

مجید زاهدی<sup>۱</sup>

یوسف قویدل رحیمی<sup>۲</sup>

## مطالعه ی ارتباط نوسانات بارش پاییزی آذربایجان شرقی با الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی - اقیانوسی ال نینو - شاخص نوسان جنوبی ( انسو )

چکیده

در این پژوهش با استفاده از داده های مربوط به شاخص های مختلف الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی - اقیانوسی «ال نینو- شاخص نوسانات جنوبی» یا «انسو<sup>۳</sup>» (نوسانات فشار سطح دریا برای شاخص نوسان جنوبی و شاخص های دمای سطح دریا برای شاخص های نینوا، نینو۱+۲، نینو۳ و نینو۴) و آمار بارش ماهانه ی آذربایجان شرقی، ارتباط بین ناهنجاری های بارش و وقوع خشکسالی ها در مقطع زمانی پاییزی مورد بررسی قرار گرفته است. روش اصلی مورد استفاده در این تحقیق، روش همبستگی «پیرسون» ، تحلیل همبستگی ناهمزمان، رگرسیون خطی و پولی

۱ - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

۲ - کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی (با گرایش اقلیم در برنامه ریزی محیطی)

3 - El Nino Southern Oscillation (ENSO) Index

نومینال و سری های زمانی (نوسانات بارش و انسو) می باشد. نتایج حاصل از این مطالعه، حاکی از وجود ارتباط بین پدیده ی انسو و ناهنجاری های بارش و وقوع خشکسالی پاییزی در استان آذربایجان شرقی می باشد

#### کلیدواژه ها

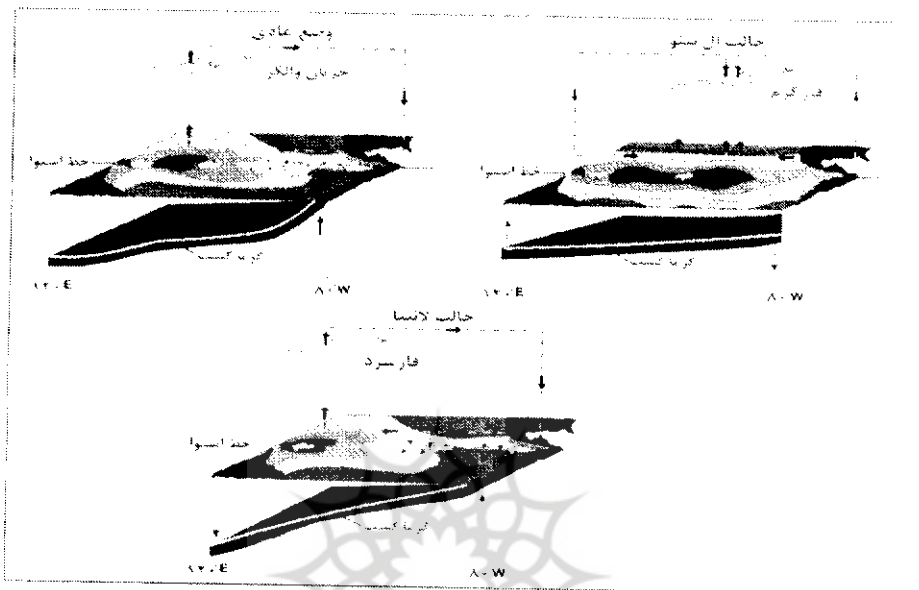
ناهنجاری های بارش<sup>۱</sup>، خشکسالی پاییزه، پدیده ی انسو، الگوهای پیوند از دور<sup>۲</sup>، آذربایجان شرقی.



- 
- 1 -Anomalies of Precipitation
  - 2 -Teleconnection Patterns

## مقدمه

«ال نینو» که در زبان اسپانیولی به معنی «پسر مسیح» و «مسیح خرد سال» است، از منظر اقلیم شناسان به جریان آب نسبتاً ضعیف و گرمی که در حوالی کریسمس در جهت جنوب و در سواحل جنوبی «اکوادور» و سواحل شمالی «پرو» در شرق اقیانوس آرام، روی می دهد، اطلاق می گردد. هر چند سال یک بار این جریان شدید می گردد و ثابت شده است، زمانی که دمای آب  $3/5$  درجه سانتی گراد افزایش می یابد، بارش شدید و وقوع سیل، حتمی است که این فرایند نیز تغییرات و آشفتگی های محیطی را به همراه می آورد. از دیدگاه تغییرات اقلیم، ال نینو چیزی بیشتر از یک جریان آب گرم ناگهانی در سواحل پرو است. زیرا علاوه بر توانایی بالا بردن دمای ناحیه ی وسیعی از منطقه ی استوایی اقیانوس آرام، می تواند عامل تغییراتی در جهت باد و جهت جریان آب نیز باشد. در واقع ال نینو می تواند عامل یک نوسان در فشار هوا در ناحیه وسیعی از اقیانوس آرام باشد. در نتیجه اقلیم شناسان ال نینو را به عنوان یک پدیده ی منفرد در نظر نمی گیرند بلکه از «ال نینو - نوسان جنوبی» صحبت به میان می آورند (به دلیل ارتباط و همزمانی ال نینو با شاخص نوسان جنوبی این دو پدیده با هم ادغام و «انسو» نامیده می شود) که همانند پاندولی بین ال نینو یا حالت گرم شدن آب (فاز گرم) و «لانیئا» (در زبان اسپانیولی به معنی «دختر مسیح» است) یا حالت سرد شدن آب (فاز سرد) نوسان می کند. نوسانات جنوبی که به عنوان نمایی اصلی وقوع پدیده انسو در نظر گرفته می شود، در سال ۱۸۹۷ شناسایی گردید و «والکر» با تحقیقاتش وجود آن را اثبات کرد (از این رو به فرایندهای همرفتی انسو «جریان والکر» می گویند). زمان اوج شاخص نوسان جنوبی موجب تشدید جریان والکر و زمان افت شاخص موجب وقوع ال نینو می گردد (علیجانی، ۱۳۸۱). وقوع ال نینو به عنوان فاز گرم انسو روال عادی مدل سه سلولی «هدلی» را مختل و جریان زناری «والکر» را معکوس می کند (شکل ۱).



شکل ۱- مکانیسم و فازهای سه گانه ی پدیده ی بزرگ مقیاس گردش جوی- اقیانوسی انسو

از پدیده ی انسو می توان به عنوان یک گردش جوی- اقیانوسی بسیار قوی اتمسفری که با شدت و ضعف هایی در کره ی زمین دارای تاثیراتی است؛ یاد کرد. این پدیده ی جوی- اقیانوسی چیزی جدای از تغییرات فصلی هوا به علت دوران زمین به دور خورشید است. «راجاگوپالان»<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۰۳) تغییرات فضایی- زمانی انسو را با استفاده از دمای سطح آب، ارزیابی و با تکیه بر روش های تحلیل همبستگی کانونیک و تحلیل به مؤلفه های اصلی نتیجه گیری کرده اند که خشکسالی ها و ترسالی های تابستانی آمریکا تحت تاثیر تغییرات دمای سطح آب اقیانوس آرام بویژه پدیده های ال نینو و لانینا می باشند.

«نیکلسون» و همکاران (۲۰۰۳) کاهش بارش و خشکسالی های «بوتسوانا» را با وقوع لاینف. در ارتباط قراردادده و به وجود و اثر چند تباین واضح بین دمای بالای سطح آب در اقیانوس های آرام و هند و کاهش بارش (خشکسالی) در بوتسوانا که نشانگر ارتباط معکوس فشار سطح آب و بارش در بوتسوانا است؛ اشاره نموده اند.

«اورینگهام»<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از شاخص ENSO، ارتباط معنی داری بین شاخص نوسانات جنوبی و میزان تولید نیشکر در مزارع شمال شرقی استرالیا پیدا کرده اند. نامبردگان با استفاده از مقادیر شاخص انسو و با در نظر گرفتن همبستگی و اثرات آن بر دما و بارش که عناصری بسیار موثر در بازدهی محصول نیشکر می باشند، اقدام به پیش بینی میزان تولید نیشکر ناحیه شمال شرق استرالیا در سال های آتی نموده اند.

«موران» و «پلاوت»<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) اثرات انسو بر رژیم اقلیمی اروپا و اطلس شمالی را در طول ۱۱۹ زمستان مورد بررسی قرار داده و یک ارتباط قوی بین وقوع پدیده های یخبندان و سوزباد در فاز سرد انسو (لاینا) و افزایش مقدار بارش و تغییر نوع بارش زمستانه (از برف به باران)، افزایش درجه حرارت زمستانه، در فاز گرم انسو (ال نینو) پیدا کرده اند.

«شریدان»<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) نحوه تأثیرپذیری مناطق مختلف آمریکای شمالی از توده هوایی را که تحت تأثیر پدیده هایی چون انسو قرار دارند مورد بررسی قرار داده است. به عقیده وی میزان و نوع تأثیرگذاری توده های هوایی گوناگون، به وسیله ی پدیده هایی چون انسو کنترل می شود.

«سلواراجو»<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) اثرات انسو را بر میزان تولید حبوبات و دانه های روغنی در هند مورد بررسی قرار داده است. وی ارتباطی نسبتاً قوی بین ناهنجاری های ناشی از کاهش بارش بر اثر پدیده لاینا و کاهش تولید دانه های روغنی و حبوبات در هندوستان محاسبه نموده است. در منبع

1 -Everingham

2 -Moran and Plaut

3 -Sheridan

4 -Selvaraju

بر ۷۷۳ میلیون دلار برآورد گردیده است.

«زبیر»<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) در یک مطالعه‌ی هیدرولوژیکی در سریلانکا حساسیت و تغییرات دبی رودخانه «ماهاولی» به پدیده‌ی انسوز را مورد تحقیق قرار داده و ثابت نموده که کاهش دبی رودخانه‌ی ماهاولی و تاثیرات منفی زیست محیطی ناشی از آن مانند کاهش توان خودپالایی رودها، افزایش آلودگی آب و مرگ آبزیان در فازهای سرد انسوز (لانینا) و بر اثر کاهش آب رودخانه‌ها روی می‌دهند.

«هارلو»<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۰۳) اثرات پدیده‌ی انسوز را بر پیدایش بیماری مالاریا در «بروندی» مورد بررسی قرار داده و ارتباطی قوی بین پدیده‌ی ال‌نینو و کثرت افراد مبتلا به بیماری مالاریا برقرار کرده‌اند. وقوع نوعی تب منتهی به تشنج‌های مرگبار در زامبیا نیز با پدیده‌ی انسوز و فازهای آن (افزایش در ال‌نینو و کاهش در لانینا) در ارتباط است (فان دامو و همکاران، ۲۰۰۶).

«نازروول» و «هایاشی»<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) ارتباط بین بارش‌های مونسونی بنگلادش با پدیده‌ی «انسوز» را با استفاده از روش سری زمانی «فوریه» مورد مطالعه قرار داده‌اند و به این نتیجه‌ی مهم رسیده‌اند که عامل اصلی تغییرات زمانی و مکانی بارش خصوصاً بارش‌های مونسونی در شبه‌قاره‌ی هند و بویژه در بنگلادش پدیده‌ی انسوز است.

هریسون و همکارانش (۲۰۰۶) طی تحقیقات دقیقی که در ۱۳ سال به انجام رسانیده‌اند، ثابت نموده‌اند که پدیده‌ی ال‌نینو اثرات فزیولوژیکی و بیولوژیکی بسیار بارز و مهمی بویژه بر تعداد تولد پنگوئن‌های «گالاپاگوسی» دارد. *اوم انسانی و مطالعات فرهنگی*

رتال جامع علوم انسانی

- 1 -Zubair
- 2 -Harlow
- 3 -Nazrul and Hayashi

به عقیده جمع کثیری از محققان، پدیده ی انسو نه تنها بر اقلیم و بارش نیمکره ی جنوبی که بر اقلیم و بارش نیمکره شمالی نیز اثرات غیر قابل تردیدی دارد که کشور ما نیز در برخی ماه ها و فصول تحت تاثیر پدیده ی مذکور قرار می گیرد. در این زمینه خوش اخلاق (۱۳۷۷) نقش انسو بر رژیم بارش نواحی مختلف ایران را با نگرشی ترکیبی از مطالعه ی آماری و سینوپتیک (پیوند از دور) مورد بررسی قرار داده است. وی تاثیر پدیده ی ال نینو را به صورت غیرمستقیم و از طریق دگرگون سازی الگوهای گردش عمومی جو و تاثیرات آن بر میزان بارش و خشکسالی ها و ترسالی های ایران مورد مطالعه قرار داده و نقش آن بر رژیم بارش نواحی مختلف ایران را مهم و پر تاثیر تشخیص داده است.

ناظم السادات و قاسمی (۲۰۰۴) با توجه به ضرایب همبستگی منفی که بین شاخص SOI و بارندگی پاییزه ی مناطق مختلف ایران مورد محاسبه قرار داده اند به این نتیجه رسیده اند که در ایران بویژه در مناطق جنوب شرقی، وقوع ال نینو (فاز گرم) غالباً با افزایش بارش و وقوع پدیده ی لانینا اغلب با خشکسالی های ارتباط و همزمانی دارند.

غیور و خسروی (۱۳۸۰) تاثیر پدیده ی انسو را بر ناهنجاری های بارش پاییزه و تابستانی جنوب شرق ایران مورد تجزیه و تحلیل قرار داده اند. نتیجه ی تحقیق مذکور ثابت کرده است که حداکثر بارش های پاییزه در ناحیه ی مورد مطالعه با قوی ترین ال نینوها (۱۹۸۲ و ۱۹۹۷) مطابقت کاملی دارند. افزایش بارش پاییزه در فازهای گرم نسبت به فازهای خنثی و سرد و حالت معکوس آن در تابستان نیز از دیگر نتایج جالب توجه تحقیق مذکور می باشد.

خسروی (۱۳۸۱) میزان و نحوه ی ارتباط الگوهای پیوند از دور با اقلیم جنوب شرق ایران را با تاکید بر پدیده ی جوی اقیانوسی انسو تعیین و وجود ارتباط و همبستگی قوی بین بارش تابستانه و انسو را تأیید کرده است.

این پژوهش سعی دارد با استفاده از روش کمی سازی سینوپتیکی در قالب روش های آماری، وجود ارتباط همزمان یا ناهمزمان بین نوسانات بارش و خشکسالی های پاییزی

ایستگاه های استان آذربایجان شرقی را با الگوهای مختلف پدیده ی انسو که الگوی پایداری از تغییرپذیری گردش عمومی جو در مقیاس جهانی است؛ مورد بررسی قرار دهد.

داده ها و روش ها

داده ها

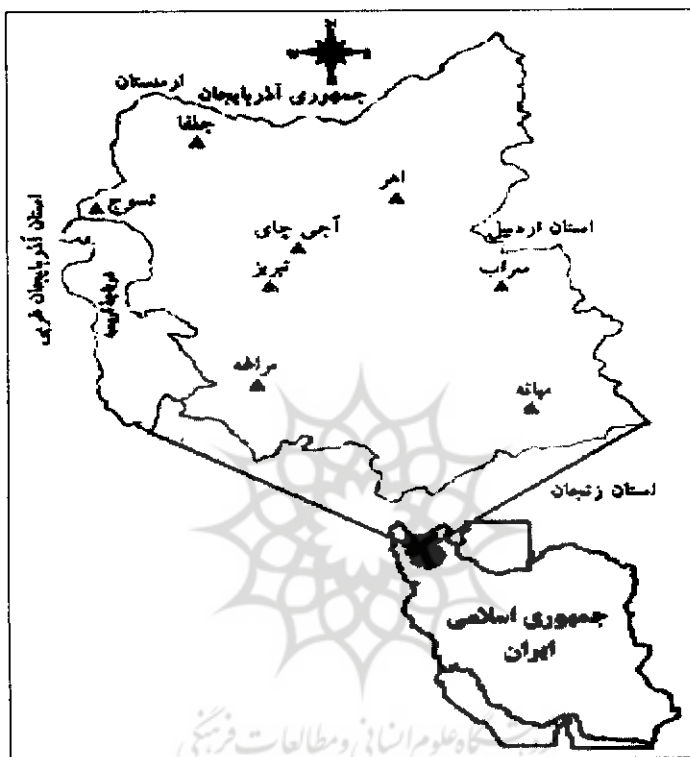
داده های بارش ماهانه ی ۸ ایستگاه آذربایجان شرقی شامل ایستگاه های آجسی چای، تبریز، اهر، مراغه، میانه، سراب، جلفا و تسوج و مقادیر متناظر آنها از هر یک از شاخص های انسو در طول یک دوره ی آماری ۴۱ ساله از ماه اکتبر (مهر ماه) سال ۱۹۶۰ تا دسامبر (آذر) سال ۲۰۰۰ میلادی به مدت ۱۲۳ ماه برای مطالعه انتخاب گردید. در شکل ۲ موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان شرقی در ایران و توزیع فضایی ایستگاه های مورد مطالعه در آن و در جدول ۱ مشخصات ایستگاه ها و بارش درج شده است.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲- محدوده ی جغرافیایی آذربایجان شرقی در منطقه ی شمال غرب ایران



پرتال جامع علوم انسانی  
مطالعات فرهنگی

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	حوضه ی آبریز	ارتفاع	بارش سالانه	بارش پاییزی
آجی چای	کلیماتولوژی	۴۶ / ۲۴	۳۸ / ۰۷	دریاچه ی ارومیه	۱۴۰۰	۲۷۵	۸۲
اهر	سینوپتیک	۴۷ / ۰۳	۳۸ / ۲۶	رودارس	۱۳۹۰	۳۱۵	۸۱
تبریز	سینوپتیک	۴۶ / ۱۷	۳۸ / ۰۵	دریاچه ی ارومیه	۱۳۶۱	۲۹۴	۷۰
تسوج	بارانسنجی	۴۵ / ۲۱	۳۸ / ۱۹	دریاچه ی ارومیه	۱۳۷۰	۳۵۶	۹۵
جلفا	سینوپتیک	۴۵ / ۴۰	۳۸ / ۴۵	رودارس	۷۳۶	۲۵۴	۸۰
سراب	سینوپتیک	۴۷ / ۳۲	۳۷ / ۵۶	دریاچه ی ارومیه	۱۶۸۲	۲۵۶	۸۸
مراغه	سینوپتیک	۴۶ / ۱۶	۳۷ / ۲۴	دریاچه ی ارومیه	۱۴۷۶	۳۳۸	۱۰۳
میانه	سینوپتیک	۴۷ / ۴۲	۳۷ / ۲۰	رود قزل اوزن	۱۱۱۰	۲۷۳	۷۸

غیر از شاخص SOI که مبتنی بر نوسانات فشار سطح دریا است، دیگر شاخص های مورد استفاده ( شامل شاخص های «نینو۲+۱»، «نینو۳»، «نینو۳٫۴» و «نینو۴» ) همگی از شاخص های مبتنی بر اختلاف دمای سطح آب دریا هستند. منبع اخذ داده های مذکور مرکز پیش بینی های اقلیمی اداره ی ملی آب و هوا وابسته به «ناسا» ([www.CPC.com](http://www.CPC.com)) و مرکز تشخیص اقلیمی وابسته به

دانشگاه «بولدر» در کلرادوی آمریکا ([www.CDC.com](http://www.CDC.com)) هستند. پدیده ی جوی-اقیانوسی انسو از طریق شاخص های اصلی آن به شرح ذیل مورد تجزیه و تحلیل قرار داده شده است:

۱- شاخص SOI: عبارت از اختلاف فشار (P) بین دو مکان جغرافیایی که یکی در جزیره ی تاهمی نی (T) واقع در شرق اقیانوس آرام (۱۷ درجه ی جنوبی و ۱۵۰ درجه ی غربی) و دیگری در منطقه ی داروین استرالیا (۱۲ درجه ی جنوبی و ۱۳۱ درجه ی شرقی) قرار دارند، است. معادله ی انسو بر اساس مطالب فوق و توسط مدرس پور (۱۳۷۳) با معادله  $ENSO = P(T) - P(D)$  کمی شده است:

۲- شاخص Nino1+2: شاخص مذکور از سنجه های اصلی پدیده ی انسو می باشد و بیانگر نوسانات دمای سطح دریا در حد فاصل صفر تا ۱۰ درجه ی جنوبی و ۱۶۰ درجه ی شرقی تا ۱۵۰ درجه ی غربی می باشد.

۳- شاخص Nino3: بیانگر اختلاف دمای سطح دریا در ۵ درجه ی شمالی و ۵ درجه ی جنوبی تا حوالی ۱۵۰ و ۹۰ درجه ی غربی می باشد.

۴- شاخص Nino3.4: مبین اختلاف دمای سطح دریا در ۵ درجه ی شمالی و ۵ درجه ی جنوبی تا حوالی ۱۲۰ و ۱۷۰ درجه ی غربی است.

۵- شاخص Nino4: شاخص مذکور بیانگر اختلاف درجه ی حرارت سطح دریا در دو ناحیه در قسمت مرکزی بخش مداری اقیانوس آرام (۵ درجه ی شمالی و ۵ درجه ی جنوبی تا حوالی ۱۶۰ درجه ی شرقی و ۱۵۰ درجه ی غربی) می باشد.

## روش ها

ضرورت استفاده از آمار بلند مدت و بسیار دقیق در مطالعات پیوند از دور، باعث شد که پس از کنترل کیفی داده ها (تی تست، اف تست و تست کی دو) آزمون جرم مضاعف برای سنجش صحت و همگنی داده های بارش که همگی بسا استفاده از نرم افزار Digital Atmosphere WorkStation به انجام رسیده اند) فقط ۸ ایستگاهی که در

شکل ۱ نشان داده شده اند برای مطالعه انتخاب گردد. برای داده پردازی و ترسیم مؤلفه های روند سری های زمانی بارش و الگوهای پیوند از دور از نرم افزارهای Instat Plus، برای محاسبه ضرایب همبستگی ناهمزمان و پیرسون از نرم افزار NCSS استفاده گردیده است.

کلیه ی داده های بارش مورد استفاده در این پژوهش، استاندارد شده می باشند. برای مطابقت بیشتر داده های بارش با شاخص SOI در نمودارهای سری زمانی (فقط شکل ۸ و ۹) با استفاده از معادله ی  $Psd = 10(P - P_i) / SD$  استاندارد گردیده است و در آن  $Psd$ : بارش استاندارد شده،  $P$ : میانگین بارش بلند مدت ایستگاه،  $P_i$ : بارش ماه مفروض،  $SD$ : انحراف معیار بارش ایستگاه و ۱۰ ضریب ثابت معادله می باشند.

### نتایج

نتایج حاصل از تحلیل ضرایب همبستگی همزمان پیرسون بین بارش پاییزه و مقادیر متناظر هر یک از شاخص های انسو در جدول ۲ و مقادیر ضریب تبیین تعدیل شده ی حاصل از تحلیل رگرسیون خطی در جدول ۳ درج گردیده است.

جدول ۲- مقادیر ضرایب همبستگی پیرسون بین بارش ایستگاه های آذربایجان شرقی با شاخص های مختلف انسو

شاخص های					
آجی چای	۰/۱۳۲	-	۰/۲۳۲	۰/۲۶۷	۰/۲۷۹
اهر	۰/۲۴۷	-	۰/۲۳۵	۰/۲۹۴	۰/۳۴۸
تبریز	۰/۱۵۶	-	۰/۲۲۶	۰/۲۶۴	۰/۲۹۳
تسوج	۰/۰۷	-	-	-	۰/۲۰۴
جلفا	۰/۲	۰/۱۹۲	۰/۲۰۳	۰/۲۱۰	۰/۲۱۴
سراب	۰/۲۴	-	۰/۲۵۸	۰/۳۰۵	۰/۳۳۴
مراغه	۰/۲۳۵	۰/۲۴	۰/۲۳۶	۰/۲۵۷	۰/۳۰۶
میانه	۰/۲۹	۰/۲۰۷	۰/۲۸۱	۰/۳۲	۰/۳۴۴

( همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۱ )      ( همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۵ )

جدول ۳- مقادیر ضریب تبیین ( به درصد) تعدیل شده حاصل از همبستگی خطی بارش و شاخص های انسو

شاخص های					
آجی چای	۱/۸	-	۵/۴	۷/۱	۷/۸
اهر	۶/۱	-	۵/۵۲	۸/۶	۱۲/۱۱
تبریز	۲/۵	-	۵/۱	۷	۸/۶
تسوج	-	-	-	-	۴/۲
جلفا	۴	۳/۷	۴/۱	۴/۴	۴/۶
سراب	۵/۸	-	۶/۷	۹/۳	۱۱/۲
مراغه	۵/۵۲	۵/۷	۵/۶	۶/۶	۹/۴
میانه	۸/۵	۴/۳	۷/۹	۱۰/۲	۱۲

برای آگاهی از وجود ارتباط و همبستگی ناهمزمان بین پدیده ی انسو و بارش پاییزی ایستگاه های مورد مطالعه، اقدام به محاسبه و تحلیل همبستگی بارش ایستگاه ها با شاخص های انسو در تاخیرهای ۱ (Lag ۱) الی ۳ (Lag ۳) ماهه گردید که نتایج آن همانگونه که در جدول ۴ نیز قابل مشاهده است، در هیچ یک از ایستگاه ها معنی دار نبوده است.

بایستی توجه داشت که تحلیل های ناهمزمان ما با تاخیرهای نسبتاً زیادی صورت پذیرفته که این امر به خاطر فقدان داده های روزانه ی مربوط به شاخص های انسو بوده است و گرنه به احتمال قریب به یقین بین بارش و شاخص های انسو در بازه های زمانی توأم با تاخیر روزانه همبستگی به مراتب بیشتری می تواند وجود داشته باشد.

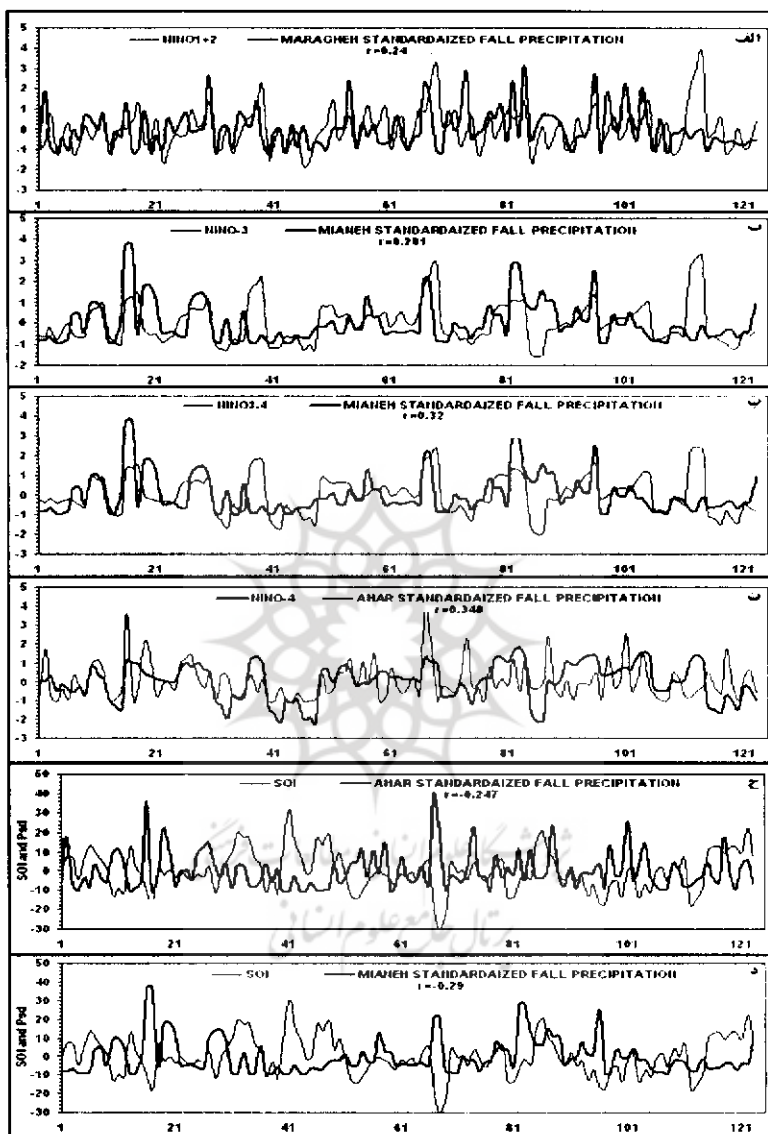
جدول ۴- ضرایب همبستگی ناهمزمان بین شاخص های انسو و بارش پاییزی آذربایجان شرقی با تاخیر ۱ الی ۳ ماهه

Lag 3				Lag 2				Lag 1				تاخیر			
نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	نینو	شاخص	
۴	۴,۳	۳	۱+۲	۴	۴,۳	۳	۱+۲	۴	۴,۳	۳	۱+۲	۴	۴,۳	۳	
۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۱	-۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۰۸	-۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۳	-۰/۱	۰/۱۲	۰/۰۷	تبریز
۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۱	-۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۹	اهر
۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۳۵	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۲	جلفا
۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱	-۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱	مراغه
۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۳	-۰/۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۳	تسوج
۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۸	-۰/۰۳	۰/۰۷	-۰/۱	۰/۱۱	۰/۰۱	آجی چای
۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۸	میانه
۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۱۳۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۰۹	-۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۰۷	سراب

پس از تعیین میزان همبستگی همزمان بارش پاییزی ایستگاه های آذربایجان شرقی با شاخص های مختلف انسو برای درک بهتر همبستگی موجود اقدام به ترسیم نمودارهای سری زمانی برای ارتباط ماه به ماه ناهنجاریهای بارش و **SOI** برای دو ایستگاه اهر و میانه و محاسبه و ترسیم مؤلفه ی روند سری زمانی برای ایستگاه هایی که بیشترین میزان همبستگی با شاخص های مورد استفاده، گردید. در شکل ۳ ( الف تا د ) ارتباط نموداری همبستگی بارش با شاخص های مختلف انسو به صورت مدل های سری زمانی نشان داده شده است.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی





شکل ۳- مدل سری های زمانی بارش استاندارد شده و شاخص های انسو:

الف) بارش و NINO1+2 در ایستگاه مراغه

ب) بارش و Nino3 در ایستگاه میانه

پ) بارش و Nino3.4 در ایستگاه میانه

ت) بارش و Nino4 در ایستگاه اهر

ج) بارش و SOI در ایستگاه اهر

د) بارش و SOI

در ایستگاه میانه عمده نتایج حاصل از تحلیل آماری همبستگی سری های زمانی بارش و

شاخص های انسو به شرح ذیل قابل طرح است :

۱- شاخص SOI در اکثر ایستگاه ها، همبستگی معنی داری با بارش پاییزی نشان می دهد.

همبستگی مذکور در ایستگاه های میانه ( شکل ۳ د ) و اهر ( شکل ۳ ج ) به حداکثر و در ایستگاه های تسوج و آجی جای به حداقل می رسد.

۲- ارتباط بارش کل ایستگاه ها با SOI معکوس و منفی است که این امر حکایت از افزایش بارش پاییزی تمام ایستگاه ها در سال های توأم با ال نینو و ظهور خشکسالی ها در دوره هایی که شاخص در حالت مثبت یا لائینا قرار دارد؛ می کند.

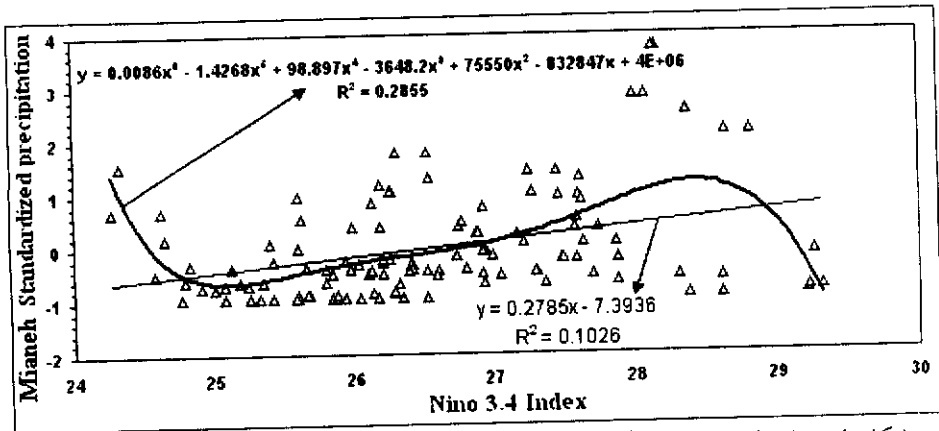
۴- ارتباط بارش پاییزی ایستگاه های مورد مطالعه با دیگر شاخص های انسو در کل ایستگاه ها مستقیم و مثبت است. با توجه به اینکه شاخص های مذکور نوسانات مربوط به درجه حرارت سطح دریا هستند، می توان چنین نتیجه گرفت که افزایش دمای سطح آب در نواحی مختلفی که شاخص های مختلف انسو اندازه گیری شده اند، موجب افزایش بارش پاییزی و نوسانات منفی آن موجب کاهش بارش و ظهور خشکسالی پاییزی در استان آذربایجان شرقی می گردد.

۵- در بین ایستگاه های مورد مطالعه، بارش پاییزی ایستگاه های میانه و مراغه با کل شاخص های انسو دارای همبستگی می باشند و این در حالی است که ایستگاه تسوج تنها با

شاخص NINO4 همبستگی معنی داری نشان می دهد.

۶- بارش کل ایستگاه ها با شاخص های Nino3.4 ( غیر از ایستگاه تسوج ) و Nino4 دارای همبستگی مثبت و معنی داری است. کمترین همبستگی بارش کل ایستگاه ها نیز با شاخص NINO1+2 محاسبه گردید.

در مطالعات اخیر تاکید بسیاری از محققان بر این است که غالباً ارتباط بین پدیده های جوی- اقیانوسی و عناصر اقلیمی به ویژه بارش خطی نیست و بر لزوم استفاده از روش های نیمه خطی مانند رگرسیون پولی نومیال و یا روش های غیر خطی تأکید می گردد. برای آزمون این ایده در شکل ۴ ضرایب رگرسیون خطی و پولی نومیال درجه ۶ برای محاسبه و مدل سازی ضریب تبیین بارش پاییزه و شاخص Nino3.4 برای ایستگاه میانه ترسیم گردید و همان گونه که در شکل نیز مشخص است و مقادیر ضریب تبیین نشان می دهند، میزان تبیین روش پولی نومیال بیشتر و بهتر از روش خطی است. تبیین بهتر روش پولی نومیال نسبت به روش رگرسیون خطی ساده نشانگر پیچیدگی و غیر خطی بودن ارتباط بین الگوی پیوند از دور انسو و بارش پائیزی ایستگاه های مورد مطالعه است و یقیناً در روش رگرسیون غیر خطی مقدار ضریب تعیین به مراتب بالاتر از روش های خطی ساده و نیمه خطی خواهند بود.



شکل ۴- مقایسه نتایج مدل رگرسیون خطی (خط و معادله کم رنگ) و پولی نومیال درجه ۶ (خط و معادله پررنگ تر) بارش و شاخص Nino3.4 برای ایستگاه میانه

#### بحث و نتیجه گیری

با توجه به مطالعات انجام گرفته در خصوص پدیده ی انسو و اثرات آن بر اقلیم ایران به نظر می رسد که علت اصلی افزایش بارش در فاز ال نینو انتقال رودباد جنب حاره ای در نیمکره ی شمالی به عرض های پایین تر باشد. این انتقال موجب می شود که جنب شمالی سلول هدلی در موقعیتی نزدیک تر به استوا قرار گرفته و در چنین وضعیتی پرفشار (آنتی سیکلون) های جنب حاره ای خاورمیانه به عرض های پایین تری جابه جا شده و امکان نفوذ موج بادهای غربی را به منطقه ی مدیترانه و دریای سرخ افزایش می دهند. نتیجه ی این ساز و کار جوئی- اقیانوسی افزایش بارش های فراگیر ایران (و بخش وسیعی از خاورمیانه) در سال های توأم با ال نینو است. حالت معکوس ساز و کار مذکور با ایجاد فاز سرد (لانینا) انسو زمینه ی لازم برای بروز خشکسالی در خاورمیانه و ایران را فراهم می آورد.

با توجه به تحلیل های آماری بویژه ضرایب همبستگی معنی دار بارش پاییزی ایستگاه ها با شاخص های مربوط به پدیده ی انسو می توان وجود ارتباط پیوند از دور همزمان بین پدیده ی جوئی-اقیانوسی انسو و بارش های پاییزی را تأیید کرد. ضرایب همبستگی و ضرایب تعیین مورد محاسبه از طریق روش رگرسیون خطی ساده معلوم می کنند که اثر پیوند از دور انسو بر بارش پاییزی آذربایجان شرقی چندان قوی نیست و تاثیر آن بر بارش ایستگاه های استان در ایستگاه اهر از ۱۲/۱۱ درصد (محاسبه از سنجهٔ 4 Nino) و در روش پولی نومیال درجه ۶ از ۲۸/۵ درصد در ایستگاه میانه (در ارتباط با شاخص Nino3.4) فراتر نمی رود.

این مطالعه نشان داد که در فاز گرم یا به هنگام ال نینو که دمای سطح آب افزایش یافته و مسیر جریان والکر رطوبت ناشی از تبخیر آب اقیانوس آرام را به سوی ایران و آذربایجان شرقی هدایت می کند و این امر با تولید بارش موجب بالا رفتن بارش و بعضاً ترسالی می گردد. در حالت عکس یا فاز لانینا به علت افت دمای سطح آب، مجموعه عوامل جوئی- اقیانوسی مثل جریان والکر و انحراف مسیر بادهای تجاری از شرق به غرب (در فاز نرمال و ال نینو مسیر وزش این بادهای از غرب به شرق است) موجب ایجاد جو باروتروپیک و پایدار در منطقه شده، بر اثر آن میزان بارش کاهش یافته و احتمال این که اثرات منفی لانینا افزایش یافته، موجب ایجاد خشکی پاییزی شود؛ افزایش می یابد. با توجه به نتایج این مطالعه و نتایج مطالعاتی که قبلاً در ایران انجام گرفته است، می توان نتیجه گرفت که عمده اثر پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش های استان آذربایجان شرقی در فصول انتقالی سال در فصل پاییز (خورشیددوست و قویدل رحیمی، ۱۳۸۴) و تا حدود کمی در بهار (قویدل رحیمی، ۱۳۸۴) متمرکز است.

مقایسه، ضریب همبستگی و ضریب تعیین حاصل از روش های خطی و نیمه خطی نیز بیانگر افزایش میزان همبستگی و ضریب تعیین در روش پولی نومیال نسبت به روش های خطی است و بنا بر این توصیه می شود در مطالعات پیوند از دور در کنار ارتباط خطی به ارتباط غیر خطی

بین پدیده های اقلیمی نیز توجه کافی مبذول گردد. با توجه به این که پاییز فصل کاشت انواع غلات در استان آذربایجان شرقی است و با در نظر گرفتن این که بخش عمده ای از محصولات زراعی در منطقه به امید بارش باران پاییزی کاشته می شود، باید اثرات پدیده انسو را از ابعاد کشاورزی، محیطی و اقتصادی- اجتماعی پر اهمیت قلمداد نموده، در برنامه ریزی ها توجه کافی بدان مبذول داشت.

علی رغم مطالعات زیادی که درباره ی پدیده ی انسو و اثرات منفی و مثبت فازهای ال نینو و لانینا صورت گرفته، هنوز ابعاد مختلف و اثرات روز افزون پدیده ی انسو به طور کامل شناخته نشده است و محققان معتقدند که نوع و میزان تاثیرپذیری از پدیده های ناشی از انسو خصوصاً از بعد مثبت یا منفی بودن اثرات بستگی به موقع ریاضی و جغرافیایی کشورها دارد (گودارد، ۲۰۰۵). مثلاً وقوع ال نینو در اندونزی موجب خشکسالی و حریق جنگل ها می شود در حالی که در خاورمیانه باعث افزایش بارش و سیلاب رودهای دجله و فرات می شود. بایستی توجه داشت که در مقیاس کوچک تر نیز پدیده انسو می تواند هم دارای اثر مثبت و هم دارای اثر منفی باشد. در این خصوص اثر ال نینو بر افزایش راندمان بخش کشاورزی و بهبود وضعیت زیست محیطی در سیستان و بلوچستان به عنوان بعد مثبت فاز ال نینو و افزایش تعداد مبتلایان به مالاریا (بر اثر افزایش دما و بارش زمینی ی تکثیر پشه ی ناقل مالاریا در سال های وقوع ال نینو افزایش و در سال های وقوع لانینا کاهش می یابد) به عنوان بعد منفی فاز ال نینو را می توان به عنوان مثالی بارز ذکر نمود.

## منابع

۱. خسروی، م. (۱۳۸۱)، «پدیده انسو ENSO و تغییرپذیری اقلیم جنوب شرق ایران»، پایان نامه ی دکتری، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان، ۲۲۳ صفحه.
۲. خورشیددوست، ع. م. و ی.، قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، «ارزیابی اثر پدیده ی انسو بر تغییرپذیری بارش های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چند متغیره انسو (MEI)»، پذیرفته شده برای چاپ در *مجله ی پژوهش های جغرافیایی* دانشگاه تهران، ۱۰ صفحه.
۳. علیجانی، ب. (۱۳۸۱)، «اقلیم شناسی سینوپتیک»، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران، ۲۵۷ صفحه.
۴. غیور، ح و م، خسروی (۱۳۸۰)، «تاثیر پدیده ی انسو بر ناهنجاری های بارش تابستانی و پاییزی منطقه ی جنوب شرق ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۶۲، صص ۱۷۴-۱۴۱، مشهد.
۵. قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۴)، «اثر الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی-اقیانوسی انسو بر تغییرپذیری فصلی اقلیم در ایران»، مطالعه ی موردی : اثرات ال نینو و لانینا بر تغییرپذیری بارش های بهاری در آذربایجان شرقی»، پذیرفته شده برای چاپ در شماره ۴۷ *مجله ی علوم انسانی مدرس*، ۱۴ صفحه.
۶. خوش اخلاق، ف. (۱۳۷۷)، «پدیده انسو و تاثیر آن بر رژیم بارش ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۵۱، صص ۱۴۱-۱۳۰، مشهد. مدرس پور، آ. (۱۳۷۲) ناهنجاری های اقلیمی ایران و ENSO، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران، ۲۱۳ صفحه.