

افزایش لایه بندی آب در خلیج چابهار پس از وقوع توفان حاره ای گونو

فرشته کمیجانی^{۱*}، وحید چگینی^۲، محمد رضا بنازاده ماهانی^۳ و محمدسعید سنجانی^۴

۱-دانش آموخته فیزیک دریا، دانشگاه تربیت مدرس

۲-عضو هیأت علمی مرکز ملی اقیانوس شناسی

۳-گروه فیزیک دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۴-کارشناس ارشد مرکز ملی اقیانوس شناسی

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از داده‌های میدانی (دما، شوری و چگالی آب) خلیج چابهار، اثر توفان حاره‌ای گونو بر افزایش شیو (شیب) لایه بندی آب خلیج مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. داده‌های میدانی برداشت شده در برش‌های طولی و عرضی خلیج چابهار پس از بادهای غربی (پیش از توفان) و جنوب شرقی (پس از توفان)، برای توصیف اثر این پدیده‌ها بر توزیع کمیت‌های فیزیکی آب، مورد استفاده قرار گرفته است. توزیع شوری آب قبل از وقوع توفان، گواهی بر حضور آب‌های لایه‌ی زیر سطحی دریای عمان (شوری کمتر از 36/5 قسمت در هزار) در اعماق خلیج است. از سوی دیگر میدان شوری مشاهده شده بعد از باد جنوب شرقی، حرکت آب‌های سطحی کم شور از دهانه‌ی خلیج به سمت مناطق ساحلی (به علت پدیده‌ی انتقال اکمن) را نشان می‌دهد. بنابراین، شوری آب خلیج با پیش روی به سمت ساحل کاهش می‌یابد. یک هفته پس از کاهش شدت توفان، توزیع عمودی چگالی و شوری در کل منطقه، موجب لایه بندی شدید آب می‌شود. به عبارت دیگر ورود آب‌های آزاد و کم شور به ایستگاه‌های ساحلی به همراه اختلاط باد ناشی از توفان، گرادیان غیریکنواخت عمقی این دو پارامتر را در جهت عمود بر دهانه‌ی خلیج ایجاد می‌کند. به علاوه روابط بین پارامترهای برداشت شده، با استفاده از آزمون‌های آماری مختلف، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. مقایسه‌ی مقادیر کمیت‌های ذکر شده، از طریق تحلیل‌های آماری به تحلیل توزیع کمیت‌ها در سطوح افقی و عمودی و سرانجام به ترسیم الگوی گردش آب در خلیج چابهار منجر شده است.

واژگان کلیدی: پارامترهای فیزیکی، لایه بندی، توفان گونو، خلیج چابهار

* نویسنده مسؤل، پست الکترونیک: fereshtekomijani@gmail.com

۱- مقدمه

توجهی را به‌جا خواهد گذاشت. توفان گونو شرایط مناسبی برای مطالعه‌ی اثر بادهای جنوب شرقی بر داده‌های میدانی خلیج فراهم آورد. به‌طوری که با توجه به نقش مهم تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای فیزیکی آب دریا در فعالیت سیستم‌های جوی، اقلیمی، جریان‌ات دریایی (Chand et al., 2003) هدف مطالعه حاضر انجام نمونه برداری از مشخصات فیزیکی آب، قبل و پس از این پدیده‌ی جوی، و بررسی اثرات آن بر توزیع و پراکندگی ویژگی‌های هیدرودینامیکی آب دریا قرار گرفته است. همچنین استفاده از تکنیک‌ها و فنون آماری به منظور پیش بینی رفتار پارامترهای فیزیکی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- نمونه برداری داده‌های آب

دستگاه CTD مورد استفاده در این تحقیق از نوع MK 316 ساخت کمپانی Idronat کشور ایتالیا، مجهز به حسگرهای دقیقی است که به کمک آن می‌توان پارامترهایی از قبیل فشار (dbar)، درجه حرارت (°C)، هدایت الکتریکی (mS/cm)، اکسیژن محلول (ppm)، کلروفیل a (mg/m³) و کدورت (gtu یا Ntu) را در هر عمقی به‌طور مستقیم اندازه‌گیری نمود و با استفاده از مقادیر ثبت شده، کمیت‌های دیگر نظیر عمق متناسب با فشار، شوری (ppt یا psu)، زیگماتی (Kg/m³) و سرعت صوت را محاسبه کرد (جدول ۱). برای این منظور، در سطح خلیج 24 ایستگاه (چهار ترانسکت T1، T2، T3 و T4 و پنج بلوک B1، B2، B3، B4 و B5) با فاصله‌ی دو دقیقه‌ای به‌صورت منظم انتخاب و موقعیت ایستگاه‌ها توسط GPS مشخص گردید (شکل ۱). بعد از قرار گرفتن در محل مورد نظر، دستگاه CTD با سرعت 1 متر در ثانیه به عمق آب فرستاده شد و با گام زمانی یک ثانیه (تقریباً هر یک

خلیج چابهار با طول جغرافیایی بین 15' 25" - 60° 32' 45" و عرض جغرافیایی 15' 17" - 25° 26' 80" در جنوب شرقی سواحل استان سیستان و بلوچستان قرار دارد. وسعت خلیج 320 کیلومتر مربع، عمق متوسط آن 6 متر و عمق بیشینه در دهانه‌ی ورودی 22 متر است (حقیقی، 1374، سماعی، 1373، نیکویان، 1376). قطر این خلیج 21 کیلومتر و ارتفاع آن از سطح دریا 10 متر است (نیکویان، 1376). خلیج چابهار با توجه به وضعیت جغرافیایی و ارتباط با آب‌های آزاد دریای عمان، دارای هوایی گرم و خشک بوده و تحت تأثیر جریان‌های جوی متعددی مانند مونسون (بادهای موسمی) شبه قاره‌ی هند (در نتیجه باران‌های موسمی اقیانوس هند)، جبهه‌های استوایی، مرکز کم‌فشار و جبهه‌های غربی با منشأ مدیترانه‌ای قرار دارد (رحمتی، 1376). از نیمه‌ی دوم اردیبهشت تا نیمه‌ی اول شهریور ماه، بادهای موسمی جنوب غربی شروع به وزیدن می‌کنند. به علاوه، آب‌های آزاد دریای عمان از خرداد تا اواسط شهریور ماه تحت تأثیر توفان‌های استوایی در قسمت میانی اقیانوس هند قرار می‌گیرند؛ در این فاصله‌ی زمانی، دریای عمان متلاطم و موج می‌شود (اکسیری، 1375، سعیدپور، 1373).

بررسی منابع بوم‌شناختی نخستین قدمی است که برای هرگونه فعالیت در جهت شناخت عوامل تأثیر گذار بر رفتار و شرایط موجود در دریا صورت می‌گیرد. توفان حاره‌ای گونو پدیده‌ی جالب توجه و مهمی است که با انتقال تکانه به سطح آب و دارا بودن انرژی لازم برای اختلاط آب، همگنی عمودی آب را موجب می‌گردد. سرعت بیشینه‌ی باد در زمان توفان 12m/s بوده است. این پدیده سبب ایجاد تغییرات آشکاری در شرایط فیزیکی و شیمیایی خلیج شد که در بستر زیستی موجودات زنده به‌خصوص در مناطق ساحلی تأثیر قابل

استفاده گردید. برای دسترسی به بالاترین دقت، در تعیین روابط چگالی با عمق، دما و شوری آب از آنالیز رگرسیون چند متغیره با سطح اطمینان 99٪ استفاده گردید. به منظور مقایسه‌ی مقادیر کمیت‌ها، بین ترانسکت‌ها و بلوک‌ها با استفاده از روش مدل خطی تعمیم‌یافته⁴، از آزمون آماری بلوکی کاملاً تصادفی با زیرنمونه‌ی نامساوی⁵ و آزمون آماری توکی⁶ استفاده شده است.

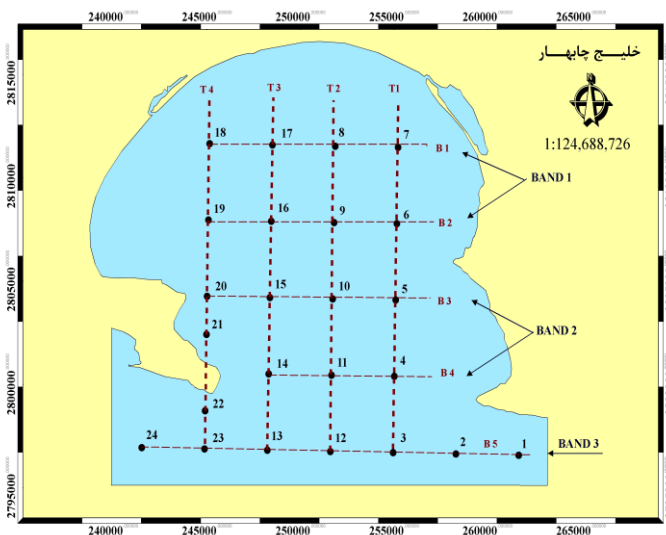
داده برداری انجام شد. شایان ذکر است که دستگاه پس از رسیدن به بستر، با همان سرعت به عرشه‌ی قایق بازگردانده می‌شد. نمونه برداری در اواسط دو ماه متوالی، طی یک روز (14/2/86 و 3/86/23) برای پارامترهای عمق، دما، شوری و چگالی (زیگماتی) صورت گرفت.

۲-۲- داده‌های هواشناسی

داده‌های هواشناسی از ایستگاه هم‌دیدگی واقع در مرکز هواشناسی شهرستان چابهار، در ضلع شرقی خلیج جمع آوری گردید. این ایستگاه در موقعیت طول و عرض جغرافیایی به ترتیب $60^{\circ}30'$ ، $25^{\circ}14'$ قرار دارد. داده‌های جوی از جمله سرعت و جهت باد، دمای هوا، رطوبت، بارندگی، تبخیر و غیره (جدول 2) در اردیبهشت و خرداد ماه یعنی، قبل و پس از توفان گونو اندازه گیری شده است.

۲-۳- پردازش‌های آماری

روش مناسبی که روابط و چگونگی همبستگی بین پارامترها را با دقت خوبی به دست آورد، آزمون‌های آماری مختلف با استفاده از نرم افزار SPSS 11/5 است. در این تحقیق ابتدا به بررسی نرمال بودن داده‌ها (عمق، دما، شوری و چگالی) با استفاده از آزمون‌های همبستگی غیرپارامتریک یک طرفه کلموگرو-اسمیرنوف¹ و کای-اسکویر²، می‌پردازیم و سپس روش‌های مختلف تحلیل آماری را اعمال می‌کنیم. در ابتدا به منظور تشخیص و تعیین رابطه‌ی بین پارامترها از سطح تا بستر، در هر ایستگاه، از آزمون همبستگی پیرسون³



شکل (1) موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های نمونه برداری، ترانسکت: T و بلوک: B

⁴ General Linear Model

⁵ Randomized Complete Block Design

⁶ Tukey

¹ Kolmogrov-Smirnov

² Chi-Square

³ Pearson Correlation

جدول (1) مشخصات فنی حسگرهای دستگاه CTD

پارامتر	محدوده اندازه گیری	دقت	قدرت تشخیص	ثابت زمانی
1 فشار	1000 Dbar	±2/0	±0.03/0	15 ms
2 دما	±50-3 °C	±0.003/0 °C	±0.0005/0 °C	50 ms
3 هدایت الکتریکی	0-64 mS/cm	±0.003/0 mS/cm	±0.001/0 mS/cm	50 ms
4 اکسیژن	0-50 ppm	±1 Ppm	±0.01/0 Ppm	3 ms
5 pH	0-14 pH	±0.01/0 PH	±0.001/0 PH	3 ms

جدول (2) داده‌های هواشناسی در ایستگاه چابهار، قبل و پس از توفان حرای گونو

ماه	پارامتر	جهت باد غالب به	سرعت باد غالب	میانگین سرعت باد	میانگین دما (°C)	رطوبت (mm)	بارندگی (mm)	تبخیر (mm)
اردیبهشت 1386	270	91/3	4/3	8/29	79	0	4/287	
خرداد 1386	150	78/4	7/3	8/30	78	6/108	6/298	

عمقی، اغتشاشات ناشی از شکست امواج و نزدیکی این نواحی به ساحل است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- درجه حرارت آب

بسیاری از شرایط آب‌شناسی (هیدرولوژیک) دریاها، به تغییر درجه حرارت آب بستگی دارد. میزان این پارامتر در حقیقت عامل مهمی در تعیین شرایط محیطی و پراکندگی موجودات زنده هر منطقه‌ی آبی است. آب‌های خلیج چابهار با دارا بودن ویژگی خاص مکانی، منطق‌های کم عمق از یک سو و جزر و مد‌های نیم-روزه از سوی دیگر، بیشتر از محیط‌های دریایی و عمیق، تحت تأثیر تغییرات دمایی قرار دارد. نتایج حاصل از تغییرات عمودی درجه حرارت در ایستگاه‌های ساحلی، همگنی این نواحی را از نظر درجه حرارت نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر در تمام فصول سال لایه بندی حرارتی در ناحیه‌ی ساحلی مشاهده نمی‌شود. علت این امر کم

نمودارهای هم‌مقادیر دما در زمان وزش بادهای غربی، نشان می‌دهد که لایه‌ی شیب دمایی در دهانه‌ی خلیج (در عمق ۶-۲ متری) به اوج خود می‌رسد. تغییرات دمای آب این فاصله‌ی عمقی در ازای هر متر، یک و نیم درجه‌ی سانتی‌گراد است و در کل لایه‌ی گرمایش (ترموکلاین)^۱ به ۷/۸۱ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد، در حالی که پس از توفان به علت افزایش اختلاط در آب، این لایه ضعیف شده و دمای آب از سطح تا عمق با شیبی تقریباً یک‌نواخت کاهش می‌یابد (شکل ۲).

وجود لایه بندی حرارتی ستون آب قبل از توفان را می‌توان در افزایش ناگهانی دمای هوا (8/3°C) از فروردین تا اردیبهشت ماه (که منجر به افزایش تقریباً

¹ Thermocline

شوری سطحی خلیج به علت کم عمقی و افزایش دما، در ایستگاه‌های نزدیک ساحل بیشینه و در ایستگاه‌های دور از ساحل کمینه است، به عبارت دیگر با پیش روی به سمت ساحل بر مقدار شوری سطحی آب خلیج افزوده می‌شود (شکل ۶). قبل از توفان خطوط هم مقادیر عمودی شوری و چگالی، به صورت تقریباً افقی هستند در حالی که لایه بندی شدیدی در آب دیده نمی‌شود.

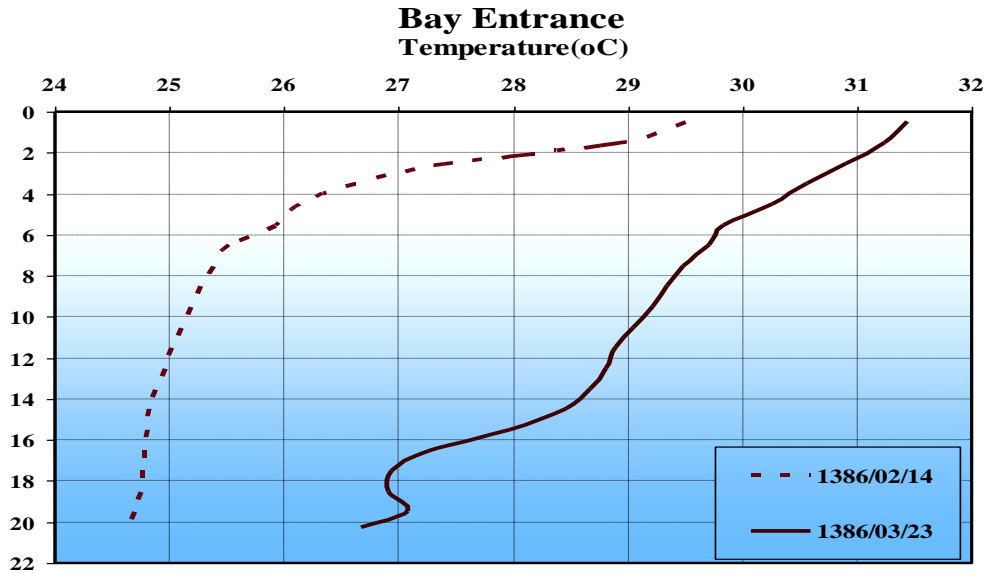
میدان شوری اندازه‌گیری شده در زمان باد غربی نشان دهنده‌ی کاهش این کمیت با عمق است. با توجه به خطوط هم‌مقادیر شوری، علت این امر را می‌توان به حضور آب‌های زیر سطحی دریای عمان (آب‌های اقیانوس هند در عمق متوسط بین 25 تا 150 متر، شوری کمتر از 5/36 قسمت در هزار و دمای بیشتر از 22 درجه‌ی سانتی‌گراد (Pous et al., 2004). در اعماق خلیج نسبت داد. به عبارت دیگر قبل از وقوع توفان، پدیده‌ی فراجوشی شوری در اعماق خلیج رخ می‌دهد که موجب فشردن خطوط هم‌شوری در لایه‌های سطحی آب می‌شود (شکل‌های 3 و 4). شایان ذکر است که پدیده‌ی فراجوشی به علت کم بودن مقدار تنش باد ($21/3 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$)، به صورت کامل تا سطح آب پیش روی نمی‌کند. در این ماه، اختلاف شوری سطحی بین ایستگاه‌های ساحلی و دهانه‌ی خلیج تقریباً 12/1 قسمت در هزار است.

انتظار می‌رود که میدان چگالی در زمان وقوع توفان حرارهای گونو دارای توزیع عمودی یکنواختی باشد. در حالی که یک هفته پس از کاهش شدت باد، لایه بندی شوری و چگالی آب به اوج خود می‌رسد.

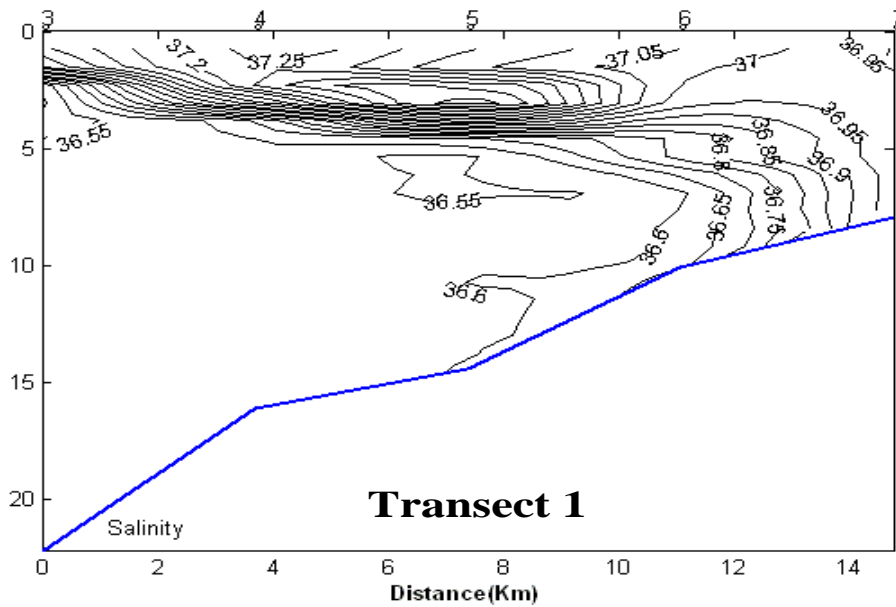
شدید دمای لایه‌ی سطحی آب در اردیبهشت ماه می‌گردد، و ثابت ماندن دمای لایه‌ی عمقی توجیه کرد، که منجر به بیشینه شدن شیب دمایی آب با عمق می‌گردد و سامانه آب خلیج را به دو لایه تقسیم می‌کند. عمق لایه‌ی اختلاط سطحی در این حالت 2 متر به دست می‌آید. توزیع افقی دمای آب، قبل و پس از توفان تغییری را نشان نمی‌دهد به گون‌های که همواره با حرکت به سمت ساحل، درجه حرارت آب در لایه‌های افقی سطح و بستر افزایش می‌یابد. مهم‌ترین عامل در افزایش دما با پیش روی به سمت ساحل (صرف نظر از تأثیر جبهه‌ی هوا و باد)، را می‌توان به کاهش عمق نسبت داد.

۲-۲- شوری و چگالی آب

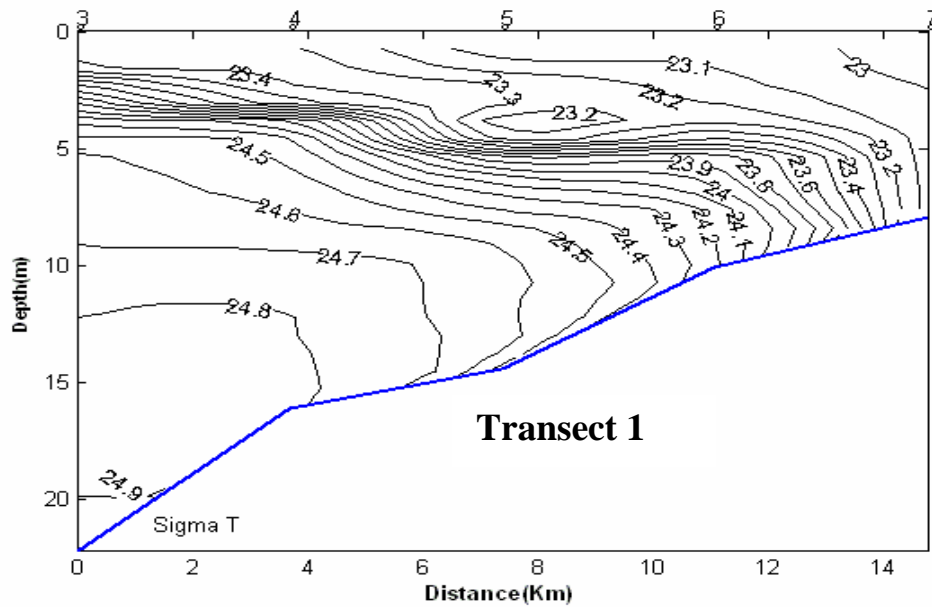
خلیج چابهار مانند خلیج فارس منطقه‌ی کم عمق است که تبخیر زیاد آب آن موجب افزایش شوری و به دنبال آن افزایش چگالی آب، نفوذ آب‌های چگال به لایه‌های تحتانی و در نهایت افزایش شوری آب با عمق می‌شود. البته میدان چگالی و شوری آب در خلیج چابهار دارای تغییرات فصلی و ماهانه است. با توجه به این مطلب که در خلیج چابهار هیچ گونه ورودی رودخانه‌ای وجود ندارد، میزان شوری آب آن در درجه‌ی اول به تبخیر و دوم به میزان بارندگی بستگی دارد. مهم ترین عامل در میزان شوری بالای آب خلیج چابهار، تبخیر زیاد آب، کم عمقی و تبادل محدود آب از طریق دهانه‌ی خلیج است.



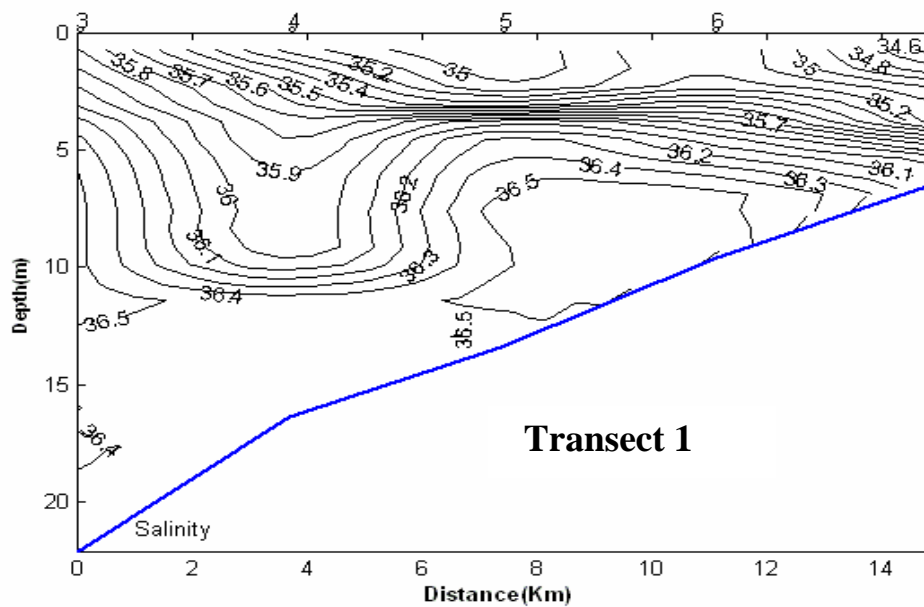
شکل (۲) مقایسه روند تغییرات عمودی درجه حرارت در دهانه‌ی خلیج قبل (نقطه چین) و بعد از توفان (خط تیره)



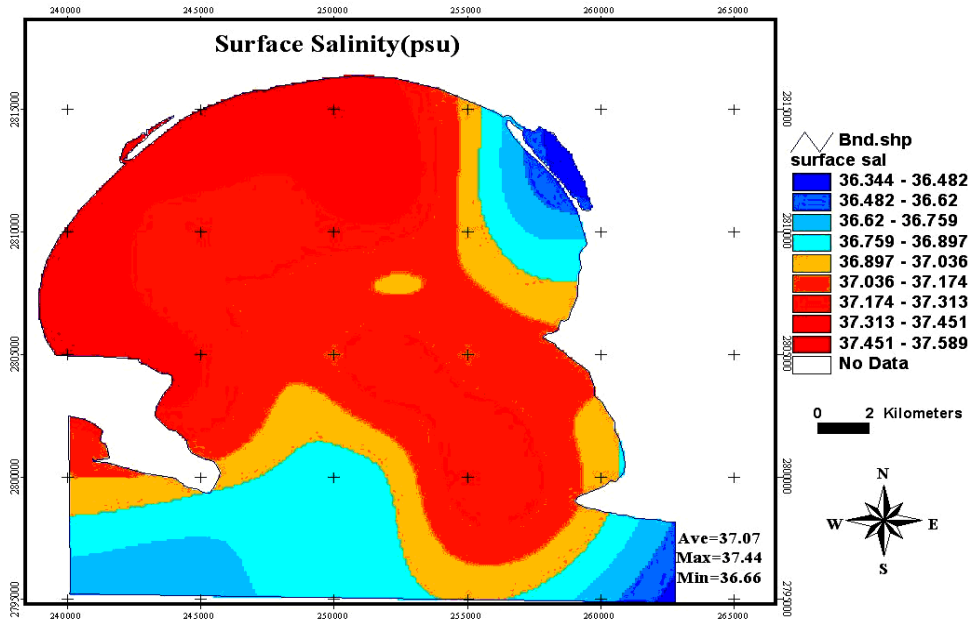
شکل (۳) خطوط هم‌مقادیر شوری (قسمت در هزار) در ترانسکت ۱ (شرق خلیج) قبل از توفان، سمت چپ و راست تصویر به ترتیب جنوب و شمال خلیج است



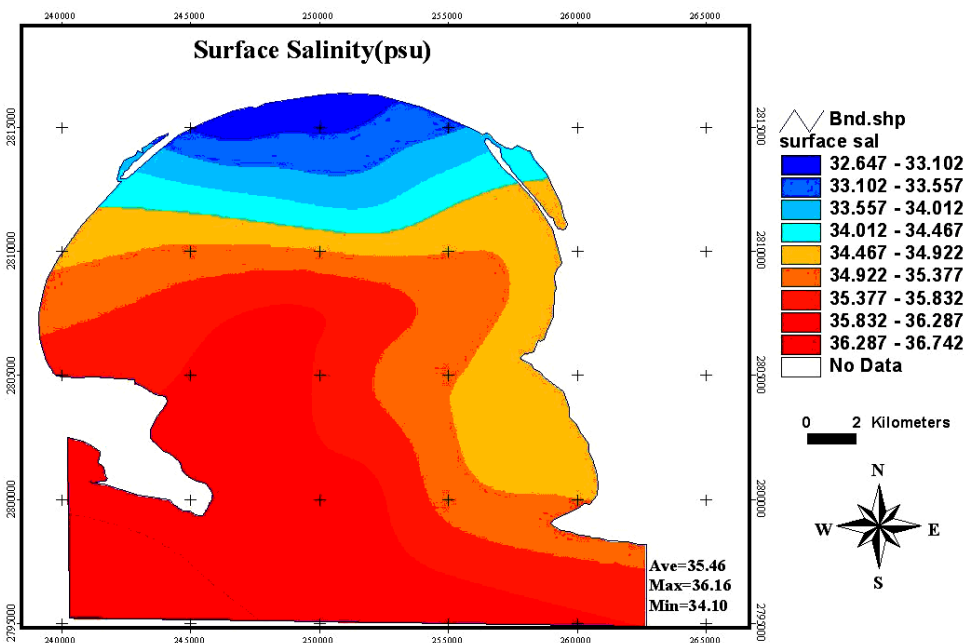
شکل 4. خطوط هم مقادیر زیگماتی (kg/m^3) در ترانسکت 1 (شرق خلیج) قبل از توفان



شکل (5) خطوط هم مقادیر شوری (قسمت در هزار) در ترانسکت 1 (شرق خلیج) پس از توفان، سمت چپ و راست تصویر به ترتیب جنوب و شمال خلیج است



شکل (6) کانتور لایه‌ی سطحی شوری قبل از توفان



شکل (7) کانتور لایه‌ی سطحی شوری پس از توفان

قادر است آب را در جهت عمود بر ساحل^۱ (عمود بر دهانه‌ی خلیج) منتقل کند، (انتقال آب سطحی از سمت دریای عمان با شوری و چگالی کمتر به سمت

شوری سطحی خلیج ۱/۶ واحد کمتر از شوری قبل توفان است، در حالی که شوری عمقی تقریباً ثابت باقی می‌ماند. باد جنوب شرقی با مؤلفه موازی ساحل خود

¹ Ekman Transport

۳-۳- تحلیل آماری

۳-۳-۱- بررسی هم بستگی و رگرسیون

نتایج حاصل از آزمون هم بستگی پیرسون حاکی از رابطه‌ی معنی دار کمیت‌ها با سطح اطمینان ۹۹ درصد بود. این تحلیل نیز تأیید می‌کند که قبل از توفان، شوری خلیج با عمق کاهش می‌یابد (رابطه‌ی عکس و منفی شوری با عمق). هم‌چنین درجه حرارت و دو پارامتر شوری و چگالی دارای همبستگی منفی هستند.

نتایج حاصل از رگرسیون به صورت یک رابطه‌ی خطی وابسته به زمان (ماه) و مکان (ایستگاه) و هم‌چنین یک رابطه‌ی خطی مستقل از مکان و وابسته به ماه برای پارامترهای عمق، درجه حرارت، شوری و چگالی (زیگماتی) تهیه گردید. در این روابط عمق، درجه حرارت و شوری پارامتر مستقل و چگالی کمیت وابسته و متأثر از پارامترهای ذکر شده در نظر گرفته شده است و $0.94 \leq R^2 \leq 1$ تایید کننده اعتبار و صحت روابط می‌باشد.

در بررسی نتایج حاصل از رگرسیون وابسته به مکان و زمان در هر ایستگاه و تبدیل ضرایب غیر استاندارد به ضرایب استاندارد، به وضوح مشاهده می‌شود که روند تغییرات چگالی در لایه‌های عمقی، بیشتر متأثر از درجه‌ی حرارت می‌باشد تا میزان شوری. علت این امر می‌تواند اندک بودن روند تغییرات عمودی شوری در منطقه‌ی خلیج باشد، به طوری که حداکثر تغییرات عمقی شوری در خلیج ۴/۰۱ psu رخ می‌دهد در حالی که برای درجه‌ی حرارت 10.94°C است. با توجه به همبستگی نسبتاً قوی بین متغیرهای مستقل و وابسته (سطح اطمینان ۹۹٪)، می‌توان بایک ضریب اطمینان روابط فوق در هر ایستگاه را به روابط مستقل از مکان و ایستگاه، و وابسته به زمان با منشأ خطی به صورت زیر نوشت:

ساحلی)، این عامل و اختلاط ناشی از باد در زمان توفان، سبب ایجاد گرادیان غیریکنواخت عمودی چگالی و شوری در راستای عمود بر دهانه‌ی خلیج گردیده و لایه بندی آب شدت می‌یابد (شکل ۵). علاوه بر این افزایش میزان بارندگی و ورود رواناب‌ها به ایستگاه‌های ساحلی، سبب کاهش شوری قسمت‌های شمالی نسبت به دهانه‌ی خلیج می‌شود (شکل ۷). این امر موجب افزایش شیو لایه‌ی شیب شوری^۱ و شیب چگالی^۲ پس از وقوع توفان، در کل خلیج شده است. این لایه‌ها در عمق ۲ الی ۶ متری تشکیل می‌شوند که گرادیان شوری در این لایه 52/3 psu است. در نتیجه، لایه‌ی اختلاط آب خلیج در فاصله ۲ متری از سطح قرار دارد. پس از توفان، روند تغییرات افقی شوری، از ساحل به سمت دریا به مقدار اندکی کاهش می‌یابد. با توجه به نمودارها، تغییرات عمودی پارامترهای فوق در ایستگاه‌های نزدیک ساحل بیشتر از دهانه‌ی خلیج است و علت آن احتمالاً ناشی از محدوده‌ی مورد مطالعه است، به طوری که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر تعدیل نمک به وسیله‌ی جریان‌های ورودی دریای عمان به سمت خلیج، سریع‌تر صورت می‌گیرد. هرچه به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر پیش می‌رویم اثر تعدیل شوری توسط جریان‌های ورودی، کمتر مشاهده می‌شود.

پس از توفان، اختلاف شوری بین سطح و عمق در قسمت شمالی خلیج ۳/۸۵ قسمت در هزار و در جنوب خلیج ۰/۴۵ قسمت در هزار به دست آمده است. با توجه به این مطلب می‌توان بیان کرد که لایه بندی شدید خلیج پس از بادهای جنوب شرقی، به طور آشکاری در قسمت ساحلی خلیج اتفاق می‌افتد. عمق لایه‌ی اختلاط در قسمت‌های ساحلی بیشتر از آب‌های آزاد است و این امر می‌تواند جریان ژئوستروفیکی را در خلیج ایجاد کند.

^۱ Halocline^۲ Pycnocline

۳-۳-۲- ارزیابی و تحلیل آماری آزمون

بلوکی کاملاً تصادفی با زیرنمونه‌ی نامساوی

به منظور مقایسه‌ی مقادیر کمیت‌ها، بین ترانسکت‌ها از آزمون آماری بلوکی کاملاً تصادفی با زیرنمونه‌ی نامساوی^۱ و تست آماری نوکی استفاده شده است. برای از بین بردن اثر حد فاصل بین ایستگاه‌ها، تعداد ۵ بلوک^۲ موازی ساحل (شکل ۱)، هر کدام به فاصله ۲ دقیقه‌ای از یکدیگر در نظر گرفته شدند.

به منظور تعیین حدود اختلاف بین مقادیر متغیرهای ثبت شده و همچنین برهم کنش معنی دار، از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد. در آزمون تحلیل واریانس شرط برابری یا نابرابری واریانس‌ها، جهت دستیابی به برهم کنش‌های معنی دار مورد استفاده قرار گرفت. برای تصمیم‌گیری در رد یا قبول با فرض یکسان بودن متغیرها، معیار اندازه‌ی احتمال (P-Value) با سطح آزمون (P=0.05) و (P=0.01) بکار گرفته شد.

نتایج حاصل از تحلیل واریانس برای پارامترهای مختلف در ترانسکت‌های ۴ گانه و بلوک‌های ۵ گانه اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (P<0.05). نتایج حاصل از آزمون توکی ضمن تأیید تست بلوکی در تمام ترانسکت‌ها و بلوک‌ها نشان داد توزیع میانگین درجه حرارت قبل و پس از توفان به گونه‌ای است که همواره دمای بیشینه در شمال و غرب خلیج و مقادیر کمینه‌ای آن در شرق و جنوب خلیج دیده می‌شود. به عبارت دیگر توفان روی توزیع افقی این پارامتر اثر چندانی ندارد.

بررسی نتایج حاصل از شوری و چگالی در زمان باد غربی نشان داد که با پیش روی به ساحل بر میزان شوری آب افزوده و از مقدار چگالی آب کاسته می‌گردد. در محور شرقی-غربی نیز آب‌های کم شور در شرق و در

قسمت غربی آب‌هایی با مقدار شوری بیشتری قرار دارند، در حالی که آب‌های سنگین در شرق و آب‌های سبک در غرب خلیج حضور دارند.

توزیع شوری و چگالی پس از کاهش شدت باد جنوب شرقی، هم پوشانی معنی‌داری دارند. به صورتی که، آب‌های سبک، کم شور و تازه در غرب و شمال خلیج وجود دارند. با توجه به نتایج حاصل از آزمون آماری بلوکی کاملاً تصادفی با زیرنمونه‌ی نامساوی و مقایسه‌ی مقادیر کل پارامترها در هر ترانسکت و بلوک در این ۲ ماه، می‌توان چنین بیان کرد که الگوی گردش آب خلیج چابهار در اردیبهشت و خرداد ماه به صورت پادچرخندی و ساعت گرد^۳ است. آب‌های سبک با دمای بیشتر از دهانه‌ی غربی به صورت سطحی به خلیج وارد شده و در اثر تبخیر بر وزن آنها افزوده می‌شود و سپس با دمای کمتر و چگالی بیشتر از عمق دهانه‌ی شرقی خلیج خارج می‌شوند.

۴- نتیجه‌گیری

مشاهدات شوری و چگالی در خلیج چابهار، لایه بندی شدید آب، پس از توفان حاره‌ای گونو را نشان می‌دهد در حالی که این لایه بندی در زمان وزش بادهای غربی با این شدت و مقدار دیده نشده است. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون نشان داد، که دمای آب خلیج در توزیع عمودی و افقی چگالی آب اثر بیشتری می‌گذارد، در نتیجه گردش چگالی آب خلیج (گردش ترموهالاین^۴) بیشتر تحت تأثیر دمای آب است تا میزان شوری آب. نتایج حاصل از خطوط هم مقادیر شوری قبل از توفان، پدیده‌ی فراجوشی شوری را در اعماق خلیج نشان می‌دهد که منجر به کاهش شوری آب خلیج با عمق شده است.

³ Anticyclonic⁴ Thermohaline Circulation¹ Randomized Complete Block Design² Block

سطحی به خلیج وارد شده و در اثر تبخیر بر وزن آن افزوده می‌شود. این آب‌ها سپس همراه با دمای کمتر و چگالی بیشتر از عمق دهانه‌ی شرقی خلیج خارج می‌گردند.

با توجه به آزمون آماری بلوکی کاملاً تصادفی با زیرنمونه‌ی نامساوی و مقایسه‌ی مقادیر کل پارامترها در هر ترانسکت و بلوک در این ۲ ماه می‌توان چنین بیان کرد که الگوی گردش آب خلیج چابهار در اردیبهشت و خرداد ماه به صورت ساعت‌گرد است، به طوری که آب‌های سبک با دمای بیشتر از دهانه‌ی غربی به صورت

جدول (2) رابطه‌ی رگرسیون گیری مربوط به پارامتر وابسته زیگماتی

معادله	ضریب همبستگی بین عمق و زیگماتی	ضریب همبستگی بین درجه حرارت و زیگماتی	ضریب همبستگی بین شوری و زیگماتی	ماه
$\delta_T = 7.980 + .004d + (-.317)T + .670S$	031/0	-239/1	300/0	اردیبهشت 1386
$\delta_T = 4.210 + .004d + (-.329)T + .781S$	024/0	-619/0	433/0	خرداد 1386

δ_T زیگماتی (کیلوگرم بر متر مکعب)، d عمق (متر)، T : درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) و S : شوری (قسمت در هزار)

نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، 121 ص.

سماعی، ع. 1373. شناسایی شکم پایان کرانه‌های جزر و مدی خلیج چابهار و سواحل اطراف آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، 222 ص.

نیکویان، ع. 1376. بررسی تراکم، پراکنش، تنوع و تولید ثانویه بی‌مهرگان کفزی (ماکروبن‌توزها) در خلیج چابهار. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، 195 ص.

Chand S, Aung T, Rao S, 2003. Physical Properties of Southern Fiji Water. Japanese Fisheries Research Vessel, University of the South Pacific, Suva, Fiji.

Pous S. P, Carton X, Lazure P, 2004. Hydrology and Circulation in the Strait of Hormuz and the Gulf of Oman-Result from the GOGP99 Experiment: 1. Strait of Hormuz. J. Geophys. Res. 109: C12037.

منابع

اکسیری، ف. 1375. شناسایی و بررسی پراکنش پرتاران در خلیج چابهار، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال 140 ص.

حقیقی، ح. 1374. گزارش نهایی پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج چابهار. گزارش نهایی موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. 106 ص.

رحمتی، م. 1376. مطالعات رسوب شناختی، بوم شناختی و میکروفونسیک خلیج چابهار (ایستگاه بندر چابهار تا ایستگاه رادیویی)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم زمین، 301 ص.

سعیدپور، ب. 1373. شناسایی خرچنگ‌های منطقه جزر و مدی خلیج چابهار و سواحل اطراف آن. پایان