

ارتباط بین دمای سطح آب در اقیانوس آرام و تغییرات مجموع آزون در گستره ایران

عباسعلی آروین^۱

چکیده

کاهش در مقدار و حجم لایه آزون که به نام مجموع آزون شناخته می‌شود صدمات زیادی بر موجودات زنده و زندگی بشر خواهد داشت. در این پژوهش نوسانات مجموع آزون در گستره ایران مرتبط با دمای آب سطح دریا در اقیانوس آرام (SST) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور متوسط ماهانه آزون کلی از سایت ماهواره‌ای پایگاه نقشه‌سازی طیف‌سنجی مجموع آزون (TOMS) از پایگاه داده‌ای NASA/GSFC در گرهای با $1 \times 1/25$ درجه فاصله جغرافیایی و نیز متوسط ماهانه شاخص‌های NINO1+2، NINO3، NINO4، و NINO3.4 به‌عنوان شاخص دمای سطح آب در اقیانوس آرام از پایگاه داده‌های اقلیمی NCEP/NCAR استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد مقدار آزون در زمانی که شاخص‌های دمای آب سطح دریا در اقیانوس آرام (SST) مثبت/منفی باشد، مقدار آزون کلی افزایش/کاهش می‌یابد. از بین شاخص‌های دمای سطح آب، ارتباط NINO1+2 با میزان مجموع آزون قوی‌تر است و قوی‌ترین ضرایب در ناحیه غرب و شمال‌غرب حاصل شد. متوسط ضرایب همبستگی در گستره ایران بین شاخص NINO1+2 با متوسط ماهانه مجموع آزون در حالت همزمان و غیرهمزمان به ترتیب $(R=+0/55)$ و $(R=-0/621)$ است که در روابط همزمان در ۸۶ درصد و در روابط غیرهمزمان در تمام گستره ایران در سطح ۰/۰۵ درصد معنادار است. شاخص NINO4 ضعیف‌ترین رابطه را با تغییرات مجموع آزون در ایران دارد.

واژگان کلیدی: ایران، معنی‌داری، شاخص دمای سطح آب، آزون کلی

مقدمه

لایه اُزون نقش مهمی در حیات موجودات زنده و سلامت انسان به سبب محافظت آن‌ها از تشعشعات ماوراءبنفش خورشیدی دارد. اندازه‌گیری تغییرات لایه اُزون از طریق سنجنده‌های زمینی در ایستگاه‌های اُزون سنجی و سنجنده‌های ماهواره‌ای صورت می‌گیرد و داده‌های آن با نام اُزون کلی^۲ ثبت می‌گردد. در این پژوهش اثر پیوند از دور دمای سطح آب در اقیانوس آرام بر تغییرات اُزون کلی در ایران مورد بررسی قرار گرفت. به سبب اثر الگوهای پیوند از دور بر بسیاری از پارامترهای اقلیمی و کاربردی که می‌تواند در پیش‌یابی تغییرات این پارامترها داشته باشد، مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته که هر یک می‌تواند در بازناسایی قوانین حاکم بر طبیعت و تأثیری که زندگی انسان از آن می‌پذیرد کاربرد داشته باشد. با این حال تحقیقات چندی به‌طور خاص اثر دمای آب دریاها را بر روی عناصر اقلیمی بررسی نموده‌اند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۸۳: ۱۴)، تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمال و جنوب غربی ایران را بررسی کرده و نشان دادند وقوع شرایط گرم در دمای دریای خزر عموماً موجب ۲۰ درصد کاهش در بارش فصل زمستان در سواحل دریای خزر و نواحی شمالی استان‌های فارس و خوزستان شده است. خسروی و همکاران (۱۳۹۰: ۸۰) تأثیر آنومالی دمای سطح دریای عمان را بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرقی ایران مطالعه کرده و به این نتیجه رسیدند که وقوع شرایط گرم (سرد) در دمای سطح آب دریای عمان در فصل بهار با کاهش (افزایش) بارندگی در فصول پاییز و زمستان ایستگاه‌های مورد مطالعه همراه بوده است. همچنین بارندگی‌های زمستانه همزمان با ناهنجاری‌های مثبت دمای سطح دریا در تابستان چشمگیر بوده‌اند. با این حال مطالعاتی به‌طور خاص روابط شاخص‌های اقلیمی و تغییرات مجموع اُزون را بررسی کرده‌اند. آروین (۱۳۹۲: ۵۰) اثر الگوهای پیوند از دور با میزان اُزون کلی در ایستگاه اصفهان را بررسی کرد و به این نتیجه رسید، در حالی که شاخص‌های NAO و AO با بهترین برازش مدل‌های آماری، تا حدود ۳۹ درصد تغییرات اُزون را تبیین می‌کنند، شاخص‌های انسو می‌تواند تا ۷۳ درصد

تغییرات اُزون را تبیین نماید. با این حال روابط شاخص AO با تغییرات مجموع اُزون در اصفهان با زمان تأخیر دو ماهه معنادار، ولی ارتباط NAO با تغییرات مذکور معنادار نیست. کریزین^۳ و همکاران (۲۰۰۱: ۱۴۹۹) روند تغییرات واقعی شبیه و شبیه‌سازی شده مجموع اُزون را در بالای آمریکای شمالی و اروپا را در دوره ۱۹۹۷-۱۹۶۳ مطالعه کردند و نشان دادند ضریب همبستگی بین مقادیر تابستانه بر روی اروپا و روند زمستانه اُزون در بالای آمریکای شمالی ($r=0/86$) بسیار بالا است. عمده این تغییرات با حوادث ال نینو/انوسان جنوبی و تغییرات سیکل یازده ساله خورشیدی مربوط می‌گردد. ستنک و وی گریو (۲۰۰۳: ۱۸۹)^۴ اثر سوراخ کوچک لایه اُزون بر روی تخریب ناهمگون اُزون استراتوسفری را با استفاده از مدل شیمی اقلیم مطالعه کردند و نشان دادند سوراخ‌های کوچک لایه اُزون در یک مقیاس سینوپتیک منطقه‌ای قویاً مجموع اُزون را کاهش می‌دهند. کاگنازو و همکاران^۵ (۲۰۰۹: ۸۹۳۵) مقایسه سیستماتیک از حساسیت اُزون استراتوسفر مدلی شده به انسو در مدل شیمی اقلیم (CCMs) را گزارش دادند و نتیجه‌گیری کردند افزایش مقدار اُزون با افزایش در فعالیت گردشی جو در خلال فعالیت انسو مطابقت دارد. سالکدو و همکاران^۶ (۲۰۱۰: ۱۴۹۵) مدل‌های غیرفصلی جدید را برای پیش‌یابی مجموع اُزون با استفاده از برنامه‌ریزی ارزیابی و مدل شبکه عصبی به کار بردند. هم‌چنین اورلیب و همکاران^۷ (۱۹۹۳: ۲۰۱) رودجین و همکاران^۸ (۲۰۰۰: ۵۱۲)، نارایانو و همکاران^۹ (۲۰۰۴: ۷۵۶)، دورتی و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۶: ۳۳)، لسیر و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۷: ۶۵۲۴)، راندل و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۹)، زیمنک و همکاران^{۱۳} (۲۰۱۰: ۳۷۲۰) و اومان و همکاران^{۱۴} (۲۰۱۱: ۶) در تحقیقات خویش نشان دادند تغییرات

3- Krzyscin et all

4- Stenke & Grewe

5- Cagnazzo et all

6- Salcedo-Sanz et all

7- Ortlieb

8- Roldugin et all

9- Narayana Rao et all

10- Doherty et all

11- Leclair et all

12- Randel et all

13- Ziemke et all

14- Oman et all

اُزون استراتوسفری قویاً با پدیده انسو پیوند می‌خورد. هدف این پژوهش مطالعه ارتباط بین دمای سطح آب در اقیانوس آرام و تغییرات مقدار مجموع اُزون در گستره ایران است.

مواد و روش‌ها

اگر چه روابط شاخص دمای سطح آب در اقیانوس آرام با اُزون علی نیست و اثر مستقیم بر روی اُزون ندارد ولی با توجه به این که تغییر در ارتفاع ژئوپتانسیل و الگوهای فشار، موقعیت فرودها و فرازاها و الگوی باد متأثر از شاخص‌های اقلیمی از جمله شاخص‌های انسو است (خورشید دوست ۱۳۸۵: ۲۴؛ عزیزی، ۱۳۷۹: ۸۲) و از طرف دیگر اثر الگوهای فشار در تریوسفر بالایی بر روی تغییرات مجموع اُزون در ایران تأیید شده است (آروین، ۱۳۹۱: ۱۳) لذا تغییر در مقدار مجموع اُزون می‌تواند با شاخص‌های دما سطح آب در اقیانوس آرام پیوند بخورد. در این پژوهش که روش تحقیق به صورت همبستگی و تحلیل مکانی است ابتدا داده‌های مربوط به شاخص‌های دمای آب سطح دریا (SST) در اقیانوس آرام از سایت داده‌های اقلیمی مربوط به چهار شاخص^{۱۵} NINO1+2، NINO3^{۱۶}، NINO4^{۱۷} و NINO3.4^{۱۸} از پایگاه داده‌های اقلیمی NCEP/NCAR برای تعیین اثر دمای سطح آب اقیانوس آرام بر مقدار مجموع اُزون در ایران استخراج گردید. دمای سطح آب کلیدی برای مشخص نمودن وقایع ال‌نینو و لانینا است. دمای سطح آب توسط کشتی‌ها و بویه‌های اقیانوسی و نیز ماهواره اندازه‌گیری می‌شود. آنومالی دمای سطح آب دریا انحراف دمای سطح آب دریا از متوسط بلندمدت دمای سطح آب است. آنومالی مثبت با حالت گرم و حوادث ال‌نینو مرتبط گردیده و آنومالی منفی به حالت سرد و حوادث لانینا مربوط می‌گردد (شکل ۱). سپس داده‌های مجموع اُزون در گستره ایران از سایت ماهواره‌ای پایگاه نقشه‌سازی طیف‌سنجی مجموع اُزون (TOMS)^{۱۹} از پایگاه داده‌های NASA/GSFC در سال‌هایی که مقادیر شاخص‌های دمای سطح آب بالاترین / پایین‌ترین بود از داده‌های ماهواره‌ای نیمبوس^{۲۰} (۱۹۷۸/۱۱/۱) تا

15- Extreme Eastern Tropical Pacific SST (0-10S, 90W-80W) (NINO1+2)

16- Eastern Tropical Pacific SST (5N-5S,150W-90W) (NINO3)

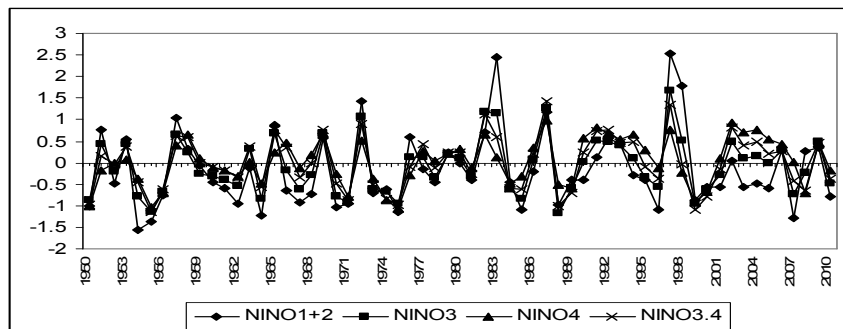
17- Central Tropical Pacific SST (5N-5S) (160E-150W) (NINO4)

18- East Central Tropical Pacific SST (5N-5S)(170-120W) (NINO3.4)

19- Total Ozone Mapping Spectrometer

20- Nimbus

۱۹۹۳/۵/۶ و متئور^{۲۱} ۱۹۹۳/۸/۲۲ تا ۱۹۹۴/۱۱/۲۴ و ارت پول^{۲۲} از ۱۹۹۶/۷/۲۲ تا کنون) از سال ۱۹۷۸ تا سال ۲۰۱۱ استخراج شد. در مرحله دو میانگین داده‌های مجموع اُزون در گستره ایران در گرّه‌هایی به فاصله $1/25 \times 1$ درجه جغرافیایی (۱ درجه عرض و $1/25$ درجه طول جغرافیایی) در ماه‌هایی که آنومالی شاخص SST پایین‌ترین/بالاترین میزان بود محاسبه شد. لذا سال‌های ۱۹۸۲، ۱۹۸۳، ۱۹۸۷، ۱۹۹۲، ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ که در آن شاخص SST دارای بالاترین مقادیر مثبت بود (ال نینو) و سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۸۹، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ که در آن شاخص SST دارای پایین‌ترین مقادیر منفی بود (لانینا) انتخاب و تحلیل‌ها بر روی ۱۲۱ ماه از سال‌های موجود صورت پذیرفت. در مرحله سوم به ترسیم نقشه‌های توزیع مجموع اُزون در گستره ایران برای ماه‌هایی که شاخص‌های دمای سطح آب بالاترین/پایین‌ترین میزان بوده مبادرت شد. در ادامه ضرایب همبستگی بین شاخص‌های SST با متوسط ماهانه اُزون کلی بر روی هر گرّه به فاصله $1/25 \times 1$ درجه جغرافیایی در گستره ایران محاسبه و نقشه ضریب همبستگی و سطح معنی‌داری ترسیم گردید.



شکل (۱) روند تغییرات آنومالی شاخص‌های دمای سطح دریا SST از ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰

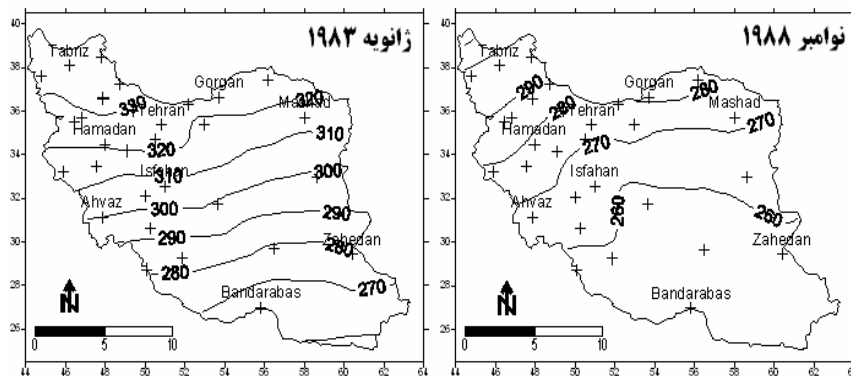
نتایج و بحث

بررسی تغییرات مجموع اُزون در زمان‌هایی که شاخص‌های دمای سطح آب در اقیانوس اطلس دارای آنومالی منفی (لانینا) و آنومالی مثبت (ال نینو) بودند مورد بررسی قرار گرفت.

21- Meteor

22- Earth Probe

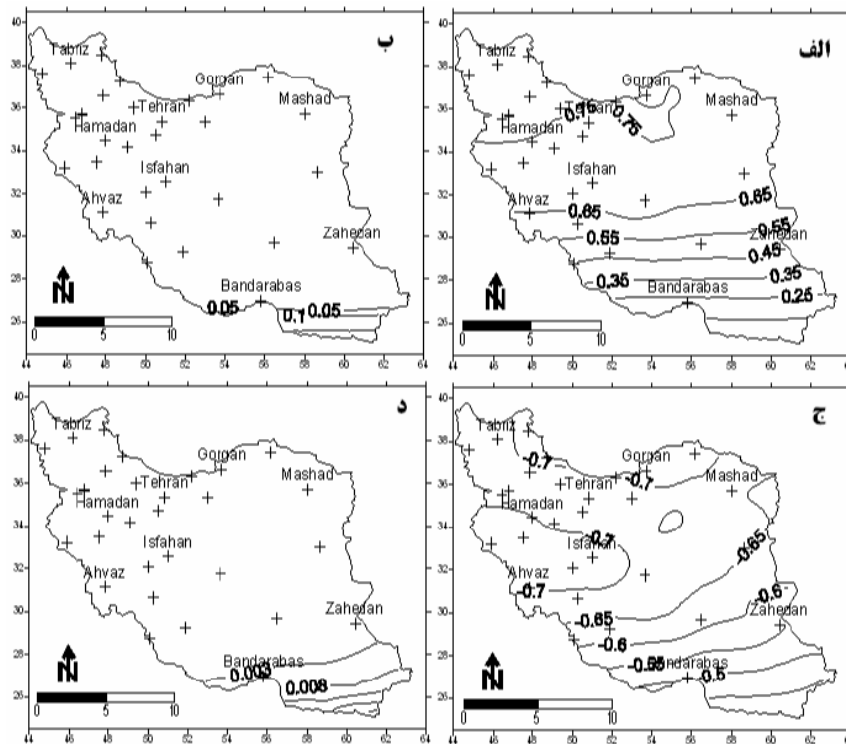
اگر چه بالاترین/پایین‌ترین مقادیر اُزون در گستره ایران در زمان وقوع مثبت‌ترین/منفی‌ترین آنومالی‌ها رخ نداده است ولی در همه اوقاتی که آنومالی شاخص‌های دمای سطح آب مثبت بود، مقدار اُزون نیز افزایش داشته است و بر عکس. در شکل شماره ۱ توزیع اُزون کلی را دو زمانی که آنومالی دمای سطح آب در چهار شاخص مثبت/منفی بود نمایش داده شده است. برای مثال در نوامبر ۱۹۸۸ که متوسط مجموع اُزون در گستره ایران ۲۶۹/۷ دابسون بوده آنومالی شاخص‌های NINO1+2، NINO3، NINO4 و NINO3.4 به ترتیب برابر با ۱/۱-، ۱/۹۳-، ۱/۶- و ۲/۲۴- بوده است که لایننا حادث شده است. اما در ژانویه ۱۹۸۳ که مقدار مجموع اُزون در گستره ایران ۲۹۵/۷ دابسون بوده آنومالی شاخص‌های NINO1+2، NINO3، NINO4 و NINO3.4 به ترتیب برابر با ۲/۹۹+، ۳/۳+، ۰/۸۶+ و ۲/۸۵+ بوده است که از جمله سال‌های وقوع ال‌نینو بوده است. این رویه با شدت و ضعف متفاوت در همه ماه‌ها مشاهده شد که به دلیل محدودیت دو نقشه از آن آورده شده است (شکل ۲). بررسی کلی نقشه‌های مربوطه نشان می‌دهد مقدار مجموع اُزون از جنوب به سمت شمال کشور افزایش می‌یابد و بالاترین مقادیر مجموع اُزون را در شمالی‌ترین نقطه در شمال غرب و پایین‌ترین مقدار مجموع اُزون در جنوبی‌ترین نقطه در جنوب شرق کشور مشاهده می‌گردد.



شکل (۱) توزیع مجموع اُزون در گستره ایران در زمانی که شاخص‌های دمای سطح آب دارای آنومالی منفی (نوامبر ۱۹۸۸) و آنومالی مثبت (ژانویه ۱۹۸۳) بودند

نینو ۱+۲

ارتباط همزمان بین شاخص NINO1+2 و مقادیر مجموع اُزون در تمام گستره ایران به جز بخش کوچکی از نواحی جنوب شرق کشور مثبت و در سطح ۰/۰۵ درصد معنا دار است و از جنوب به سمت شمال کشور ضرایب همبستگی قوی تر می گردند (شکل ۱_الف). قوی ترین ضرایب همبستگی در نواحی شمال غرب کشور در استان های آذربایجان غربی و شرقی و اردبیل مشاهده می گردد. ارتباط بین شاخص NINO1+2 و مقدار مجموع اُزون با زمان های تأخیر مختلف مورد سنجش قرار گرفت که بهترین ضرایب با زمان تأخیر ۵ ماهه به دست آمد. البته جالب است که بدانیم ضرایب همبستگی با زمان تأخیر ۵ ماهه با مقدار مجموع اُزون رابطه معکوس معنادار برقرار است و این ضرایب در کل گستره ایران در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار می باشند (تصاویر شماره ۱-د). ارتباط بین شاخص NINO1+2 و مقدار اُزون با مجموع زمان تأخیر ۵ ماهه در گستره ایران نسبت به روابط همزمان یکنواخت تر است و حتی نواحی جنوب شرق کشور نیز روابط قوی بین NINO1+2 دیده می شود (شکل ۱_ج). با این حال قوی ترین روابط نه در شمال غرب کشور که بر روی نواحی مرکزی ارتفاعات زاگرس دیده می شود. متوسط ضریب همبستگی همزمان و با زمان تأخیر ۵ ماهه شاخص NINO1+2 با مقدار مجموع اُزون در گستره ایران به ترتیب $R=+0/55$ و $-0/621$ است. لذا با سطح اطمینان ۹۹ درصد می توان از روی شاخص NINO1+2 و ۵ ماهه زودتر به تخمین مقدار مجموع اُزون در گستره ایران اقدام کرد.

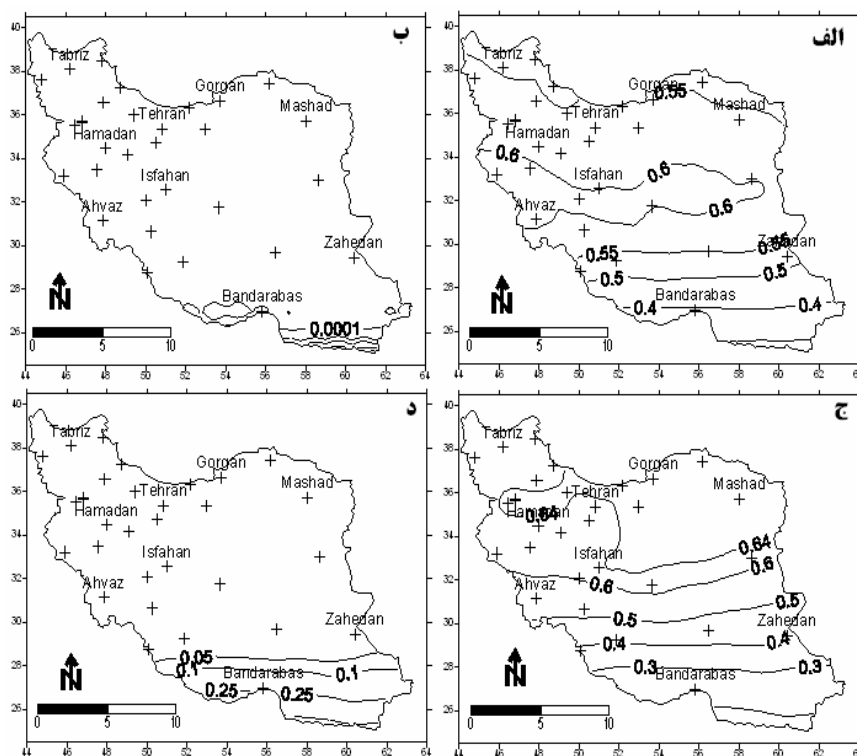


شکل (۱) توزیع ضرایب همبستگی و سطح معنی‌داری NINO1+2 با مجموع اُزون در گستره ایران الف: ضرایب همبستگی ب: سطح معنی‌داری همزمان، ج: ضرایب با تأخیر ۵ ماهه و د: سطح معنی‌داری با تأخیر ۵ ماهه.

نینو ۳

بررسی روابط بین شاخص NINO3 و مقادیر مجموع اُزون نشان از روابط مستقیم و معنادار این شاخص با مقدار مجموع اُزون دارد که به‌طور همزمان تمام این روابط در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار هستند. با این حال بهترین روابط در نواحی مرکزی ایران به‌دست آمده است. البته شیب هم‌چنان بسمت نواحی جنوب و جنوب شرقی کشور به سمت ضعیف‌تر شدن ضرایب همبستگی است (شکل ۲_الف). ولی توزیع ضرایب همبستگی در گستره ایران در مقایسه با NINO1+2 یکنواخت و معنی‌دار هستند. آزمون ضرایب همبستگی با زمان تأخیر

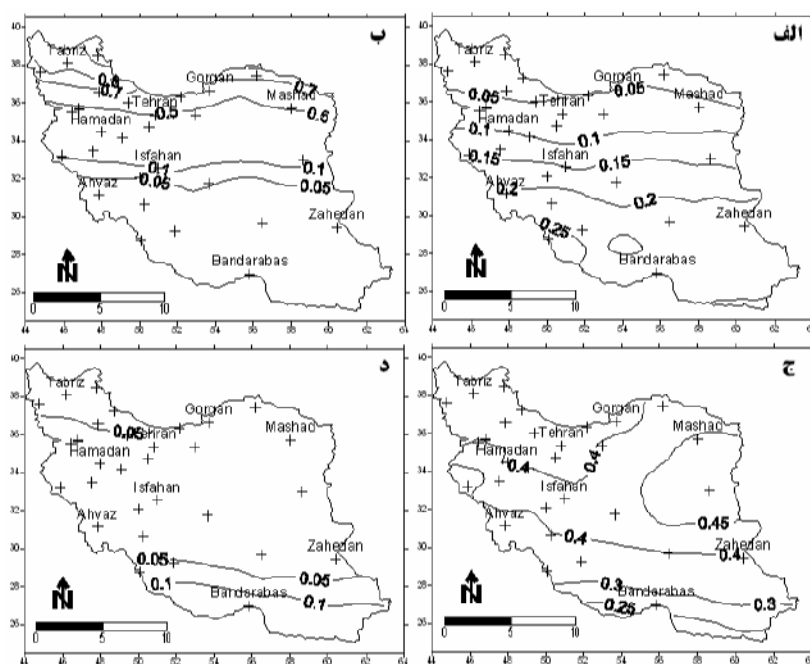
نشان داد که بهترین ضرایب با زمان تأخیر یک ماهه به دست آمد که این ضرایب تنها در نواحی جنوب شرقی کشور معنی دار نمی باشند (شکل ۲-د). متوسط ضریب همبستگی همزمان در گستره ایران $R = +0/504$ و با زمان تأخیر ۱ ماهه $R = -0/491$ به دست آمد که نشان می دهد به طور همزمان روابط بین شاخص NINO3 با مقدار مجموع آزون در گستره ایران قوی تر است. بر خلاف ضرایب همزمان در حالت غیر همزمان و با تأخیر یک ماهه ضرایب همبستگی نه در مرکز ایران که در نواحی شمالی و شمال شرق کشور بالاتر و معنی دارتر هستند.



شکل (۲) توزیع ضرایب همبستگی و سطح معنی داری NINO3 با مجموع آزون در گستره ایران الف: ضرایب همبستگی همزمان ب: سطح معنی داری همزمان ج: ضرایب همبستگی با تأخیر ۱ ماهه و د: سطح معنی داری با تأخیر ۱ ماهه

نینو ۴

در بین شاخص‌های دمای سطح آب در اقیانوس اطلس با مقدار مجموع اُزون در گستره ایران ارتباط بین شاخص NINO4 و مجموع اُزون نسبت به بقیه شاخص‌ها متفاوت است. در حالی که بقیه ضرایب ارتباط قوی‌تر را در نواحی غرب و شمال غرب نشان می‌دهند، روابط این شاخص با مقدار مجموع اُزون در جنوب و جنوب غرب و جنوب شرق قوی‌تر است و قوی‌ترین روابط در نواحی استان بوشهر به دست آمده است. البته ضرایب همبستگی نیز از نواحی مرکزی بسمت جنوب در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار هستند و در نواحی شمال و شمال غرب روابط بسیار ضعیف و معنی‌دار نیز نمی‌باشند (شکل ۳ الف و ب). آزمون روابط همبستگی با زمان‌های تأخیر متفاوت نشان داد، بهترین ارتباط بین شاخص NINO4 با مجموع اُزون را در گستره ایران با زمان‌های تأخیر ۵ ماهه وجود دارد که البته روند کاملاً متفاوت نسبت به همبستگی همزمان نشان می‌دهد. ضرایب همبستگی با زمان تأخیر ۵ ماهه در نواحی مرکزی به سمت شمال غرب و شمال شرق قوی‌تر هستند و در جنوب شرق ضعیف‌تر می‌باشند که دارای پوشش یکنواخت‌تری در ایران است و در ناحیه جنوب شرق، مشابه ضرایب همزمان هستند ولی معنی‌دار نمی‌باشند. متوسط ضرایب همبستگی همزمان در گستره ایران $R=+0/132$ است در حالی که با زمان تأخیر ۵ ماهه ضریب همبستگی $R=+0/356$ می‌باشد که بر روابط قوی‌تر شاخص NINO4 با زمان تأخیر ۵ ماهه دلالت دارد.

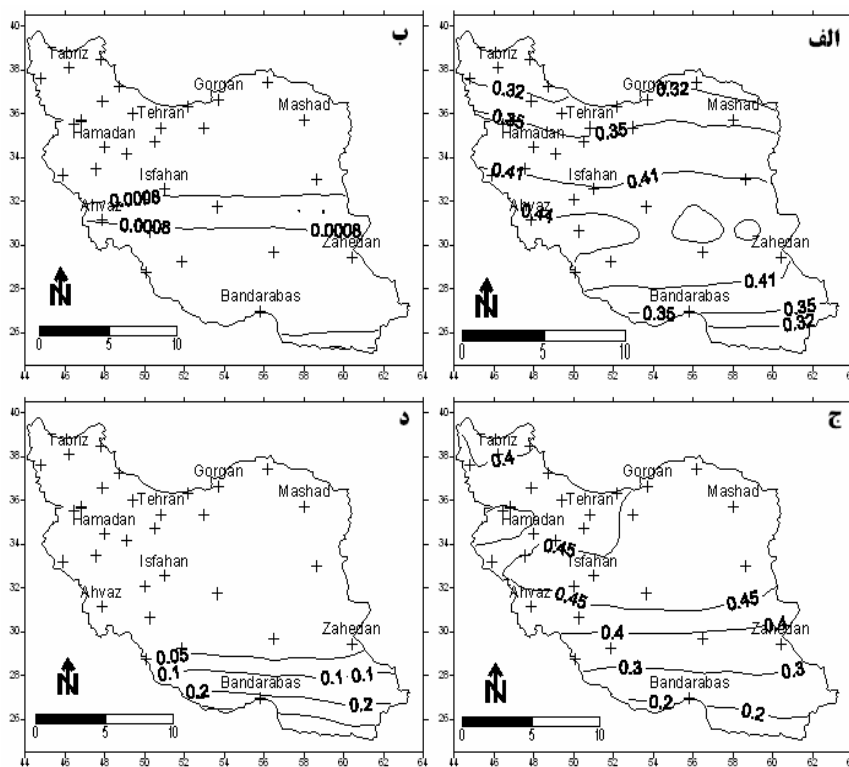


شکل (۳) توزیع ضرایب همبستگی و سطح معنی داری NINO4 با مجموع آزون در گستره ایران الف: ضرایب همبستگی همزمان ب: سطح معنی داری همزمان ج: ضرایب همبستگی با تأخیر ۵ ماهه د: سطح معنی داری با تأخیر ۵ ماهه

نینو ۳/۴

ارتباط همزمان شاخص NINO3.4 با مقدار مجموع آزون در گستره ایران در مقایسه با سایر شاخص‌ها قوی‌تر و در گستره ایران از یکنواختی بیشتری برخوردار است. برای مثال اختلاف بین بالاترین ضریب در شمال و جنوب نسبت به مرکز ۰/۲۲ است. روابط بین مقدار مجموع آزون و شاخص NINO3.4 در مرکز ایران و بر روی ارتفاعات زاگرس مرکزی قوی‌تر است و به سمت جنوب و شمال با شیب آرامی کم می‌گردد. ضرایب همبستگی در سطح اطمینان ۹۹ درصد در تمام گستره ایران معنادار می‌باشد (شکل ۴ الف و ب). آزمون ارتباط شاخص با مقدار مجموع آزون بهترین همبستگی را با زمان تأخیر ۵ ماهه نشان داد (شکل ۴ ج و د). ارتباط با زمان تأخیر ۵ ماهه در مقایسه با ضرایب همزمان یکنواخت نیست و اختلاف

قوی‌ترین و ضعیف‌ترین ضرایب به ۰/۴۳۴ می‌رسد. همچنین از میزان ضرایب از شمال غرب به سمت جنوب شرق کاسته می‌شود و برخلاف ضرایب همزمان، قوی‌ترین ضرایب نه در نواحی مرکزی بلکه در ناحیه شمال غرب حاصل شده است که البته ضرایب همبستگی نیز در ناحیه جنوب و جنوب شرق کشور با زمان تأخیر ۵ ماهه معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل (۴) توزیع ضرایب همبستگی و سطح معنی‌داری NINO3.4 با مجموع اُزون در گستره ایران الف: ضرایب همبستگی همزمان ب: سطح معنی‌داری همزمان ج: ضرایب همبستگی با تأخیر ۵ ماهه و د: سطح معنی‌داری با تأخیر ۵ ماهه

جهت مقایسه بهتر تحلیل‌های صورت گرفته، روابط همبستگی بین شاخص‌های مختلف دمای سطح آب در اقیانوس آرام با مجموع اُزون و نیز درصد پوشش آن در گستره ایران با

زمان‌های تأخیر متفاوت در جدول شماره ۱ ارائه شده است. بررسی این جدول نشان می‌دهد ارتباط بین شاخص NINO1+2 با مقدار مجموع اُزون هم به صورت همزمان ($R=+0/55$) و هم غیرهمزمان (با زمان تأخیر ۵ ماهه) ($R=-0/621$) نسبت به بقیه شاخص‌های دمای سطح آب قوی‌تر و متوسط ضریب همبستگی در گستره ایران بالاتر است ولی بر خلاف سایر شاخص‌ها، شاخص NINO1+2 با زمان تأخیر ۵ ماهه ارتباط معکوس با مقدار مجموع اُزون دارد. با این حال ارتباط شاخص NINO1+2 با زمان تأخیر ۵ ماهه در کل گستره ایران در سطح $0/05$ درصد معنی‌دار است که این ارتباط در حالت همزمان در 86 درصد مساحت ایران معنی‌دار است. لذا در سطح اطمینان 95 درصد می‌توان 5 ماه زودتر به پیش‌بینی مقدار مجموع اُزون در گستره ایران از روی شاخص NINO1+2 مبادرت کرد. بعد از شاخص NINO1+2 شاخص NINO3 ارتباط قوی‌تری با مقدار اُزون کلی دارد. اگر چه متوسط ضریب همبستگی ($R=+0/505$) در حالت همزمان بیشتر از تأخیر 1 ماهه ($R=+0/491$) است و توزیع ضرایب همبستگی نیز یکنواخت‌تر است (دامنه $0/403$ همزمان در مقابل $0/666$ با تأخیر 1 ماهه)، حداکثرهای ضریب همبستگی با تأخیر یک ماهه بیشتر است که در نواحی شمال شرق به دست آمده است. ارتباط شاخص NINO4 با مقدار مجموع اُزون نسبت به بقیه شاخص‌ها ضعیف‌تر است ولی با زمان تأخیر 5 ماهه ارتباط این شاخص با مقدار مجموع اُزون در مقایسه با ضرایب هم‌زمان قوی‌تر است و درصد بیش‌تری از کشور دارای سطح معنی‌داری در سطح خطای $0/05$ درصد هستند.

جدول (۱) متوسط، بالاترین، پایین‌ترین و دامنه ضرایب همبستگی شاخص‌های دمای سطح آب در اقیانوس آرام با میزان مجموع اُزون در گستره ایران و نیز مساحت تحت پوشش معنی‌داری ضرایب در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۱ به درصد

غیرهمزمان تأخیر				همزمان				
NINO4 پنج ماهه	NINO3 یک ماهه	NINO3.4 دو ماهه	NINO1+2 پنج ماهه	NINO4	NINO3	NINO3.4	NINO1+2	
۰/۳۵۶	۰/۴۹۱	۰/۳۷۴	-۰/۶۲۱	۰/۱۳۲	۰/۵۰۴	۰/۳۵۳	۰/۵۵	متوسط ضرایب همبستگی
۰/۴۷۸	۰/۷۰۵	۰/۵۰۵	-۰/۷۳	۰/۲۶۹	۰/۶۲۲	۰/۴۵۸	۰/۷۶۷	بالاترین
۰/۱۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۷۱	-۰/۳۴۸	-۰/۰۲۳	۰/۲۱۹	۰/۲۳۲	-۰/۰۱۴	پایین‌ترین
۰/۳۵	۰/۶۶۶	۰/۴۳۴	۰/۳۸۲	۰/۲۹۲	۰/۴۰۳	۰/۲۲۶	۰/۷۸۱	دامنه
%۶۰/۵	%۷۵/۴	%۷۰/۲	%۱۰۰	%۴۵/۷	%۱۰۰	%۱۰۰	%۸۶	درصد مساحت کشور با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد
%۱۸	%۲/۴	%۵/۹	%۱۰۰	%۵/۲	%۱۰۰	%۱۰۰	%۲/۴	درصد مساحت کشور با سطح معنی‌داری ۰/۱ درصد
%۲۱/۵	%۲۲/۲	%۲۳/۹	%۰	%۵۰/۹	%۰	%۰	%۱۱/۶	درصد مساحت کشور که ضرایب همبستگی معنی‌دار نیست

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ارتباط دمای سطح آب و تغییرات مجموع اُزون در گستره ایران مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات نشان می‌دهد بخشی از تغییرات مجموع اُزون در تروپوسفر بالایی و استراتوسفر زیرین تحت تأثیر پدیده‌های اقلیمی قرار دارد. برای مثال آروین (۱۳۹۱: ۱۳) نشان داده پایین‌ترین مقادیر اُزون زمانی بوقوع می‌پیوندد که محور فراز بر مرکز ایران و اصفهان باشد. در صورتی که در زمان رخداد مقادیر حداکثر اُزون، الگوی فرود یا تراف در سطح ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و سیکلون در تراز ۵۰۰ میلی‌باری بر روی ایستگاه اصفهان حاکمیت دارد. از سوی دیگر ارتباط عناصر اقلیمی در ایران با سیگنال‌های اقلیمی در

اقیانوس آرام در بسیاری از تحقیقات تأیید شده است، مطالعات (خورشید دوست و همکاران ۱۳۸۵: ۲۶) نشان داده که علت اصلی افزایش بارش در فاز ال نینو (در ایران) انتقال رودباد جنب حاره‌ای در نیمکره شمالی به عرض‌های پائین‌تر باشد. همچنین بر اساس مطالعات (عزیزی ۱۳۷۹: ۸۲) تأثیر النینوی نوسای جنوبی بر آب و هوای ایران به‌طور غیرمستقیم و از طریق متأثر نمودن عناصر گردش عمومی جو صورت می‌گیرد. به‌طوری که جابه‌جایی هسته گرم آب‌های اقیانوس آرام استوایی، جابه‌جایی مشخصی در مکان‌گزینی عناصر گردش عمومی جو را باعث می‌شود. مقایسه نتایج این بررسی با سایر مطالعات نیز نشان داد هر یک از شاخص‌های دمای سطح آب در اقیانوس آرام ارتباط متفاوتی با تغییرات مجموع اُزون در ایران دارند و این ارتباط در همه گستره ایران یکسان نیست و دارای تغییرات مکانی متفاوتی هستند. با این حال در زمانی که شاخص دمای سطح آب مقادیر مثبت و بالایی داشته باشد، مقدار مجموع اُزون افزایش می‌یابد و زمانی که شاخص دمای سطح آب مقادیر منفی پایینی داشته باشد، مقدار مجموع اُزون کاهش می‌یابد. این موضوع در مورد هر چهار شاخص دمای سطح آب اقیانوس آرام صادق است لیکن هم دارای شدت متفاوت است و هم روابط آن دارای تغییرات مکانی زیادی است. از بین چهار شاخص مطالعه شده، ارتباط بین شاخص NINO1+2 با مقدار اُزون کلی هم به‌صورت همزمان و هم غیرهمزمان (با زمان تأخیر ۵ ماهه) نسبت به بقیه شاخص‌های دمای سطح آب قوی‌تر است. بر این اساس ۵ ماه زودتر می‌توان بر اساس شاخص مقدار اُزون کلی در گستره ایران را در سطح اطمینان ۹۵ درصد پیش‌بینی کرد.

منابع

- آروین، عباسعلی (۱۳۹۱) ارتباط الگوهای گردشی جو با تغییرات اُزون کلی در اصفهان، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، شماره پیاپی ۲۹، صص ۱۴-۱.
- آروین عباسعلی (۱۳۹۲) ارتباط الگوهای پیوند از دور با میزان اُزون کلی در اصفهان، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال ۴۵، شماره ۱، صص ۵۲-۳۹.
- خسروی، محمود؛ سلیقه، محمد و صباغی، بهروز (۱۳۹۰)، تأثیر آنومالی های دمای سطح دریای عمان بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب‌شرقی ایران، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال شانزدهم، شماره ۳۷.
- خورشیددوست، علی‌محمد؛ قویدل رحیمی یوسف صلاحی برومند (۱۳۸۷) ارتباط نوسان‌های گردش جوی - اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی، *پژوهش‌های جغرافیایی*، دوره: ۳۹، شماره: ۸.
- روغنی، ربانه؛ سلطانی، سعید (۱۳۹۰)، پیش‌بینی تغییرات جریان فصلی ورودی سد زاینده‌رود با استفاده از شاخص نوسان جنوبی، *مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ۸۷*، گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- عزیزی، قاسم (۱۳۷۹)، ال‌نینو و دوره‌های خشکسالی و ترسالی در ایران، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره: ۳۸، صص ۸۴-۷۱.
- ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر و قاسمی، احمدرضا (۱۳۸۳)، تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمال و جنوب غربی ایران، *فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، علوم آب و خاک، سال هشتم، شماره ۴ (پیاپی ۳۰)
- A. Stenke, V. Grewe (2003), "Impact of ozone mini-holes on the heterogeneous destruction of stratospheric ozone", *Chemosphere* 50, pp. 177-190.
- C. Cagnazzo, E. Manzini, N. Calvo, A. Douglass, H. Akiyoshi, S. Bekki, M. Chipperfield, M. Dameris, M. Deushi, A.M. Fischer, H. Garny, A. Gettelman, M.A. Giorgetta, D. Plummer, E. Rozanov, T. G. Shepherd, K. Shibata, A. Stenke, H. Struthers, and W. Tian (2009), "Northern winter stratospheric temperature and ozone

- responses to ENSO inferred from an ensemble of Chemistry Climate Models”, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 8935-8948.
- J. Leclair De Bellevuea, J.L. Baraya, S. Baldya, G. Ancelletb, R. Diabc, F. Ravetta, (2007), “Simulations of stratospheric to tropospheric transport during the tropical cyclone Marlene event”, *Atmospheric Environment*, 41 pp. 6510-6526.
 - Janusz W. Krzy.scin, Malgorzata Deg.orska, Bonawentura Rajewska-Wi; ech. (2001), “The summer–midwinter correlation in total ozone over North America and Europe for the period 1963-1997”, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 63 1499-1507
 - J.R. Ziemke, S. Chandra, L.D. Oman, and P.K. Bhartia, (2010), “A new ENSO index derived from satellite measurements of column Ozone”, *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 3711-3721.
 - L.D. Oman, J.R. Ziemke, A.R. Douglass, D.W. Waugh, C. Lang, J.M. Rodriguez, and J.E. Nielsen, (2011), “The response of tropical tropospheric ozone to ENSO”, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, Vol. 38, L13706,
 - Luc Ortlieb, José Macharé (1993), “Former El Niño events: records from western South America Original Research Article”, *Global and Planetary Change*, Volume 7, Issues 1-3, May, PP.181-202.
 - R.M. Doherty, D.S. Stevenson, C.E. Johnson, W.J. Collins and M.G. Sanderson, (2006), “Tropospheric ozone and El Niño-Southern Oscillation: Influence of atmospheric dynamics”, *Biomass Bburning Emissions, and Future Climate Change*, Unknown.
 - S. Salcedo-Sanz, J.L. Camacho, A. Pe´ rez-Bellido, E.G.Ortiz-Garcia, A. Portilla-Figueras, E.Herna´ndez-Marti´n, (2011), “Improving the prediction of average total ozone in column over the Iberian Peninsula using neural networks banks”, *Neurocomputing*” 74 1492-149.
 - T. Narayana Rao, J. Arvelius, S. Kirkwood, P. von der Gathen, (2004), “Climatology of ozone in the troposphere and lower stratosphere over the European”, *Arctic Advances in Space Research*, 34, 754-758.

- V.C. Roldugin, G.N. Nikulin and K. Henriksen, (2000), “Wave-Like Ozone Movements”, *Phys. Chem. Earth*, Vol. 25, No. 5-6, pp. 511-514.
- William J. Randel, Rolando R. Garcia, Natalia Calvo, and Dan Marsh, (2009), “ENSO influence on zonal mean temperature and ozone in the tropical lower stratosphere *Geophysical Eophysical Research Letters*”, Vol. 36, L15822.