

## بارندگی ششماهه سرد مناطق مرکزی و جنوب غربی ایران و ارتباط آن با پدیده الینینیو نوسانات جنوبی

سید محمد جعفر ناظم‌السادات و احمد رضا قاسمی<sup>۱</sup>

### چکیده

در این پژوهش میزان تأثیر پدیده الینینیو نوسانات جنوبی بر بارندگی ششماهه سرد استان‌های اصفهان، فارس، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد (۲۲ ایستگاه) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که وقوع لانینا موجب کاهش ۵۰ تا ۲۰ درصدی بارندگی در استان‌های بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد و جنوب فارس شد. در دیگر استان‌های مورد بررسی، این پدیده تغییر چندانی در بارندگی ششماهه سرد سال ایجاد نکرد. برخلاف لانینا، وقوع الینینیو موجب افزایش ۷۰ تا ۲۰ درصدی این بارندگی در بیشتر ایستگاه‌ها شد، که مقدار این افزایش به موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها بستگی داشت. مشخص شد، در حالی که بیشتر ترسالی‌های شدید در منطقه مورد بررسی در شرایط الینینیو بوده است، احتمال وقوع خشک‌سالی شدید در این حالت در عموم ایستگاه‌ها صفر تا ۲۵ درصد می‌باشد. هم‌چنین، درصد وقوع خشک‌سالی شدید در شرایط لانینا در غالب ایستگاه‌ها بسیار کم بوده، و تنها در استان خوزستان و نواحی جنوبی استان فارس به ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بارش، ششماهه سرد، اصفهان، فارس، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد، الینینیو نوسانات

جنوبی

۱. به ترتیب دانشیار آبیاری و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

## مقدمه

(ژانویه) در امتداد سواحل پرو، از شمال به سمت جنوب به حرکت در می‌آمد، گفته می‌شد. به دلیل هم‌زمانی وقوع این دو پدیده، آن را به صورت الینینو- نوسانات جنوبی (ENSO) بیان می‌کنند، که فاز گرم آن را الینینو و فاز سرد آن را لانینا (La Nina) گویند (۴). تروب (۱۲) شدت و ضعف پدیده الینینو نوسانات جنوبی را از طریق محاسبه گرادیان فشار بین ناحیه شرقی و غربی اقیانوس آرام سنجید. مقدار عددی گرادیان فشار هوا بین شرق و غرب آرام حاره‌ای عموماً با شاخص SOI بیان می‌شود. در محاسبه شاخص SOI، اختلاف فشار هوای سطح اقیانوس در داروین استرالیا (E,  $121^{\circ}15'$  S,  $120^{\circ}55'$  E) و جزیره تاهیتی (W,  $149^{\circ}55'$  S,  $17^{\circ}$ ) مبنای محاسبات قرار می‌گیرد (۴).

ویرانگری‌های مهم پدیده ENSO و تأثیر آن بر بارندگی پاییزه و زمستانه بسیاری از نقاط ایران بررسی شده است (۳، ۶ و ۷). نتیجه کلی این بررسی‌ها گویای آن است که وقوع پدیده الینینو (یا لانینا) موجب افزایش (یا کاهش) بارندگی پاییزه در بسیاری از نقاط کشور می‌شود. افزون بر این، مشخص شده است که تأثیر این پدیده در فصل زمستان عموماً ضعیفتر از پاییز بوده، و در موارد زیادی برخلاف پاییز، وقوع الینینو (یا لانینا) موجب کاهش (یا افزایش) بارندگی می‌گردد. وجود چنین عالیم متفاوتی، پیش‌بینی بارندگی را در کل شش‌ماهه سرد سال با مشکل زیادی رو به رو می‌سازد. با توجه به تفاوت سهم بارندگی پاییزه و زمستانه هر ایستگاه در تولید کل بارش سالیانه، و نیز پاسخ متفاوت بارش ایستگاه‌های مورد بررسی به پدیده ENSO، مشخص نیست که برای دوره شش‌ماهه سرد سال وقوع الینینو یا لانینا چه اثری در بارش کشور دارد. به سخن دیگر، با توجه به تأثیر بعضًا معکوسی که دو پدیده الینینو و لانینا بر بارندگی یک ناحیه دارند معلوم نیست که برای بخش اعظم از سال زراعی (از اول مهر تا اوایل فروردین) وقوع پدیده ENSO چه اثری بر بارش منطقه مورد بررسی دارد. افزون بر این، هیچ منبع علمی معتبر که ارتباط بین شدیدترین خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های مناطق مورد بررسی را با پدیده

بخش وسیعی از کشور ایران، و به ویژه نواحی جنوبی آن، در دامنه نوسانات کمریند پرفشار جنوب حاره‌ای (Subtropical high) قرار داشته و عموماً دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. سرزمین‌های واقع در حد فاصل عرض‌های ۲۳ تا ۴۵ درجه شمالی و جنوبی متأثر از سیستم‌های پرفشار جنوب حاره‌ای می‌باشند، و اغلب بیابان‌های وسیع جهان نیز در این محدوده قرار دارند.

سیلاب‌های ویرانگر و نیز خشک‌سالی‌های پی در پی و طولانی در قسمت‌های مختلف استان‌های مورد بررسی، رخدادی معمولی است که در ایجاد رکود اقتصادی، بی‌کاری و غیر اقتصادی شدن بخش‌های مهم تولیدی مانند کشاورزی و دامپروری نقش اساسی دارد. حدود ۹۰ درصد از آب‌های موجود در کشور صرف فعالیت‌های کشاورزی می‌شود. به همین دلیل، وقوع خشک‌سالی بیشترین آسیب را متوجه این بخش می‌کند (۲). کاهش میزان محصولات، هجوم آفت‌ها، تشدید آثار منفی استفاده از آفت‌کش‌ها و به هم خوردن تعادل بازار و صنایع کشاورزی از مهم‌ترین و شناخته شده‌ترین آثار خشک‌سالی بر این بخش به شمار می‌آیند. برای مثال، خشک‌سالی سال ۱۳۷۸ در کشور، موجب کاهش شش میلیون تن از فراورده‌های کشاورزی، به ارزش ۸۰۰ میلیارد تومان گردیده است (۲).

پدیده الینینو- نوسانات جنوبی (Southern oscillation, ENSO) یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی است که اخیراً در توجیه دقیق‌تر علت تغییرات سالیانه بارندگی و دیگر پارامترهای مهم اقلیمی مورد توجه بسیاری از دانشمندان، از جمله راپلوسکی و هالپرت (۹ و ۱۰)، و کوردری و همکاران (۵) قرار گرفته است. واکر و بلیس (۱۴) برای نخستین بار در سال ۱۹۳۲ به وجود یک رفتار الکلنگی فشار سطح آب در امتداد شرقی- غربی اقیانوس‌های آرام جنوبی و هند پی برداشت، که آن را نوسانات جنوبی (Southern oscillation) نامیدند. الینینو نیز به جریانی از آب گرم، که در حوالی کریسمس

داده‌های SOI، که بر اساس پژوهش تروپ (۱۳) محاسبه شده، از طریق سازمان هواشناسی استرالیا تأمین گردید. با توجه به آن که داده‌های SOI در مقیاس ماهیانه ارائه می‌شود، میانگین حسابی این شاخص از ماه اکتبر سال I تا پایان ماه مارس سال I+1 به عنوان شاخص SOI برای دوره ششماهه سرد سال در نظر گرفته شد. همین روش برای محاسبه بارندگی فصل سرد نیز به کار رفت. پس از محاسبه مقادیر SOI برای شش ماه سرد، داده‌ها از کوچک به بزرگ منظم شده و سال‌هایی که SOI در محدوده ۲۵٪ بالای ارقام (کمتر از چارک اول) منظم شده قرار داشتند به عنوان فاز گرم (الینینو)، و سال‌هایی که SOI در محدوده ۲۵٪ پایین این ارقام (بیشتر از چارک سوم) واقع بودند به عنوان فاز سرد (لانینا) در نظر گرفته شد (۷ و ۸). سال‌هایی که SOI ششماهه آنها بین محدوده چارک اول و آخر قرار داشتند نیز به عنوان فاز معمولی (پایه) شناخته شد (۱۰).

سال‌هایی که در این پژوهش به عنوان فازهای سرد و گرم ENSO در نظر گرفته شد با یافته‌های ترنبرت (۱۲) و راپلوسکی و هالپرت (۱۰) هم خوانی کلی داشت. در تعیین شدیدترین ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها نیز پس از مرتب کردن ارقام بارندگی هر ایستگاه به صورت صعودی، سال‌هایی که بارندگی آنها در محدوده ۱۰٪ بالای ارقام (کمتر از دهک اول) مرتب شده قرار داشتند به عنوان شدیدترین خشک‌سالی، و ۱۰٪ پایینی این ارقام (بیشتر از دهک نهم) به عنوان شدیدترین ترسالی در نظر گرفته شد (۱۱). با توجه به آن که طول دوره آماری ۳۲ سال است، ۱۰ درصد دوره آماری ۳/۲ می‌باشد، که برای سادگی محاسبات، چهار مورد از بیشترین و کمترین بارندگی‌ها به ترتیب به عنوان ترسالی و خشک‌سالی‌های شدید در نظر گرفته شد.

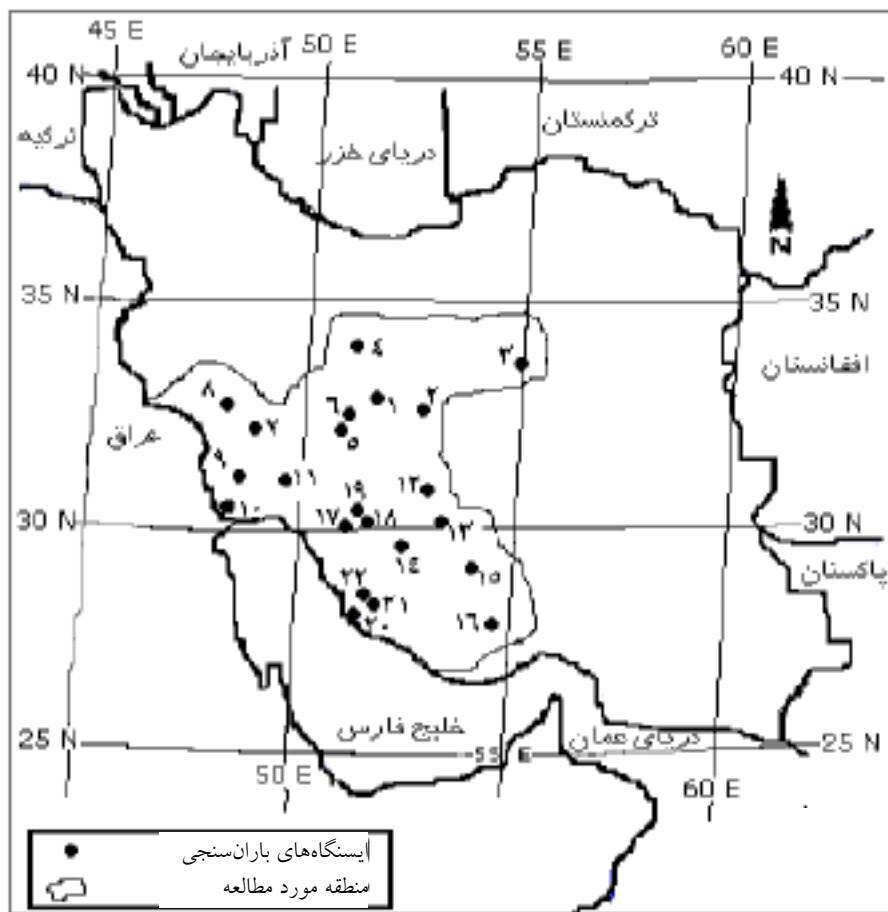
در مرحله بعد برای هر ایستگاه، میانه بارندگی ششماهه سرد سال در دوره‌های گرم و سرد این پدیده (به ترتیب  $R_{El}$  و  $R_{La}$ ) محاسبه شد، و با میانه بارندگی در دوران پایه ( $R_b$ ) مقایسه گردید. برای انجام این مقایسه، مقادیر نسبت‌های  $R_{La}/R_b$  و  $R_{El}/R_b$  محاسبه گردید. اگر برای ایستگاهی مقدار

ENSO گزارش داده باشد یافت نمی‌شود. افزایش شمار ایستگاه‌های مورد بررسی، و نیز در نظر گرفتن داده‌های بارندگی تازه منتشر شده سازمان‌های ذیربط، از دیگر ویژگی‌های این پژوهش است. یادآور می‌شود که داده‌های استان کهگیلویه و بویراحمد برای نخستین بار مورد توجه این گونه مطالعات قرار می‌گیرد. بنابراین، اهداف پژوهش حاضر عبارت اند از:

۱. بررسی میزان تأثیر پدیده ENSO بر میانه بارندگی ششماهه سرد سال در استان‌های اصفهان، فارس، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد.
۲. بررسی ارتباط بین شدیدترین پدیده‌های ترسالی و خشک‌سالی در استان‌های فوق با وقوع پدیده‌های الینینو و لانینا.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، داده‌های موجود ماهیانه بارندگی ۲۲ ایستگاه سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنگی، واقع در استان‌های اصفهان، فارس، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد در فاصله سال‌های ۱۹۶۶-۹۸ (۳۲ سال) بررسی شد (شکل ۱). برای اطمینان از نتایج حاصله، علاوه بر ایستگاه‌های هواشناسی متعلق به سازمان هواشناسی (۹ ایستگاه)، داده‌های شماری از ایستگاه‌های باران‌سنگی متعلق به وزارت نیرو (۱۳ ایستگاه) نیز بررسی گردید. داده‌های این ایستگاه‌ها با توجه به توصیه‌های سازمان هواشناسی کل کشور به ماه‌های میلادی تبدیل شد (۱). در جدول ۱ ضمن ارائه طول و عرض جغرافیایی، میانگین درازمدت سالیانه، مقدار بارندگی فصل سرد، و نیز نسبت این بارندگی به کل بارندگی سالیانه برای ایستگاه‌های مورد بررسی آورده شده است. چنان که این جدول نشان می‌دهد، میانگین درازمدت بارندگی سالیانه بین ۸۰ میلی‌متر در بیابانک تا ۷۹۰ میلی‌متر در تنگ بریم متغیر است. هم‌چنین، بین ۷۳٪ (در اصفهان) تا ۹۵٪ (در بوشهر) از کل بارش سالیانه در طول ششماهه سرد نازل می‌گردد.



شکل ۱. موقعیت تقریبی ایستگاه‌ها و منطقه مورد بررسی

۱. اصفهان ۲. ورزنه ۳. بیبانک ۴. کاشان ۵. شهرکرد ۶. پل زمانخان ۷. گتوند ۸. دزفول ۹. اهواز ۱۰. آبادان ۱۱. رامهرمز ۱۲. آباده ۱۳. دشتیال ۱۴. شیراز ۱۵. فسا ۱۶. لار ۱۷. تنگ بزیرم ۱۸. شاه مختار ۱۹. بطاری ۲۰. بوشهر ۲۱. سعدآباد ۲۲. شبانکاره

رامهرمز و لار می‌باشد. این شکل بیانگر آن است که وقوع لانینا عموماً تأثیر معنی‌داری در مقدار بارندگی ششم‌ماهه سرد سال استان‌های خوزستان، چهارمحال و بختیاری، اصفهان، و تا حدودی شمال فارس ندارد. در عین حال، در استان‌های بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد و نواحی مرکزی و جنوبی استان فارس وقوع این پدیده همراه با کاهش ۲۰ تا ۵۰ درصدی بارندگی ششم‌ماهه سرد سال است. نظام السادات و کوردری (۷) نشان داده‌اند که وقوع لانینا موجب کاهش چشمگیری در بارندگی پاییزه کلیه استان‌های مورد بحث شده است. مقایسه نتایج پژوهش‌های قبلی با نتایج پژوهش حاضر گویای آن است که وقوع لانینا می‌تواند افزایش بارندگی سه‌ماهه زمستان در

$R_{El}/R_b$  کمتر از واحد شود به مفهوم آن است که وقوع فاز گرم پدیده الینینو نوسانات جنوبی موجب کاهش بارندگی در آن ایستگاه شده است. به همین ترتیب، مقادیر بیشتر از واحد نسبت  $R_{La}/R_b$  نشانه آن است که فاز سرد این پدیده موجب افزایش بیش از معمول بارندگی در ایستگاه مورد بررسی شده است.

## نتایج و بحث

تأثیر ENSO بر بارندگی ششم‌ماهه سرد سال در شکل ۲ توزیع جغرافیایی نسبت  $R_{La}/R_b$  برای ایستگاه‌های مورد بررسی نشان داده شده است. بیشترین و کمترین مقدار این نسبت به میزان ۱/۱ و ۰/۵، به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های

جدول ۱. طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع بارندگی ششماهه سرد سال و نسبت این بارندگی به کل بارندگی سالیانه در ایستگاه‌های

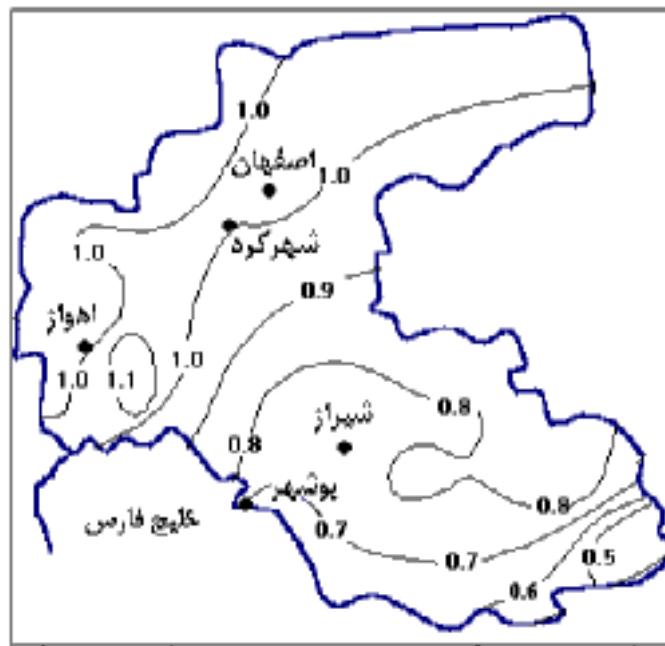
## مورد بررسی

ردیف	نام	ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه و دقیقه)	طول جغرافیایی (درجه و دقیقه)	میانگین درازمدت ششماهه سرد	میانگین بارندگی ششماهه سرد	درصد بارندگی به کل بارندگی	سالیانه
۱	اصفهان		۳۷	۵۱	۱۲۱	۸۹	۷۳	
۲	ورزنه		۲۴	۵۲	۸۵	۶۳	۷۴	
۳	بیابانک		۴۷	۵۵	۷۸	۶۱	۷۹	
۴	کاشان		۰۹	۵۱	۱۳۸	۱۰۸	۷۸	
۵	شهرکرد		۲۰	۵۰	۳۲۲	۲۶۴	۸۲	
۶	پل زمانخان		۲۹	۵۰	۳۳۷	۲۵۷	۷۴	
۷	گتوند		۰۳	۴۸	۴۱۰	۲۷۲	۸۸	
۸	دزفول		۲۴	۴۸	۳۹۱	۲۴۰	۸۹	
۹	اهواز		۲۰	۴۸	۲۳۰	۲۰۶	۹۰	
۱۰	آبادان		۲۲	۴۸	۱۰۵	۱۲۵	۸۷	
۱۱	رامهرمز		۱۶	۴۹	۳۱۱	۲۶۵	۹۰	
۱۲	آباده		۱۱	۵۲	۱۴۵	۱۱۵	۷۹	
۱۳	دشتیال		۰۲	۵۲	۳۷۶	۳۱۹	۸۵	
۱۴	شیراز		۳۳	۵۲	۳۴۲	۳۰۴	۸۹	
۱۵	فسا		۰۴	۵۳	۳۰۵	۲۸۱	۹۲	
۱۶	لار		۴۱	۵۴	۲۱۴	۱۵۹	۸۳	
۱۷	تنگ بریم		۱۹	۵۱	۷۸۹	۶۰۵	۸۹	
۱۸	شاه مختار		۴۱	۵۱	۷۷۲	۵۸۷	۸۶	
۱۹	بطاری		۰۱	۵۱	۴۹۶	۳۷۹	۸۳	
۲۰	بوشهر		۰۹	۵۰	۲۷۳	۲۶۰	۹۰	
۲۱	سعد آباد		۲۳	۵۱	۲۷۹	۲۳۸	۹۱	
۲۲	شبانکاره		۲۰	۵۱	۲۴۵	۲۲۱	۹۴	

بارندگی پاییزه و زمستانه را در پی دارد.

نسبت بارندگی ششماهه سرد سال در هنگام وقوع الینینو به میانه دوره پایه ( $R_{E1}/R_b$ ) در شکل ۳ نشان داده شده است. همان گونه که دیده می‌شود، گرچه برای تمام ایستگاه‌ها این نسبت بزرگ‌تر از واحد است، واکنش بارندگی ایستگاه‌های

استان‌های اصفهان، خوزستان و چهارمحال و بختیاری را در پی داشته باشد. این افزایش به گونه‌ای است که کمبود بارندگی پاییزه در اثر فاز سرد ENSO را جبران می‌کند. در عین حال، شواهد نشان می‌دهد که در استان‌های بوشهر و فارس (به ویژه مناطق جنوبی آن) وقوع لایینا کاهش قابل ملاحظه‌ای در میانه

شکل ۲. توزیع جغرافیایی نسبت  $R_{La}/R_b$  برای منطقه مورد بررسیشکل ۳. توزیع جغرافیایی نسبت  $R_{El}/R_b$  برای منطقه مورد بررسی

آباده در شمال شرقی شیراز)، که نشانه تأثیر شدیدتر این پدیده بر بارندگی این ایستگاه است. با این وجود، گرچه وقوع الینینو در سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۷۰، ۱۳۷۱، ۱۳۷۳ و ۱۳۷۶ شمسی، برابر انتظار، افزایش شدید بارندگی در ایستگاه آباده را موجب شده،

مورد نظر به فازهای گرم پدیده ENSO یکسان نمی‌باشد. در حالی که در بیشتر ایستگاه‌ها حدود ۳۰ درصد افزایش در بارندگی ششماهه سرد نسبت به دوره پایه قابل انتظار است، این نسبت در آباده به حدود ۱/۷ افزایش یافته ( محل ایستگاه

زمانخان، اهواز، دزفول، گتوند، آباده، ورزنه و شاه مختار ترسالی‌های شدید در ۱۰۰٪ موارد با پدیده الینینو هم‌زمان بوده است. این هم‌زمانی برای ایستگاه‌های شیراز، لار، بوشهر، آبادان، تنگ بريم و بطاري به ۷۵٪، و برای رامهرمز، فسا، کاشان و اصفهان به ۵۰٪ و بیابانک به ۲۵٪ کاهش می‌یابد. برای مثال، هر چهار مورد ترسالی شدید دو ایستگاه شهرکرد و پل زمانخان (سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۳) در شرایط الینینو به قوع پیوسته است.

برخلاف دوران گرم ENSO، احتمال وقوع ترسالی شدید در دوران لانینا برای عموم ایستگاه‌ها نزدیک به صفر است. موارد استثنایی مربوط به ایستگاه‌های کاشان، رامهرمز و بیابانک است، که این احتمال برای دو ایستگاه اول به ۲۵٪ و برای ایستگاه سوم به ۵۰٪ افزایش می‌یابد. از چهار مورد ترسالی شدید ایستگاه بیابانک در سال‌های ۱۳۴۹، ۱۳۵۰، ۱۳۵۷ و ۱۳۷۰، تنها یک مورد (سال ۱۳۷۰) در دوره الینینو، دو مورد (سال‌های ۱۳۴۹ و ۱۳۵۰) در دوره لانینا و یک مورد باقی‌مانده در سال ۱۳۵۷ در دوره پایه به وقوع پیوسته است. به نظر می‌رسد نحوه تأثیر پدیده ENSO بر وقوع ترسالی‌ها و خشکسالی‌های شدید بیابانک (و تا حدودی کاشان) با نواحی غربی استان اصفهان و استان خوزستان متفاوت باشد.

جدول ۲ نشان می‌دهد که درصد وقوع خشکسالی‌های شدید پاییزه در شرایط الینینو در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی (بجز اصفهان) صفر است. در اصفهان نیز تنها یک مورد (سال ۱۳۷۱) از چهار خشکسالی شدید پاییزه (۱۳۵۰، ۱۳۶۷، ۱۳۶۹ و ۱۳۷۱) در شرایط الینینو است و دو مورد دیگر (سال‌های ۱۳۵۲ و ۱۳۶۷) در لانینا، و یک مورد در سال ۱۳۶۹ در شرایط پایه به وقوع پیوسته است. هم‌چنین، درصد وقوع خشکسالی شدید در شرایط لانینا نیز در بیشتر ایستگاه‌ها بسیار کم و بین صفر تا ۲۵٪ متغیر می‌باشد. تنها در دو ایستگاه اصفهان و ورزنه این مقدار به ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

نتایج ارائه شده در جدول ۲ گویای آن است که در بیش از ۹۰٪ ایستگاه‌های مورد بررسی، ۷۵ تا ۱۰۰ درصد

ولی بارندگی این ایستگاه در سال ۱۳۵۱ بسیار کمتر از معمول و بر خلاف انتظار بوده است. وجود چنین وقایع استثنایی به مفهوم آن است که علاوه بر پدیده ENSO، بارندگی نقاط مختلف کشور تابع پدیده‌های اقلیمی دیگر است، که نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارد. نسبت  $R_{EI}/R_{EJ}$  در ایستگاه دزفول در حدود واحد برآورد گردید، که نشان دهنده تأثیر نداشتن وقوع الینینو بر بارندگی ششماهه این ایستگاه است. با توجه به آن که بارندگی پاییزه این ایستگاه در دوران الینینو همراه با افزایشی چشم‌گیر است (۷)، می‌توان دریافت که کاهش بارندگی زمستانه در فاز گرم ENSO در این ایستگاه قابل توجه می‌باشد. به عبارت دیگر، گرچه بارندگی پاییزه دزفول در اثر وقوع پدیده الینینو افزایش می‌یابد، کاهش بارندگی زمستانه در این ایستگاه به میزانی زیاد است که تأثیر این پدیده را بر بارندگی پاییزه خنثی می‌کند. پاسخ معنی‌دار بارندگی زمستانه دزفول به پدیده ENSO در پژوهش قبلی نظام السادات (۶)، که از روش محاسباتی دیگری استفاده کرده بود، تأیید شده است.

**ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های شدید با پدیده ENSO**  
بررسی‌های اولیه نشان داد که گرچه آشکارترین اثر ENSO بر وقوع خشکسالی و ترسالی‌های شدید مناطق مورد بررسی در فصل پاییز دیده می‌شود، ارزیابی این اثر در فصل زمستان نتایج کاملاً مطلوبی نداشت. در عین حال، معلوم شد که اثر ENSO بر کل بارندگی ششماهه سرد سال نتایج قابل قبولی را ارائه می‌کند. به این دلیل، تأثیر پدیده ENSO بر وقوع خشکسالی و ترسالی‌های شدید پاییزه و ششماهه سرد سال جداگانه ارزیابی می‌شود.

**ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های شدید پاییزه با پدیده ENSO**  
نتایج حاصله (جدول ۲) بیانگر آن است که در شرایط الینینو، تقریباً در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی احتمال وقوع ترسالی شدید پاییزه بیش از ۷۵٪ است. برای ایستگاه‌های شهرکرد، پل

جدول ۲. درصد سال‌هایی که شدیدترین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های پاییزه با وقوع الینیو و لانینا هم‌زمان بوده است

خشکسالی شدید				ترسالی شدید				نام ایستگاه
الینیو	پاییزه	لانینا	الینیو	پاییزه	لانینا	الینیو	الینیو	
۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۵۰	۰	۰	۰	اصفهان
۰	۵۰	۵۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	ورزنه
۰	۱۰۰	۰	۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۵۰	بیابانک
۰	۵۰	۲۵	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	کاشان
۰	۷۵	۲۵	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	شهرکرد
۰	۷۵	۲۵	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	پل زمانخان
۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	گتوند
۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	دزفول
۰	۷۵	۲۵	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	اهواز
۰	۱۰۰	۰	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	آبادان
۰	۱۰۰	۰	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	رامهرمز
۰	۷۵	۲۵	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	آباده
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	دشتیال
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	شیراز
۰	۱۰۰	۰	۵۰	۵۰	۰	۰	۰	فسا
۰	۱۰۰	۰	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	لار
۰	۱۰۰	۰	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	تنگ بریم
۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	شاه مختار
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	بطاری
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	بوشهر
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	سعد آباد
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	شبانکاره

سال ۱۳۵۲ در شرایط لانینا و سه مورد دیگر در دوره پاییزه واقع شده است. تمامی خشکسالی‌های شدید پاییزه در ایستگاه‌های آبادان، دزفول، گتوند، رامهرمز، تنگ بریم، شاه مختار، فسا، لار و بیابانک در دوره پاییزه هستند. این امر به مفهوم آن است که برای بیشتر مناطق مورد بررسی (بیش از ۹۰٪) وقوع الینیو یا لانینا منجر به خشکسالی‌های شدید پاییزه نخواهد شد، یا احتمال وقوع آن بسیار کم است، که باید در پیش‌بینی‌های اقلیمی مورد نظر قرار گیرد. داده‌های ارائه شده بیانگر آن است

خشکسالی‌های شدید پاییزه در شرایط پاییزه اتفاق افتاده است. برای مثال، از چهار مورد خشکسالی شدید در ایستگاه‌های شیراز، دشتیال، شبانکاره و سعدآباد که در سال‌های ۱۳۴۹، ۱۳۶۲، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ به وقوع پیوسته است، سه مورد سال‌های ۱۳۶۲، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ (۱۳۷۵) در شرایط پاییزه، و یک مورد سال‌های ۱۳۴۹ (۱۳۷۲) در دوره لانینا بوده است. هم‌چنین، از چهار خشکسالی شدید ایستگاه‌های شهرکرد و پل زمانخان در سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳۶۹، ۱۳۶۲ و ۱۳۷۴ تنها خشکسالی شدید

۱۳۷۰، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۳ در شرایط الینینو به وقوع پیوسته است، از چهار ترسالی شدید ایستگاههای بیابانک (۱۳۵۴، ۱۳۶۶، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۴) و رامهرمز (۱۳۵۰، ۱۳۵۴، ۱۳۵۸، ۱۳۷۱) تنها یک مورد در سال ۱۳۷۱ در شرایط الینینو می‌باشد، و سه مورد دیگر در دوره لانینا و پایه به وقوع پیوسته است. نتایج حاصله بیانگر آن است که وقوع پدیده الینینو در بیشتر موارد موجب خوشحالی کشاورزان ناحیه مورد بررسی شده، زیرا در این دوران، این قشر بیشتر با افزایش بارندگی و منابع آب رو به رو هستند. افزایش تولیدات زراعی، بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی و رضایت خاطر مدیران سدها و شبکه‌های آبیاری از جمله آثار این پدیده است.

در صد بروز خشکسالی شدید در ششماهه سرد سال در شرایط الینینو، در تمامی ایستگاههای مورد بررسی بسیار کم و بین صفر تا ۲۵٪ است. برای مثال، از چهار خشک سالی شدید سال‌های ۱۳۵۱، ۱۳۶۷، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ در اصفهان و ورزنه، تنها خشکسالی سال ۱۳۵۱ در شرایط الینینو می‌باشد. در این سال، در بسیاری از استان‌های مورد بررسی، برخلاف انتظار، خشکسالی شدیدی حاکم بوده است، که علت وقوع آن باید مورد توجه پژوهش‌های آینده قرار گیرد. خشکسالی‌های شدید ششماهه سرد سال در مناطق مورد بررسی بیشتر در شرایط لانینا و پایه اتفاق افتاده است.

### نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر فازهای گرم، سرد و پایه پدیده ENSO، بر اساس شاخص SOI برای دوره ششماهه سرد سال شناسایی شد. مقدار بارندگی این دوره ششماهه در ۲۲ ایستگاه سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سننجی استان‌های اصفهان، فارس، چهارمحال و بختیاری، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد و بوشهر در هنگام وقوع فازهای مختلف ENSO سنجیده شد و با یکدیگر مقایسه گردید. مشخص شد که وقوع فاز گرم عموماً همراه با افزایش چشم‌گیر بارندگی ششماهه سرد سال در ایستگاههای مورد بررسی می‌باشد. در ایستگاه آباده، بارندگی

که وقوع خشکسالی‌های شدید در ایستگاههای مورد بررسی الزاماً در یک زمان اتفاق نیافتداده است. برای نمونه، گرچه در سال ۱۳۴۹ خشکسالی شدید پاییزه در بسیاری از نقاط استان فارس حاکم بوده است، در استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری و شمال استان فارس شدت خشکسالی پاییزه در این سال کمتر بوده است. در مقابل، پاییز سال ۱۳۶۲ یکی از خشکترین دوران برای بخش اعظم مناطق مورد بررسی بوده است.

### ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های شدید ششماهه سرد سال با پدیده ENSO

همان گونه که قبلاً گفته شد، تأثیر پدیده ENSO بر بارندگی ایران در گذر از فصل پاییز به زمستان چار دگرگونی می‌شود. فرایندی از این پدیده که موجب افزایش (یا کاهش) بارش پاییزه می‌گردد، عموماً کمبود بارش زمستانه (یا افزایش) را در پی دارد. بدین ترتیب، با توجه به شدت و ضعف پدیده ENSO در هر سال و میزان تأثیرپذیری متفاوت هر ایستگاه از این پدیده، ارزیابی ارتباط ENSO با خشکترین و پربارش‌ترین ششماهه سرد سال نیاز به پژوهش جداگانه دارد. در جدول ۳ گوشاهی از این ارزیابی نشان داده شده است.

چنان که در جدول ۳ دیده می‌شود، در فاز سرد ENSO در صد وقوع ترسالی شدید برای عموم ایستگاههای مورد بررسی بسیار کم، و در بیشتر موارد بین صفر تا ۲۵٪ متغیر است. تنها در سه ایستگاه آبادان، دزفول و رامهرمز این مقدار به ۵۰٪ افزایش می‌یابد. در همین حال، برای اغلب قریب به اتفاق ایستگاههای مورد بررسی، فاز گرم ENSO هشداری است برای مردم، مسئولین و تصمیم‌گیرندگان، که خود را برای وقوع سیل‌های احتمالی آماده سازند. در صد وقوع بارندگی‌های شدید در این دوره در بیشتر ایستگاه‌ها بین ۵۰٪ تا ۱۰۰٪ متغیر بوده، و تنها در ایستگاههای بیابانک، رامهرمز، بوشهر، شبانکاره و سعدآباد در صد وقوع بارندگی‌های شدید بسیار کم (۲۰٪) است. در حالی که تمام ترسالی‌های شدید آباده در سال‌های ۱۳۵۶،

جدول ۳. درصد سال‌هایی که شدیدترین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ششم ماهه سرد با وقوع الینینیو و لانینا هم‌زمان بوده است

خشکسالی شدید				ترسالی شدید				نام ایستگاه
الینینیو	پاییه	لانینا	الینینیو	پاییه	لانینا	لانینا	لانینا	
۲۵	۵۰	۲۵	۵۰	۵۰	۰	۰	۰	اصفهان
۲۵	۵۰	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	ورزننه
۰	۷۵	۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۲۵	۲۵	بیبانک
۲۵	۵۰	۲۵	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	کاشان
۰	۵۰	۵۰	۷۵	۰	۲۵	۲۵	۲۵	شهرکرد
۰	۷۵	۲۵	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	پل زمانخان
۰	۵۰	۵۰	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	گتوند
۰	۵۰	۵۰	۵۰	۰	۵۰	۵۰	۵۰	دزفول
۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۵۰	۰	۰	۰	اهواز
۰	۲۵	۷۵	۵۰	۰	۵۰	۵۰	۵۰	آبادان
۰	۷۵	۲۵	۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۵۰	رامهرمز
	۵۰	۵۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	آباده
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	دشتیال
۰	۷۵	۲۵	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	شیراز
۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۵۰	۰	۰	۰	فسا
۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۵۰	۰	۰	۰	لار
۰	۵۰	۵۰	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	تنگ بریم
۰	۷۵	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	شاه مختار
۲۵	۵۰	۲۵	۷۵	۲۵	۰	۰	۰	بطاری
۲۵	۵۰	۲۵	۲۵	۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	بوشهر
۰	۵۰	۵۰	۲۵	۵۰	۵۰	۲۵	۲۵	سعد آباد
۲۵	۵۰	۲۵	۲۵	۵۰	۰	۰	۰	شبانکاره

کاهش بین ۲۰٪ (در شیراز، فسا، شاه مختار و تنگ بریم) تا ۵۰٪ (در لار) برآورد گردید.

در باره خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شدید نیز می‌توان گفت که تقریباً در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی، احتمال وقوع ترسالی شدید پاییزه در شرایط الینینیو بیش از ۷۵٪ است، و تنها برای ایستگاه‌های رامهرمز، فسا، کاشان و اصفهان این احتمال به ۵۰٪ کاهش می‌یابد. همچنین، درصد وقوع خشکسالی‌های شدید پاییزه در شرایط الینینیو، تقریباً در تمامی ایستگاه‌های

حساسیت زیادی نسبت به فاز گرم ENSO نشان داد، به طوری که در این دوران مقدار میانه بارندگی این ایستگاه به حدود ۱/۷ برابر میانه دوره پاییه افزایش یافت. در بیشتر ایستگاه‌ها این نسبت حدود ۱/۳ است. در حالی که در هنگام وقوع فاز سرد ENSO تغییر چندانی در بارندگی استان‌های اصفهان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری و شمال استان فارس دیده نمی‌شود، استان‌های خوزستان، بوشهر و نواحی شمالی استان فارس با کاهش بارندگی ششم ماهه سرد سال رو به رو بوده‌اند. این

ایستگاه آبادان، دزفول و رامهرمز این مقدار به ۵۰٪ افزایش می‌یابد. درصد وقوع بارندگی‌های شدید در فاز گرم ENSO در بیشتر ایستگاه‌ها بین ۵۰٪ تا ۱۰۰٪ متغیر بوده، و تنها در ایستگاه‌های مورد بررسی در استان بوشهر، بیابانک و رامهرمز این درصد به ۲۵٪ کاهش می‌یابد. درصد بروز خشکسالی شدید در شش‌ماهه سرد سال در بین ایستگاه‌های مورد بررسی بسیار کم، ایستگاه‌های مورد بررسی بسیار کم و بین صفر تا ۲۵٪ است.

مورد بررسی نزدیک به صفر می‌باشد. درصد وقوع خشکسالی شدید در شرایط لانینا نیز در بیشتر ایستگاه‌ها بسیار کم و بین صفر تا ۲۵٪ متغیر می‌باشد. تنها در دو ایستگاه اصفهان و ورزنه این مقدار به ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

در فاز سرد ENSO، درصد وقوع ترسالی شدید در شش‌ماهه سرد سال در بین ایستگاه‌های مورد بررسی بسیار کم، و در بیشتر موارد بین صفر تا ۲۵٪ متغیر است. تنها در سه

### منابع مورد استفاده

1. سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۷۷. سالنامه هواشناسی، سال ۷۷-۱۳۷۶.
2. سلطانی، م. ۱۳۷۹. خشکسالی و برخی اثرات زیست محیطی آن با اشاره‌هایی به وضعیت این پدیده در استان اصفهان. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان، ۲: ۷۲۹-۷۳۵.
3. ناظم السادات، س. م. ج. ۱۳۷۹. خشکسالی و بارندگی مازاد پاییزه استان‌های فارس و خوزستان و ارتباط آن با پدیده الینینو- نوسانات جنوبی. مجموعه مقالات اولین کارگاه بررسی مسائل خشکسالی استان فارس. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۴۰-۱۷.
4. ناظم السادات، س. م. ج. ۱۳۸۰. آیا باران می‌بارد؟ خشکسالی و بارندگی مازاد در ایران و ارتباط آنها با پدیده الینینو- نوسانات جنوبی. انتشارات دانشگاه شیراز.
5. Cordery, I., M. McCall and M. J. Nazemosadat. 1999. Forecasting the occurrence of low precipitation three to twelve months ahead. In: Hydrological Extremes: Understanding, Predicting, Mitigating (Proceedings of IUGG 99 Symposium) Edited by L. Gottschalk, J. C. Olivry, D. Reed and D. Rosbjerg: 65-72.
6. Nazemosadat, M. J. 2001. Winter rainfall in Iran: ENSO and aloft wind interactions. Iran. J. Sci. and Technol. 25(B4): 611-624.
7. Nazemosadat, M. J. and I. Cordery. 2000a. On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran. Internat. J. Climatol. 20: 47-61.
8. Nazemosadat, M. J. and I. Cordery. 2000b. The impact of ENSO on winter rainfall in Iran. Proceeding of the 26<sup>th</sup> National and 3<sup>rd</sup> International Hydrology and Water Resources Symposium, Inst. Engs. Australia., 20-23 November 2000, Perth: 538-543.
9. Ropelewski, C. F. and M. S. Halpert. 1989. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. J. Climate 2: 268-284.
10. Ropelewski, C. F. and M. S. Halpert. 1996. Quantifying Southern Oscillation-precipitation relationships. J. Climate 9: 1043-1059.
11. Seasonal Climate Outlook. 1998. Publish of the Bureau of Meteorology Australia.
12. Trenberth, K. E. 1997. The definition of El Nino. Bull. Amer. Meteor. Soc. 78: 2771-2777.
13. Troup, A. J. 1965. The Southern Oscillation. Q. J. R. Meteorol. Soc. 91: 490-506.
14. Vaker, G. T. and E. W. Bliss. 1932. World Weather. Mem. Roy. Meteorol. Soc. 4: 53-84.