

## تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی

داریوش یاراحمدی - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان

قاسم عزیزی\* - دانشیار دانشکده جغرافیا-دانشگاه تهران

دریافت مقاله ۱۳۸۵/۸/۱۴ تأیید نهایی ۱۳۸۶/۲/۲۶

### چکیده

در این مقاله به بررسی ارتباط بین میزان بارش در فصول پاییز، زمستان و بهار با شاخص‌های اقلیمی از طریق تحلیل رگرسیونی پرداخته شده است. شاخص‌های اقلیمی نوسان جنوبی (SOI)، نوسان قطبی (AO) و نوسان اطلس شمالی (NAO)، شاخص نینو ۳/۴ (NINO3/4)، شاخص چند متغیره انسو (MEI)، شاخص انتقالی نینو (TNI) و نوسان دهه ای اقیانوس آرام (PDO) در این بررسی به عنوان متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش از داده‌های بارش ماهیانه ۲۵ ایستگاه سینوپتیکی که دارای طولانی‌ترین و کامل‌ترین دوره آماری اند (دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳) و توان پوشش اکثر مناطق بارشی کشور را دارند استفاده شده است. نتایج بدست آمده از تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد که بین میزان بارش و شاخص‌های اقلیمی مذکور در فصل بهار ارتباط بسیار ضعیفی وجود داشته است. در این مطالعه همچنین مشخص گردید که از میان شاخص‌های اقلیمی مرتبط با انسو، شاخص نینو ۳/۴ بیشترین ارتباط را با میزان بارش پاییزه و زمستانه ایران دارد و شاخص نوسان جنوبی و شاخص چند متغیره انسو در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. بین شاخص‌های انتقالی انسو و نوسان دهه ای اقیانوس آرام و میزان بارش رابطه‌ای مشاهده می‌شود. ضریب ارتباط میزان بارش‌های فصل پاییز و زمستان با شاخص نینو ۳/۴ و چند متغیره انسو مثبت و با شاخص نوسان جنوبی منفی است. به علاوه نتایج حاصل از این تحلیل مشخص ساخت که نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی با میزان بارش زمستانه ارتباط بیشتری نسبت به بارش پاییزه دارند. ضریب شاخص‌های نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی منفی می‌باشد که نشان دهنده رابطه معکوس بین میزان بارش فصول زمستان و پاییز و شاخص مذکور می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: انسو، نوسان اطلس شمالی، نوسان قطبی، شاخص نوسان جنوبی، رگرسیون.

### مقدمه

موقعیت جغرافیایی ایران در منطقه جنب حاره باعث قرار گرفتن آن در کمربند خشک جهان گردیده است. با توجه به این موقع جغرافیایی میانگین بارش ایران بسیار کمتر از میانگین جهانی بارش می‌باشد. نکته قابل توجه در ارتباط با بارش ایران علاوه بر مقدار کم بارش تغییر پذیری بالایی آن می‌باشد. با توجه به تبعات اقتصادی و

اجتماعی بسیار بالای ناشی از نوسانات بارش هم در دوره های خشک (خشکسالی) و هم در دوره های تر (سیلاب ها و طغیان رودخانه ها) شناخت عوامل موثر در ایجاد شرایط مذکور می تواند نقش قابل ملاحظه ای را در پیش بینی دوره های پر باران و کم باران و در نتیجه برنامه ریزی های دقیق تر اقتصادی داشته باشد. در دهه های اخیر یکی از موضوعاتی که برای تبیین رفتار اقلیم مورد توجه شناسان قرار گرفته است، توجیه رفتار اقلیم بر اساس ساز کارهای ارتباط از دور<sup>۱</sup> است. تحقیقات قابل توجهی برای شناخت ارتباط بین نوسانات بارش و عوامل ایجاد کننده آن در سطح جهان صورت گرفته است که بعضی از آن ها عبارتند از:

رودو و باعرت<sup>۲</sup> ارتباط تغییرات بارش فصلی جنوب اروپا در قرن جاری را با نوسان آتلانتیک شمالی و النینو نوسان جنوبی مورد بررسی قرار داده اند. آن ها نشان دادند که مقیاس زمانی و مکانی اثر هر دو پدیده در میزان باران شبه جزیره ایبری<sup>۳</sup> متفاوت است. محدوده تأثیر پدیده نوسان اطلس شمالی از جنوب غرب تا شمال غرب در زمستان و محدوده تأثیر انسو تمامی شرق از جنوب تا شمال در بهار و پاییز می باشد (رودو و بارت، ۱۹۹۷). پزو<sup>۴</sup> و همکاران در بررسی رخدادهای النینو نوسان جنوبی و ناهنجاری های بارش زمستانه اروپا، ارتباط بین بارش های اروپا و رخداد انسو را از سال ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۸ را مورد بررسی قرار دادند. تجزیه و تحلیل آن ها ارتباط آماری معنی داری را بین ناهنجاری های بارش زمستانه اروپا و رخداد انسو در فازهای لائینا، با ناهنجاریهای مثبت بارش در شمال جزایر بریتانیا و اسکاندیناوی و ناهنجاری های منفی بارش در جنوب اروپا شبیه الگو های بارش مرتبط با فاز مثبت نوسان اطلس شمالی را نشان داد (پزو، ۲۰۰۵). سینگ<sup>۵</sup> با مطالعه شاخص چند متغیره انسو و باران های موسمی هند به بررسی ارتباط های بین MEI و IMR (شاخص چند متغیره انسو و بارش های موسمی هند) پرداخته و نتیجه گیری نموده که شرایط انسو پیش از مونسون ارتباط معکوس با بارش های موسمی در شمال غرب و در انتهای جنوب هند (نواحی پنی سولار) داشته و همچنین انسو پر بارش های موسمی شمال شرق هند تأثیر مهمی ندارند (سینگ، ۲۰۰۰). کایا<sup>۶</sup> و همکاران به مطالعه ارتباط ماهانه بین طغیان های رودخانه ای در ترکیه و حوادث النینو و لائینا پرداخته اند. آن ها این ارتباط را در دو ناحیه شمال غربی و شرق آناتولی انجام دادند و مشخص کردند که ناهنجاری های مثبت طغیان های آوریل تا اکتبر رودخانه ها در شمال غرب آناتولی ارتباط قوی با رخداد پدیده النینو دارد (کایا، ۲۰۰۱). اولدنبورگ<sup>۷</sup> و همکاران ضمن بررسی "ارتباط از دور النینو و بارش بهاره اروپا" به تأثیر النینو بر بارش های بهاری در اروپا از طریق رگرسیون پرداخته اند. آن ها بیان می کنند که تأثیر ارتباط از دور النینو بر بارش های بهاره اروپا بسیار قوی تر از بارش های زمستانه اروپا است (اولدنبورگ، ۲۰۰۰). یو<sup>۸</sup> در پژوهشی تحت عنوان اندازه گیری آماری شدت حوادث النینو، با استفاده از مدل منطقی گامبل از طریق به کارگیری توزیع مقادیر نهایی متقابل در حد های گامبل به بررسی شدت حوادث النینو

<sup>1</sup> Teleconnection

<sup>2</sup> -Rodo and Baert

<sup>3</sup> -Iberian

<sup>4</sup> -Pozo

<sup>5</sup> -Singh

<sup>6</sup> Kahya

<sup>7</sup> -Oldenborgh

<sup>8</sup> -Yue

پرداخت. در این روش توزیع احتمال سه ترکیب دوتایی، شدت نهایی النینو و بزرگی آن، بزرگی النینو و مدت آن، شدت نهایی النینو و مدت آن به صورت همزمان مشخص می شود (یو، ۲۰۰۱).

مدرس پور به بررسی تأثیر رویداد انسو بر بارندگی و دمای ایران در طی ۴ فصل پرداخته است. در این بررسی عنوان گردیده که مناطق مختلف کشور در فصول متفاوت و همزمان با شرایط النینو وضعیت مشابهی را تجربه نمی کنند و اندازه تأثیرپذیری از فصلی به فصلی و از مکانی به مکان دیگر متفاوت است (مدرس پور، ۱۳۷۶). خوش اخلاق ارتباط بین رژیم بارش ایران و انسو را با استفاده از روش همبستگی بررسی نمود و میزان ضریب همبستگی بین بارش های ماهانه ایران و شاخص نوسان جنوبی را ۰/۲۳۶- بدست آورد (خوش اخلاق، ۱۳۷۷). عزیزی با استفاده از روش همبستگی، ارتباط بین النینو و دوره های خشکسالی و ترسالی ایران را مورد بررسی قرار داده است ایشان با استفاده از داده های سالانه شاخص نوسان جنوبی<sup>۱</sup> و بارش سالانه ایران عنوان می کند که ارتباط نسبتاً قوی با ضریب همبستگی ۰/۳۷- بین بارش های سالانه ایران و نوسان جنوبی وجود دارد. همچنین ایشان در این تحقیق مشخص کرد که ارتباط منفی بین بارش های پاییزه و شاخص نوسان جنوبی در دامنه های جنوبی البرز بسیار قوی تر از سایر نقاط ایران است (عزیزی، ۱۳۷۹). ناظم السادات با بررسی "ارتباط انسو و بارش های پاییزه در ایران" یک ارتباط منفی بین بارش های پاییزه ایران و شاخص نوسان جنوبی استخراج کرد. ایشان نیز به ارتباط منفی قوی تر بین بارش های پاییزه و شاخص نوسان جنوبی در دامنه های جنوبی البرز، منطقه شمال غرب و نواحی مرکزی نسبت به سایر نقاط ایران اشاره دارد (ناظم السادات، ۲۰۰۰). غیور و خسروی تأثیر پدیده انسو بر ناهنجاری های بارش تابستانه و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران را مورد پژوهش قرار دادند. آن ها در این تحقیق از روش آماری همبستگی و مطالعه سینوپتیکی جت استریم ها استفاده نمودند (غیور و خسروی، ۱۳۸۰). مرادی به بررسی ارتباط بین نوسان اطلس شمالی<sup>۲</sup> و بارش و دمای ایران از طریق روش آماری همبستگی پرداخته و بیان می کند که بین شاخص نوسان اطلس شمالی با بارش ایران رابطه مستقیم و با دمای ایران رابطه معکوس وجود دارد (مرادی، ۱۳۸۳). کیانی پور در پایان نامه کارشناسی ارشد خود با عنوان بررسی سینوپتیکی پدیده النینو و ارتباط آن با ناهنجاری بارش های جنوب و جنوب غرب کشور عنوان می کند که در دوره های لائینو شرایط مناسبتری برای ایجاد بارش نسبت به دوره های النینو وجود دارد (کیانی پور، ۱۳۷۹). فرزانه منش نیز در پایان نامه کارشناسی ارشد (۱۳۸۴) خود بیان می کند که در دوره های النینو، شرایط بارش برای منطقه جنوب و جنوب غرب ایران مناسب تر است.

همان طور که مشاهده شد در اکثر پژوهش های انجام شده در رابطه با شناسایی ارتباط بین شاخص های اقلیمی و ویژگی های بارش ایران از روش آماری همبستگی استفاده شده است. روش همبستگی در مقایسه با روش رگرسیون دارای نقاط ضعفی است لذا این مطالعه سعی دارد که با توجه به شاخص های پیوند از دور ارتباط مهمترین شاخص های اقلیمی را که ارتباط آن ها از لحاظ تئوری با شرایط بارش های ایران مورد تأیید است را با ویژگی های بارش فصلی ایران از طریق روش تحلیل رگرسیون چند متغیره مورد بررسی قرار بدهد.

<sup>1</sup> - Southern Oscillation Index (SOI)

<sup>2</sup> - The NORTH ATLANTIC OSCILLATION (NAO)

## داده ها و روش ها

در این پژوهش برای نیل به اهداف مورد نظر از دو دسته داده ها استفاده گردیده است:

۱- داده های بارش ماهیانه ۲۵ ایستگاه سینوپتیکی کشور (جدول ۱) که دارای طولانی ترین و کامل ترین دوره آماری اند (دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳) و توان پوشش اکثر مناطق بارشی کشور را دارند (شکل ۱) از سازمان هواشناسی کشور دریافت و مورد استفاده قرار گرفته است. داده های مذکور برای سه فصل پاییز (اکتبر، نوامبر و دسامبر) و فصل زمستان (ژانویه، فوریه و مارس) و فصل بهار (آوریل، می و ژوئن) استفاده شده است (جدول ۱) داد های نمایانگر شاخص های اقلیمی شامل:

- نوسان قطب شمال<sup>۱</sup>: که با دو حرف اختصاری AO نشان داده میشود به الگوهای فشار اتمسفری متقابل در عرض های میانه و بالا و شمالی در نیمکره شمالی اطلاق میشود. این شاخص دارای دو فاز مثبت و منفی می باشد که فاز منفی یا سرد که بیانگر فشار اتمسفری نسبتاً زیاد بر روی قطب شمال و فشار نسبتاً پایین در عرض های میانه (حدود ۴۵ درجه شمالی) و فاز مثبت یا گرم با شاخص بالای آن برعکس بیانگر فشار اتمسفری نسبتاً پایین در قطب شمال و فشار نسبتاً بالا در عرض های میانه است (کر، ۱۹۹۷).

- نوسان اطلس شمالی: که با NAO نمایش داده میشود. حوزه فعالیت آن از حوالی جزیره ایسلند در نزدیکی قطب شمال تا اقیانوس اطلس جنب حاره از آزور تا شبه جزیره ایبری در جنوب می باشد. شاخص نوسان اطلس شمالی که برای نشان دادن فازهای نوسان اطلس شمالی به کار برده میشود از اختلاف فشار بین پر فشار جنب حاره آزور (معمولاً ایستگاه لیسبون) و کم فشار جنب قطبی ایسلند (معمولاً ایستگاه گیلبرت) بدست می آید. شاخص دارای دو فاز مثبت و منفی است که فاز مثبت آن بیانگر فشار بیش از حد معمول در پرفشار آزور و فشار کمتر از حد معمول در کم فشار ایسلند (گرادیان فشار بالا بین دو مرکز) است و فاز منفی آن بیانگر پرفشار جنب حاره ضعیف و همچنین کم فشار ضعیف ایسلند (گرادیان فشار پایین) است (کر، ۱۹۹۷).

- شاخص نوسان جنوبی: که با سه حرف اختصاری (SOI)<sup>۲</sup> نشان داده میشود و معرف شدت وضعف جریان چرخشی واکر می باشد. این شاخص با محاسبه اختلاف فشار جو در دو ایستگاه هواشناسی تاهیتی (مرکز شرقی اقیانوس آرام) و داروین (شمال استرالیا) به دست می آید. شاخص مثبت نشانگر شدت جریان واکر (لاینا) و شاخص منفی معرف ضعیف شدن جریان واکر (الینو) است.

- شاخص چند متغیره انسو<sup>۳</sup>: که به اختصار MEI نشان داده می شود، شاخصی است که برای نمایش فازهای مختلف انسو به کار گرفته میشود. این شاخص بر اساس محاسبه و اندازه گیری ۶ متغیر اصلی که در اقیانوس آرام اندازه گیری می شوند به دست می آید. این شش متغیر عبارتند از: فشار سطح دریا، مؤلفه مداری بادهای سطحی، مؤلفه نصف النهاری بادهای سطحی، دمای سطح دریا، دمای هوای سطحی و مجموع کسر ابرناکی آسمان. این شاخص در فازهای سرد انسو منفی و در فازهای گرم انسو مثبت می باشد (ترنبرث، ۲۰۰۱).

<sup>۱</sup> - Arctic Oscillation

<sup>۲</sup> - داده های مورد استفاده برای SOI بر اساس روش تروپ (۱۹۶۵) می باشد.

<sup>۳</sup> - Multivariate ENSO Index

- شاخص انتقالی انسو<sup>۱</sup>: که توسط ترنبرت<sup>۲</sup> ارائه گردید شاخص جدیدی است که برای نمایش فازهای سرد و گرم انسو به کار گرفته می شود. این شاخص از اختلاف ناهنجاری های استاندارد شده دمای سطح دریا در منطقه نینو ۱+۲ و منطقه نینو ۴ بدست می آید. مقادیر مثبت آن نشانگر فاز گرم (النینو) و مقادیر منفی آن بیانگر فاز سرد (لانینا) است. منطقه نینو ۱+۲ از ۸۰ درجه غربی تا ۱۵۰ درجه غربی و از ۱۰ درجه جنوبی تا استوا را شامل می شود و منطقه نینو ۴ از ۱۶۰ درجه شرقی تا ۱۵۰ درجه غربی و از ۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی است (ترنبرت، ۲۰۰۱).

- شاخص نینو ۳/۴: از جمله شاخص های است که برای مشخص کردن فازهای انسو استفاده می شود. این شاخص از انداز گیری دمای سطح اقیانوس در منطقه نینو ۳/۴ بدست می آید. منطقه نینو ۳/۴ از ۱۷۰ درجه غربی تا ۱۲۰ درجه شرقی و از ۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی را شامل می شود. در این شاخص فازهای گرم انسو با مقادیر مثبت و فازهای سرد با مقادیر منفی مشخص می گردند (ترنبرت، ۲۰۰۱).

- نوسان دهه ای اقیانوس آرام<sup>۳</sup>: که بصورت PDO نمایش داده می شود الگوی بلند مدت النینو، از تغییر پذیری آب و هوایی اقیانوس آرام می باشد. این شاخص نیز دو فاز سرد و گرم را شامل می شود. نوسان دهه ای اقیانوس آرام رفتاری مشابه النینو دارد با این تفاوت که مدت حضور آن چندین برابر مدت حضور النینو (۲۰ تا ۳۰ سال برای PDO و ۶ تا ۱۸ ماه برای النینو) است و همچنین اثرات آب و هوای آن بیشتر در اقیانوس آرام شمالی و در امریکای شمالی نمایان می گردد در حالیکه اثرات النینو بیشتر در مناطق حاره مشهود می باشد (هر، ۱۹۹۹).

تمامی شاخص های مذکور برای دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳ از طریق آرشیو الکترونیکی سازمان هواشناسی استرالیا<sup>۴</sup> و مرکز تشخیص اقلیمی امریکا<sup>۵</sup> تهیه و مورد استفاده قرار گرفته است. داده های مورد نظر ابتدا در محیط نرم افزارهای SPSS و EXCEL بصورت داده های فصلی تبدیل گردیدند و سپس تمامی محاسبات مربوط به تحلیل رگرسیون در نرم افزار EVIEWS انجام گرفت. برای تهیه نقشه های پهنه بندی بر اساس میزان ارتباط شاخص های اقلیمی و ویژگی های بارش فصلی از نرم افزار Arcveiw استفاده گردیده است.

رگرسیون یکی از قوی ترین ابزار در تبیین روابط بین متغیرها به شمار می رود. برخی از روش ها و مدل ها مانند شبکه عصبی بیشتر برای پیش بینی استفاده شده و کمتر در تبیین و آزمون فرضیه ها مورد استفاده قرار می گیرند اما رگرسیون بخوبی هر دو وظیفه<sup>۶</sup> پیش بینی و آزمون فرضیه را انجام می دهد. در مرسوم ترین حالت رگرسیون به بررسی رابطه بین یک متغیر وابسته<sup>۷</sup> و چند متغیر مستقل<sup>۸</sup> می پردازد.

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

یا به صورت فشرده تر:

1 - Trans-Nino Index

2 -Trenbert

3 - NINO 3.4

4 - Pacific Decadal Oscillation

5 - Bureau of Meteorology(Australia)

6 -Climate Diagnostics Center(CDC)

7 - Dependent Variable

8 - Independent Variable

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{it} + \varepsilon_t$$

که در عبارت فوق  $Y_t$  متغیر وابسته و  $X_{it}$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) متغیرهای مستقل هستند. اندیس زمان با  $t$  بیان شده است که در مطالعات مقطعی (Cross section) به جای  $t$  از اندیس  $i$  استفاده می شود. یکی از مهمترین بخش ها در این تحلیل رگرسیونی این بود که متغیرهای متعددی در رگرسیون استفاده شدند که ممکن است برخی از آن ها معنی دار نباشد (آماره  $t$  استیودنت ضریب معنی دار نداشته باشد) در این صورت برای حذف متغیرهای بی معنی و مدل سازی رگرسیونی دو استراتژی وجود دارد.

۱- روش گام به پیش (Fore ward): در این روش متغیرهای توضیحی به نوبت وارد مدل می شوند، بدین صورت که ابتدا رگرسیون با یک متغیر توضیحی تخمین زده شده سپس متغیر دیگری وارد مدل می شود و این فرآیند ادامه می یابد تا همه متغیرهای معنی دار وارد مدل شود. به این روش، روش خاص به عام (Specific to general) نیز گفته می شود.

۲- روش گام به پس (Back ward): در این روش ابتدا تمامی متغیرهای توضیحی به صورت همزمان وارد مدل شده و سپس از متغیری که کمترین سطح معنی داری را دارد (در سطح اطمینان پایین معنی دار است) شروع نموده و حذف می کنیم. البته علت این که متغیرها به نوبت حذف می شوند این است که ممکن است در اثر حذف یک متغیر سایر متغیرهای رگرسیون معنی دار شوند بنابراین حذف متغیرهای بی معنی یکی پس از دیگری انجام می شود.

از دو روش فوق روش دوم که روش عام به خاص (General to specific) نیز نامیده می شود متداول تر است و در اینجا از این روش برای مدل سازی استفاده شده است. با توجه به اینکه میزان بارش سه فصل پاییز، زمستان و بهار (هر کرام از فصول بصورت جداگانه) ۲۵ ایستگاه بر روی هفت متغیر مستقل رگرسیون گرفته می شود برازش رگرسیون ها و حذف متغیرهای مستقل بی معنی تا جایی که هیچ متغیر غیر معنی دار در مدل باقی نماند به صورت بدون استفاده از برنامه ممکن نیست. زیرا اگر هر رگرسیون فقط پنج پار برای حذف متغیرهای بی معنی مورد برازش قرار گیرد بیش از ۷۵۰ رگرسیون باید برازش شود. لازم به ذکر است که تمامی مراحل مذکور برای رگرسیون های با وقفه یک (فصل) نیز انجام گرفته است. البته تنها برازش رگرسیون ها کفایت نمی کرد. استخراج ضرایب متغیرهای رگرسیون که در مجموع بیش از ۳۰۰ ضریب می شد و استخراج  $t$  های مربوط،  $F$ ،  $R^2$  و  $DW$  از جمله مراحل تحقیق بوده است که برای ۲۵ ایستگاه انجام شده است. بدین جهت برنامه ای در محیط برنامه نویسی نرم افزار Eviews نوشته شد که به طور اتوماتیک تصریح مدل را انجام داده و جداول مربوطه را به صورت خلاصه استخراج می نماید. با توجه به حجم بالای کار جدول خلاصه شده است. البته جدول مربوط به هر رگرسیون نیم صفحه و نتایج کل رگرسیون ها نزدیک به ۱۲۰ صفحه فضا نیاز داشت که با در نظر گرفتن محدودیت صفحات مقاله خلاصه کردن نتایج اجتناب ناپذیر به نظر می رسید.

جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه های مورد استفاده در پژوهش بر اساس طول دوره آماری

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع به متر	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	دوره آماری به سال
۱	آبادان	۶/۶	۳۰° ۲۲'	۴۸° ۱۵'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۲	بندر انزلی	-۲۶	۳۷° ۲۸'	۴۹° ۲۸'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۳	اراک	۱۷۰۸	۳۴° ۶'	۴۹° ۴۶'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۵
۴	بابلسر	-۲۱	۳۶° ۴۳'	۵۲° ۳۹'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۵	بندر عباس	۱۰	۲۷° ۱۳'	۴۶° ۲۲'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۶	بوشهر	۱۹/۶	۲۸° ۵۹'	۵۵° ۰'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۷	اصفهان	۱۵۵۰	۳۹° ۳۷'	۵۱° ۴۰'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۸	قزوین	۱۲۷۹	۳۱° ۱۵'	۵۰° ۳'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۹
۹	گرگان	۱۳/۳	۳۶° ۵۱'	۵۴° ۱۶'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۲
۱۰	همدان	۱۶۷۹/۷	۳۵° ۱۲'	۴۳° ۴۸'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۱۱	کرمان	۱۷۵۳/۸	۳۵° ۱۵'	۵۶° ۵۸'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۱۲	کرمانشاه	۱۳۱۸/۶	۳۴° ۲۱'	۴۷° ۹'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۱۳	خرم آباد	۱۱۴۷/۸	۳۳° ۲۶'	۴۸° ۱۷'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۱۴	مشهد	۹۹۹	۳۶° ۱۶'	۵۹° ۳۸'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۱۵	ارومیه	۱۳۱۵/۹	۳۷° ۳۲'	۴۵° ۵'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۱۶	رشت	۳۶/۷	۳۷° ۱۲'	۴۹° ۳۹'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۶
۱۷	سنندج	۱۳۷۳	۳۵° ۲۰'	۴۷° ۰'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۹
۱۸	شاهرود	۱۳۴۵/۳	۳۶° ۲۵'	۵۴° ۵۷'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۱۹	شهرکرد	۲۰۴۸/۹	۳۳° ۱۷'	۵۰° ۵۱'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۵
۲۰	شیراز	۱۴۸۱	۲۹° ۳۲'	۵۲° ۳۶'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۲۱	تبریز	۱۷۸۰	۳۸° ۰۵'	۴۶° ۱۷'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۲۲	تهران	۱۱۹۰/۸	۳۵° ۴۱'	۵۱° ۱۹'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۲۳	یزد	۱۲۳۷	۳۱° ۵۴'	۵۴° ۱۷'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۲
۲۴	زاهدان	۱۳۷۰	۲۹° ۲۸'	۶۰° ۵۳'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۱
۲۵	زنجان	۱۶۶۳	۳۶° ۴۱'	۴۸° ۲۹'	۲۰۰۳ تا ۱۹۵۵





مستقل (در اینجا NINO 3/4، AO و NAO) توضیح داده می شود. F مدل برابر ۵/۹۵ است که در سطح خطای نوع اول ۰/۶ درصد (بسیار کمتر از سطح معمول ۵ درصد) معنی دار است و نشان می دهد که رگرسیون از معنی داری کلی برخوردار می باشد. به بیان دیگر بین متغیر میزان بارش و متغیر های اقلیمی NAO، NINO3/4 و AO در آبادان ارتباط معنی داری وجود دارد و رگرسیون در کل معتبر است. آماره دوربین \_ واتسون (DW) در مدل ۲/۳۶ گزارش شده است که نشان دهنده عدم وجود مشکل همبستگی پیاپی در مدل است. هر چه مقدار آماره دوربین واتسون نزدیک دو باشد می توان نتیجه گرفت خطای مدل (اجزای اخلال) با یکدیگر بستگی پیاپی ندارند. تفسیر نتایج بدست آمده برای سایر ایستگاه ها نیز به همین صورت می باشد. لازم به ذکر است که سطر های خالی در مقابل برخی ایستگاه ها به معنای عدم وجود رابطه بین متغیر وابسته و متغیر یا متغیر های مستقل در آن ایستگاه است.

نتایج حاصل از خروجی مدل های رگرسیونی ارتباط بین شاخص های اقلیمی و میزان بارش در فصول پاییز، زمستان و بهار در این بخش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان داد که بیشترین ارتباط بین متغیر های مستقل و متغیر وابسته بین فصول مختلف در فصل پاییز و بعد از آن در فصل زمستان است. تحلیل رگرسیونی ارتباط بارش های سه فصل مذکور و شاخص های اقلیمی با وقفه یک فصل فاقد معنی بود، به این صورت که در هیچ کدام از فصول ارتباطی در سطح معنادار مشاهده نگردید. میزان بارش فصل بهار در قریب به اتفاق تمامی ایستگاه ها هیچ گونه ارتباطی را با متغیر های مستقل نشان نمی دهد (جداول ۲ و ۳). جدول مربوط به نتایج حاصل از مدل رگرسیونی متغیر های مستقل و وابسته فصل بهار به علت نبود رابطه آورده نشده است. به منظور اطمینان یافتن از روش کار و صحت نتایج خروجی آزمون تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیر های مستقل و متغیر وابسته در فصول مختلف صورت گرفت. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی پیرسون (در سطح خطای ۱ و ۵ درصد) نتایج بدست آمده در مدل رگرسیونی را با اختلاف اندکی مورد تایید قرار داد. از میان شاخص های اقلیمی مرتبط با انسو (SOI, NINO3/4, TNI, MEI) و میزان بارش های فصل پاییز و زمستان بیشترین ارتباط را شاخص NINO3/4 نشان می دهد. شاخص SOI و MEI در رتبه بعد از نظر ارتباط قرار دارند. شاخص TNI و PDO نیز بجز در دو یا سه ایستگاه هیچ گونه ارتباطی را با متغیر وابسته (میزان بارش پاییز و زمستان) نشان نمی دهد بنابراین ستون مربوط به این شاخص ها در جداول دو و سه حذف گردید (جداول ۲ و ۳). در پژوهش غیور و خسروی "تأثیر انسو بر بارش های پاییزی و تابستانی جنوب شرق ایران" نیز ارتباط قوی بین شاخص NINO 3/4 و بارش های منطقه مورد مطالعه مورد تاکید قرار گرفته است (غیور و خسروی ۱۳۸۰).

در اکثر ایستگاه ها ضریب ارتباط شاخص NINO 3/4 با میزان بارش های پاییز و زمستان مثبت است. ضریب مثبت این شاخص نشان می دهد که در صورت افزایش مقدار شاخص NINO3/4 میزان بارش های فصل پاییز و زمستان نیز افزایش می یابد و بر عکس با کاهش مقدار شاخص میزان بارش در دو فصل مذکور کاهش می یابد (جداول ۲ و ۳).

مقدار شاخص NINO 3/4 و MEI در سال های همراه با فاز گرم انسو مثبت و در سال های همراه با فاز سرد انسو منفی می باشد بنابراین این شاخص ها از نظر ضریب مثبت یا منفی در سال های النینو و لانینو درست

عکس SOI می باشند (جداول دو و سه). ضریب شاخص SOI در اکثر ایستگاه ها منفی است که نشان دهنده ارتباط معکوس بین متغیرهای وابسته (میزان بارش فصل های پاییز و زمستان) با متغیر مستقل SOI است به این صورت که هر واحد افزایش باعث کاهش میزان بارش و هر واحد کاهش شاخص مذکور باعث افزایش مقادیر متغیر وابسته می گردد (جداول ۲ و ۳).

ضرایب متغیرهای SOI, MEI و NINO3/4 بر مطالعات قبلی که افزایش میزان بارش در سال های النینو و کاهش میزان بارش در سال های لانینا را مطرح کردند تاکید می کند (خوش اخلاق ۱۳۷۷، عزیزی ۱۳۷۹، مدرس پور ۱۳۷۶، ناظم السادات، ۲۰۰۰). ارتباط و تأثیر گذاری متغیر مستقل AO بر میزان بارش فصل پاییز و زمستان در اکثر ایستگاه ها معنی دار می باشد با این تفاوت که میزان ارتباط آن با مجموع بارش های فصل زمستان بیشتر است به این صورت که تعداد ایستگاه های که با این متغیر رابطه نشان می دهند بیشتر از فصل پاییز است. ضرایب مربوط به این متغیر در فصل پاییز و زمستان اکثر ایستگاه ها منفی است که به معنای ارتباط معکوس بین این متغیر و متغیرهای وابسته می باشد. ارتباط معکوس بین میزان بارش های پاییز و زمستان و AO به این صورت است که هر چه مقادیر این شاخص بیشتر باشد میزان بارش های فصول پاییز و به ویژه زمستان در ایران کمتر می شود. مقادیر بالای این شاخص که بیانگر فاز مثبت نوسان قطبی می باشد نشان دهنده فشار اتمسفری نسبتاً زیاد در عرض های میانه و فشار نسبتاً کم در بر روی قطب شمال است. مقادیر کم این شاخص که نشان دهنده فاز منفی نوسان قطبی است بیانگر فشار زیاد در قطب شمال و فشار کم در عرض های میانه است. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون مشخص می شود که هنگامی که فشار در عرض های میانه افزایش می یابد میزان بارش فصول زمستان و پاییز ایران کاهش می یابد (جداول ۲ و ۳). تأثیر منفی این متغیر در شرایط فاز مثبت ممکن بر اثر این مسئله باشد که وجود فشار زیاد در عرض های متوسط باعث هدایت سیستم های باران زا از عرض های وسط به عرض های شمالی تر می شود.

تأثیر گذاری متغیر مستقل NAO بر میزان بارش های فصل پاییز و زمستان نیز در اکثر ایستگاه معنی دار می باشد و ضریب آن نیز همانند متغیر AO منفی می باشد. همانند متغیر AO این متغیر مستقل نیز بیشترین ارتباط و تأثیر گذاری را بر میزان بارش فصل زمستان و بعد از آن در فصل پاییز دارد (تعداد بیشتر ایستگاه های که در فصل زمستان با این متغیر رابطه نشان می دهند مبین این موضوع است). تأثیر این متغیر بر روی میزان بارش های پاییزه و زمستانه به این منوال است که در فازهای مثبت آن که به معنای گرادیان فشار زیاد بین پر فشار جنب حاره آزور و کم فشار ایسلند است بارش های ایران کاهش و در فازهای منفی آن که بیانگر گرادیان فشار پایین بین دو مرکز پرفشار و کم فشار مذکور است بارش های ایران افزایش می یابد (جداول ۲ و ۳).

جدول ۲ ارتباط شاخص های اقلیمی و میزان بارش پاییز

DW	F prob	F	R2	NAO	AO	MEI	NINO3/4	SOI	c	ایستگاه
2/36	0/01	5/95	0/32	-20/01	-19/98		18/33		60/91	آبادان
				-2/35	-2/46		2/39		10/63	
2/59	0/00	8/48	0/18			18/82	53/58		829/14	انزلی
						2/12	2/32		20/08	
2/48	0/08	4/61	0/40	-36/06	-43/24		15/16		92/74	اراک
				-3/36	-2/54		3/56		14/89	
2/61	0/00	8/43	0/15				29/83		395/79	بابلسر
							2/52		23/40	
2/34	0/03	4/07	0/21					16/54	42/42	بندر عباس
								2/33	6/21	
2/59	0/00	8/09	0/20				4/25	-3/94	125/99	بوشهر
							2/68	-2/60	8/06	
									35/56	اصفهان
									8/14	
2/18	0/05	3/56	0/08		28/26				90/96	قزوین
					4/15			18/93	-2/82	
									13/59	
									191/39	گرگان
									17/28	
2/36	0/04	10/59	0/32	-23/46		35/93	13/21		89/69	همدان
				-2/56		2/28	2/69		12/75	
2/38	0/03	9/10	0/33	-31/45			8/58		28/62	کرمان
				-2/35			2/74		8/47	
2/32	0/07	6/72	0/36		-42/98		25/67		144/28	کرمانشاه
					-2/19		2/71		15/40	
2/28	0/05	8/95	0/49		-51/77	64/01		-2/36	164/43	خرم آباد
					-2/63	2/76		-2/17	17/16	
1/86	0/02	4/82	0/47				5/90		47/53	مشهد
							2/15		12/09	
2/24	0/05	17/01	0/22	-11/59	-13/13		12/84		90/54	ارومیه
				-2/27	-2/10		3/00		15/11	
1/72	0/05	7/37	0/11		84/43				546/08	رشت
					3/20				21/00	
2/26	0/01	6/32	0/49	-51/82	37/62	54/95			137/84	سنندج
				-2/33	4/30	2/92			15/82	
2/47	0/01	6/98	0/19				16/91		92/31	شهرکرد
							2/77		10/38	
1/97	0/04	8/58	0/13				6/15		30/13	شاهرود
							3/44		11/77	
2/00	0/02	3/88	0/46		-56/01	9/22		-7/15	108/96	شیراز
					-2/11	2/12		-2/41	9/27	
2/25	0/00	10/77	0/30		18/15		34/81		73/53	تبریز
					3/60		2/44		14/75	
2/52	0/07	3/14	0/40	-12/14	-21/04	13/51			69/92	تهران
				-2/72	-4/77	2/51			16/04	
2/53	0/08	3/97	0/21	-7/38		8/36	6/58		14/28	یزد
				-2/22		2/14	2/96		5/97	
2/20	0/01	7/46	0/18				20/28		16/53	زاهدان
							3/89		6/14	
2/60	0/00	10/26	0/30	-41/83	26/27		40/93		78/57	زنجان
				-2/72	5/04		2/32		15/32	

جدول ۳ ارتباط شاخص های اقلیمی و میزان بارش زمستان

DW	F prob	F	R2	NAO	AO	MEI	NINO3/4	SOI	c	ایستگاه
2/15	0/01	5/41	0/29	-25/99	-25/40		3/12		63/82	آبادان
				-3/29	-2/73		3/04		9/56	
2/35	0/00	7/71	0/16					-18/82	401/02	انزلی
								-2/12	20/27	
2/25	0/08	4/19	0/37		-32/58	43/24	53/59		155/30	اراک
					-2/78	2/54	2/75		15/43	
2/38	0/00	7/66	0/13		21/49				236/02	بابلسر
					2/77				26/46	
2/13	0/03	3/70	0/19				12/17	-11/87	134/42	بندر عباس
							2/76	-2/56	10/44	
									136/86	بوشهر
									11/42	
									55/25	اصفهان
									13/52	
2/36	0/02	4/70	0/36	-20/39	-17/70			-13/69	133/31	قزوین
				-2/82	-3/18			-3/40	17/92	
1/98	0/04	3/24	0/08	-13/52	-15/15				186/85	گرگان
				-3/14	-2/66				17/80	
2/15	0/04	9/63	0/29	-12/52	-13/99	31/45	35/93		141/43	همدان
				-2/70	-2/49	2/35	2/28		20/86	
2/16	0/02	8/27	0/30	-15/51	-19/71		10/67	9/70	89/75	کرمان
				-3/31	-2/72		2/06	2/44	18/42	
2/11	0/07	6/10	0/32			42/98	53/58		197/97	کرمانشاه
						2/19	2/32		17/67	
2/07	0/04	8/13	0/44		-47/29	51/77	64/01		240/49	خرم آباد
					-2/99	2/63	2/76		20/53	
1/69	0/02	4/39	0/42	-17/10					122/60	مشهد
				-2/57					20/75	
2/04	0/05	15/46	0/20	-11/74	-18/70			-11/39	117/16	ارومیه
				-2/36	-3/11			-2/79	19/93	
									364/99	رشت
									20/21	
2/06	0/01	5/75	0/45		-19/31	45/81	54/95	-2/66	199/30	سنتدج
					-2/40	2/70	2/92	-2/40	21/14	
2/30	0/07	3/61	0/19				10/57		167/70	شهرکرد
							-2/66		18/94	
1/79	0/03	7/80	0/12					-6/61	65/68	شاهرود
								-3/13	16/64	
1/56	0/04	6/70	0/10		-23/13			-7/15	197/37	شیراز
					-2/10			-2/41	15/32	
2/05	0/00	9/79	0/27	-11/71	-18/97		34/81		89/57	تبریز
				-3/13	-3/82		2/44		18/60	
2/29	0/06	2/86	0/36	-11/19	-17/05			-9/65	106/04	تهران
				-3/28	-3/23			-2/54	15/98	
2/25	0/01	6/35	0/17				8/36	-7/38	35/63	یزد
							2/14	-2/22	11/21	
2/00	0/01	6/78	0/16			-12/14	20/28		54/72	زاهدان
						-2/72	3/89		12/20	
2/36	0/00	9/33	0/18	-17/28		-41/83	40/93		107/98	زنجان
				-3/05		-2/72	2/32		18/32	

دلیل تأثیر منفی فازهای مثبت بر بارش ایران می تواند ناشی از این جریان باشد که هرگاه که گرادیان فشار بین این دو مرکز زیاد است باد های غربی با سرعت و قدرت بیشتری در عرض های جغرافیای بالاتر جریان می یابند و از محدوده جغرافیای ایران کمتر عبور می کنند. نتایج حاصل از این تحلیل رگرسیونی با نتایج بدست آمده توسط مرادی "ارتباط بین شاخص اطلس شمالی (NAO) و بارش و دمای ایران" (مرادی ۱۳۸۳) که بیان می کند که بین شاخص نوسان اطلس شمالی با بارش ایران رابطه مستقیم و با دمای ایران رابطه معکوس وجود دارد در تعارض است.

### بحث و نتیجه گیری

در این مقاله با استفاده از تحلیل رگرسیونی ارتباط میزان بارش ایران در پاییز، زمستان و بهار و شاخص های اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از این تحلیل نشان می دهد که بیشترین ارتباط بین متغیر های مستقل (شاخص های اقلیمی) و متغیر های وابسته (میزان بارش پاییز، زمستان و بهار) در فصل پاییز و زمستان است و میزان بارش بهار ارتباطی را نشان نمی دهد. همچنین از شاخص های انسو، شاخص نینو ۳/۴ ارتباط بیشتری با میزان بارش پاییز و زمستان ایران دارد. این تحلیل نشان می دهد که بین نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی و میزان بارش فصول مذکور ارتباط معکوس وجود دارد. به این صورت که در فازهای مثبت این دو شاخص میزان بارش در دو فصل زمستان و پاییز کاهش می یابد و تأثیر آن ها بر میزان بارش زمستان بیشتر از میزان بارش پاییز است. نتایج حاصل از این بررسی نشان می دهد که بین متغیر های مستقل نوسان دهه ای اقیانوس آرام و شاخص انتقالی نینو با میزان بارش پاییز و زمستان ایران ارتباطی وجود ندارد. با توجه به نحوه آرایش میزان ضرایب تعیین ( $R^2$  ها) ارتباط متغیر های مستقل و متغیر های وابسته در ایستگاه های مختلف، اینگونه استنباط می گردد که تأثیر پدیده های اقلیمی مذکور در منطقه شمال غرب، غرب و جنوب غرب بیشتر از سایر مناطق کشور است. این جریان نشان می دهد که تأثیر پدیده اقلیمی مرتبط با شاخص های مورد استفاده بیشتر در جریان بادهای غربی و سیستم های باران زای همراه با آن نمود پیدا می کنند.

### منابع

- خوش اخلاق، فرامرز، پدیده انسو تأثیر آن بر رژیم بارش ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۱، زمستان ۱۳۷۷، صص ۱۲۱-۱۳۴.
- عزیزی، قاسم، النینو و دوره های خشکسالی و تر سالی در ایران، پژوهش های جغرافیایی شماره ۳۸، پاییز ۱۳۷۹، صص ۷۱-۸۴.
- غیور، حسنعلی، خسروی، محمود، تأثیر پدیده انسو بر ناهنجاری های بارش تابستانی و پاییز منطقه جنوب شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۲، پاییز ۱۳۸۰، صص ۱۴۱-۱۷۴.
- فرزان منش، راحله، بررسی سینوپتیکی تأثیر النینو بر ناهنجاری های بارش در جنوب و جنوب غرب کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر فرامرز خوش اخلاق، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.

۵. کیانی پور، منیژه، بررسی سینوپتیکی پدیده النینو و ارتباط آن با ناهنجاری بارش های جنوب و جنوب غرب کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر حسن لشگری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۹.
۶. مدرس پور، آزاده، تأثیر رویداد ENSO (النینو - نوسان جنوبی) بر بارندگی و دمای ایران، نیوار، شماره ۳۳، مهر ۱۳۷۶، صص ۶۷-۷۷.
۷. مرادی، حمید رضا، شاخص نوسانات اطلس شمالی و تأثیر آن بر اقلیم ایران، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۸، تابستان ۱۳۸۳، صص ۱۷-۳۰.

- 8- D. Pozo, (2005): El Nino- Southern Oscillation Events And associated European Winter Precipitation Anomalies. *International Journal OF Climatology*. 17-31 (2005).
- 9- Green, W. H. (2005) *Econometric Analysis*. New York.
- 10- Gujarti, D.N. (2003) *Basic Econometrics*, International Edition. McGraw Hill.
- 11- Jhonstons and Dinardo. (1997) *Econometric Methods International Student Edition*.
- 12- Kahya.Ercan ,(2001)An analysis of El Nino and La Nino signals in stream flow of Turkey, *International Journal of Climatology*,1231-1250
- 13-Kerr, R.A., 1997: A new driver for the Atlantic's moods and Europe's weather? *Science*, 275, 754-755.
- 14- Nazemosadat. M. J. (2000),on the relationship between ENSO and autumn rainfall in Iran, *International Journal of Climatology*,47-61
- 15- O. P. Singh (2000): Multivariate ENSO index and Indian monsoon rainfall: relationships on monthly and subdivisional scales, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2001. 1-9
- 16- Hare, S. R., N. J. Mantua and R. C. Francis. 1999. Inverse production regimes: Alaskan and West Coast Salmon, *Fisheries* 24 - 14.
- 17- Trenberth, K. E., and D. P. Stepaniak, 2001: Indices of El Niño evolution
- 18- van Oldenborgh, G., G. Burgers, and A. Klein Tank, 2000: On the El Nino teleconnection to spring precipitation in Europe. *Int. J. Climatol.*, 20, 565-574.
- 19- X, Rodo, E. Baert (1997): Variation in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: Relationships with the North Atlantic Oscillation an the El Nino- Southern Oscillation, *Climate Dynamics* (1977)13:275-284
- 20- Yue, S, (2001) A Statistical measure of severity of El nino events, *Stochastic Environment Research and Risk Assessment*, 153-172.