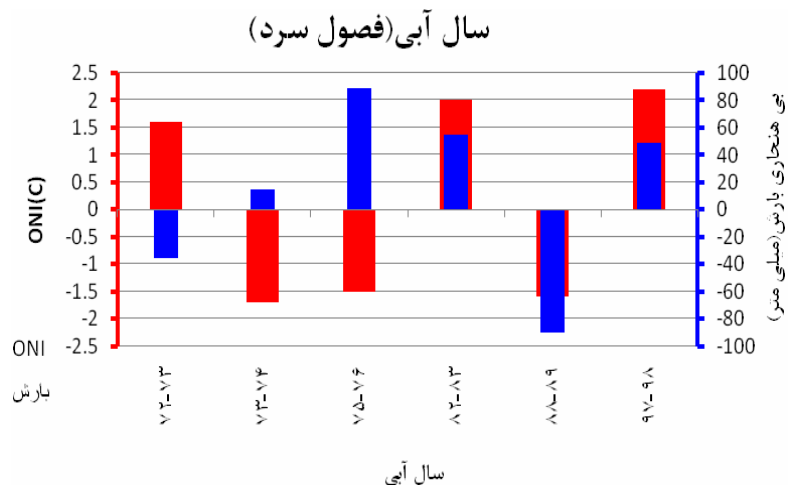


شکل ۸. مانند شکل ۷ ولی برای سال‌های آبی. مقدار ONI مقدار میانگین آن در سال آبی است.

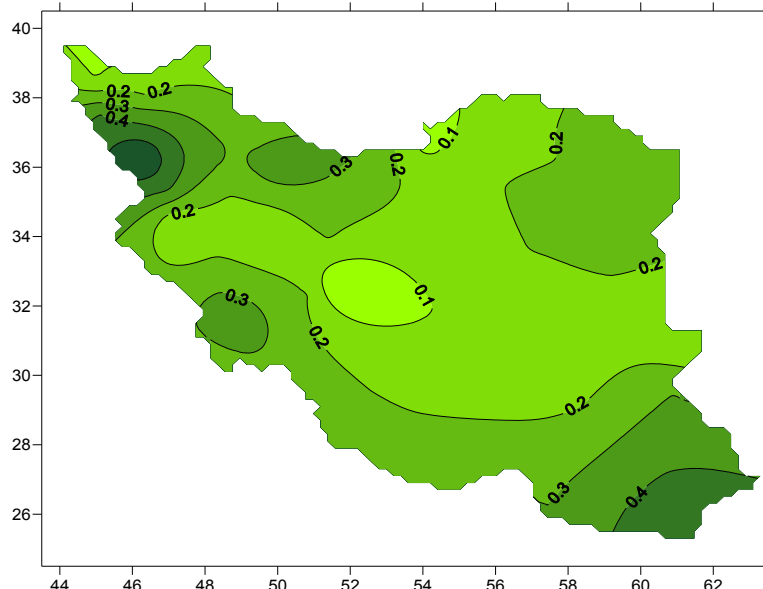
۳-۴ ضریب همبستگی

در ادامه پژوهش، برای بررسی میزان همبستگی بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش سالانه نقاط گوناگون کشور، ضریب همبستگی برای ایستگاه‌های اشاره شده در شکل ۱ به روش گشتاور حاصل ضرب پیرسن در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ محاسبه و نتایج آن به صورت میدانی در شکل ۱۰ آورده شده است.

نسبت به شکل‌های ۷ و ۸ افزایش شدید نشان می‌دهد، ولی هیچ تغییری نسبت به نتایج شکل ۸ ایجاد نشده است. با توجه به شکل‌های ۷ تا ۹ مشاهده می‌شود که هیچ روند مشخصی بین بی‌هنجاری‌های بارش سالانه کشور و ONI را چه از نظر فاز و چه از نظر شدت نمی‌توان نتیجه گرفت.



شکل ۹. مانند شکل ۸ ولی برای فصل‌های سرد از سال آبی.



شکل ۱۰. میدان ضریب همبستگی بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش سالانه نقاط گوناگون ایران در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰. محوره‌های افقی و قائم به ترتیب طول و عرض جغرافیایی را نشان می‌دهند.

۴ نتیجه‌گیری

در این مقاله ارتباط احتمالی بین پدیده انسو و بارش‌های ایران از راه بررسی بی‌هنجاری توزیع بارش سالانه در فازهای گوناگون فعالیت انسو (برحسب سال‌های خورشیدی و آبی) در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ تحقیق شده است. در این راستا، شش نمونه از شدیدترین سال‌های فعالیت انسو در دوره سی ساله، سه النینو و سه لانینا، با استفاده از داده‌های مرکز نوا انتخاب و عمده بررسی‌ها برای آن سالها به انجام رسیده است.

با توجه به شکل ۱۰ دیده می‌شود که بیشترین مقدار همبستگی در مناطق شمال غرب با مقداری بیش از ۰٫۵ و جنوب شرق با مقداری بیش از ۰٫۴ وجود داشته و در بیشتر نقاط کشور این همبستگی کمتر از ۰٫۳ است. به بیان دیگر این شکل نشانگر وجود رابطه خطی بسیار ضعیف بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش سالانه نقاط گوناگون کشور است. از اینرو نمی‌توان فقط با دانستن فازهای انسو، بارش سالانه کشور را پیش‌بینی کرد.

کشور و یا به‌ویژه برهم‌کنش پیچیده این اثر با دیگر پدیده‌های بزرگ‌مقیاس جوی و اقیانوسی مانند نوسان اطلس شمالی، نوسان مادن-جولین و مانسون باشد (لیم و کیم ۲۰۰۷). از این‌رو برای توضیح و امکان پیش‌بینی بی‌هنجاری‌های بارش سالانه در کشور، نیاز به بررسی‌های جامع دینامیکی از همه عوامل تاثیر گذار و سازوکار آنها است.

تشکر و قدردانی

این مقاله با حمایت سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است که در اینجا از مسئولین محترم آن سازمان قدردانی می‌شود.

منابع

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، ۳۶۹-۳۶۱.

ناظم السادات، م. ج.، ۱۳۸۵: نیروی موثر پدیده النینو-نوسان جنوبی (ENSO) بر ایجاد تغییر اقلیم در ایران، با استفاده از تحلیل داده‌های بارش. مجله علوم و تکنولوژی، شماره ۳۰، ۵۵۵-۵۶۵.

- Chambers D. P., B. D. Tapley, and R. H. Stewart, 1999: Anomalous warming in the Indian Ocean coincident with El Niño. *J. Geophys. Res.*, 104, 3035-3047.
- Deser C., and J. M. Wallace, 1990: Large-scale atmospheric circulation features of warm and cold episodes in the tropical Pacific. *J. Climate*, 3, 1254-1281.
- Enloe, J., J. J. O'Brien and S. R. Smith, 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.
- Lim, Y. K. and Kim, K. Y., 2007: ENSO Impact on the Space-Time Evolution of the

علاوه بر بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش سالانه مناطق گوناگون کشور در فازهای گرم و سرد انسو، ارتباط بین بی‌هنجاری بارش سالانه 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 سالانه ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور در دوره سی‌ساله، مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج بررسی توزیع بی‌هنجاری بارش سالانه مناطق گوناگون کشور در فازهای گرم و سرد انسو نشان می‌دهد که در هیچ‌یک از فازها، توزیع سالانه 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 در سال‌های آبی مشهود است. مقایسه بی‌هنجاری‌های بارش سالانه کل کشور و شاخص نینوی اقیانوسی نیز حاکی از آن است که در پنج مورد از شش مورد فعالیت انسو در سال‌های خورشیدی و در سه مورد از سال‌های آبی، این بی‌هنجاری‌ها هم‌فاز هستند؛ ولی نکته بسیار مهم متفاوت بودن چگونگی تغییرات و شدت آنها است. وجود ضرایب همبستگی ضعیف (و بسیار ضعیف در بیشتر نقاط کشور) بین شاخص نینوی اقیانوسی و بارش سالانه ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور در دوره سی‌ساله نیز نشانگر همبستگی آماری ضعیف بین آنها است. نتایج بررسی‌های فوق نشان می‌دهد که توزیع بارش سالانه کشور در فازهای گوناگون انسو از روند و الگوی خاص تبعیت نمی‌کند و در هر یک از دو فاز الگوهای متفاوت دیده می‌شود. در سال‌های النینو (یا لانیای) بررسی شده هم بی‌هنجاری بارش سالانه مثبت و هم بی‌هنجاری منفی بارش به چشم می‌رسد. به بیان دیگر فقط با تعیین فاز انسو نمی‌توان توزیع بی‌هنجاری بارش سالانه 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 سالانه

Rowell D. P., 2001: Teleconnections between the tropical Pacific and the Sahel. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **127**, 1683-1706.

Smith, S. R., J. Brolley, J. J. O'Brien, and C. A. Tartaglione, 2007: ENSO's Impact on Regional U.S. Hurricane activities. *J. Climate*, **20**, 1404-1414.

Tartaglione, C. A., S. R. Smith, and J. J. O'Brien, 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.

Regional Asian Summer Monsoons. *J. Climate*, **20**, 2397-2415.

Nichol J., 1997: Bioclimatic impacts of the 1994 smoke haze event in Southeast Asia. *Atmos. Environ.*, **31**, 1209-1219.

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 T. H. Carpenter, 1982: Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 354-384.

پیوست ۱. مشخصات ایستگاه‌های همدیدی ایران

مشخصات ایستگاه‌های همدیدی ایران که در طول دوره سی ساله ۱۹۷۱-۲۰۰۰ آماربرداری می‌کرده‌اند.

ردیف	نام ایستگاه	رمز عددی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دوره آماری	
					کامل	ناقص
۱	آبادان	۴۰۸۳۱	۴۸٫۲۵	۳۰٫۳۷	*	
۲	اراک	۴۰۷۶۹	۴۹٫۷۷	۳۴٫۱۰		۹۵
۳	ارومیه	۴۰۷۱۲	۴۵٫۰۸	۳۷٫۵۳	*	
۴	اصفهان-جنوب	۴۰۸۰۰	۵۱٫۶۷	۳۲٫۶۲		۹۴
۵	انزلی	۴۰۷۱۸	۴۹٫۴۷	۳۷٫۴۷	*	
۶	اهواز	۴۰۸۱۱	۴۸٫۶۷	۳۱٫۳۳	*	
۷	ایرانشهر	۴۰۸۷۹	۶۰٫۷۰	۲۷٫۲۰		۷۹ و ۷۸
۸	بابلسر	۴۰۷۳۶	۵۲٫۶۵	۳۶٫۷۲	*	
۹	بم-فرودگاه	۴۰۸۵۴	۵۸٫۳۵	۲۹٫۱۰	*	
۱۰	بندر جاسک	۴۰۸۹۳	۵۷٫۷۷	۲۵٫۶۳		۷۹-۸۴
۱۱	بندر چابهار	۴۰۸۹۸	۶۰٫۶۲	۲۵٫۲۸		۷۰ و ۷۶-۸۰ و ۷۸ و ۸۴

ادامه پیوست ۱. مشخصات ایستگاه‌های همیدی ایران

مشخصات ایستگاه‌های همیدی ایران که در طول دوره سی ساله ۱۹۷۱-۲۰۰۰ آماربرداری می‌کرده‌اند.

	*	۲۶,۵۸	۵۴,۸۳	۴۰,۸۸۳	بندر لنگه	۱۲
	*	۲۷,۲۲	۵۶,۳۷	۴۰,۸۷۵	بندرعباس	۱۳
۷۹		۲۸,۹۷	۵۰,۸۲	۴۰,۸۵۸	بوشهر	۱۴
۸۱		۳۲,۸۷	۵۹,۲۰	۴۰,۸۰۹	بیرجند	۱۵
	*	۳۸,۰۸	۴۶,۲۸	۴۰,۷۰۶	تبریز	۱۶
	*	۳۵,۲۷	۵۹,۲۲	۴۰,۷۶۲	تربت حیدریه	۱۷
	*	۳۵,۶۸	۵۱,۳۲	۴۰,۷۵۴	تهران-مهرآباد	۱۸
۸۴-۸۵		۳۳,۴۳	۴۸,۲۸	۴۰,۷۸۲	خرم‌آباد	۱۹
	*	۳۸,۵۵	۴۴,۹۷	۴۰,۷۰۳	خوی	۲۰
۹۲-۹۳		۳۲,۴۰	۴۸,۳۸	۴۰,۷۹۵	دزفول-پایگاه	۲۱
	*	۳۶,۹۰	۵۰,۶۷	۴۰,۷۳۲	رامسر	۲۲
۸۰		۳۷,۲۰	۴۹,۶۵	۴۰,۷۱۹	رشت-فرودگاه	۲۳
	*	۳۱,۰۳	۶۱,۴۸	۴۰,۸۲۹	زابل	۲۴
	*	۲۹,۴۷	۶۰,۸۸	۴۰,۸۵۶	زاهدان	۲۵
	*	۳۶,۶۸	۴۸,۴۸	۴۰,۷۲۹	زنجان	۲۶
	*	۳۶,۲۰	۵۷,۷۲	۴۰,۷۴۳	سبزوار	۲۷
۸۰-۸۱		۳۶,۲۵	۴۶,۲۷	۴۰,۷۲۷	سقز	۲۸
	*	۳۵,۵۵	۵۳,۳۸	۴۰,۷۵۷	سمنان	۲۹
۸۰		۳۵,۳۳	۴۷,۰۰	۴۰,۷۴۷	سنندج	۳۰
	*	۳۶,۴۲	۵۴,۹۵	۴۰,۷۳۹	شاهرود	۳۱
	*	۳۲,۳۳	۵۰,۸۵	۴۰,۷۹۸	شهرکرد	۳۲

ادامه پیوست ۱. مشخصات ایستگاه‌های همدیدی ایران

مشخصات ایستگاه‌های همدیدی ایران که در طول دوره سی ساله ۱۹۷۱-۲۰۰۰ آماربرداری می‌کرده‌اند.

۸۵ و ۷۸		۲۹,۵۳	۵۲,۶۰	۴۰,۸۴۸	شیراز	۳۳
۷۸-۸۴		۳۳,۶۰	۵۶,۹۲	۴۰,۷۹۱	طیس	۳۴
۸۷		۲۸,۹۷	۵۳,۶۸	۴۰,۸۵۹	فسا	۳۵
	*	۳۶,۲۵	۵۰,۰۰	۴۰,۷۳۱	قزوین	۳۶
	*	۳۳,۹۰	۵۱,۴۵	۴۰,۷۸۵	کاشان	۳۷
	*	۳۰,۲۵	۵۶,۹۷	۴۰,۸۴۱	کرمان	۳۸
	*	۳۴,۳۵	۴۷,۱۵	۴۰,۷۶۶	کرمانشاه	۳۹
	*	۳۶,۸۵	۵۴,۲۷	۴۰,۷۳۸	گرگان-هاشم‌آباد	۴۰
	*	۳۶,۲۷	۵۹,۶۳	۴۰,۷۴۵	مشهد	۴۱
	*	۳۵,۲۰	۴۸,۷۲	۴۰,۷۶۷	همدان-نوژه	۴۲
۷۳		۳۱,۹۰	۵۴,۲۸	۴۰,۸۲۱	یزد	۴۳