Archive of SID

مجلهٔ پژوهش فیزیک ایران

مجلهٔ پژوهش فیزیک ایران، جلد ۳، شمارهٔ ۳، زمستان ۱۳۸۱

مطالعهٔ دمای سطح آب و انتقال اکمن در ناحیهٔ خلیج فارس

اسماعیل حسن‌زاده[۱] و حسن نجار خدابخش[۲]

۱. گروه فیزیک، دانشگاه اصفهان

۲. هواشناسی استان اصفهان

(دریافت مقاله: ۸۰/۱۰/۲ ؛ دریافت نسخه نهایی: ۸۱/۸/۸)

چکیده

حرکت رانشی آب که به علت تنش سطحی باد بر روی اقیانوس به وجود می آید توسط تئوری اکمن (۱۹۰۵) بیان شده است. انتقال اکمن برروی خلیج فارس با استفاده از داده‌های میانگین تنش باد و مقادیر SST محاسبه و بر روی شبکه ترسیم شده است. باد زمینگرد و SST برای محاسبهٔ انتقال اکمن وتعیین آثار سرمایشی آن بر روی SST که از طریق درونشارشهای شمالی خلیج و نیز درونشارش دریای عمان صورت می گیرد، در منطقهٔ خلیج فارس به کار گرفته شده است. مقادیر ماهیانهٔ داده ها عمدتاً از داده های شبکه‌ای $1^{\circ}\times1^{\circ}$ از اطلس داده های لویتس و گشت دریایی هرمز در سال ۱۹۹۷ گرفته شده است. تحلیلها بیانگر انتقال شمال غربی تا جنوب شرقی مربوط به تنش باد می‌باشد و نیز تغییر پذیری شدید درونسالی SST بر روی سطح دریا را نشان می دهد. الگوی تغییرات SST الگوی دریایی نیست بلکه شبیه به یک الگوی قاره ای می باشد. به هرحال انتقال اکمن سهمی را در تعدیل تغییرات فصلی SST در خلیج فارس ایفا می کند.

واژه‌های کلیدی: دمای سطح آب،شوری، ترموهالاین، انتقال اکمن، خلیج فارس

۱. مقدمه

خلیج فارس و تنگهٔ هرمز در ناحیهٔ بین حدود ٤٧ و ٥٧ درجهٔ شرقی و ٢٤ و٣٢ درجهٔ شمالی قرار دارد و بطور میانگین دارای ۹۹۰ کیلومتر طول و ۳۳۸ کیلومتر پهنا می باشد. از مشخصه‌های عمده ناحیهٔ خلیج فارس وجود عمق بسیار کم آن است. بیشینهٔ عمق در ناحیهٔ تنگهٔ هرمز با عمق حدود ۱۰۰ متر قرار دارد. به علت طبیعت عمق کم، خلیج فارس شدیداً تحت تأثیر رانش باد، اثرات اصطکاک کف و نیروهای ترموهالاین قرار دارد. دوام تنش باد شمال غربی حداقل در نیمهٔ شمالی خلیج، باعث پدید آمدن رژیم های جریان در امتداد سواحل سعودی (فروچاهی) وایران (فراچاهی) می گردد. داده های در دسترس، نتایج مدلهای گردشی و مشاهدات، بیانگر آن است که بیشتر این درونشارش هرمز که در شرق جبههٔ قطری شارش می یابد، به یک جریان چرخندی ختم می شود. این چرخند به صورت یک آنومالی SST همدوس در تصاویر ماهواره آشکار می گردد. نتایج چنین مدلهای گردشی و مشاهدات در خلیج فارس نشان می دهد که جریان درونشارشی در امتداد سواحل ایران به وسیلهٔ باد شمال در زمستان تضعیف می شود، اما در تابستان قوی شده و حتی تا شمال خلیج ادامه می یابد [۱و۲]. البته توسعهٔ گرماشیب فصلی و نیز گرمایش متفاوت خلیج فارس و دریای عمان در افزایش تابستانی جریان ساحلی مؤثرند [۱]. بجز نیروی باد، نیروهای دیگری نیز در خلیج وجود دارد، به طوری که انرژی در حرکت آب می تواند به ۳ فر آیند نیرویی مربوط شود: نیروهای جزرو مدی ، باد و اختلاف چگالی.

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی جنبشی آب می تواند بین ۳ ترم تقریباً بـه صـورت ۱۰۰، ۱۰ و۱ تقسیم شود و هرکدام مقیاسهای زمـانی متفـاوتی دارنـد. البته در خلیج فارس جزر و مد بـه لحـاظ مقیاسـهای زمـانی و مکانی متفاوت از بقیـهٔ اثـرات سـهم مـهمی را در گردش کلـی خلیج ایفا نمی کنند [۲].

از سال ۱۹۱۰ تاکنون تحقیقات متفاوتی برروی خلیج انجـام گرفته است. در مدلهای گردشی خلیج فارس نظیر کار لاردنـر و همکاران فرآیند جزرومد دخالت داده شده اسـت [۳]. متأسـفانه علیرغم اهمیت حیـاتی و جـهانی ایـن منطقـه، ایـن بررسـیها و تحقیقات دریایی، به علت ضعف و فقدان دیده بانیـها و انـدازه گیریهای دقیق، جامع و دراز مدت دریایی کافی نبوده و به اندازه گیریها و مطالعات بیشتری نیازمند است. بنا براین در این مطالعه سعی شده است که ابتدا به یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکی دریا یعنی دمای سطح آب، SST ، و سپس به مسئلهٔ انتقال افقـی اکمن در خلیج فارس پرداخته شود.

۲. داده‌های اولیه مربوط به خلیج فارس و تنگهٔ هرمز

اگر چه اطلاعات پیوسته و کاملی در ناحیهٔ خلیج فارس وجـود ندارد اما اندازه گیریـهای مقطعـی و محـدودی بـرای برخـی از پارامترهای دریایی در این ناحیه صورت گرفته اسـت. از جملـه می توان به فعالیتـهای ROPME [1] ویـا گشـتهای دریـایی نظـیر تجربهٔ مربوط به تنگهٔ هرمز در سالهای ۱۹۹٦ و ۱۹۹۸ که توسط گروه متخصصین دانشگاه کالیفرنیا انجام گرفته است، اشاره کرد. این داده ها شامل، داده هـای Levitus Atlas [٤] بـه صـورت شبکه‌ای °۱×°۱، داده های سـاحلی هواشناسـی و نـیز داده‌هـای برخی کشتیهای داخلی ایران و سایر کشتیهای خارجی می باشد. علاوه بر اینکه امروزه اطلاعات ماهواره‌ای مکمل خوبـی بـرای اندازه گیریها در سطح منطقه است. اما ضرورت اندازه گیریـهای بیشتر و نیز تحقیقات فراوان در این منطقه احساس می گردد.

۳. اصول فیزیکی و اثر ترمو هالاین

حرکت آب ناشی از رانش باد توسط تنش باد کـه بـر روی سطح آب اعمال می شود، محاسبه مـی گردد و توسـط تئـوری اکمن که از تئوریهای مورد استفاده در گردش اقیانوسی ناشی از رانش باد مـی باشـد، توضیـح داده شـده اسـت. اکمـن (۱۹۰۵) پیشنهاد کرد که تحـت شـرایط مانـا، حـالت تـوازن بیـن تنـش یکنواخت باد، نیروی کوریولیس و اصطکـاک در لایـهٔ سـطحی وجود دارد [۵]. معمولاً به عمق مؤثر جریان رانشـی بـاد، عمـق اکمن می گوییم. با افزایش عمق در لایهٔ اکمن، به علـت نـیروی کوریولیس انحراف جریان داریم.

انتقال شرقی(M_x) و شمالی (M_y) مؤلفـه هـای حجمـی انتقال اکمن با رابطهٔ زیر محاسبه می شود

$$M_x = \frac{\tau_y}{f\rho_w}\ , \qquad M_y = -\frac{\tau_x}{f\rho_w}\ , \qquad (۱)$$

که درآن τ تنش، ρ_w چگالی آب و f پارامتر کوریولیس اسـت. سرمایش محلی و فرارفتی، توسـط رابطـهٔ زیـر بـه هـم مربـوط می‌گردند

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -V_e \frac{\partial T}{\partial y}, \qquad (۲)$$

که در آن $\frac{\partial T}{\partial y}$ گرادیان شمالی- جنوبـی دمـای لایـهٔ سـطحی و $\frac{\partial T}{\partial t}$ سرمایش است. V_e سرعت افقی اکمن است که بـا رابطـهٔ زیر داده می شود

$$V_e = \frac{M_y}{\rho_w h}\ . \qquad (۳)$$

h عمق لایهٔ آمیخته است و در صورت کسر انتقال جرمی اکمـن (-τ/f) لحاظ شده است. گرادیانهای دمای نصف النـهاری بـرای لایهٔ سطحی از دماهای میانگین SST که از مراجع فـوق گرفتـه شده است، به دست می آید. می توان از این گرادیان، تنش بـاد انتقال گرما، مربوط به انتقال اکمن را توسط رابطهٔ زیـر محاسـبه نمود [٦]

$$H = c_p \frac{\tau_x}{f}\frac{\partial T}{\partial y} \qquad (٤)$$

کـه در آن H انتقال گرما و c_p گرمـای ویـژهٔ آب دریاسـت. معمولاً انتقال اکمن حرکات قائم آب را به دنبال دارد کـه بـه آن پمپاژ اکمن می گوییـم. در شـرایط آب کـم عمـق مثـل خلیـج فارس، ممکن است بالا و پایین لایـهٔ اکمـن همپوشـانی داشـته باشد و گردش تمایل به راست لبهٔ بالایی اکمن با تمـایل گردش به چپ مربوط به اثر اصطکاکی لبـهٔ پـایینی، همدیـگر را خنثـی کنند و حتی به طور کلی اثر نیروی کوریولیـس را از بیـن بـبرد. هرچه نسبت عمق دریا به عمق اکمن کـاهش یـابد، زاویـهٔ بیـن

1. Regional Organization for Protection of the Marine Environment

www.SID.ir

Archive of SID

شارش سطحی و جهت باد نیز کاهش می یابد. اما در گردش آب در خلیج فارس باید اثر دیگری که به SST ارتباط داده می‌شود را لحاظ نمود [۷]. معمولاً اطلاعات مربوط به گردش آب عمیق در دریا و اقیانوسها از جریانات سطحی کمتر بوده و از جنبه های دینامیکی نیز توصیف آنها مشکلتر می باشد. بیشتر اطلاعات مربوط به جریان آب عمیق به خواص آب بر می‌گردد. توزیعهای خواص آب، تغییرات کمتری نسبت به میدانهای جریان دارند. این خواص می توانند منبع اصلی جریانات آب عمیق را توضیح دهند. بنابر این در تشکیل آب عمیق اقیانوس هند شمالی می توان سهمی را به منبع ترمو هالاین در عمق میانی از خلیج فارس به اقیانوس هند اختصاص داد [۷و۸]. فرآیند، بر این اساس است که در این منطقه تبخیر سطحی آب انجام می‌گردد و باعث می شود که چگالی آب افزایش یابد. سپس آب با چگالی بیشتر فرو نشست کرده و جریانات فروچاهی از طریق تنگهٔ هرمز به داخل دریاهای مجاور در اقیانوس هند شارش می یابند [۹].

٤. دمای سطح آب، SST ، و انتقال اکمن

برهمکنش بین هوا – دریا عامل بسیار مهمی در کنترل تغییرات فصلی و غیر فصلی در هر دو محیط می باشد. اعمال نیروی تنش باد بر روی سطح دریا و توزیع چگالی باعث ایجاد الگو های جریانی در دریا می شود. این جریانات در برخی نواحی باعث به وجود آمدن جریانات فراچاهی می‌شود که باعث می‌گردد آب سرد زیرین به سطح دریا آورده شود. این پدیده، موجب می‌شود که تغییر دمایی در SST رخ دهد [۱۰]. سایر عاملهایی که SST را تغییر می دهند عبارتند از :

– شار تابش خالص در سطح زمین.
– تبخیر سطحی که با SST اثر متقابل دارد.
– انتقال گرمای محسوس.

بنابر این SST متغیر اصلی در ایجاد تبادلات انرژی در سطح دریا است و خود نیز عمدتاً توسط این تبادل تعیین می‌گردد [۱۱].

به طور کلی دریا و اقیانوس از ظرفیت گرمایی بالایی برخوردار هستند و وضعیت گرمایی را در سیستم اقلیم جهانی کنترل می کند. از طرفی شرایط جوی و تغییرات آن وابسته به شرایط اقیانوس و دریا و به ویژه SST است. بنابر این هرگونه بحث یا بررسی بر روی وضعیت جوی، خواه ناخواه منجر به شناخت قبلی از وضعیت آنومالیهای SST و گرته‌های آن می‌گردد. بدین لحاظ در این مقاله سعی شده است که در منطقهٔ خلیج فارس گرته های SST برای دوسال مورد مطالعه قرار گرفته و به تبادل اکمن در این منطقه ارتباط داده شود. SST از جنبهٔ دیگری نیز در منطقهٔ خلیج فارس اهمیت دارد و به طوری که در بررسی اثر ترموهالاین خلیج فارس به اقیانوس هند [۸]، SST از اهمیت خاصی بر خوردار است. برای سازگاری معادلات با وضعیت جریانات، لازم است که برای دورهٔ فوق، تراز انرژی گرمایی و آب ورودی را به خلیج مورد مطالعه قرار دهیم. در حالت کلی می توان رابطه ای را برای دما و شوری در هر نقطه به صورت زیر در نظر گرفت

$$\frac{\partial}{\partial t}R+\vec{u}.\vec{\nabla}_h R+w\frac{\partial R}{\partial z}=K_H\nabla_h^2 R+K_v\frac{\partial^2 R}{\partial z^2}+Q_h \quad , \qquad (۵)$$

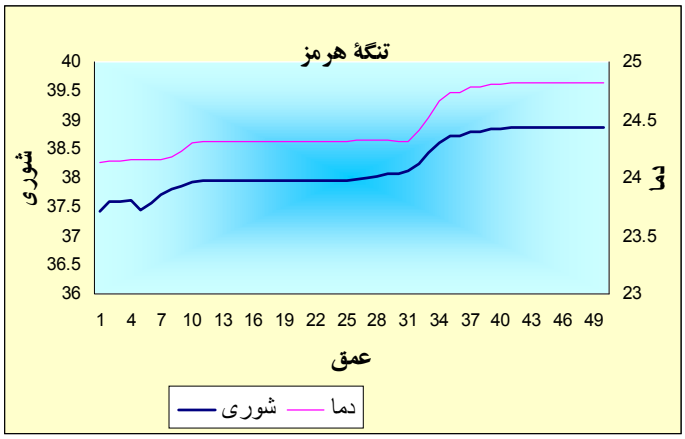
که در آن R دما و یا شوری است. اولین جملهٔ سمت چپ تغییرات اویلری کمیت را نشان می دهد. جملهٔ دوم فرارفت افقی و جملهٔ سوم فرارفت قائم است. در سمت راست جملهٔ اول پخش ادی افقی، جملهٔ دوم آمیختگی قائم و جملهٔ سوم، جملهٔ مربوط به چشمه است. لازم به یاد آوری است که $\vec{u}$ سرعت افقی جریان آب، برابر مجموع جریانات اکمن، v_e ، که در بالا به آن اشاره شد و سرعت زمینگرد، u_g ، می باشد. با توجه به پارامتر های متفاوتی که در رابطهٔ فوق وجود دارد و لزوم داده های بیشتر، بودجهٔ گرمایی که با انتگرال روی ماههای مختلف بدست می آید، در مقالهٔ بعدی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

۵. نتایج، بحث و نتیجه گیری

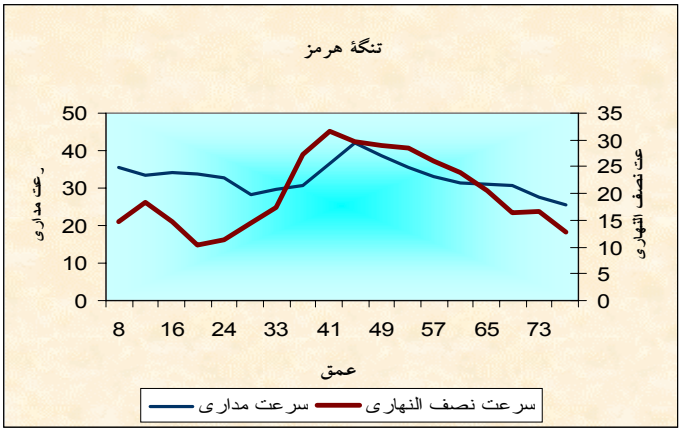
در شکلهای ۱و۲ برای یک زمان خاص، نیمرخ دما و شوری و نیز جریانات زناری و نصف النهاری در ناحیهٔ تنگهٔ هرمز نشان داده شده است. لایهٔ آب گرم و شور در اعماق پایینتر همان طور که در شکل مشاهده می‌شود نشان می دهد که دما با عمق افزایش می‌یافت. این را می توان به گرمایش وتبخیر سطحی زیاد در خلیج فارس و گردش ترمو هالاینی نسبت داد که طی آن آبهای گرم و شور سطحی به اعماق پائین نفوذ کرده‌اند و در کف تنگهٔ هرمز از خلیج، خارج می شوند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. نیمرخ دما (°C) و شوری(psu) مربوط به تنگهٔ هرمز در تاریخ ۱۶ مارس ۱۹۹۸ در محل طول و عرض جغرافیایی ۵۶° ۰۸/۵۲′E و ۲۶°۱۱/۴۵′N و در زمان ۰۶۱۴ به وقت گرینویچ. وضعیت دستگاه در عمق ۴۹ متری بوده است.



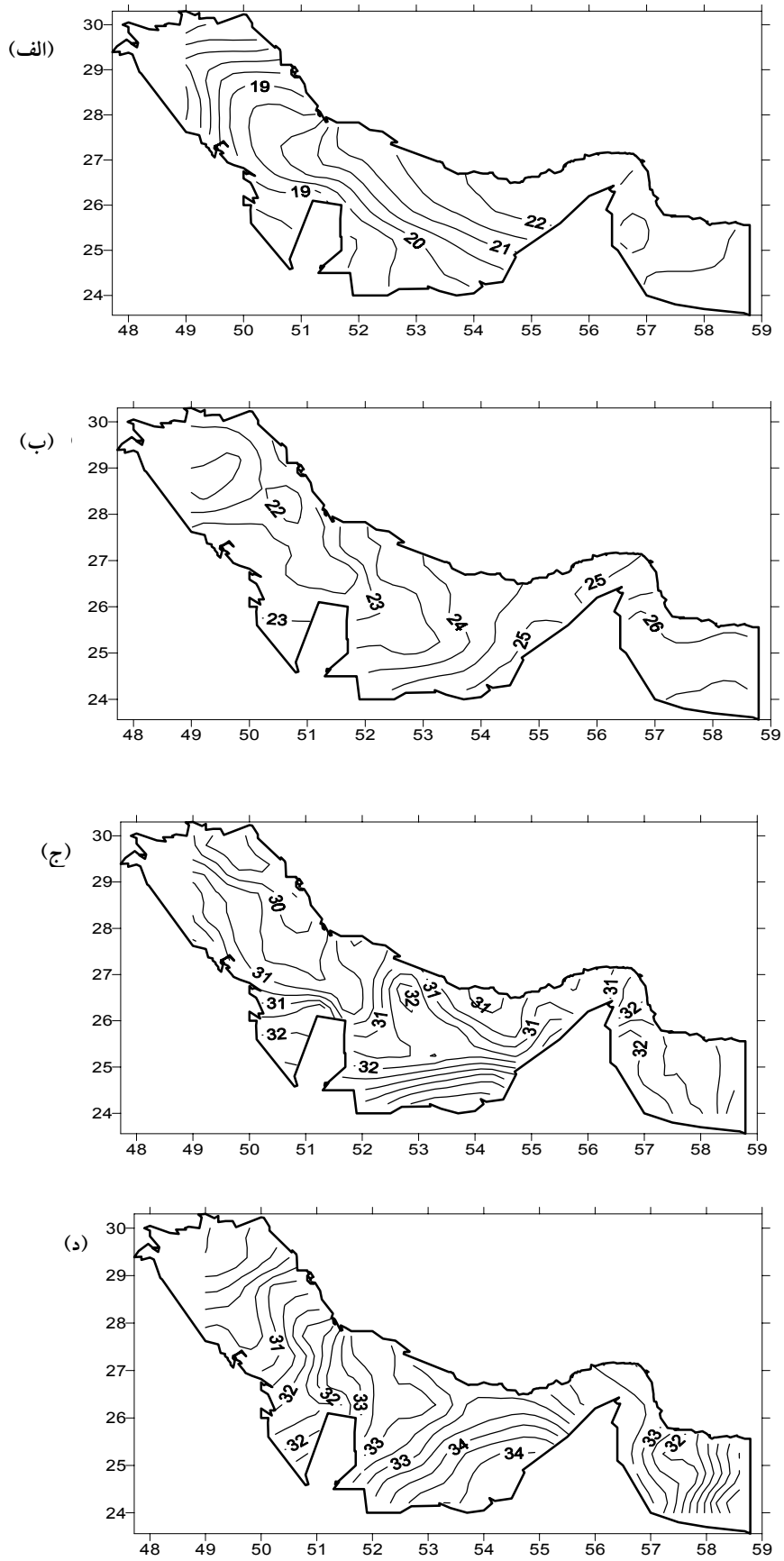
شکل ۲. نیمرخ سرعت جریان آب (cm/s) در راستاهای مداری و نصف النهاری در تنگهٔ هرمز در تاریخ ۱۶ مارس سال۱۹۹۸در طول و عرض ۵۶° ۶/۹′ و ۲۶° ۱۳/۸′، در ساعت ۰۵۴۱ به وقت گرینویچ.

همچنین در شکل ۲ افزایش سرعت مربوط به میدان ترموهالاینی را شاهد هستیم. این افزایش سرعت مؤید افزایش دما و شوری نسبت به عمق در شکل ۱ می باشد و نشان می‌دهد یک جریان در کف تنگه به طرف دریای آزاد جاری است. در غیاب میدان نیروی ترمو هالاینی انتظار داریم که سرعت جریان، نسبت به عمق در اثر وشکسانی و نیروی اصطکاک کف کاهش یابد. نتیجتاً برای کارهای مدلسازی در خلیج فارس، دما و شوری نقش اساسی را در معادلات حاکم ایفا خواهند کرد. وضعیت فوق مربوط به ماه مارس (ماه گذر) می باشد. اما کم کم در خلال گذر از زمستان به تابستان به علت توسعهٔ گرماشیب تابستانی، دمای کف تقریباً ۱ درجه کاهش یافته و این در حالی است که در خلال این پریود، دمای سطحی حدود ۷ درجه افزایش می یابد [۲]. توسعهٔ سطح دریای گرم از ماه مه شروع می شود. به علاوه، کاهش بادها از اختلاط قائم ستون آب کاسته و به توسعهٔ گرماشیب کمک می کند. در طول ماه‌های تابستان، سرمایش تبخیری مدام افزایش می یابد ولی ناتوان از جبران گرمایش ناشی از تابش خالص خورشیدی است [۱]. در نتیجه بر طبق بررسی کلبورن (۱۹۷۵)یک گرماشیب قوی در تابستان از سطح تا عمق با اختلاف دمائی تا حدود ۱۱ درجه توسعه می یابد [۱].

در شکل ۳ گرته های مربوط به SST در فصول مختلف سال آورده شده است. این شکلها بیانگر تغییرات شدید فصلی دمای سطح آب در خلیج فارس می باشند. اختلاف زمستانی و تابستانی متوسط SST حدود ۱۵ درجهٔ سانتیگراد بوده که مؤید

www.SID.ir

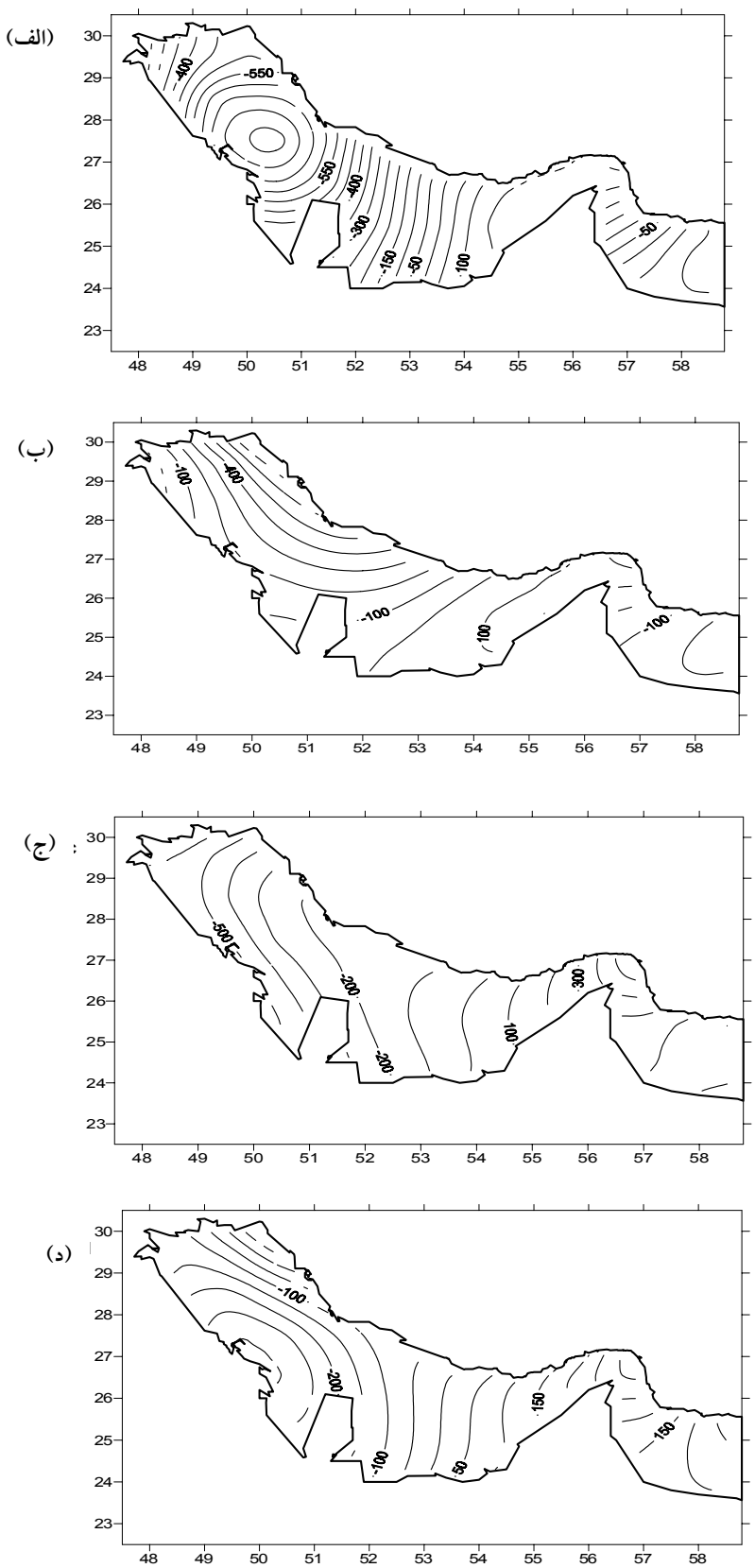
Archive of SID



شکل ۳. گرته‌های فصلی SST در خلیج فارس الف) در فصل زمستان ب) در فصل بهار ج) در فصل تابستان د) در فصل پاییز در سال ۱۹۹۸.

www.SID.ir

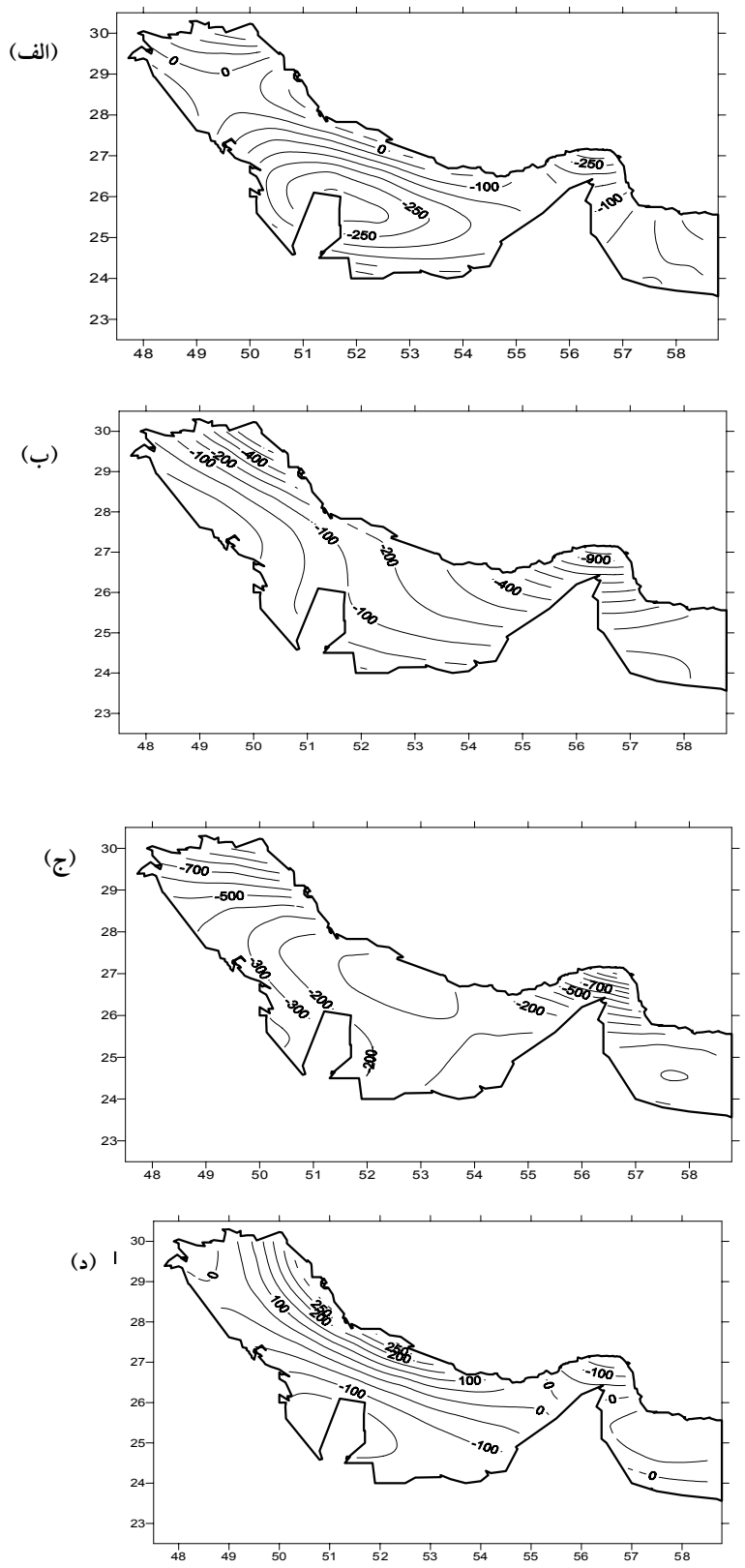
Archive of SID



شکل ٤. مؤلفهٔ زناری انتقال اکمن در خلیج فارس الف) در فصل زمستان ب) در فصل بهار ج) در فصل تابستان د) در فصل پاییز در سال ۱۹۹۸ (kg/m/s).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. مؤلفهٔ نصف النهاری انتقال اکمن در خلیج فارس الف) در فصل زمستان ب) در فصل بهار ج) در فصل تابستان د) در فصل پاییز در سال ۱۹۹۸ (kg/m/s).

www.SID.ir

Archive of SID

مطالب قبلی است. از طرفی همان طور کـه مشـاهده مـی شـود شکل گرته ها حالت زناری را نداشته و بیشتر شبیه گرتـه هـای دمائی مربوط به خشکی و نواحی قاره ای است. بیشـینه هـا در جنـوب خلیـج فـارس در غـرب هرمـز رخ داده اسـت کـه بـه وضعیت جغرافیایی و نـیز عمـق کمـتر خلیـج در آن نواحـی و نتیجتاً تبخیر سطحی زیادتر آن ناحیه مربوط است.

شکلهای ٤ و٥ مؤلفه های انتقال اکمـن را نشـان مـی دهـد. برای تفسیر فیزیکی، بهتر است به وضعیت اقلیمی منطقه اشـاره شود. اقلیم خلیج فارس را می توان در چهار فصل مجزا توضیح داد. ۱- فصل بهار که فصل گذر (از فصل سرد بـه فصـل گرم) است و بادها عمدتاً شمال- شمال غربـی هسـتند. در طـی ایـن فصل فراوانی وقوع بادهای شدید افزایش مـی یـابد. ۲- فصـل تابستان که فصل گرم بوده و در خـلال آن یـک شـارش شـمال غربی در تمام تراز های جو در سـطح خلیـج تـداوم مـی یـابد. ۳- فصل پاییز که فصل گذر است بادها شمال غربی مـی مـانند اما از میزان سرعت آنـها کاسـته مـی شـود. ٤- در فصـل سـرد زمستان وضعیت کمی پیچیده تر اسـت. ترکیـب نسـیم دریـا – ساحل و شارش شمال شرقی خـارج از سـواحل ایـران وجـود دارد، همچنین در زمستان و بهار عمدتاً درونشارش آب سطحی را به سمت خلیج داریم و در تابستان با توجه به شـار تابشـی و اثر ترموهالاین در تابستان و نیز پاییز، برونشارش آب را از تنگهٔ هرمز داریم. بنابر این انتظار داریم انتقال نصف النهاری و منفـی اکمن در بهار و تابستان شدید باشد و در پاییز از منفی بـودن آن کاسته شود. انتقال زناری اکمن در بهار، تابستان و پائیز به ویژه در نزدیکیهای تنگهٔ هرمز مثبت باشد در حالی کـه در قسـمتهای غربی و شمال غرب خلیج وضعیت همچنان تحت تاثیر بادهـای فصلی است. در فصل زمستان وضعیت هم از جنبهٔ انتقال نصف النهاری و هم از جنبهٔ زناری کمی پیچیده است.

همانطور که از شکل مشخص است در زمستان مؤلفهٔ زناری اکمن در حوالی تنگهٔ هرمز مثبت و در قسمتهای میانی و غربـی شدیداً منفی است. این مقدار حدود ٥٥٠- کیلو گرم بـر مـتر در رأس خلیج بـوده کـه بتدریـج تـا نزدیکیـهای بحریـن افزایـش می‌یابد، اما بتدریج به سمت تنـگهٔ هرمـز مثبـت (۱۰۰+) شـده است. در بهار در سواحل ایران در نواحی شمالی نیزاین انتقـال، منفی است(٤٠٠-). در سـایر جاهـا یکنواخـت و حـدود ۱۰۰- است. در حوالی تنگهٔ هرمز بخـش غربـی تنـگه، مجـدداً مثبـت است و بخش شرقی منفـی اسـت. در تابسـتان کـلاً در قسـمت شـمالی تنـگهٔ هرمـز انتقـال، مثبـت اسـت (۳۰۰+) وجریانـات برونشارشی تقویت می شود. در پاییز تبادل در سواحل جنوبـی بخش شمالی خلیج منفی تر شده (۲۰۰-) و در سواحل ایران و بخش مرکزی از میزان منفی آن کاسته می‌شود (۱۰۰-). نهایتاً در حول و حوش تنگهٔ هرمز به علـت فرآینـد برونشارشـی مثبـت (۱۵۰+) است. برطبق بررسی هـای چـائو (۱۹۹۲) درونشـارش سطحی به طرف خلیج فارس به طور وسیعی آزمینـگرد[1] اسـت، این تمایل آزمینگردی در ماههای تابستان زمانیکه بادهای شـمال غربی ضعیف اند، ضعیـف مـی شـود و پیشـنهاد مـی کنـد کـه درونشارش شناوری در تنگه توسط رانش اکمن عموماً به سوی جنوب، رانده از بادهـای غربـی برقـرار مـاند [۱]. بـرای مؤلفـهٔ نصف النهاری اکمن در زمستان در قسمتهای شـمالی و مرکـزی خلیج، مقدار صفر را داریم. اما در سواحل قطر و بحرین و تنگهٔ هرمز منفی اسـت (۲۵۰-). در بـهار در سـواحل ایـران انتقـال بشدت منفی می‌شود (٤٠٠-)، زیرا باد شمال – شمال غربـی در حال تقویت از سمت سواحل ایران است. اما به سمت سـواحل جنوبی از شدت آن کاسته شـده اسـت(۱۰۰-). در تنـگهٔ هرمـز میزان آن فوق العـاده منفـی اسـت (۹۰۰-). در تابسـتان نـیز در شمال و تنگهٔ هرمز، میزان منفی بودن آن زیاد است (۷۰۰-). امـا در نواحی مرکزی از میزان منفی کمتری برخورداراست (۲۰۰-). در فصل پاییز در سواحل ایران این انتقـال مثبـت (۲۵۰+) و در مرکزخلیج صفر بوده ودر سواحل جنوبـی و تنـگهٔ هرمـز منفـی است (۱۰۰-). منفی بودن مؤلفهٔ نصف النهاری اکمن به تنش باد شمال غربی حاکم بر منطقه مربوط می شـود. امـا مثبتـتر بـودن انتقال اکمن در تنگهٔ هرمز و تا حدودی سواحل ایران مربوط بـه برونشارش سطحی آب از طریق دریای عمـان اسـت. تغییـرات فصلی SST در منطقهٔ خلیج فارس مربـوط بـه وضعیـت خلیـج است . شباهت گرته های فصلی SST به گرته های قاره ای بـه دلایل شدت تبادل شار گرمایی است و ایـن وضعیـت تغییـرات شدید فصلی و درونسالی را باعث گردیده است. هـر چنـد کـه انتقال اکمن از طریق گردش سطحی از دریای عمان و فرارفـت آب عمیق مربوط به گردش ترموهالاینی تـا حـدودی در مـیزان این تغییرات تعدیل بوجود آورده است.

1. Ageostrophic

www.SID.ir

Archive of SID

قدردانی

این کار نتیجهٔ یک طرح پژوهشی است که در گروه فیزیک دانشگاه اصفهان انجام گرفته است. لذا بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان به خاطر حمایت همه جانبه تشکر و قدردانی می گردد.

مراجع

1. Shenn-Yu, Chao, et al., "A numerical investigation of circulation in the Arabian Gulf". *Journal of Geophysical Research*, **97** (C7), 11 (1992) 219-11,236.
2. R M Reynols, "Overview of physical oceanographic the Mt. Mitchell Cruise to the ROPME Sea Area", Brookhaven National Laboratory (1993) 61.
3. P Terry, "An evaluation of climatological data in the Indian Ocean area", *J. Meteo. Sco. Japan*, 72 (1995) 359-385.
4. R W Lardner "Computation of the Residual Flow in the Gulf using the Mt Mitchell Data and the KFUPM/RI Hydrodynamical Models", Brookhaven National Laboratory, NOAA,Marine Ppllution Bulletin, Volume 27 (1993) 61-70.
5. Nitta and Yamada, "Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere Circulation". *J. Meteorol. Sci. Japan*, **67** (1989) 375-383.
6. S Hassanzadeh, "Interannual variability in the Ocean and Atmosphere in the 1980s and early 1990s", PhD thesis, Liverpool University,England (1997)137.
۷. ا. حسن‌زاده، و ح. خدابخش، "مطالعهٔ برهمکنش فیزیکی جو- دریا در منطقهٔ خلیج فارس" کنفرانس فیزیک ایران، سبزوار، شهریور ۱۳۸۰.
۸. ا. حسن‌زاده، ح. خدابخش، ف. حسینی بالام و ش. ناهید، "اثرات النینو روی پارامترهای فیزیکی و جوی در دریای عمان"، کنفرانس فیزیک ایران، سبزوار، شهریور ۱۳۸۰.
9. G L Pickard, and W J Emery, "An introduction to descriptive physical oceanography" 5th (SI) Enlarged Edition (1995).
10. S R Jones, and Jeffs, "Near surface sea temperature in coastal waters of the North Sea", English chanel and Irish Sea. F. R. D.report (1991) 1-100.
11. Levitus, Climatology Atlas of the World Ocean , National Oceanic and Atmospheric Administration , Washington D C (1994).
12. P D Jones, et al., "Global temperature variation between 1961 and 1984", *Nature, 222 (1986)* 430-434.

www.SID.ir