دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال سیزدهم، شماره‌ی ۴۲
تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۳۱-۱۷

علی اکبر رسولی [۱]
ایمان بابائیان [۲]
هوشنگ قائمی [۳]
پیمان زوار رضا [٤]

بررسی تغییرات دمای سطح پهنه های آبی موثر بر ایران در دوره ۲۰۰۸– ۱۸۵۴

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۰۵/۰٤

چکیده

با توجه به اهمیت پهنه های آبی و دمای سطح آنها در تامین رطوبت کشور، سری های زمانی دمای سطح آب دریاهای خزر، سیاه، مدیترانه، سرخ، عمان و خلیج فارس در دوره ۲۰۰۸-۱۸۵٤ (۱۵۵ سال) مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه از داده های دمای سطح آب بازسازی شده (ERSST) که به روشی تلفیقی از مقادیر واقعی شامل داده های دیده بانی شده توسط بویه های ثابت و شناور، ایستگاه های هواشناسی دریایی ثابت، کشتی های اقیانوس شناسی، کشتی های داوطلب، سنجنده های ماهواره ای و روش های محاسباتی برای مناطق و دوره های فاقد داده در شبکه های منظم ۲×۲ درجه جغرافیایی تهیه می شوند، استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که در دوره مورد مطالعه بیشترین آهنگ افزایش دمای سالانه به میزان ۰/۰۰٤۹ درجه سانتی گراد (۰/۵ درجه سانتی گراد در ۱۰۰ سال) در دریای عمان رخ داده است. پس از آن دریای سرخ، خلیج فارس و دریای مدیترانه به

۱ – استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
۲ - دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز
۳ – استاد هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور
٤ – استاد گروه مطالعات محیطی، دانشگاه کانتربری، نیوزلند

E-mail: aarasuly@yahoo.com
E-mail: ibabaeian@yahoo.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ترتیب با آهنگ افزایش ۰/۰۰۲۸، ۰/۰۰۲۷ و ۰/۰۰۱۹ درجه سانتی گراد در سال در رتبه های بعدی قرار دارند. روند تغییرات دما در چهار پهنه آبی مذکور معنی دار است. در همین دوره آهنگ تغییرات دریاهای خزر و سیاه بسیار کم بوده و معنی دار نمی باشند. تحلیل داده های مورد استفاده در ۲۵ ساله اخیر نشان می دهد که آهنگ افزایش سالانه دما در تمامی پهنه های آبی یاد شده چندین برابر شده که آهنگ افزایش دمای دریای خزر از سایر پهنه ها بیشتر می باشد. با اعمال آزمون من-کندال، مشخص شد که در سال های ۱۹۸۱، ۱۹۵٤، ۱۹۷۲ و ۱۹۸۰ در الگوی زمانی دمای پهنه های آبی خلیج فارس، دریای عمان، دریای سرخ و مدیترانه تغییرات ناگهانی رخ داده است.

کلید واژه ها: تغییراقلیم، پهنه های آبی منطقه ای، دمای سطح آب، روند، ایران.

مقدمه

پژوهش های زیادی نشان داده اند که تغییرات دمای سطح آب اقیانوس ها و گستره های آبی می توانند تاثیر معنی داری بر نوسان های بارش در سطح خشکی های زمین داشته باشند. تاثیر دمای سطح آب محدود به نقاط ساحلی نبوده بلکه نواحی بسیار دور از دریا نیز می توانند تحت تاثیر تغییر الگوهای دمای سطح گستره های آبی قرار گیرند (ناظم السادات، ۱۳۸۳، ۱). در کشورمان دمای سطح آب دریای خزر در بارش های پاییزه سواحل جنوبی آن نقش شناخته شده ای دارد؛ به طوری که اختلاف بین دمای سطح این دریا و هوا در اواخر تابستان و اوایل پاییز به حداکثر خود می رسد و بدین جهت هوای سرد و خشک سیبری پس از عبور از روی دریای خزر ناپایدار شده و در سواحل ایران موجب بارندگی می گردد. در دوره سرد سال به دلیل گرم بودن دمای سطح آب دریای مدیترانه در مقایسه با دمای هوا، توده هواهای قاره ای قطبی و دریایی قطبی با عبور از روی دریای مدیترانه و کسب گرما از آن ناپایدار شده و به توده هوای مدیترانه ای تبدیل می شوند که بارندگی های زمستانه اکثر نقاط ایران را فراهم می کنند. در فصل گرما نیز آب های گرم جنوب و جنوب شرقی در آب و هوای ایران اثر می گذارند. در این دوره رطوبت اقیانوس هند به ویژه خلیج بنگال از طریق گردش عمومی هوا در اطراف کم فشار پاکستان وارد قسمت های جنوب شرقی کشور شده که در صورت داشتن ضخامت کافی سبب رگبار های تابستانه می شوند (علیجانی، ۱۳۸۳، ٤۱). تاثیر دمای سطح آب اقیانوس ها و پهنه های آبی منطقه ای بر بارش های ایران توسط محققان مختلفی بررسی شده است. ناظم السادات و همکاران نشان دادند که دمای سطح آب اقیانوس آرام جنوبی از طریق پدیده النینو بر روی ترسالی ها و خشکسالی های ایران موثر بوده و احتمال وقوع خشکسالی در دوره های النینو کمتر و در دوره

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

های لانینا بیشتر است. آنها همچنین با استفاده از مدل تحلیل همبستگی متعارف (CCA)[۵] و توابع تجربی متعامد (EOF)[۶] و دمای سطح آب در منطقه انسو، بارش های زمستانه سواحل دریای خزر را پیش بینی نمودند (ناظم السادات و همکاران، ۱۳۸۵، ۳٦۹؛ ناظم السادات و همکاران،۱۳۸۳، ۱٦).

لویتس و همکاران با بررسی تغییرات میانگین دمای اقیانوس های کره زمین طی دوره ۱۹٤۸ تا ۱۹۹۸، نشان دادند که از نیمه دوم دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۸ میانگین دمای اقیانوس ها به میزان ۰/۳۱ درجه سانتی گراد تا عمق ۳۰۰ متری اقیانوس افزایش یافته است. آنها نشان دادند که تغییرات معنی دار در افزایش دمای اقیانوس اطلس و آرام از دهه ۱۹۵۰ و اقیانوس هند از نیمه دوم دهه ۱۹٦۰ آغاز شده است (لویتس[۷] و همکاران، ۲۰۰۰b، ۲۲۲۷). بیندورف و مک دوگال با بررسی داده های دیده بانی از سال ۱۹۵۹ نشان دادند که میانگین دما در اقیانوس آرام جنوبی تا عمق ۹۰۰ متری حداکثر تا ۰/۵ درجه سانتی گراد افزایش یافته است (بیندوف و مک دوگال[۸]، ۱۲۱۸،۲۰۰۰). دمای سطح آب اقیانوس ها و تغییرات آن تاثیر به سزایی در توزیع بارش کره زمین، تعداد رویدادهای جوی-دریایی و ارتفاع سطح اقیانوس ها و دریاهای آزاد دارد، به نحوی که ورودی اولیه اغلب مدل های پیش بینی اقلیمی، دمای سطح پهنه های آبی می باشد (گودارد[۹] و همکاران، ۲۰۰۱، ۱۱٤۵؛ بارنستون و اسمیت[۱۰] ، ۱۹۹٦، ۲٦۸۱). سیگفراید و همکاران با استفاده از مدل های گردش عمومی جو و تحلیل خروجی آن ها با روش EOF نشان دادند که نوسانات فرکانس کم بارش در بخش هایی از آمریکا با نوسانات دوره ای دمای سطح اقیانوس آرام شرقی هماهنگ است (سیگفراید و همکاران، ۲۰۰۳، ٤۹٤). نلمن و همکاران در قالب مطالعات برنامه توسعه محیطی سازمان ملل متحد[۱۱] نشان دادند که دمای میانگین دریای شمال از اواخر قرن گذشته تاکنون ۰/۵ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. ادامه روند فعلی موجب افزایش دمای سطح آب این دریا تا ٦ درجه سانتی گراد تا سال ۲۱۰۰ خواهد شد (نیلمن[۱۲] و همکاران، ۲۰۰۷، ۱۳۸-۱۳۷). افزایش دمای سطح آب پهنه های آبی موجب افزایش رخدادهای حدی اقیانوسی می گردد، به طوری که افزایش نیم درجه ای در دمای سطح آب دریا موجب افزایش ٤۰ درصدی در تعداد طوفان های دریایی می گردد (ساندرز و لی[۱۳]، ۲۰۰۷، ۵۵۹).

5- Canonical Correlation Analysis
6- Empirical Orthogonal Function
7- Levitus
8- Bindoff and McDougall
9- Goddard
10- Bannston and Smith
11- United Nation Development Program
12- Nellmann
13- Saunders and Li

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

دمای فعلی سطح آب دریاهای کره زمین حدود یک درجه سانتی گراد نسبت به ۱٤۰ سال گذشته بیشتر است که یکی از دلایل فیزیکی تغییر اقلیم می باشد. سرعت افزایش دمای سطح آب در دریاهای اروپا سریع تر از سایر پهنه های آبی کره زمین است. شواهد نشان می دهند که اکوسیستم های دریایی اروپا تحت تاثیر افزایش دمای سطح آب دریاها قرار گرفته اند (فین[14] و همکاران، ۲۰۰۸، ۸۱). پائت و همکاران نشان دادند که افزایش دمای آب موجب افزایش بارش های تابستانه می شود و با بکارگیری مدل های ریاضی نتیجه گرفتند که افزایش دمای اقیانوس موجب تقویت رژیم بارشی موسمی می گردد (پائت و هنس[15]، ۲۰۰٤، ۲۰۷).

گرمای دریافتی توسط اقیانوس اطلس شمالی در طی ۵۰ سال گذشته موجب افزایش شار گرمایی در سطح اقیانوس به میزان ۰/٤ وات بر متر مربع شده است؛ اما این افزایش شار گرمایی به طور یکسان در این حوضه آبی توزیع نشده است، در حالی که بخش های حاره ای و جنب حاره ای آن با افزایش شار گرمایی مواجه بوده است، در بخش جنب قطبی آن شار گرمایی ورودی کاهش یافته است (لوزیر[16]، ۲۰۰۸، ۸۰۳-۸۰۲). گزارش چهارم هیات بین الدول تغییر اقلیم تایید کرده است که علیرغم عدم تغییر قابل ملاحظه در دمای سطح آب اقیانوس هند در دوره ۱۹۷۰-۱۹۰۰، دمای این پهنه آبی از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۹ به طور متوسط ۰/۲ درجه سانتی گراد در دهه افزایش یافته است (گزارش چهارم هیات بین الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۸، ٤۰۱). بررسی دمای سطح آب های مجاور کشور ایرلند از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۰۷ نشان می دهد که دمای سطح آب این دریا حدود ۰/۳ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. در این دوره سال های ۲۰۰۵، ۲۰۰٦ و ۲۰۰۷ گرم ترین سال ها بوده اند (کنابی و هوشرواغلو[17] ، ۲۰۰۹، ۱٤۸۳).

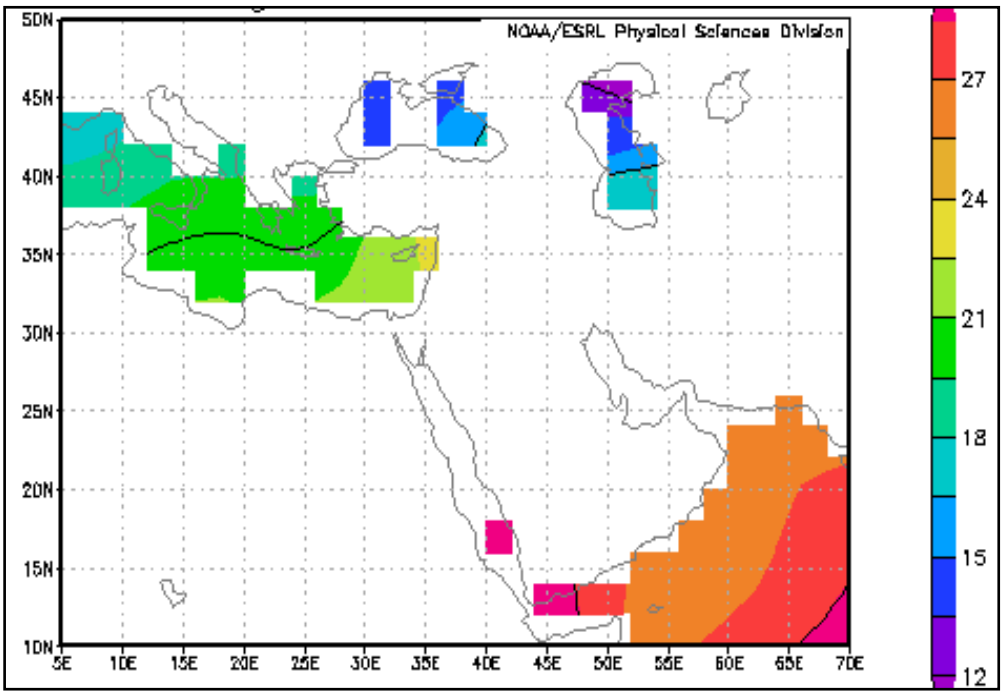
افزایش گازهای گلخانه ای موجب افزایش میانگین دمای کره زمین در دهه های اخیر شده است. گرمایش کلی کره زمین علاوه بر افزایش دمای سطح زمین می تواند موجب افزایش دمای سطح پهنه های آبی گردد که پیامدهای آن افزایش آهنگ تزریق بخار آب به جو و افزایش رخداد پدیده های جوی-اقیانوسی مانند طوفان های دریایی می باشد. با توجه به موارد فوق، هدف این مطالعه بررسی روند احتمالی در افزایش دمای پهنه های آبی واقع در همسایگی ایران شامل دریاهای خزر، سیاه، مدیترانه، عمان و سرخ و همچنین خلیج فارس طی دوره ۲۰۰۸-۱۸۵٤ و مقایسه آن با آهنگ افزایش دمای دهه های اخیر به تفکیک پهنه های آبی می باشد.

14 -Feyen
15 - Paeth and Hense
16 - Lozier
17 - Cannaby and Husrevoglu

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مواد و روش ها

ناحیه مورد مطالعه شامل دریاهای خزر، سیاه، مدیترانه، سرخ، عمان و خلیج فارس می باشد. به جز چهار پهنه آبی دریاهای خزر، سیاه، سرخ و خلیج فارس که مرز آبی آنها کاملا مشخص است، مرز آبی در نظر گرفته شده برای دریای مدیترانه و دریای عمان به ترتیب شرق نصف النهار ۱۰ درجه شرقی و شمال مدار ۲۰ درجه شمالی انتخاب شده است. در شکل ۱ محدوده مورد مطالعه و موقعیت پهنه های آبی مورد نظر و میانگین دمای سالانه دوره ۲۰۰۹-۱۸۵٤ ارائه شده است. در این مطالعه داده های ماهانه شبکه ای ERSST[18] به کار برده شده که با استفاده از داده های فراگیر دیده بانی شده جوی – اقیانوسی (COADS[19]) با توان تفکیک ۲×۲ درجه تهیه شده اند. داده های فراگیر جوی اقیانوسی شامل کلیه اندازه گیری های واقعی دما توسط کشتی ها، بویه های شناور، ایستگاه های ثابت دریایی و سنجنده های ماهواره ای سازمان اقیانوس شناسی و هواشناسی آمریکا می باشند. بر روی داده های مذکور فرایند های کنترل کیفی و روش های بهبود یافته بازسازی انجام گردیده است. علاوه بر آن در تهیه آنها خطا و عدم قطعیت به دو روش نمونه ای و تحلیلی مد نظر قرار گرفته است. از آنجا که داده های دیده بانی قبل از سال ۱۸۸۰ به صورت بسیار پراکنده جمع آوری شده، لذا واریانس دوره ۱۸۸۰-۱۸۵٤ با بکارگیری رفتار داده های دیدبانی های انجام شده بعد از این دوره و از روش های آماری بهبود یافته است.

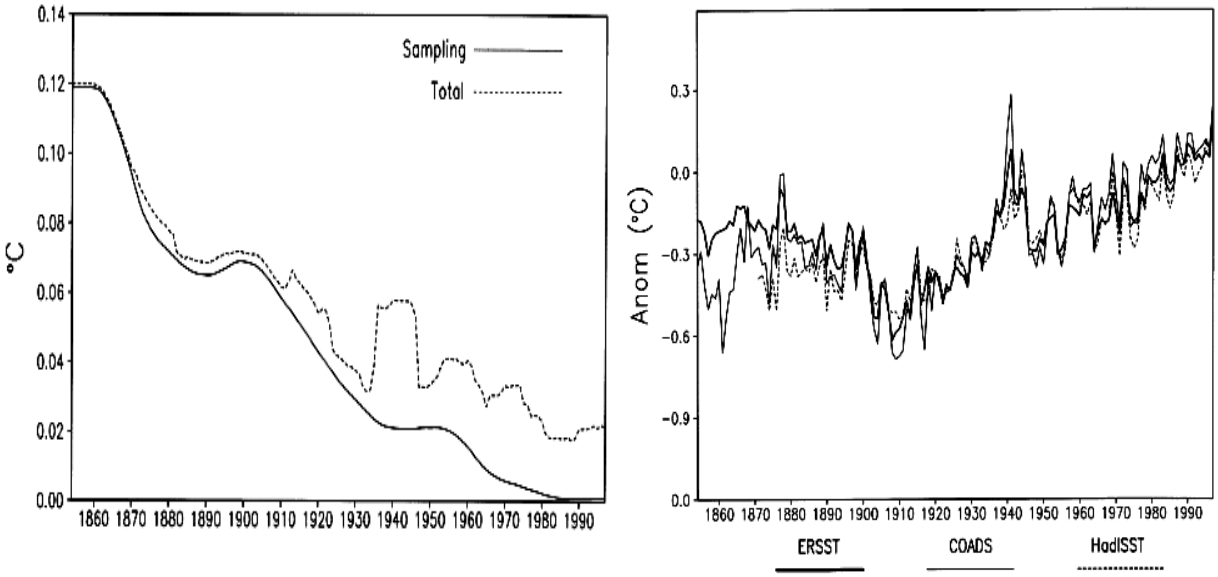


شکل شماره ۱- موقعیت جغرافیایی پهنه های آبی مورد مطالعه به همراه میانگین دمای سالانه دوره ۲۰۰۹-۱۸۵٤

18 -Extended Reconstructed Sea Surface Temperature
19 -Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set- release 2

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

داده های دمای سطح آب ERSST با داده های HadISST[20] که توسط مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس تهیه شده است، همخوانی دارند. در شکل ۲ میزان خطای مربع میانگین سری دمایی ERSST و میزان تطابق آنها با داده های مرکز هادلی آورده شده است (رینولدز و اسمیت[21] ، ۱۹۹٤، ۹٤٤ ؛ اسمیت و رینولدز، ۲۰۰۲، ۱۵۰۳).



شکل شماره ۲-نمودار خطای مربع میانگین (شکل چپ) و میزان تطابق داده های ERSST با داده های HadISST و داده های اولیه COADS (شکل راست)-(از: اسمیت و رینولدز، ۲۰۰۲).

برای میانگین گیری وزنی دما در هر پهنه آبی، یک برنامه کامپیوتری در محیط GrADS[22] تدوین گردید که بر اساس تعداد شبکه های ۲×۲ درجه موجود در هر پهنه آبی میانگین دما را در پهنه مورد نظر محاسبه می نمود. با ایجاد پایگاه داده‌ها برای هر کدام از پهنه های آبی در محیط نرم‌افزاری، مقادیر ضرایب روند خطی هر کدام از سری مشاهدات دمای سطح دریا محاسبه و نمودارهای گرافیکی مربوطه تهیه شدند.

برای بررسی وجود روند، نقطه شروع تغییر ناگهانی و معنی دار بودن ضرایب روند در سری زمانی SST از آزمون رتبه ای من-کندال استفاده شد. آزمون من-کندال برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سری ها استفاده می شود. در ابتدا این آزمون برای مشخص کردن غیرپارامتری بودن سری ها به کار می رود. بدین ترتیب که سری های آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه بندی می شوند. در این ازمون تصادفی بودن داده ها با عدم وجود روند

20 - Hadley center Interpolated Sea Surface Temperature
21 - Reynolds and Smith
22- Grid Analysis and Display System

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مشخص می شود. در صورت وجود روند داده ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده ها مراحل زیر بر اساس معادلات داده شده طی می شود (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷، ۲۸-۱۳؛ ازبر[۲۳] و همکاران، ۲۰۰۷، ٦٧٩-٦٦٧).

معادله ۱
$$t = \sum_i n_i$$

در فرض صفر توزیع t در حد نرمال بوده که مقدار قابل‌انتظار و واریانس مربوطه طبق معادلات ۲ و ۳ قابل برآورد می‌باشند.

معادله ۲
$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4}$$

معادله ۳
$$Var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72}$$

در صورت وجود روند، فرضیه صفر با مقادیر بالای قدرمطلق $u(t)$طبق معادله ٤ رد خواهد شد.

معادله ٤
$$u(t) = \frac{[t - E(t)]}{\sqrt{\mathrm{var}(t)}}$$

بنابراین، طبق رابطه $u(t) > 0$ مقادیر روند مثبت و در حالت عکس طبق رابطه $u(t) < 0$ روند در سری مشاهدات منفی خواهد بود. در تحقیق جاری، سطح اطمینان در حد ۹۵ درصد در نظر گرفته شد و اصل فوق برای سری‌های زمانی معکوس نیز بر اساس معادله ۵ محاسبه گردید.

معادله ۵
$$u_i^{'} = -u(t_{i^{'}})$$

هر گاه روند در سطح معنی داری مشخصی قابل قبول باشد، می توان با کمک آزمون من کندال نقطه تغییر را نیز پیدا کرد؛ به شکلی که دنباله های u_i و $u_i^{'}$ در نقطه شروع تغییرات یکدیگر را قطع خواهند کرد. در حالی که اگر روند وجود نداشته باشد، دو دنباله مذکور تقریبا بصورت موازی حرکت خواهند کرد و یا با چند بار برخورد به طوری که به تغییر جهت آنها منجر نشود، عمل می کنند.

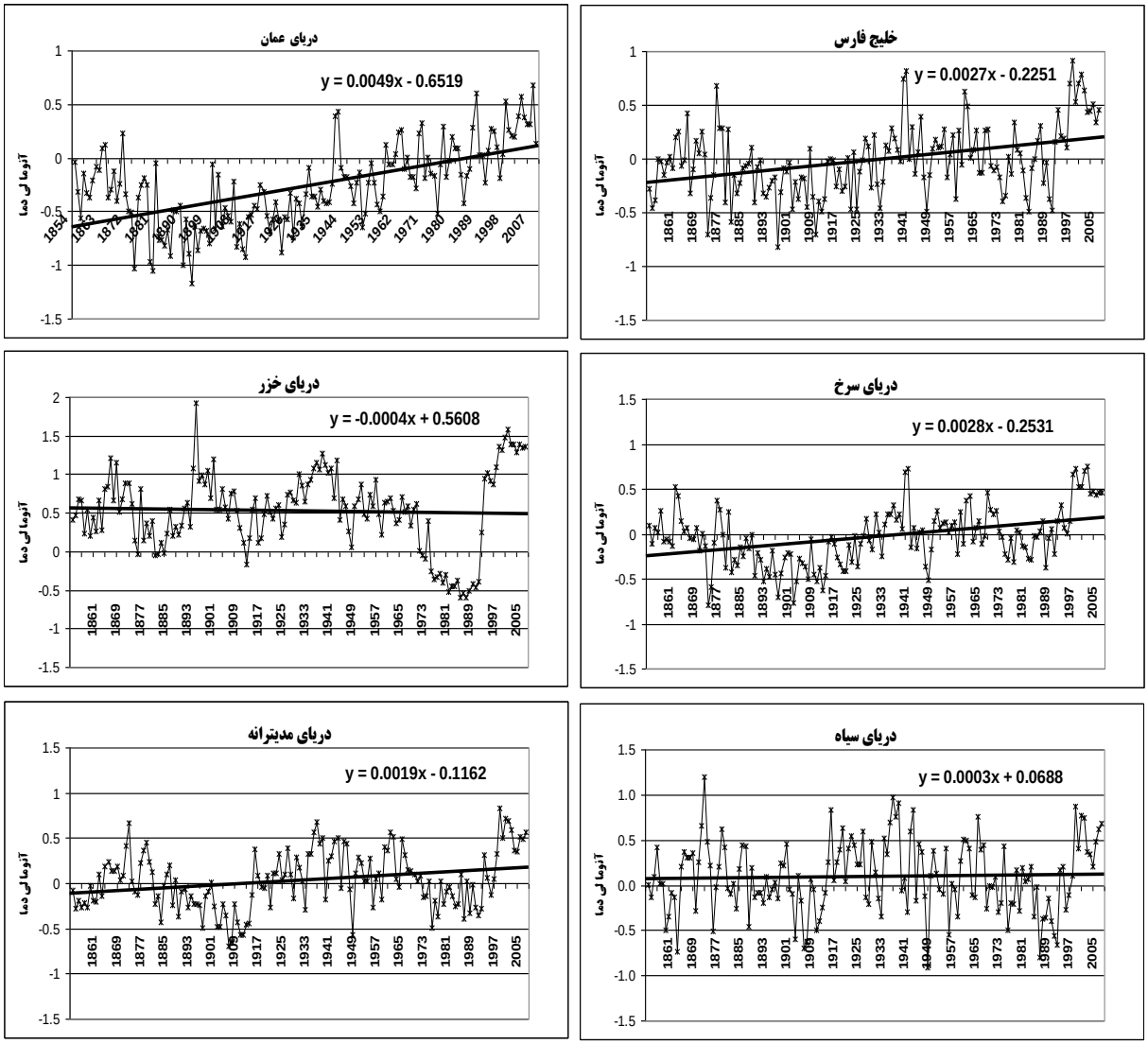
بحث

با استفاده از میانگین دمای ماهانه و تعداد شبکه های موجود در هر پهنه آبی، دمای سالانه دریاهای خزر، عمان، سرخ، مدیترانه، سیاه و خلیج فارس در دوره ۲۰۰۸- ۱۸٥٤ محاسبه گردید. در شکل ۳ ناهنجاری سالانه دمای هر

23- Ezber

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

یک از پهنه های آبی نسبت به دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ نشان داده شده است. بر روی هر کدام از نمودارهای یاد شده خط روند ناهنجاری دما نیز ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می شود به استثنای دریای خزر که روند دمایی منفی ضعیفی دارد، در سایر دریاها دما افزایش یافته است. علاوه بر دریای خزر که دمای آن نسبت به دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ کاهش یافته است، افزایش دمای دریای سیاه نیز نسبت به دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ قابل ملاحظه نمی باشد. در بین پهنه های آبی مورد بررسی بیشترین افزایش دما در دریای عمان رخ داده است. پس از آن بیشترین افزایش به ترتیب در دریای سرخ و خلیج فارس دیده می شود که با دریاهای آزاد و اقیانوس ها مرتبط هستند.



شکل شماره ۳- ناهنجاری دمای سطح آب در شش پهنه آبی منطقه خاورمیانه در دوره ۲۰۰۸-۱۸۵٤(با استفاده از داده های ERSST).

بنابراین به نظر می رسد دلیل افزایش دمای پهنه های آبی نه از افزایش دمای هوا بلکه ناشی از انتقال شارگرمای اقیانوسی از منطقه حاره و از طریق اختلاط جریان های بزرگ مقیاس اقیانوسی باشد. به همین جهت دریای خزر به

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

علت بسته بودن و عدم دریافت انرژی گرمایی از جریان های حاره ای اقیانوسی با کاهش میانگین دما (هر چند ضعیف) مواجه شده است و همچنین دریای سیاه به خاطر ارتباط کم آن با جریان های اقیانوسی، میزان افزایش دمای قابل ملاحظه ای ندارد.

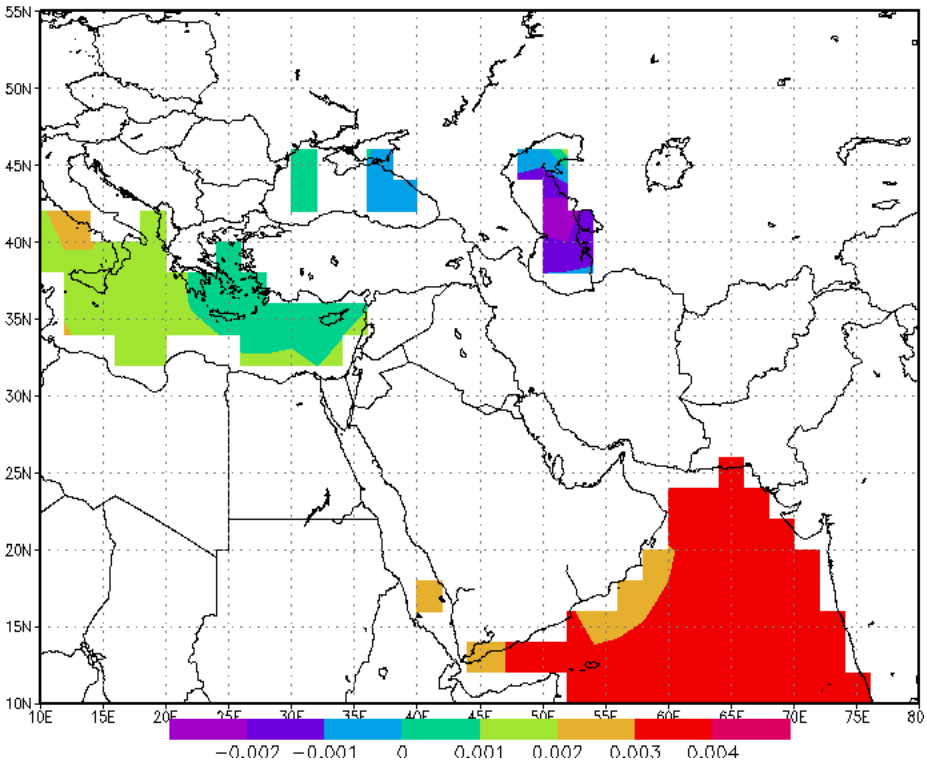
آهنگ تغییرات دمای شش پهنه آبی تحت مطالعه در ۲۵ سال اخیر نیز بررسی گردید که نتایج آن در جدول ۱ (بر حسب درجه سانتی گراد بر سال) برای دو دوره ۲۵ ساله اخیر و کل دوره آماری (۱۵۵ ساله) آورده شده است. بیشترین افزایش آهنگ دما در دوره ۱۵۵ ساله به میزان ۰/۰۰۵ درجه سانتی گراد بر سال در دریای عمان رخ داده است که معادل ۰/۵ درجه در ۱۰۰ سال است، درحالی که آهنگ افزایش دمای آن در ۲۵ ساله اخیر به ۲/۱ درجه سانتی گراد در ۱۰۰ سال افزایش یافته است که نشان دهنده افزایش بیش از چهار برابری آهنگ افزایش دما در این پهنه آبی طی دوره اخیر می باشد. افزایش دمای دریای سرخ در دوره ۱۵۵ ساله حدود ۳ درجه در هزار سال است، اما آهنگ آن در دوره ۲۵ ساله اخیر با افزایش بیش از ده برابری به ۳/۵ درجه در صد سال رسیده است.

جدول ۱- مقایسه آهنگ تغییرات دمای شش پهنه آبی مورد مطالعه در دو دوره ۲۵ ساله اخیر (۲۰۰۸-۱۹۸٤) و دوره ۱۵۵ ساله ۲۰۰۸-۱۸۵٤(مرجع: داده های ERSST)

پهنه آبی	آهنگ تغییرات سالانه دما (^{o}C) (۱۵۵ سال گذشته، ۲۰۰۸-۱۸۵٤)	آهنگ تغییرات سالانه دما (^{o}C) (۲۵ سال اخیر، ۲۰۰۸-۱۹۸٤)
دریای عمان	۰/۰۰٤۹	۰/۰۲۱٤
دریای سرخ	۰/۰۰۲۸	۰/۰۳۵۲
خلیج فارس	۰/۰۰۲۷	۰/۰۳٦٦
دریای مدیترانه	۰/۰۰۱۹	۰/۰٤۱۱
دریای سیاه	۰/۰۰۰۳	۰/۰٤٦۲
دریای خزر	-۰/۰۰۰٤	۰/۱۰٦۲
میانگین	۰/۰۰۲۰	۰/۰٤۷۹

در ۲۵ ساله اخیر، آهنگ افزایش دمای سطح آب خلیج فارس و بخش های شرقی و مرکزی دریای مدیترانه از ۲/۷ و ۲ درجه سانتی گراد بر هزار سال در دوره ۱۵۵ ساله به ترتیب به ۳/۷ و ٤ درجه سانتی گراد در صد سال افزایش یافته است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



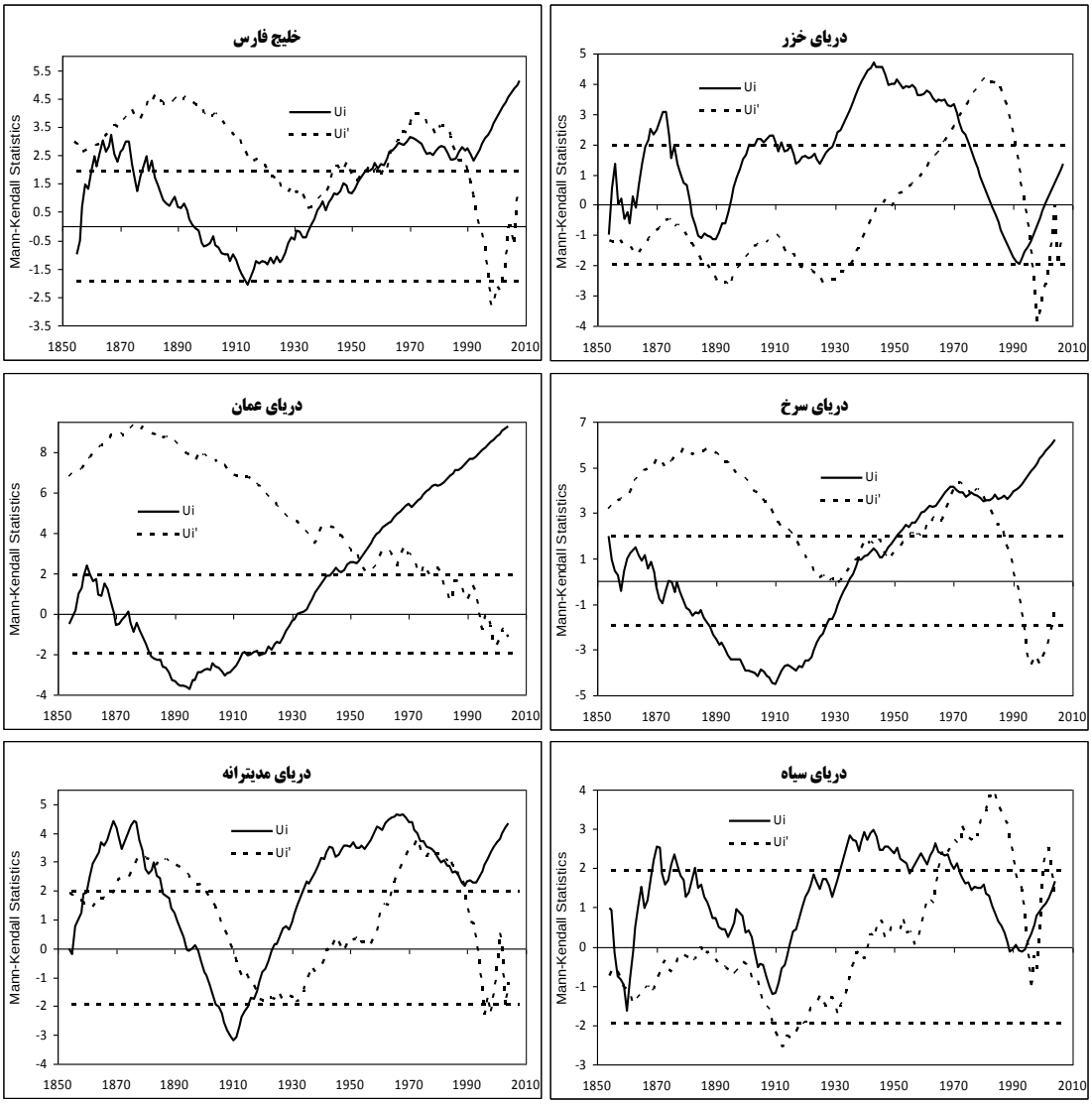
شکل شماره ٤- آهنگ تغییرات دمای پهنه های آبی مورد مطالعه در دوره ۲۰۰۸-۱۸۵٤.

آهنگ تغییرات دمایی دو پهنه آبی دریای خزر و سیاه با دیگر پهنه های آبی که با اقیانوس ها مرتبط هستند، متفاوت است. دریای سیاه که مرز مشترک آن با دریاهای آزاد و اقیانوس چندان زیاد نیست، میزان افزایش آن بسیار کم و در حد ٤ درجه سانتی گراد در ده هزار سال است و دریای خزر که هیچگونه ارتباطی با آب های آزاد ندارد، بر خلاف سایر پهنه های آبی، میانگین دمای سطح آن در دوره ۱۵۵ ساله (۲۰۰۸-۱۸۵٤) به میزان ٤ درجه در ده هزار سال کاهش یافته است. این موضوع حاکی از نقش بسیار مهم فرارفت انرژی گرمایی از طریق جریان های اقیانوسی مناطق حاره می باشد، به طوری که دریای عمان دارای بیشترین آهنگ افزایش دما می باشد. یکی از علل سرد شدن دریای خزر، افت شدید دمای آن در دوره ۱۹۹۳-۱۹۷۲ می باشد (شکل ۳). در این دوره ۲۲ ساله میانگین دمای این دریا حدود یک درجه نسبت به دوره ۲۰۰۸-۱۸۵٤ کاهش یافته است که این کاهش دما، با شدت کمتر، در همین دوره در دریای مدیترانه و تا حدودی در دریای سیاه نیز دیده می شود؛ اما علائمی از آن در سری زمانی دمای دریای عمان مشاهده نمی شود. دریاهای سیاه و خزر در ۲۵ ساله اخیر دارای روند افزایش دما می باشند که آهنگ افزایش دمای دریای خزر بسیار شدید و در حد یک درجه در ده سال می باشد.

برای بررسی روند و زمان تغییرات در دمای سطحی شش پهنه آبی از آزمون رتبه ای من-کندال استفاده شد. در شکل ۵ الگوی زمانی آماره های u_i و u_i' روند دمای سالانه به همراه محدوده اطمینان ۹۵٪ برای هر یک از شش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

پهنه آبی ترسیم شده است. منحنی های های u_i و $u_i^{'}$ مربوط به دریای عمان، خلیج فارس، دریای سرخ و دریای مدیترانه به کرات تقاطع داشته و در نهایت منحنی u_i در خارج از محدوده اطمینان قرار گرفته و دارای روند افزایش دمای معنی دار می باشند. اگر هریک از منحنی های یادشده در محدوده اطمینان قرار گرفته باشند و تقاطعی نداشته، یا به کرات تقاطع داشته باشند، بدون روند محسوب می شوند و تقاطع در این مواقع نشان از جهش در دمای سطح پهنه آبی دارد؛ اما تغییر ناگهانی در سری های آماری دریای عمان، خلیج فارس، دریای سرخ و دریای مدیترانه به ترتیب در سال های ۱۹۵٤، ۱۹۸۱، ۱۹۷۲ و ۱۹۸۰ رخ داده است. پس از سال های مذکور منحنی u_i به داخل محدوده اطمینان برنگشته است. در دو دریای سیاه و خزر به دلیل اینکه روندها معنی دار نیستند، نقطه تغییر مشخص نشد.



شکل شماره ۵- نمودار آماره u و 'U برای بررسی وجود روند و نقطه شروع تغییر در سری زمانی دمای سطح دریا

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در جدول ۲ مقدار آماره من-کندال، وضعیت روند و مقادیر معنی داری آنها درج شده است.

علی رغم اینکه شکل ۵ روند افزایشی مثبت را در سری زمانی تمامی پهنه های آبی نشان می دهد، ولی بر اساس جدول ۲ فقط وجود روند در سری زمانی دمای خلیج فارس، دریای عمان، دریای سرخ و مدیترانه در سطح ۹۹ درصد معنی دار هستند و روند موجود در سری زمانی دریاهای خزر و سیاه معنی دار نمی باشند.

جدول ۲- آماره من – کندال، وضعیت و سطح معنی داری روند در سری زمانی دمای سطح دریا

پهنه آبی	مقدار آماره من- کندال	روند	سطح معنی داری	سال تغییر ناگهانی
خلیج فارس	۵/۱۲	افزایشی	۹۹ درصد	۱۹۸۱
دریای خزر	۱/۳۷	افزایشی	معنی دار نیست	-
دریای عمان	۹/۲۷	افزایشی	۹۹ درصد	۱۹۵٤
دریای سرخ	٦/۲۰	افزایشی	۹۹ درصد	۱۹۷۲
دریای مدیترانه	٤/۳۵	افزایشی	۹۹ درصد	۱۹۸۰
دریای سیاه	۱/٦۷	افزایشی	معنی دار نیست	-

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می دهد که در دوره ۱۵۵ ساله (۲۰۰۸-۱۸۵٤)، به استثنای دریای خزر با روند دمایی منفی ضعیف و دریای سیاه با تغییر غیر قابل ملاحظه نسبت به دوره ۱۹۹۰-۱۹٦۱، در سایر پهنه های آبی میانگین دمای سالانه افزایش یافته است. در بین پهنه های آبی مورد بررسی، بیشترین آهنگ افزایش دمای سالانه در پهنه های آبی متصل به آب های آزاد شامل دریای عمان، دریای سرخ و خلیج فارس به ترتیب با ۰/۰۰٤۹ (حدود ۰/۵ درجه در ۱۰۰ سال)، ۰/۰۰۲۸ و ۰/۰۰۲۷ درجه سانتی گراد در سال رخ داده است. دریاهای خزر و سیاه به دلیل بسته بودن و یا ارتباط ضعیف با اقیانوس ها و دریاهای آزاد و عدم دریافت انرژی گرمایی از جریان های حاره ای اقیانوسی با کاهش میانگین دما (هر چند ضعیف) و یا افزایش نه چندان قابل ملاحظه دما مواجه شده اند. دریای عمان به دلیل ارتباط مستقیم با اقیانوس هند دارای بیشترین افزایش آهنگ دما می باشد. بنابراین به نظر می رسد افزایش دمای پهنه های آبی ناشی از تبادل شارگرمایی از طریق اختلاط با جریان های بزرگ مقیاس اقیانوسی باشد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که آهنگ افزایش دمای تمامی پهنه های آبی در ۲۵ ساله اخیر در مقایسه با میانگین دوره ۱۵۵ ساله چندین برابر شده است. به عنوان نمونه سرعت افزایش دمای دریای عمان تقریبا دو برابر شده است. هر دو دریای سیاه و خزر در ۲۵ ساله اخیر دارای روند افزایش دمای شدید و در حد یک درجه در ده سال می باشند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

روند افزایش در سری های زمانی دمای خلیج فارس، دریای عمان، دریای سرخ و مدیترانه در سطح ۹۹ درصد معنی دار هستند، اما روند محاسبه شده برای سری های زمانی دریاهای خزر و سیاه معنی دار نمی باشند. تغییرات ناگهانی در الگوی زمانی دمای پهنه های آبی خلیج فارس، دریای عمان، دریای سرخ و مدیترانه به ترتیب در سال های ۱۹۸۱، ۱۹۵٤، ۱۹۷۲ و ۱۹۸۰ رخ داده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

۱- عزیزی، ق، روشنی، م (۱۳۸۷)، «مطالعه تغییر اقلیم در سواحل دریای خزر به روش من-کندال»، ***پژوهش های جغرافیایی***، شماره ٦٤، صص ۲۸-۱۳.

۲- عسگری ا، رحیم زاده، ف (۱۳۸۵)، «مطالعه تغییرپذیری بارش دهه های اخیر ایران»، ***پژوهش های جغرافیایی***، شماره ۵۸، صص ۸۰-٦۷.

۳- علیجانی، ب (۱۳۸۳)، ***«آب و هوای ایران»***، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲۲۱.

٤- ناظم السادات، م ج، رحیمی م، کشاورزی ع (۱۳۸۵)، «ارزیابی تاثیر پدیده النینو نوسان جنوبی بر آبدهی و خشکسالی(ترسالی) هیدرولوژیکی رودخانه های استان فارس»، ***مجله علوم کشاورزی***، شماره ۳۷، صص ۳٦۹-۳٦۱.

۵- ناظم السادات، م ج، قاسمی ا، ر (۱۳۸۳)، «تاثیر نوسان های دمای سطح دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران»، ***مجله علوم و فنون کشاورزی***، سال هشتم، شماره ٤، صص ١٤-١.

٦- ناظم السادات، م ج، شیروانی، ا (۱۳۸۳)، «کاربرد CCA به منظور ارزیابی و مقایسه توانایی SOI و Nino's SST در پیش بینی بارش زمستانه سواحل دریای خزر»، ***مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی***، سال هشتم، شماره اول، صص ٢٤-١١.

7- Barnston, A G, smith T M, (1996), "Specification and prediction of global surface temperature and precipitation from global SST using CCA", ***Journal of Climate***, Vol 9, PP 2660-2697.

8- Bindoff, N L, Willebrand J, Artale V, Cazenave A, Gregory J, Gulev S, Hanawa K, Le A, Quéré C, Levitus S, Nojiri Y, Shum C K, Talley, Unnikrishnan L D, (2007), "Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level", Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University, 996 PP.

9- Bindoff, N L, Mc Dougall, T J, (2000)," Decadal Changes along an Indian Ocean Section at 32°S and Their Interpretation", ***Journal of Physical Oceanography***, PP 1207-1222.

10- Cannaby H, Hüsrevoglu Y S, (2009), "The influence of low-frequency variability and long-term trends in North Atlantic sea surface temperature on Irish waters", ***Journal of Marine Scienc***e, Vol. 66, No. 7, PP1480-1489.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

11- Ezber Y, Lutfi Sen O, Kindap T, Karaca M, (2007), "Climate effects of urbanization in Istanbul: a statistical and modeling analysis", ***International Journal of Climatology***, Vol 27, PP 667-679.

12- Feyen L, Kristensen P, Bodis K, (2008), "Impacts of Europe's changing climate-2008 indicator-based assessment-Water quality, river floods and droughts", European Environment Agency, Technical report 2008, ISBN 978-92-9167-372-8, DOI 10.2800/48117, 246 PP.

13- Goddard L, Mason S J, Zebiak S E, Ropelewski C F, Basher R, Cane M A, (2001), "Current approaches to seasonal to inter-seasonal climate predictions, International" ***Journal of Climatol;ogy***, Vol. 21, PP 1111-1152.

14- Levitus S, Antonov J I, Boyer T P, Stephens C, (2000b), "Warming of the World Ocean", ***Science Magazine***, Vol. 287, No. 5461, PP 2225-2229.

15- Lozier M S, Leadbetter S, Williams R G, Roussenov V, Reed M S C, Moore N J, (2008), "The Spatial Pattern and Mechanisms of Heat-Content Change in the North Atlantic", ***Science Magazine***, Vol. 319, No. 5864, PP 800-803.

16- Nellemann C, Ahlenius H, Schoolmeester T, Sevaldsen P, Fabres J, Sørensen M, Kullerud L, Skaalvik J F, (2007), "Rapid Response Assessments In Dead Water", United Nation Environmental Program, Technical Report, 198 PP.

17- Paeth H, Hense A, (2004), "SST versus Climate Change Signals in West African Rainfall: 20th-Century Variations and Future Projections", ***Journal of Climate Change***, Vol. 65, No. 1-2, PP 179-208.

18- Reynolds R W, Smith T M, (1994), "Improved Global Sea Surface Temperature Analyses Using Optimum Interpolation", ***Journal of Climate***, Vol.7, PP 929-948.

Saunders M A, Lea A S, (2007), "Large contribution of sea surface warming to recent increase in Atlantic hurricane activity", ***Nature***, No. 451, PP 557-560.

19- Siegfried D. S. Suarez M. J. Pegion P. J., Koster R. D., (2003), "Causes of long-term drought in U.S. Great Plains", ***Journal of Climate***, Vol.17.

20- Smith T M, Reynolds R W, (2002), "Extended reconstruction of global seas surface temperature based on CODAS data (1854-1997)", ***Journal of Climate***, Vol. 16, PP 1495-1510.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]