

مطالعه دمای سطح آب و انتقال اکمن در ناحیه خلیج فارس

اسماعیل حسن زاده^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 بر روی 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 محاسبه انتقال اکمن و تعیین آثار سرمایشی آن بر روی SST که از طریق درونشارشهای شمالی خلیج و نیز درونشارش دریای عمان صورت می گیرد، در منطقه خلیج فارس به کار گرفته شده است. مقادیر ماهیانه داده‌ها عمدتاً از داده‌های شبکه‌ای $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ از اطلس داده‌های 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 می‌دهد. الگوی تغییرات SST الگوی دریایی نیست بلکه شبیه به یک الگوی قاره‌ای می‌باشد. به هرحال انتقال اکمن سهمی را در تعدیل تغییرات فصلی SST در خلیج فارس ایفا می‌کند.

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

۱. مقدمه

درونشارش هرمز که در شرق جبهه قطری شارش می‌یابد، به یک جریان چرخندی ختم می‌شود. این چرخند به صورت یک آنومالی SST هم‌دوس در تصاویر ماهواره آشکار می‌گردد. نتایج چنین مدل‌های گردشی و مشاهدات در خلیج فارس نشان می‌دهد که جریان درونشارشی در امتداد سواحل ایران به وسیله باد شمال در زمستان تضعیف می‌شود، اما در تابستان قوی شده و حتی تا شمال خلیج ادامه می‌یابد [۱ و ۲]. البته توسعه گرمایش 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 می‌تواند به ۳ فرآیند نیرویی مربوط شود: نیروهای جزرومدی، باد و اختلاف چگالی.

خلیج فارس و تنگه هرمز در ناحیه بین حدود ۴۷ و ۵۷ درجه شرقی و ۲۴ و ۳۲ درجه شمالی قرار دارد و بطور میانگین دارای ۹۹۰ کیلومتر طول و ۳۳۸ کیلومتر پهنا می‌باشد. از مشخصه‌های عمده ناحیه خلیج فارس وجود عمق بسیار کم آن است. بیشینه عمق در ناحیه تنگه 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 نیمه شمالی خلیج، باعث پدید آمدن رژیم‌های جریان در امتداد سواحل سعودی (فروچاهی) و ایران (فراچاهی) می‌گردد. داده‌های در دسترس، نتایج مدل‌های گردشی و مشاهدات، بیانگر آن است که بیشتر این

اکمن که از تئوریهای مورد استفاده در گردش اقیانوسی ناشی از رانش باد می باشد، توضیح داده شده است. اکمن (۱۹۰۵) پیشنهاد کرد که تحت شرایط مانا، حالت توازن بین تنش یکنواخت باد، نیروی کوریولیس و اصطکاک در لایه سطحی وجود دارد [۵]. معمولاً به عمق مؤثر جریان رانشی باد، عمق اکمن می گوئیم. با افزایش عمق در لایه اکمن، به علت نیروی کوریولیس انحراف جریان داریم.

انتقال شرقی (M_x) و شمالی (M_y) مؤلفه های حجمی انتقال اکمن با رابطه زیر محاسبه می شود

$$M_x = \frac{\tau_y}{f\rho_w}, \quad M_y = -\frac{\tau_x}{f\rho_w}, \quad (1)$$

که در آن τ تنش، ρ_w چگالی آب و f پارامتر کوریولیس است. سرمایش محلی و فرارفتی، توسط رابطه زیر به هم مربوط می گردند

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -V_e \frac{\partial T}{\partial y}, \quad (2)$$

که در آن $\frac{\partial T}{\partial y}$ گرادیان شمالی- جنوبی دمای لایه سطحی و $\frac{\partial T}{\partial t}$ سرمایش است. V_e سرعت افقی اکمن است که با رابطه زیر داده می شود

$$V_e = \frac{M_y}{\rho_w h}. \quad (3)$$

h عمق لایه آمیخته است و در صورت کسر انتقال جرمی اکمن ($- \tau/f$) لحاظ شده است. گرادیانهای دمای نصف النهاری برای لایه سطحی از دماهای میانگین SST که از مراجع فوق گرفته شده است، به دست می آید. می توان از این گرادیان، تنش باد انتقال گرما، مربوط به انتقال اکمن را توسط رابطه زیر محاسبه نمود [۶]

$$H = c_p \frac{\tau_x}{f} \frac{\partial T}{\partial y} \quad (4)$$

که در آن H انتقال گرما و c_p گرمای ویژه آب دریاست. معمولاً انتقال اکمن حرکات قائم آب را به دنبال دارد که به آن پمپاژ اکمن می گوئیم. در شرایط آب کم عمق مثل خلیج فارس، ممکن است بالا و پایین لایه اکمن همپوشانی داشته باشد و گردش تمایل به راست لبه بالایی اکمن با تمایل گردش به چپ مربوط به اثر اصطکاک لبه پایینی، همدیگر را خنثی کنند و حتی به طور کلی اثر نیروی کوریولیس را از بین ببرد. هرچه نسبت عمق دریا به عمق اکمن کاهش یابد، زاویه بین

انرژی جنبشی آب می تواند بین ۳ ترم تقریباً به صورت ۱۰۰، ۱۰ و ۱ تقسیم شود و هرکدام مقیاسهای زمانی متفاوتی دارند. البته در خلیج فارس جزر و مد به لحاظ مقیاسهای زمانی و مکانی متفاوت از بقیه اثرات سهم مهمی را در گردش کلی خلیج ایفا نمی کنند [۲].

از سال ۱۹۱۰ تاکنون تحقیقات متفاوتی بر روی خلیج انجام گرفته است. در مدلهای گردش خلیج فارس نظیر کار لاردنر و همکاران فرآیند جزرومد دخالت داده شده است [۳]. متأسفانه علیرغم اهمیت حیاتی و جهانی این منطقه، این بررسیها و تحقیقات دریایی، به علت ضعف و فقدان دیده بانها و اندازه 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 مسئله انتقال افقی اکمن در خلیج فارس پرداخته شود.

۲. داده های اولیه مربوط به خلیج فارس و تنگه هرمز

اگر چه اطلاعات پیوسته و کاملی در ناحیه خلیج فارس وجود ندارد اما اندازه گیریهای مقطعی و محدودی برای برخی از پارامترهای دریایی در این ناحیه صورت گرفته است. از جمله می توان به فعالیت های ROPME^۱ ویا گشتهای دریایی نظیر تجربه مربوط به تنگه هرمز در سالهای ۱۹۹۶ و ۱۹۹۸ که توسط گروه متخصصین دانشگاه کالیفرنیا انجام گرفته است، اشاره کرد. این داده ها شامل، داده های Levitus Atlas [۴] به صورت شبکه ای $1^\circ \times 1^\circ$ ، داده های ساحلی هواشناسی و نیز داده های برخی کشتیهای داخلی ایران و سایر کشتیهای خارجی می باشد. علاوه بر اینکه امروزه اطلاعات ماهواره ای مکمل خوبی برای اندازه گیریها در سطح منطقه است. اما ضرورت اندازه گیریهای 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 که بر روی سطح آب اعمال می شود، محاسبه می گردد و توسط تئوری

بحث یا بررسی بر روی وضعیت جوی، خواه ناخواه منجر به شناخت قبلی از وضعیت آنومالیهای SST و گرت‌های آن می‌گردد. بدین لحاظ در این مقاله سعی شده است که در منطقه خلیج فارس گرت‌های SST برای دو سال مورد مطالعه قرار گرفته و به تبادل اکمن در این منطقه ارتباط داده شود. SST از جنبه دیگری نیز در منطقه خلیج فارس اهمیت دارد و به طوری که در بررسی اثر ترموهالاین خلیج فارس به اقیانوس هند [۸]، SST از اهمیت خاصی برخوردار است. برای سازگاری معادلات با وضعیت جریانات، لازم است که برای دوره فوق، تراز انرژی گرمایی و آب ورودی را به خلیج مورد مطالعه قرار دهیم. در حالت کلی می‌توان رابطه ای را برای دما و شوری در هر نقطه به صورت زیر در نظر گرفت

$$\frac{\partial R}{\partial t} + \bar{u} \cdot \bar{\nabla}_h R + w \frac{\partial R}{\partial z} = K_H \nabla_h^2 R + K_v \frac{\partial^2 R}{\partial z^2} + Q_h \quad (5)$$

که در آن R دما و یا شوری است. اولین جمله سمت چپ تغییرات اوپلری کمیت را نشان می‌دهد. جمله دوم فرارفت افقی و جمله سوم فرارفت قائم است. در سمت راست جمله اول پخش ادی افقی، جمله دوم آمیختگی قائم و جمله سوم، جمله مربوط به چشمه است. لازم به یاد آوری است که \bar{u} سرعت افقی جریان آب، برابر مجموع جریانات اکمن، v_e ، که در بالا به آن اشاره شد و سرعت زمینگرد، u_g ، می‌باشد. با توجه به پارامترهای متفاوتی که در رابطه فوق وجود دارد و لزوم داده‌های بیشتر، بودجه گرمایی که با انتگرال روی ماههای مختلف بدست می‌آید، در مقاله بعدی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

۵. نتایج، بحث و نتیجه گیری

در شکل‌های ۱ و ۲ برای یک زمان خاص، نیمرخ دما و شوری و نیز جریانات زناری و نصف النهاری در ناحیه تنگه هرمز نشان داده شده است. لایه آب گرم و شور در اعماق پایتتر همان طور که در شکل مشاهده می‌شود نشان می‌دهد که دما با عمق افزایش می‌یافت. این را می‌توان به گرمایش و تبخیر سطحی زیاد در خلیج فارس و گردش ترموهالاینی نسبت داد که طی آن آبهای گرم و شور سطحی به اعماق پائین نفوذ کرده‌اند و در کف تنگه هرمز از خلیج، خارج می‌شوند.

شارش سطحی و جهت باد نیز کاهش می‌یابد. 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 جنبه‌های دینامیکی نیز توصیف آنها مشکلتر می‌باشد. بیشتر اطلاعات مربوط به جریان آب عمیق به خواص آب بر می‌گردد. توزیعهای خواص آب، تغییرات کمتری نسبت به میدانهای جریان دارند. این خواص می‌توانند منبع اصلی جریانات آب عمیق را توضیح دهند. بنابر این در تشکیل آب عمیق اقیانوس هند شمالی می‌توان سهمی را به منبع ترموهالاین در عمق میانی از خلیج فارس به اقیانوس هند اختصاص داد [۸ و ۷]. فرآیند، بر این اساس است که در این منطقه تبخیر سطحی آب انجام می‌گردد و باعث می‌شود که چگالی آب افزایش یابد. سپس آب با چگالی بیشتر فرو نشست کرده و جریانات فروچاهی از طریق تنگه هرمز به داخل دریاهای مجاور در اقیانوس هند شارش می‌یابند [۹].

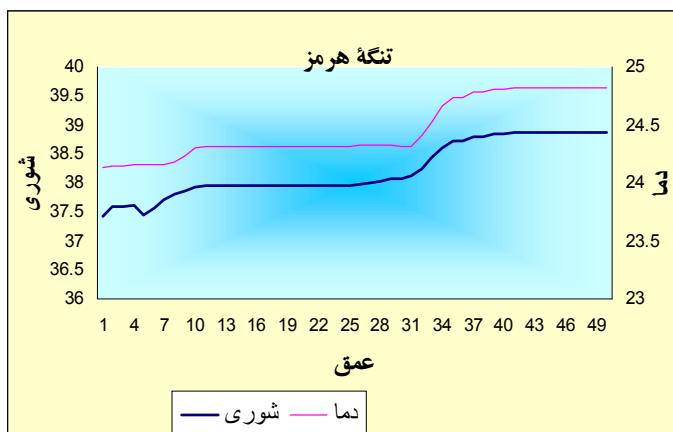
۴. دمای سطح آب، SST، و انتقال اکمن

برهمکنش بین هوا - دریا عامل بسیار مهمی در کنترل تغییرات فصلی و غیر فصلی در هر دو محیط می‌باشد. اعمال نیروی تنش باد بر روی سطح دریا و توزیع چگالی باعث ایجاد الگوهای جریانی در دریا می‌شود. این جریانات در برخی نواحی باعث به وجود آمدن جریانات فراجاهی 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 می‌دهند عبارتند از:

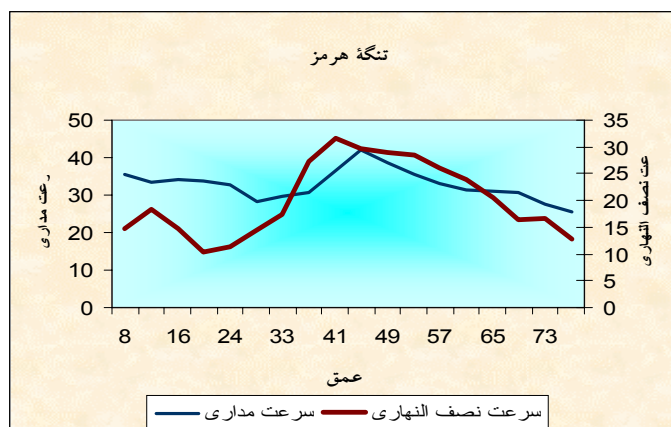
- شار تابش خالص در سطح زمین.
- تبخیر سطحی که با SST اثر متقابل دارد.
- انتقال گرمای محسوس.

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 می‌کند. از طرفی شرایط جوی و تغییرات آن وابسته به شرایط اقیانوس و دریا و به ویژه SST است. بنابر این هرگونه



شکل ۱. نیمرخ دما ($^{\circ}\text{C}$) و شوری (psu) مربوط به تنگه هرمز در تاریخ ۱۶ مارس ۱۹۹۸ در محل طول و عرض جغرافیایی $0^{\circ}۵۲'۰۸''\text{E}$ و $26^{\circ}۱۱'۴۵''\text{N}$ و در زمان $06:14$ به وقت گرینویچ. وضعیت دستگاه در عمق ۴۹ متری بوده است.

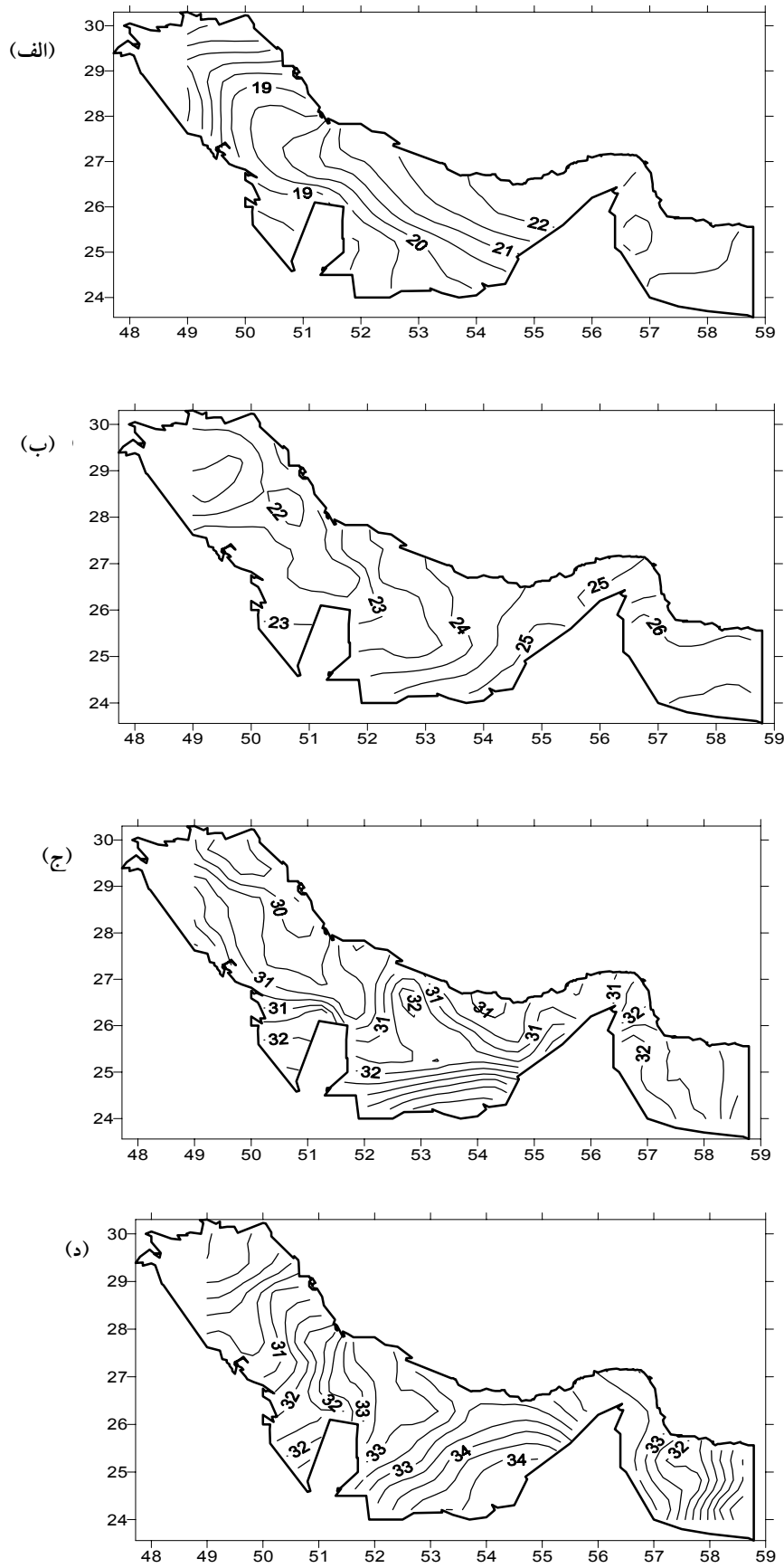


شکل ۲. نیمرخ سرعت جریان آب (cm/s) در راستاهای مداری و نصف النهاری در تنگه هرمز در تاریخ ۱۶ مارس سال ۱۹۹۸ در طول و عرض $06^{\circ}۶'۹''$ و $26^{\circ}۱۳'۸''$ ، در ساعت $05:41$ به وقت گرینویچ.

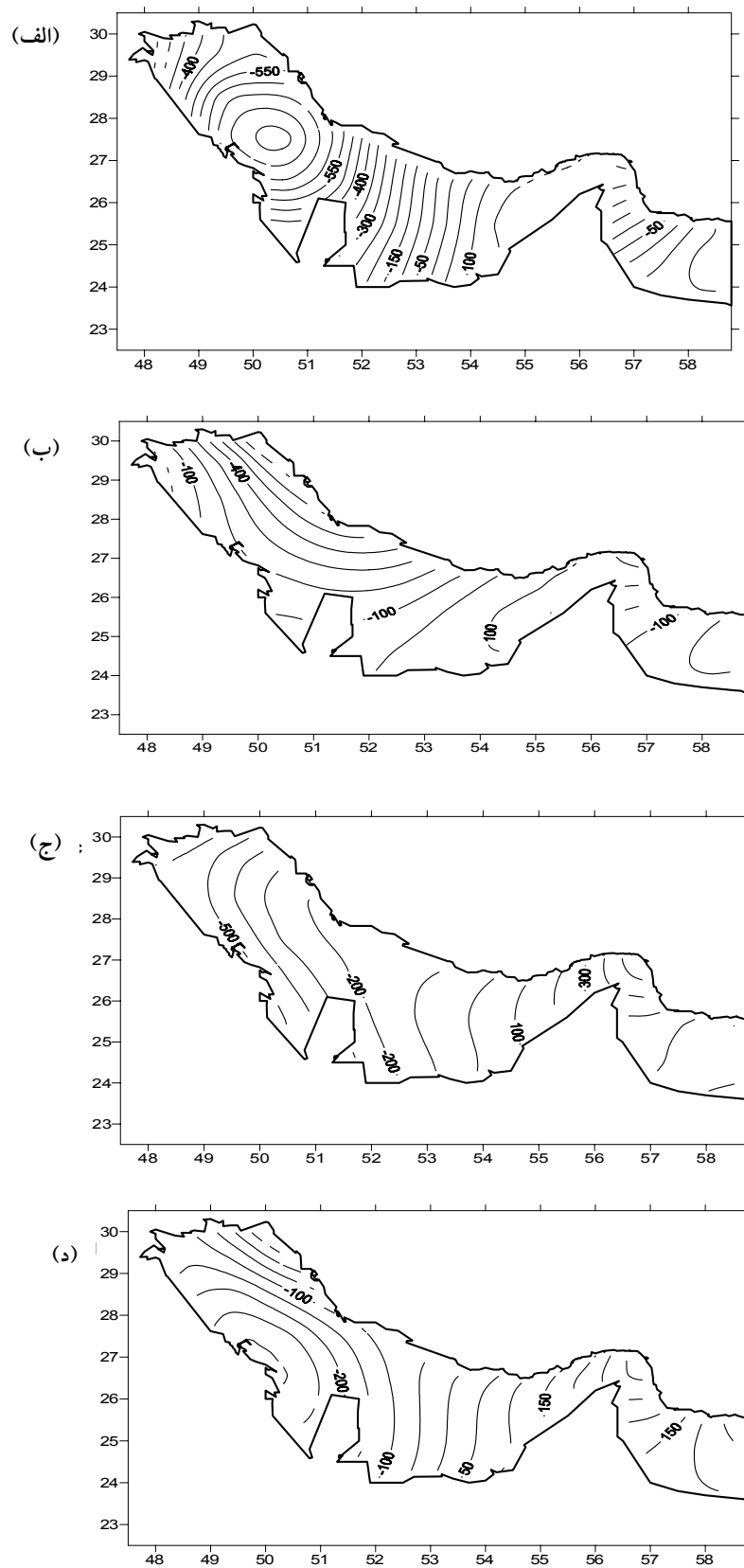
حدود ۷ درجه افزایش می یابد [۲]. توسعه سطح دریای گرم از ماه مه شروع می شود. به علاوه، کاهش بادهای از اختلاط قائم ستون آب کاسته و به توسعه گرمایش کمکی می کند. در طول ماه های تابستان، سرمایش تبخیری مداوم افزایش می یابد ولی ناتوان از جبران گرمایش ناشی از تابش خالص خورشیدی است [۱]. در نتیجه بر طبق بررسی کلبورن (۱۹۷۵) یک گرمایش قوی در تابستان از سطح تا عمق با اختلاف دمایی تا حدود ۱۱ درجه توسعه می یابد [۱].

در شکل ۳ گره 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 درجه سانتیگراد بوده که مؤید

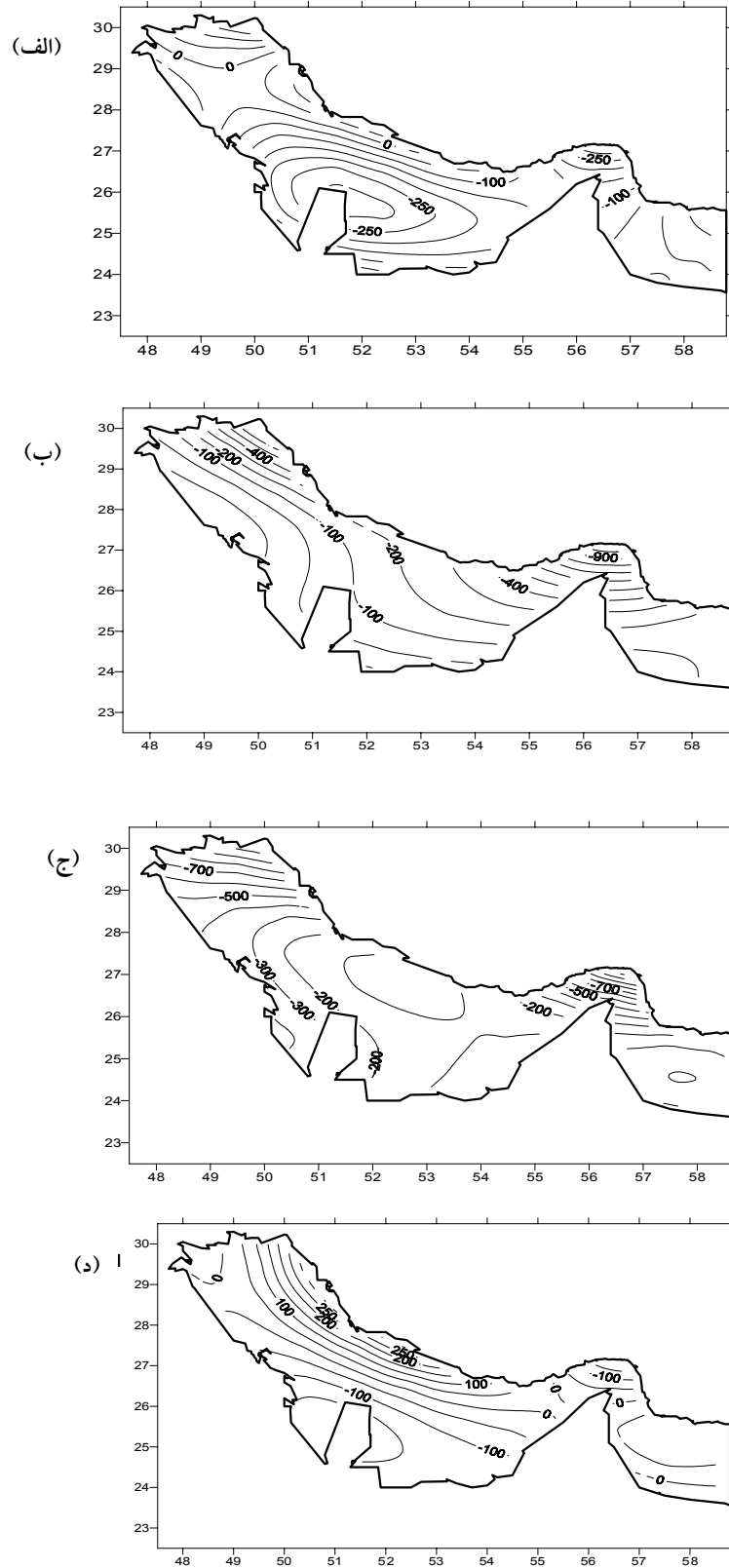
همچنین در شکل ۲ افزایش سرعت مربوط به میدان ترموهالاینی را شاهد هستیم. این افزایش سرعت مؤید افزایش دما و شوری نسبت به عمق در شکل ۱ می باشد و نشان می دهد یک جریان در کف تنگه به طرف دریای آزاد جاری است. در غیاب میدان نیروی ترموهالاینی انتظار داریم که سرعت جریان، نسبت به عمق در اثر وشکسانی و نیروی اصطکاک کف کاهش یابد. نتیجتاً برای کارهای مدل سازی 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 توسعه گرمایش تابستانی، دمای کف تقریباً ۱ درجه کاهش یافته و این در حالی است که در خلال این پریرود، دمای سطحی



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



شکل ۴. مؤلفه 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).



شکل ۵. مؤلفه 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).

مطالب قبلی است. از طرفی همان طور که مشاهده می شود شکل گرته ها حالت زناری را نداشته و بیشتر شبیه گرته های دمائی مربوط به خشکی و نواحی قاره ای است. بیشینه ها در جنوب خلیج فارس در غرب هرمز رخ داده است که به وضعیت جغرافیایی و نیز عمق کمتر خلیج در آن نواحی و نتیجتاً تبخیر سطحی زیادتر آن ناحیه مربوط است.

شکلهای ۴ و ۵ مؤلفه های انتقال اکمن را نشان می دهد. برای تفسیر فیزیکی، بهتر است به وضعیت اقلیمی منطقه اشاره شود. اقلیم خلیج فارس را می توان در چهار فصل مجزا توضیح داد. ۱- فصل بهار که فصل گذر (از فصل سرد به فصل گرم) است و بادهای عمدتاً شمال-شمال غربی هستند. در طی این فصل فراوانی وقوع بادهای شدید افزایش می یابد. ۲- فصل تابستان که فصل گرم بوده و در خلال آن یک شارش شمال غربی در تمام ترازهای جو در سطح خلیج تداوم می یابد. ۳- فصل پاییز که فصل گذر است بادهای شمال غربی می مانند اما از میزان سرعت آنها کاسته می شود. ۴- در فصل سرد زمستان وضعیت کمی پیچیده تر است. ترکیب نسیم دریا - ساحل و شارش شمال شرقی خارج از سواحل ایران وجود دارد، همچنین در زمستان و بهار عمدتاً درونشارش آب سطحی را به سمت خلیج داریم و در تابستان با توجه به شار تابشی و اثر ترموهالاین در تابستان و نیز پاییز، برونشارش آب را از تنگه هرمز داریم. بنابر این انتظار داریم انتقال نصف النهاری و منفی اکمن در بهار و تابستان شدید باشد و در پاییز از منفی بودن آن کاسته شود. انتقال زناری اکمن در بهار، تابستان و پاییز به ویژه در نزدیکیهای تنگه هرمز مثبت باشد در حالی که در قسمتهای غربی و شمال غرب خلیج وضعیت همچنان تحت تاثیر بادهای فصلی است. در فصل زمستان وضعیت هم از جنبه انتقال نصف النهاری و هم از جنبه زناری کمی پیچیده است.

همانطور که از شکل مشخص است در زمستان مؤلفه زناری اکمن در حوالی تنگه هرمز مثبت و در قسمتهای میانی و غربی شدیداً منفی است. این مقدار حدود ۵۵۰- کیلو گرم بر متر در رأس خلیج بوده که بتدریج تا نزدیکیهای بحرین افزایش می یابد، اما بتدریج به سمت تنگه هرمز مثبت (۱۰۰+) شده است. در بهار در سواحل ایران در نواحی شمالی نیز این انتقال، منفی است (۴۰۰-). در سایر جاها یکنواخت و حدود ۱۰۰- است. در حوالی تنگه هرمز بخش غربی تنگه، مجدداً مثبت

است و بخش شرقی منفی است. در تابستان کلاً در قسمت شمالی تنگه هرمز انتقال، مثبت است (۳۰۰+) و جریانات برونشارشی تقویت می شود. در پاییز تبادل در سواحل جنوبی بخش شمالی خلیج منفی تر شده (۲۰۰-) و در سواحل ایران و بخش مرکزی از میزان منفی آن کاسته می شود (۱۰۰-). نهایتاً در حول و حوش تنگه هرمز به علت فرآیند برونشارشی مثبت (۱۵۰+) است. بر طبق بررسی های چائو (۱۹۹۲) درونشارش سطحی به طرف خلیج فارس به طور وسیعی آزمینگرد است، این تمایل آزمینگردی در ماههای تابستان زمانیکه بادهای شمال غربی ضعیف اند، ضعیف می شود و پیشنهاد می کند که درونشارش شناوری در تنگه توسط رانش اکمن عموماً به سوی جنوب، رانده از بادهای غربی برقرار ماند [۱]. برای مؤلفه نصف النهاری اکمن در زمستان در قسمتهای شمالی و مرکزی خلیج، مقدار صفر را داریم. اما در سواحل قطر و بحرین و تنگه هرمز منفی است (۲۵۰-). در بهار در سواحل ایران انتقال بشدت منفی می شود (۴۰۰-)، زیرا باد شمال - شمال غربی در حال تقویت از سمت سواحل ایران است. اما به سمت سواحل جنوبی از شدت آن کاسته شده است (۱۰۰-). در تنگه هرمز میزان آن فوق العاده منفی است (۹۰۰-). در تابستان نیز در شمال و تنگه هرمز، میزان منفی بودن آن زیاد است (۷۰۰-). اما در نواحی مرکزی از میزان منفی کمتری برخوردار است (۲۰۰-). در فصل پاییز در سواحل ایران این انتقال مثبت (۲۵۰+) و در مرکز خلیج صفر بوده و در سواحل جنوبی و تنگه هرمز منفی است (۱۰۰-). منفی بودن مؤلفه نصف النهاری اکمن به تنش باد شمال غربی حاکم بر منطقه مربوط می شود. اما مثبتتر بودن انتقال اکمن در تنگه هرمز و تا حدودی سواحل ایران مربوط به برونشارش سطحی آب از طریق دریای عمان است. تغییرات فصلی SST در منطقه خلیج فارس مربوط به وضعیت خلیج است. شباهت گرته های فصلی SST به گرته های قاره ای به دلایل شدت تبادل شار گرمایی است و این وضعیت تغییرات شدید فصلی و درونسالی را باعث گردیده است. هر چند که انتقال اکمن از طریق گردش سطحی از دریای عمان و فرارفت آب عمیق مربوط به گردش ترموهالاینی تا حدودی در میزان این تغییرات تعدیل بوجود آورده است.

قدردانی

پژوهشی دانشگاه اصفهان به خاطر حمایت همه جانبه تشکر و قدردانی می گردد.

این کار نتیجه یک طرح پژوهشی است که در گروه فیزیک دانشگاه اصفهان انجام گرفته است. لذا بدینوسیله از معاونت

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 Reynolds, "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 Pollution 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.
7. ا. حسن زاده، و ح. خدابخش، "مطالعه برهمکنش فیزیکی جو- دریا در منطقه خلیج فارس" کنفرانس فیزیک ایران، سبزوار، شهریور ۱۳۸۰.
8. ا. حسن زاده، 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.