اثر الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی ـ اقیانوسی «انسو» بر تغییرپذیری فصلی اقلیم در ایران: آثار «ال‌نینو» و «لانینا» بر تغییرپذیری بارشهای بهاری در آذربایجان شرقی

یوسف قویدل رحیمی*

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

دریافت: 83/6/18 پذیرش: 83/11/24

چکیده

با استفاده از «شاخصهای دمای سطح آب» نقش پدیدهٔ جوی ـ اقیانوسی انسو در تغییرپذیری بارشهای بهاری استان آذربایجان شرقی مطالعه‌شده است. نتایج حاصل از به‌کارگیری روش تحلیل همبستگی «پیرسون» بیانگر ارتباط معنادار مثبت بین شاخصهای Nino1+2 و Nino3 و بارشهای بهاره ایستگاههای آذربایجان شرقی است. این امر به معنای افزایش میزان بارشهای بهاری به هنگام ال‌نینو(فاز مثبت یا گرم) و بر عکس آن، یعنی کاهش بارشها در فاز منفی یا لانینا (فاز سرد) است. در بین ایستگاههای مطالعه شده بیشترین میزان همبستگی بارش بهاری با شاخصهای انسو در ایستگاه میانه و مراغه است و کمترین میزان همبستگی در ایستگاه سراب محاسبه شده است. مقادیر ضریب همبستگی محاسبه شده بین بارش و شاخصهای انسو بیانگر نقش عوامل جغرافیایی در میزان تأثیرپذیری از پدیدهٔ انسو می‌باشد؛ به این معنا که در استان آذربایجان شرقی از غرب به شرق و از شمال به جنوب بر میزان همبستگی یا به عبارت دیگر بر میزان تأثیرپذیری بارش از پدیدهٔ انسو افزوده می‌شود که اوج این افزایش در ایستگاه میانه قابل مشاهده است.

کلید واژه‌ها: الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی ـ اقیانوسی انسو، ال‌نینو، لانینا، تغییرپذیری بارش بهاری، آذربایجان شرقی.

---

*نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: neuralclimate@Yahoo.Co.Uk

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

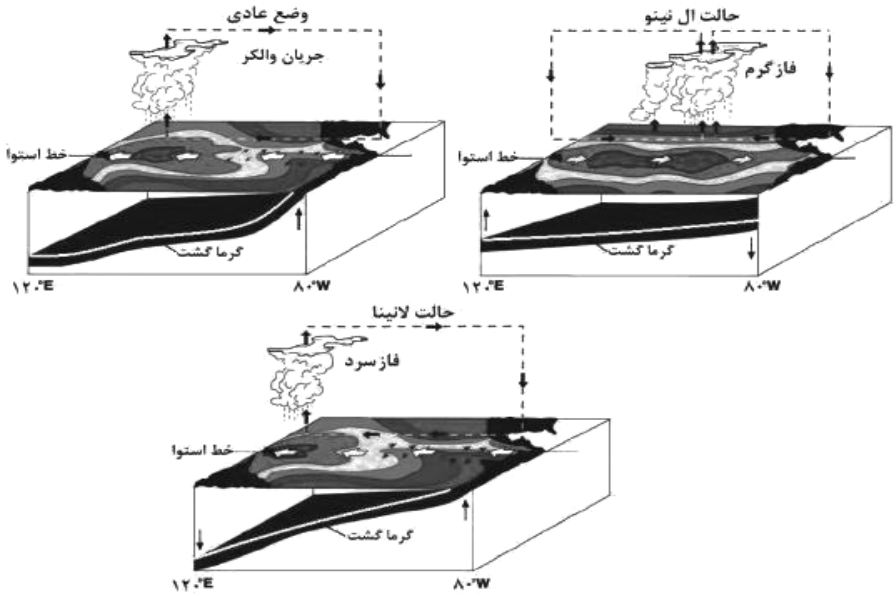
1ـ مقدمه

تغییرات فصلی اقلیم کرهٔ زمین بر اثر تغییراتی است که الگوهای بزرگ مقیاس گردش جوی ـ اقیانوسی اعمال می‌کنند. پدیدهٔ انسو یکی از مهمترین عوامل تغییردهندهٔ اقلیم در مقیاس جهانی است که با به‌وجود آوردن پدیده‌های ال‌نینو و لانینا تغییراتی را در اقلیم مخصوصاً توزیع زمانی‌ـ مکانی بارش به‌وجود می‌آورد. ال‌نینو از منظر اقلیم‌شناسان به جریان آب نسبتاً ضعیف و گرمی که در حوالی کریسمس در جهت جنوب و در سواحل جنوبی اکوادر و سواحل شمالی پرو واقع در شرق اقیانوس آرام روی می‌دهد، اطلاق می‌شود. در برخی سالها این جریان تشدید می‌شود و ثابت شده است، زمانی که دمای آب 3/5 درجه سانتیگراد افزایش پیدا می‌کند، بارش شدید و وقوع سیل حتمی است که این فرایند نیز آشفتگیهای محیطی را به همراه خواهد آورد. از منظر تغییرات اقلیمی، ال‌نینو چیزی بیشتر از یک جریان آب گرم ناگهانی در سواحل پرو است؛ زیرا ال‌نینو علاوه بر داشتن توانایی در بالا بردن دمای ناحیهٔ وسیعی از منطقه استوایی اقیانوس آرام می‌تواند عامل تغییراتی در جهت باد و جریان آب نیز باشد. در واقع ال‌نینو می‌تواند عامل یک نوسان در فشار هوا در ناحیه وسیعی از اقیانوس آرام باشد. در نتیجه اقلیم‌شناسان ال‌نینو را به‌عنوان یک پدیدهٔ منفرد در نظر نمی‌گیرند و از «ال نینو‌ـ نوسان جنوبی» صحبت می‌کنند. شایان ذکر است که به دلیل ارتباط و هم زمانی ال‌نینو با شاخص نوسان جنوبی، این دو پدیدهٔ باهم ادغام و «انسو» نامیده می‌شود که مانند پاندولی بین ال‌نینو یا حالت گرم شدن آب(فاز گرم) و «لانینا» یا حالت سرد شدن آب (فاز سرد) نوسان می‌کند. نوسانهای جنوبی(که به‌عنوان نمایهٔ پدیدهٔ انسو درنظر گرفته می‌شوند) در سال 1897م. شناسایی شدند و تحقیقات واکر وجود آن را ثابت کرد (از این بابت به فرایندهای همرفتی انسو «جریان واکر» نیز می‌گویند). زمان بالای شاخص نوسان جنوبی، موجب تشدید جریان واکر و ظهور لانینا و زمان شاخص پایین نوسان جنوبی، موجب وقوع پدیدهٔ ال‌نینو می‌شود. حالت بینابین جریان واکر نیز شرایط نرمال انسو را به‌وجود می‌آورد (شکل 1).

وقوع ال‌نینو به‌عنوان فاز گرم انسو حالت عادی سلولهای «هدلی» را مختل و جریان زناری واکر را معکوس می‌کند؛ این تغییر محرک بسیاری از سوانح محیطی است. از پدیدهٔ انسو می‌توان به‌عنوان یک گردش جوی‌ـ اقیانوسی بسیار قوی که با شدت و ضعفهایی در کل کرهٔ

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

زمین دارای تأثیراتی است، یاد کرد. میزان اثر انسو در عرضهای جغرافیایی میانی (دو طرف خط استوا) قویتر است و به این دلیل ال‌نینو و لانینا را فرزندان مدارات می‌نامند[2].



شکل1 مدل ریزنمایی شده سازوکارها و فازهای مختلف الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی ـ اقیانوسی انسو[1]

«زبیر» حساسیت و تغییرات دبی رود «ماهاولی» در سریلانکا را به پدیدهٔ انسو مورد تحقیق قرار داد و ثابت کرد که کاهش دبی رودخانهٔ ماهاولی و آثار منفی زیست محیطی ناشی از آن (مثل کاهش توان خودپالایی رودها، افزایش آلودگی آب و مرگ آبزیان) در فاز ال‌نینو روی می‌دهد[3]. «هارلو»[1] و همکاران او، اثر پدیدهٔ انسو بر ظهور و گسترش بیماری مالاریا را در «بروندی» بررسی کردند. آنها ارتباطی قوی را بین فاز ال‌نینو (به علت فراهم شدن وضعیت مساعد اقلیمی برای تکثیر پشه ناقل مالاریا) و کثرت تعداد مبتلایان به بیماری مالاریا دریافتند[4].

1. Harlow

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

با وجود اینکه آثار پیوند از دور الگوهای بزرگ مقیاس گردش جوی ـ اقیانوسی از مدتها قبل به صورت یک روش پیشرفته برای بیان علل بارش و نوسانهای آن به کار می‌رود، اما اخیراً به ارتباط این الگوها با بارشهای ایران توجه شده است. مثلاً «مدرس پور» اثر پدیدهٔ انسو بر ناهنجاریهای اقلیمی ایران را با تأکید بر نوسانهای دما بررسی کرد. تحقیق وی یک کار پایه و اساسی در شناخت پدیدهٔ انسو و آثار آن بر اقلیم ایران محسوب می‌شود که ابعاد فیزیکی و اقیانوس‌شناسی پدیدهٔ انسو را بیشتر مد نظر قرار داده است[5]. «خوش اخلاق» آثار پدیدهٔ انسو بر رژیم بارش ایران را به‌صورت غیر مستقیم و از طریق دگرگون‌سازی الگوهای گردش عمومی جو و آثار آن بر میزان بارش و خشکسالیها و ترسالیهای ایران مطالعه کرده و نقش آن بر رژیم بارش نواحی مختلف ایران را تنها در فصل پاییز (در جنوب شرقی و شرق ایران در هر چهار فصل) مهم و پرتأثیر دانسته است[6]. «ناظم السادات» با توجه به همبستگی منفی که بین شاخص نوسانهای جنوبی و بارندگی پاییزه در مناطق مختلف ایران محاسبه کرده، معتقد است که ال‌نینو در ایران بویژه در مناطق جنوب شرقی، غالباً با افزایش بارش پاییزه و وقوع لانینا اکثراً با خشکسالیهای پاییزی دارای ارتباط و همزمانی هستند[7]. «غیور» و «خسروی» نیز تأثیر پدیدهٔ انسو را بر نوسانهای بارش پاییزه و تابستانی جنوب شرق ایران تجزیه و تحلیل کرده‌اند. آنها ثابت کردند که حداکثر بارشهای پاییزه در ناحیه مطالعه شده با قویترین ال‌نینوها، یعنی در سالهای 1982 و1997م. مطابقت دارند. افزایش بارش پاییزه در فازهای گرم نسبت به فازهای نرمال و سرد و حالت معکوس آن در تابستان (خشکی در فاز گرم و افزایش بارش در فاز سرد) نیز از دیگر نتایج تحقیق مذکور می‌باشد[8]. ناظم السادات معتقد است که اثر انسو بر بارشهای زمستانی همانند اثر پاییزی آن که موجب افزایش بارش در فاز گرم (ال‌نینو) و کاهش آن در فاز سرد (لانینا) می‌شود، است[9]. مطالعات بعدی که در مقیاس استانی انجام گرفته است، وجود ارتباط بین بارشهای زمستانی آذربایجان شرقی و پدیدهٔ انسو را رد و ثابت کرده است که در زمستان اقلیم و به تبع آن بارش آذربایجان شرقی بشدت متأثر از یک الگوی بزرگ مقیاس جوی ــ اقیانوسی دیگر به نام «نوسانهای اطلس شمالی» است[10]. قویدل رحیمی با استفاده از شاخصهای متعدد (Nino1+2، Nino3، Nino3/4، Nino4 و SOI[1]) میزان تأثیرپذیری

1. SOI: Southern Oscillation Index

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

بارشهای پاییزی ایستگاههای آذربایجان شرقی از پدیدهٔ انسو را مطالعه کرده و معتقد است که همبستگی معناداری بین پدیدهٔ انسو و نوسانهای بارش پاییزی قابل مشاهده است. او اثر پدیدهٔ انسو بر بارش در فاز گرم (ال‌نینو) را مثبت و توأم با افزایش و در فاز سرد انسو (لانینا) منفی و همراه با وقوع خشکسالیهای پاییزی ارزیابی کرده است[11]. بنابراین این عمل یافته‌ها نتایج کار او را در خصوص آثار ال‌نینو بر بارشهای ایران با سطح اطمینان بیشتری مورد تأیید قرار داده است[12]. تحقیقات نشان داده است که بخش عمده‌ای از بارشهای بهاری ناحیه آذربایجان مخصوصاً آذربایجان شرقی مربوط به سیستمهای بارشزای مدیترانه‌ای، دریای سیاه و همرفت وزشی در دامنه‌های آفتابگیر رو به باد هستند[13]. در کل در مطالعات پیوند از دور (در ایران) به منشأ و ارتباط بارشهای بهاره با الگوهای کلان مقیاس اقلیمی خصوصاً با استفاده از سنجه‌های دمای آب توجه چندانی نشده است. این پژوهش درصدد است با استفاده از شاخصهای دمای سطح آب و روشهای آماری، نقش و آثار الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی ــ اقیانوسی انسو (ال‌نینو و لانینا) بر تغییرپذیری بارشهای بهاری آذربایجان شرقی را (که تا به حال در مقیاس استانی مطالعه نشده است) مطالعه و بررسی کند.

2ـ داده‌ها و روشها

داده‌های ماهانه بارش بهاری شش ایستگاه استان آذربایجان شرقی شامل: تبریز، اهر، مراغه، میانه، سراب، جلفا در طول یک دوره آماری 43 ساله از ماه آوریل (فروردین) سال1960م. تا ژوئن (خرداد) سال 2002 م. (به مدت 129 ماه برای هر ایستگاه) برای مطالعه انتخاب شد. توزیع فضایی ایستگاههای مطالعه شده در شکل2 و مشخصات آنها در جدول 1 نشان داده شده است. پس از ایجاد پایگاه داده‌ها به منظور آماده سازی و کنترل کیفی داده‌ها (داده‌سازی، تی تست، اف تست و آزمون جرم مضاعف برای سنجش همگنی داده‌ها) از نرم‌افزارData Tester، برای داده‌پردازی و ترسیم مؤلفه روند سریهای بارش و الگوهای پیوند از دور از نرم‌افزارInstat+v3/20، برای محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون از نرم‌افزارNCSS، به منظور محاسبه مقادیر همبستگی ناهمزمان (توأم با تأخیر) از نرم‌افزار Time Series و برای نرمال کردن داده‌ها از نرم‌افزارMiniTab14 استفاده شد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

الگوهای پیوند از دور، معیارها یا سنجه‌هایی هستند که به‌وسیله آنها تغییرات زمانی شدت و تغییرات مکانی الگوهای گردشی جوی ـ اقیانوسی زمین (یا بخشهایی از آن) اندازه‌گیری می‌شود؛ به عبارت دیگر با تعریف این نوع شاخصها وضعیت، کیفیت و در نهایت توان یک الگوی گسترده سینوپتیک در یک معیار عددی خلاصه می‌شود[14]. الگوهای سینوپتیک و شاخصهای آن از ضرورتهای اساسی تحلیلهای کمی و فضایی در اقلیم‌شناسی سینوپتیک محسوب می‌شوند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

شکل 2 توزیع فضایی ایستگاههای مطالعه شده در سطح استان آذربایجان شرقی

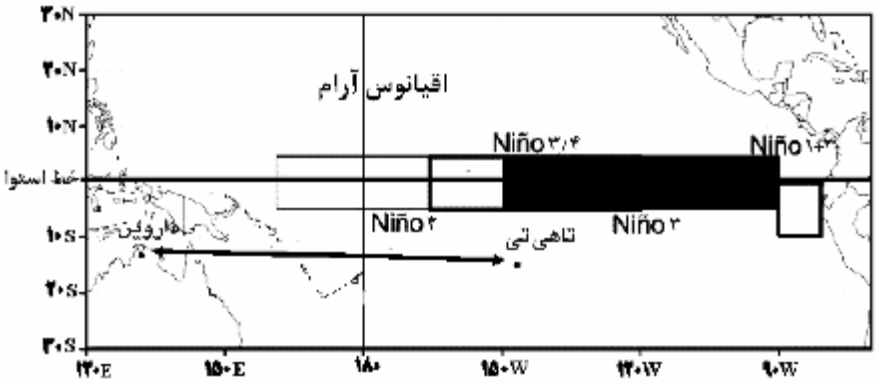
جدول 1 مشخصات ایستگاههای سینوپتیک مطالعه شده در استان آذربایجان شرقی

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نام حوضه آبریز	ارتفاع(متر)	درصد بارش بهاره از بارش سالیانه
تبریز	46/17°	38/05°	دریاچه ارومیه	1361	33
اهر	47/03°	38/26° *	ارس	1390	40/7 *
جلفا	45/40° *	38/45°	ارس	736 *	36/7
سراب	47/32°	37/56°	دریاچه ارومیه	1682*	36/6
مراغه	46/16°	37/24°	دریاچه ارومیه	1476	31/8 *
میانه	47/42° *	36/20° *	قزل اوزن	1110	34

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

* از نکات مهم

الگوی بزرگ مقیاس جریان انسو از طریق شاخصهای دمای سطح آب در اقیانوس آرام در محدوده شکل 3 به شرح ذیل تجزیه وتحلیل می‌شود[15]:



شکل3 مناطق مختلف اندازه‌گیری شاخصهای دمای سطح آب اقیانوس آرام برای ارزیابی نقش پدیدهٔ انسو[16]

1ـ شاخص Nino1+2: شاخص مذکور از سنجه‌های اصلی پدیدهٔ انسو می‌باشد و بیانگر نوسانهای درجه حرارت سطح دریا در شرقی‌ترین بخش اقیانوس آرام مداری (حدفاصل صفر تا 10 درجه جنوبی و 160 درجه شرقی تا 150 درجه غربی) است.

2ـ شاخصNino3: این شاخص نمایانگر اختلاف درجه حرارت سطح دریا در طرف شرقی، بخش مداری اقیانوس آرام بین دو منطقه (5 درجه شمالی و 5 درجه جنوبی تا حوالی150 و90 درجه غربی) است.

3ـ شاخص Nino3/4: بیان‌کننده اختلاف دمای سطح دریا در دو ناحیه در بخش داخلی قسمت شرق آرام مداری (5 درجه شمالی و5 درجه جنوبی تا حوالی120 و170درجه غربی) است.

4ـ شاخص Nino4: این شاخص بیانگر اختلاف درجه حرارت سطح دریا در دو ناحیه مرکزی بخش حاره‌ای اقیانوس آرام (در 5 درجه شمالی و 5 درجه جنوبی تا حوالی 160 درجه شرقی و 150 درجه غربی) است.

منبع اخذ داده‌های مذکور«مرکز پیش‌بینیهای اقلیمی» اداره ملی آب و هوا وابسته به «ناسا» و «مرکز تشخیص اقلیمی» وابسته به دانشگاه ایالتی «بولدر» در کلرادوی آمریکا است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

روشهای استفاده شده در این پژوهش عبارت از: روش تحلیل رگرسیون ساده و ناهمزمان (با تأخیر)، ماتریس همبستگی و مؤلفه‌های روند خطی، نمایی و پولی نومینال سریهای زمانی است.

3ـ نتایج

نتایج حاصل از داده‌پردازی مقادیر بارش ایستگاهها در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2 خصوصیات آماری بارش در ایستگاههای آذربایجان شرقی (بارش به میلیمتر)

ایستگاه	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	دامنه	ضریب تغییر
تبریز	95	95	47/9	* 41	239/2	* 198/2	* 43/67
اهر	* 126/4	*126	50/8	36/3	261/7	225/4	41
جلفا	* 80	* 80	46	* 14/4	217	202/6	* 51/3
سراب	93/2	93/2	47/2	33/9	263/1	229/2	47/85
مراغه	123/6	124	* 56/3	26/6	* 278/5	* 251/9	46/69
میانه	93	93	* 44/2	23/8	* 216/9	193/1	46/9

* مهمترین نتایج حاصل از پردازش داده‌های خام بارش بهاره ایستگاههای آذربایجان شرقی

به منظور بررسی وجود ارتباط و همبستگی بین متغیرهای اقلیمی بارش ایستگاهها و شاخصهای دمای سطح آب در اقیانوس آرام (مرکز عمل پدیدهٔ انسو) ماتریس همبستگی متغیرها به شرح جدول 3 و همبستگی ناهمزمان (با تأخیر) به شرح جدول 4 محاسبه شده است.

جدول 3 ماتریس همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای بارش ایستگاهها و شاخصهای دمای سطح آب در اقیانوس آرام

عامل	Nino3/4	Nino3	Nino 1+2	سراب	میانه	مراغه	جلفا	اهر	تبریز
تبریز	/07	**/254	**/31	**/64	**/782	**/623	**/691	**/683	1
اهر	/08	*/187	**/223	**/58	**/712	**/435	**/605	1	**/683
جلفا	/02	**/273	**/371	**/531	**/642	**/484	1	**/605	**/691
مراغه	/1	**/32	**/376	**/488	**/593	1	**/484	**/435	**/623

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

میانه	#/19	**/308	**/4	**/611	1	**/592	**/642	**/712	**/782
سراب	/09	*/177	*/177	1	**/611	**/488	**/531	**/58	**/64
Nino1+2	**/512	**/857	1	*/177	**/4	**/376	**/371	**/223	**/31
Nino3	**/83	1	**/857	*/177	**/308	**/32	**/273	*/187	**/254
Nino3/4	1	**/83	**/512	/09	*/19	/1	/02	/08	/07

*همبستگی معنادار در سطح 0/05

**همبستگی معنادار در سطح 0/ 01

جدول 4 مقادیر ضریب همبستگی غیر همزمان بین سریهای بارش و شاخصهای معرف انسو (دمای سطح آب)

تأخیر	Lag1			Lag2			Lag3		
شاخص	Nino1+2	Nino3	Nino3/4	Nino1+2	Nino3	Nino3/4	Nino1+2	Nino3	Nino3/4
تبریز	*/185	-/002	/06	/1	-/013	-/061	/03	/006	-/011
اهر	*/173	-/013	/04	/09	-/005	/07	-/04	/08	/04
جلفا	*/15	-/01	/05	/055	-/011	-/016	-/05	/043	-/05
مراغه	**/22	-/007	/003	/11	-/019	/09	/012	/033	/017
میانه	**/245	-/02	/008	/13	-/09	-/082	/071	/008	/021
سراب	**/2	-/09	/09	/089	-/008	/043	-/049	/07	-/09

*همبستگی معنادار در سطح 0/05

**همبستگی معنادار در سطح 0/ 01

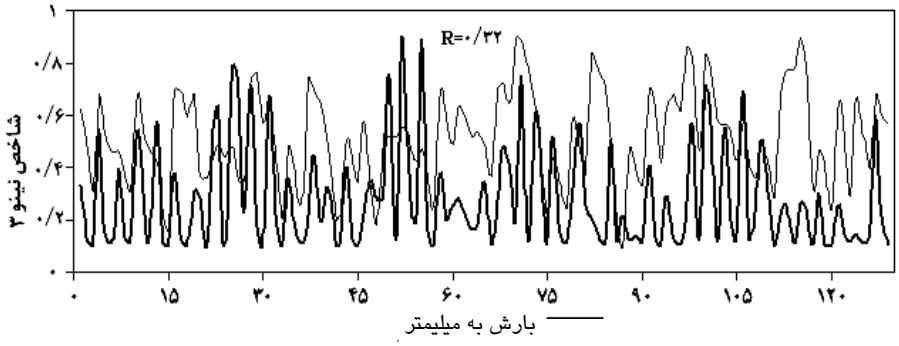
همان‌گونه که از جدول 3 استنباط می‌شود، حداکثر همبستگی بارش ایستگاهها با شاخص Nino1+2 که بیانگر نوسانهای دمای آب در شرقی‌ترین قسمت اقیانوس آرام است، محاسبه شده است. همبستگی بارش کل ایستگاهها با شاخص مذکور معنادار است؛ زیرا بیشترین همبستگی را بارش ایستگاه میانه و کمترین همبستگی را بارش ایستگاه سراب نشان می‌دهد. همچنین بارش بهاره کل ایستگاهها با شاخصNino3 معنادار است که بیشترین مقدار این همبستگی در ایستگاه مراغه و کمترین آن در ایستگاه سراب محاسبه شده است. از میان ایستگاههای مطالعه شده فقط بارش بهاری مراغه با شاخص Nino3/4 دارای همبستگی ضعیف، اما معناداری است. بارش بهاری هیچ یک از ایستگاههای آذربایجان شرقی با شاخص Nino4، همبستگی معناداری را نشان نمی‌دهد که به این دلیل از جدول ماتریس همبستگی حذف شد. با توجه به جدول 3 و شکل 3 می‌توان نتیجه‌گیری کرد: همان‌طور که از غرب به شرق اقیانوس آرام بر میزان همبستگی بارش بهاری ایستگاههای آذربایجان شرقی با نوسانهای دمای سطح آب اقیانوس آرام افزوده می‌شود، در محدوده جغرافیایی استان

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

یوسف قویدل رحیمی ـــــــ

شکل 5 در نمودار بالا تغییرات زمانی بارش بهاری و تغییرپذیری آن به نسبت تغییرات دمای سطح آب در منطقه Nino1+2 در ایستگاه میانه مشاهده می‌شود (مقادیر شاخص Nino1+2 برای نمایش بهتر تغییرات بین صفر و یک نرمال شده است).

مدل نوسانهای سریهای زمانی بارش و نوسانهای دمای سطح آب در منطقه Nino3 که در شکل6 نشان داده شده است، حساسیت و تأثیرپذیری بارش بهاره ایستگاه مراغه را به فازهای گرم (ال‌نینو) و سرد (لانینا) نشان می‌دهد.



شکل 6 میزان تأثیرپذیری سری زمانی بارش از نوسانهای دمای سطح آب در منطقهNino3 برای ایستگاه مراغه در شکل 6 نشان داده شده است (مقادیر شاخص Nino3 بین صفر و یک نرمال شده است).

به منظور آگاهی از آثار ناهمزمان انسو بر بارشهای بهاری، مقادیر ضریب همبستگی غیر همزمان بین سریهای بارش ایستگاهها و شاخصهای دمای سطح آب با تأخیر 1 الی3 ماهه محاسبه و نتایج آن در جدول 4 درج شد.

با توجه به ضرایب همبستگی غیر همزمان محاسبه شده معلوم شد که ضریب همبستگی حاصل بین بارش بهاری ایستگاههای مطالعه شده و شاخص Nino1+2 با تأخیر یک

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

یوسف قویدل رحیمی ـــــــ

شکل 7 الگوی همبستگی پولی نومینال درجه 6 بین بارش بهاری ایستگاه میانه و شاخص Nino1+2 با ضریب همبستگی 516/ (516/ =R) و ضریب تعیین 27 درصد (داده‌های شاخص و بارش بین صفر و یک نرمال شده‌اند).

4ـ نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام گرفته در خصوص پدیدهٔ انسو و آثار آن بر اقلیم ایران به نظر می‌رسد که علت اصلی افزایش بارش در فاز ال‌نینو انتقال رودباد جنب حاره‌ای در نیمکره شمالی به عرضهای پایینتر می‌باشد. این انتقال موجب می‌شود که جانب شمالی سلول هدلی در موقعیتی نزدیکتر به استوا قرار گیرند. بنابراین در چنین وضعیتی پرفشار آنتی سیکلونهای جنب حاره‌ای خاورمیانه به عرضهای پایینتر منتقل شده و امکان نفوذ موج بادهای غربی را به منطقه مدیترانه و دریای سرخ افزایش می‌دهند[19]. نتیجه این ساز و کار جوی- اقیانوسی افزایش بارشهای فراگیر ایران (و بخش وسیعی از خاورمیانه) در سالهای توأم با ال‌نینو است. حالت معکوس ساز و کار مذکور با ایجاد فاز سرد (لانینا) انسو زمینه لازم برای بروز خشکسالی در خاورمیانه و ایران را فراهم می‌آورد.

با توجه به تحلیلهای آماری بویژه ضرایب همبستگی معنادار بارش بهاره ایستگاهها با شاخصهای مربوط به پدیدهٔ انسو می‌توان وجود ارتباط پیوند از دور و همزمان بین پدیدهٔ جوی- اقیانوسی انسو و بارشهای بهاری را تأیید کرد. ضرایب همبستگی و ضرایب تعیین محاسبه شده از طریق روش رگرسیون معلوم می‌کنند که اثر پیوند از دور انسو بر بارش بهاره آذربایجان شرقی چندان قوی نیست و حداکثر تأثیر آن بر بارش ایستگاههای مطالعه شده از 16 درصد در ایستگاه میانه تا 3/12 درصد در ایستگاه سراب (مقادیر محاسبه شده از سنجه Nino1+2) تغییر دارد.

این مطالعه نشان می‌دهد که تأثیر جریان جوی- اقیانوسی انسو بر بارشهای بهاری آذربایجان شرقی به طور دقیق مثل آثار پاییزی آن است. به این معنا که در فاز گرم یا به هنگام ال‌نینو (که دمای سطح آب افزایش پیدا می‌کند) و مسیر جریان واکر رطوبت ناشی از تبخیر آب اقیانوس آرام را به سوی ایران و آذربایجان شرقی هدایت می‌کند و این امر با تولید بارش موجب بالا رفتن بارش و گاهی اوقات ترسالی می‌شود. در حالت عکس یا فاز

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

لانینا به علت افت دمای سطح آب مجموعه عوامل جوی- اقیانوسی مثل جریان واکر و انحراف مسیر بادهای تجاری از شرق به غرب (در فاز نرمال و ال‌نینو مسیر وزش این بادها از غرب به شرق است) موجب ایجاد جو آرام و پایدار در منطقه می‌شود که بر اثر آن میزان بارش کاهش پیدا می‌کند و احتمال اینکه آثار منفی لانینا افزایش یافته و موجب ایجاد خشکی بهاری و حتی خشکسالی شود، افزایش پیدا می‌کند. با توجه به نتایج این مطالعه و نتایج مطالعات قبلی می‌توان نتیجه گرفت که اثر عمده پدیدهٔ انسو در تغییرپذیری بارشهای آذربایجان شرقی در فصول انتقالی (پاییز و بهار) متمرکز است. نکته جالب توجه در خصوص اثر انسو بر بارش آذربایجان شرقی این است که در بهار مناطق Nino1+2 وNino3 (دمای سطح آب در شرق اقیانوس آرام) و در پاییز مناطقNino3/4 و Nino4 (دمای سطح آب در غرب اقیانوس آرام) بیشترین تأثیر را بر بارشهای استان آذربایجان شرقی می‌گذارند.

مقایسه ضرایب همبستگی همزمان و غیر همزمان و سطح معناداری آنها مبین این واقعیت است که بین تغییرات پدیدهٔ کلان مقیاس گردش جوی- اقیانوسی انسو و بارشهای ایستگاههای آذربایجان شرقی در فصل بهار ارتباطی مستقیم (مثبت) و همزمان وجود دارد و تغییرات مذکور که از طریق شاخصهای دمای سطح آب دیده‌بانی شده‌اند، کمابیش موجب نوسانهای (افزایش در فاز گرم و کاهش در فاز سرد) در بارش بهاری آذربایجان شرقی می‌شوند. مقایسه ضریب همبستگی و ضریب تعیین حاصل از روشهای خطی و نیمه خطی نیز بیانگر افزایش میزان همبستگی و ضریب تعیین در روش پولی نومینال نسبت به روشهای رگرسیون خطی و نمایی است. بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات پیوند از دور در کنار ارتباط خطی به ارتباط غیر خطی بین پدیده‌های اقلیمی نیز توجه کافی مبذول شود. با توجه به اینکه بهار فصل رشد و دوره نیاز گیاهان به آب است و با در نظر گرفتن اینکه بخش عمده‌ای از محصولات زراعی در منطقه به صورت دیم و به امید بارش باران کاشته می‌شود، باید آثار پدیدهٔ انسو را از ابعاد کشاورزی، محیطی و اقتصادی- اجتماعی پر اهمیت قلمداد کرد و در برنامه‌ریزیها توجه کافی به آن مبذول داشت.

5 ـ تشکر و قدردانی

از مساعدت و همکاری صمیمانه خانم دکتر «کتی اسمیت» مسؤول کنترل کیفی در بخش آمار

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

«مرکز تشخیص اقلیمی»[1] و داوران محترم نشریه وزین «علوم انسانی مدرس» که با پیشنهادات مفید و انتقادات سازنده خود زمینه بهبود و غنای کیفی متن نهایی این مقاله را فراهم کردند، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

6 ـ منابع

[1] McPhaden, M.; Evolution of the 2002/03 El Nino; *Bull. Amer. Meteor. Soc*, 2004.

[2] Trenberth, K. E.;"The Definition of El Nino"; *Bull. Amer. Meteor. Soc*, 1997.

[3] Zubair, L.; El Nino-Southern oscillation influence on the Mahaveli stream flow in seri lanka; *Int. J.Climatol*, 2003.

[4] Harlow, J., P.Votava, S.Running; "Monitoring and prediction of Malaria. Outbreaks". *Int. J. Climatal*,2003.

[5] مدرس‌پور، آ.؛ «ناهنجاریهای اقلیمی ایران و ENSO»؛ *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، گروه فیزیک دریا؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران،1373.

[6] خوش اخلاق، ف.؛ «پدیدهٔ انسو و تأثیرآن بر رژیم بارش ایران»؛ *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*؛ ش 51، 1377.

[7] ناظم السادات، م، ج.؛ بررسی تأثیر پدیدهٔ ال‌نینو- نوسانات جنوبی(ENSO) بر بارندگی پاییزه ایران؛ *دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور و مرکز ملی اقلیم‌شناسی*؛ تهران، 1378.

[8] غیور، ح. و م. خسروی؛ «تأثیر پدیدهٔ انسو بر نابهنجاریهای بارش تابستانی و پاییزی جنوب شرق ایران»؛ *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ش62، 1380.

[9] Nazemosadat, M. J.;"Winter drought in Iran: Associations with ENSO"*;* *Drought Network News*, 2001.

[10] نیکجو، م، ر. و ی. قویدل رحیمی؛ اثر الگوهای بزرگ مقیاس گردش جوی بر نوسانات بارش ایران؛ نمونه مطالعاتی: اثر نوسانهای اطلس شمالی بر تغییرپذیری بارشهای زمستانی در آذربایجان شرقی، *ارسال شده به نشریه دانش کشاورزی*، 1383.

1. climatic diagnostics center

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[11] قویدل رحیمی، ی.؛ «ارتباط پیوند از دور بین پدیدهٔ ENSO و ناهنجاریهای بارش پاییزی در آذربایجان شرقی»؛ *ارسال شده به مجله محیط‌شناسی دانشگاه تهران*، 1383.

[12] عزیزی، ق.؛ «ال‌نینو و دوره‌های خشکسالی و ترسالی در ایران»؛ *پژوهشهای جغرافیایی دانشگاه تهران*. ش 38، 1379.

[13] قویدل رحیمی، ی.؛ «تجزیه و تحلیل نوسانهای بارش و محاسبه دوره‌های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی»؛ *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی*؛ دانشگاه تبریز،1381.

[14] علیجانی، ب.؛ اقلیم‌شناسی سینوپتیک؛ انتشارات سمت، تهران: 1381.

[15] Hurrell, J. W. & K. E. Trenberth; "Global sea surface temperature analyses: Multiple problems and their implications for climate analysis, modeling, and reanalysis"; *Bull. Amer. Meteor. Soc*, 1999.

[16] Moron, V, G. Plaut; "The impact of ENSO upon weather regimes over Europe and the North Atlantic during Boreal winter"; *Int. J. Climatol*, 2003.

[17] Vazquez, P; R. Fortis, T. Pescador., El Nino-southern oscillation events and associated European winter precipitation anomalies; *Int. J. Climatol*, 2005.

[18] Wu, A, Hsieh.W.; The nonlinear association between ENSO and the Euro-Atlantic winter sea level pressure; *Climate Dynamics*, 2004.

[19] Price, S.; "A possible link between El Nino and precipitation in Israel"; *Geoph. Res. Lett*, 1998.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-07-16]