

مطالعه میدانی تغییرات جریان های زمین گرد در خلیج فارس

عبدالرضا ثابت عهد^۱، امین رئیسی^۲، مسعود ترابی آزاد^۳، حسام الدین مهرفر^۴

torabi_us@yahoo.com

- ۱- استادیار دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم
- ۲- دانشجوی دکتری دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز
- ۳- دانشیار دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، تهران
- ۴- دانشجوی دکتری دانشکده علوم پایه، دانشگاه آیت ا... بروجردی

چکیده

در این تحقیق نحوه محاسبه سرعت جریان زمین گرد در خلیج فارس مورد بررسی قرار می گیرد. برای این منظور تعداد ۲۰ ایستگاه که در نقاط مختلف خلیج فارس بر روی ده ترانسکت قرار دارند، در نظر گرفته شده است. اطلاعات حاصل از تحلیل داده ها نشان می دهد که مدل دو لایه مناسب ترین مدل برای بررسی جریان زمین گرد در خلیج فارس است. شیب مرز دو لایه در درون خلیج فارس در امتداد شمال- جنوب و به سمت سواحل ایران بوده و با نزدیک شدن به تنگه هرمز جهت شیب تغییر می کند. بنابراین تعادل زمین گرد در راستای شمال- جنوب برقرار است. نتایج حاصل از اندازه گیریهای به عمل آمده و مقایسه آن با نتایج مدل‌های ریاضی برای خلیج فارس، تطابق نسبتاً مناسبی را نشان داد. براساس نتایج ارائه شده در این تحقیق، سرعت جریانهای زمین گرد در فصل تابستان به طور میانگین ۰/۰۱ متر بر ثانیه می باشد.

واژگان کلیدی: جریان زمین گرد ، خلیج فارس ، مدل دو لایه

تاریخ دریافت مقاله : ۹۶/۱۰/۲۸

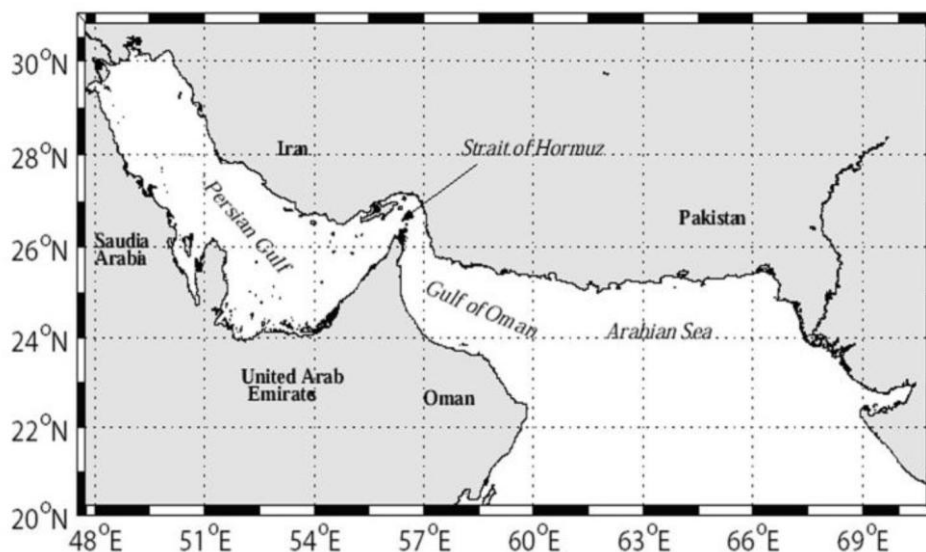
تاریخ پذیرش مقاله : ۹۷/۰۶/۱۹

مقدمه

جانشین آبهای غلیظ با شوری زیاد (برای نمونه PSU ۴۰-۴۱) می شود و از مناطق وسیع کم عمق سواحل کشورهای عربی حاشیه جنوبی خلیج به سمت تنگه هرمز و دریای عمان در حال جریان است، مناطق مجاور بحرین و قطر بسیار کم عمق اند و اغلب عمقی در حد چند متر دارند. در این مناطق است که درجه شوری آب می تواند تا حد PSU ۵۰ نیز افزایش یابد. به خاطر وضعیت طبیعی باز تنگه هرمز (عرض ۷۰ کیلومتر، عمق ۱۰۰ متر و بدون گرفتگی)، خلیج فارس و دریای عمان به طور هماهنگ به نیروهای باد واکنش نشان می دهند. در نتیجه به خاطر بادهای متفاوت می توان انتظار تغییرات شدیدی در سطح آب خلیج را داشت. [۱ و ۲]

هدف از این تحقیق مطالعه میدانی جریان های زمین گرد و نقش عوامل به وجود آورنده این جریان ها در خلیج فارس می باشد. در این مقاله سعی شده تا با تحقیق در مورد میزان تغییرات چگالی آب با عمق و بررسی چگونگی این تغییرات در خلیج فارس، سرعت جریان ژئوستروفیکی را محاسبه کرده و به بحث و بررسی در مورد آن بپردازیم.

خلیج فارس یک حوضه آبی نیمه بسته است و میانگین عمق آن ۳۵ متر برآورد شده است. دریای عمان نیز در شمال غربی اقیانوس هند و در نزدیکی دریای عرب واقع شده و L شکل می باشد. (شکل ۱) خلیج فارس در جهت شمال غرب- جنوب شرق قرار گرفته و بین عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ تا ۵۶ درجه شرقی واقع شده است، دریای عمان نیز در عرض جغرافیایی ۲۶ تا ۳۲ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ تا ۶۲ درجه شرقی قرار گرفته است. بیشترین عمق خلیج فارس ۹۰ متر است، در حالیکه در تنگه هرمز بیشتر از ۱۰۰ متر هم دیده می شود. [۱] این خلیج از راه تنگه هرمز که تنگه ای است عریض و عمیق با دریای عمان ارتباط دارد و برخلاف دریای مدیترانه و دریای سرخ هیچ گونه مانعی باعث محدودیت در تبادل آب آن با دریاهای مجاور نمی شود. یکی از مهمترین موارد گردش آب در خلیج فارس ناشی از آب جریان یافته با شوری نسبتاً کمتر (PSU ۳۶-۳۷) از طرف دریای عمان در قسمت شرقی در طول سواحل ایران است که



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی خلیج فارس، تنگه هرمز و دریای عمان [۸]

مناطق ساحلی ایران و عربستان سعودی و وزش بادهای غالب شمال غربی سبب ایجاد و جت ساحلی در این مناطق می شود. [۳] Johns و همکارانش جریان های ورودی و خروجی تنگه هرمز را برای یک مدت طولانی از دسامبر ۱۹۹۶ تا مارس ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار داده و نشان دادند یک جریان ورودی با دما و شوری پایین از

جریان آب در خلیج فارس فصلی است و بطور زیادی به بادهای و رانش چگالی بستگی دارد. از برخورد جریان آب ورودی از تنگه هرمز با شوری بیشتر با آب با شوری کمتر رودخانه های شمالی خلیج فارس در ناحیه ی میانی آن ناحیه جبهه ای بوجود می آید که نا پایداری باروکلینیکی همراه است. انتقال توده آب بر اثر تعادل ژئوستروفیک به

فرآیند در کل تنگه هرمز و مخصوصاً در خلیج فارس مشاهده می‌شود. سرمایه زمستانی باعث به وجود آمدن یک توده آب چگال تر در نواحی کم عمق جنوبی خلیج فارس با چگالی بیش از ۱۰۳۲ کیلوگرم بر متر مکعب می‌شود، که با جریان خروجی عمیق به طرف تنگه هرمز حرکت می‌کنند. نتیجه این افزایش چگالی در دوره زمانی دی ماه تا خرداد ماه دیده می‌شود. در نتیجه تأخیر سه ماهه‌ای بین شکل‌گیری توده آب چگال در آب‌های کم عمق و مشاهده‌ی آن در تنگه هرمز وجود دارد. [۱۰] در فصل بهار، اختلاف چگالی‌ها در عرض تنگه مقدار حداکثر خود را دارد. در این فصل جریان‌های ورودی شروع به شکل گرفتن می‌کنند و به سمت خلیج فارس حرکت می‌نمایند و حتی به نواحی سطحی جنوب تنگه هرمز نیز وارد می‌شوند. نکته مهم این است که آب‌های سطحی خلیج فارس و تنگه هرمز در زمستان شورتر از تابستان است. افزایش جریان ورودی سطحی به خلیج فارس از دریای عمان می‌تواند دلیل شوری کمتر آب‌های سطحی شمال تنگه هرمز و خلیج فارس باشد. [۱۱] گردش فصلی خلیج فارس با شکل‌گیری آب چگال عمقی در جنوب خلیج در فصل پاییز و زمستان مرتبط است که در تنگه در اواخر زمستان و اوایل بهار دیده می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که به وجود آمدن آب عمقی چگال در خلیج فارس می‌تواند به دلیل سرد شدن سطحی آب‌های شور در فصل پاییز و شروع فصل زمستان باشد. جریان خروجی خلیج فارس در کل سال نسبتاً پایدار است و می‌توان انتقال $0/15$ سوردراپ و شوری متوسط $39/5$ psu را برای آن در نظر گرفت. شوری این جریان خروجی در فصول مختلف تغییر قابل ملاحظه‌ای دارد و بیشترین تغییرات را در فصل زمستان نشان می‌دهد که جریان خروجی دارای شوری $39/5$ psu تا $40/8$ psu است. [۱۲ و ۱].

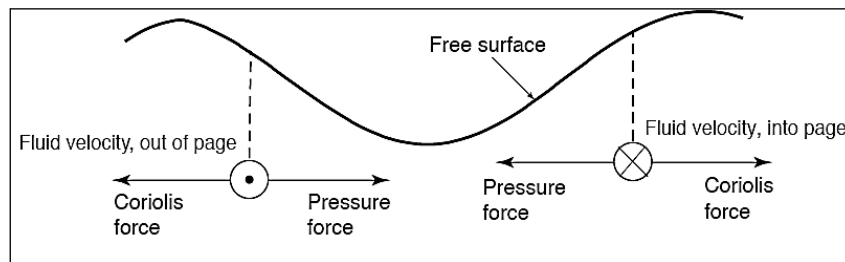
Ahmad و Sultan میانگین سالیانه شارش گرمایی سطحی در خلیج فارس و خالص گرمایی انتقال داده شده به تنگه هرمز را معادل 168 وات بر مترمربع تخمین زدند. دوره طولانی تبخیر و دمای پایین تر دهانه خلیج فارس مخصوصاً در زمستان باعث اختلاف چگالی و گرادیان افقی فشار در شرق و غرب خلیج فارس می‌شود. در نهایت یک جریان سطحی ورودی در تنگه هرمز که چگالی کمتری دارد و یک جریان خروجی چگال تر در جهت معکوس و عمیق تر ایجاد می‌گردد. [۱۳] Sanchez و همکاران

دریای عمان از طریق شمال تنگه هرمز وارد خلیج فارس می‌شود. [۵ و ۴] Pous و همکاران نتایج تحقیقات گشت GOGP99 را در تنگه هرمز بررسی کردند و نتیجه گرفتند آب سطحی اقیانوس هند که سردتر و شیرین‌تر از آب‌های منطقه است از طریق سواحل ایران و با عمق 30 تا 60 متر از طریق تنگه وارد خلیج فارس می‌شود و شورترین آب‌ها نیز که از قسمت جنوبی تنگه از نزدیکی سواحل امارات متحده عربی و عمان از تنگه خارج می‌شود در عمق‌های پایین (50 متر تا 100 متر) قرار دارند. Pous و همکاران سرعت جریان‌های خروجی را کمتر از $0/4$ متر بر ثانیه نشان دادند و سرعت ژئوستروفیک را نیز در یک سطح مرجع 30 متری $0/09$ متر بر ثانیه برآورد کردند. [۶] جریان ورودی از دریای عمان به تنگه هرمز تحت تأثیر نیروی کوریولی به سمت شمال تنگه در سواحل ایران منحرف می‌شود. این جریان در حرکت به سمت خلیج فارس در سطح حرکت می‌کند که این حرکت به دلیل چگالی کمتر آب‌های این ناحیه نسبت به آب‌های اطراف در خلیج فارس است. سرعت این جریان در سطح به 10 تا 20 سانتی‌متر بر ثانیه می‌رسد. [۷] تبخیر و تابش باعث افزایش دما و شوری و تشکیل جریان ترموهالینی در این ناحیه می‌شود. افزایش چگالی باعث عمقی شدن و تولید جریان ترموهالینی و حرکت آن به سمت تنگه هرمز می‌شود. در این حالت چگال‌ترین آب در اطراف سواحل بحرین با بیش از 1033 کیلوگرم بر متر مکعب دیده شده است. این جریان‌های عمقی به سرعت 5 تا 10 سانتی‌متر بر ثانیه در خلیج فارس می‌رسند ولی در هنگام عبور از تنگه هرمز به حدود سرعت 20 تا 30 سانتی‌متر بر ثانیه می‌رسند. [۸] در فصل پاییز جریان ورودی تنگه هرمز با ناپایداری دینامیکی همراه است، در این فصل به دلیل ورود به فصل سرد و سرد شدن آب‌ها در قسمت‌های جنوبی آب چگال تری به وجود می‌آید که چگالی آن به طور محلی از 1030 کیلوگرم بر متر مکعب بیشتر می‌شود. در این فصل پیچک‌های میان‌مقیاس در عمق 20 متری و در طول جبهه چگال به وجود می‌آیند. آب چگال از آب‌های کم عمق قسمت‌های جنوب خلیج فارس به آرامی به سمت جریان عمقی چگال کشیده می‌شود و در نهایت تنگه هرمز و خلیج فارس را در بر می‌گیرد. [۹] در فصل زمستان، گردش سطحی ناشی از حرکت آب به پیچک‌های میان‌مقیاس تجزیه می‌شود. این

اقیانوسی می شوند. لایه های مختلف با داشتن چگالی های متفاوت، باعث حرکت آب از لایه ای با چگالی بیشتر به سمت لایه ای با چگالی کمتر و در نتیجه ایجاد جریانی به نام زمین گرد می شوند. جریان زمین گرد بعنوان یکی از جریانهای مهم و بزرگ مقیاس در اقیانوسها و دریاها سرمنشأ بسیاری از تغییرات می باشد. این جریان با تقریب مناسبی از تعادل دو نیروی گرادیان فشار و کوریولیس حاصل می گردد. (شکل ۲)

جریان های زمینگرد سطحی اقیانوس ها را با استفاده از داده های ارتفاع سنجی ماهواره ای مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور از اطلاعات ژئوئید ماهواره GOCE و مشاهدات ارتفاع سنجی ماهواره های (I/2, GEOSAT) (T/P, Jason I/2, ERS-1) استفاده کردند و سپس نتایج را با مدل گردش عمومی اقیانوسی مقایسه کردند که از مطابقت خوبی برخوردار بود. [۱۴]

عوامل بسیار زیادی از قبیل باد، جزر و مد، چگالی و گرادیان فشار باعث به وجود آمدن جریانهای دریایی و



شکل (۲) تعادل دو نیروی گرادیان فشار و کوریولیس

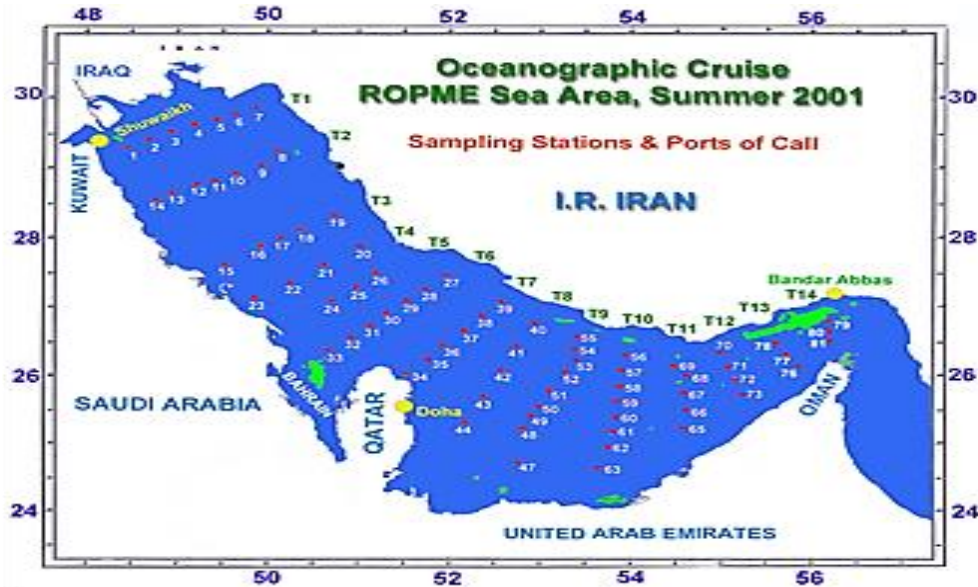
معادله حرکت این جریان عبارت است از:

$$\begin{cases} fv = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \end{cases} \quad (1)$$

پذیرفت. با توجه به شکل زیر، ترانسکت های ۱ و ۲ به دلیل واقع شدن در انتهای خلیج، تحت تأثیر وزش باد و دبی رودخانه اروند قرار دارند و همچنین به علت داشتن عمق کم و محسوس بودن اصطکاک بستر، گرادیان چگالی محسوس ندارند. بنابراین گرادیان فشاری هم وجود نخواهد داشت، و به همین دلیل آنها را در نظر نمی گیریم. ترانسکت های ۳ تا ۱۲ دارای چنین مشکلاتی نیستند لذا انتخابی مناسب برای محاسبه سرعت جریان زمین گرد

مواد و روش ها

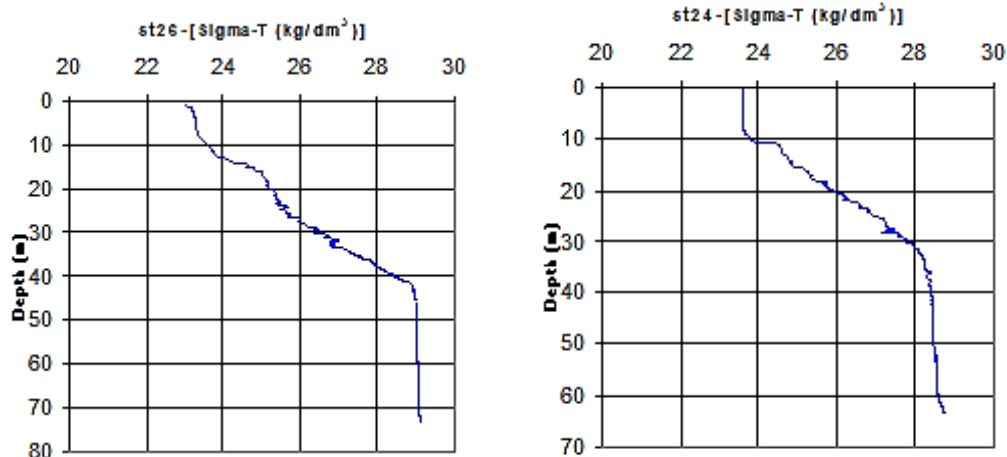
به منظور مطالعه جریان های زمین گرد در خلیج فارس از داده های گشت دریایی ROPME که توسط کشتی تحقیقاتی قدس (متعلق به سازمان بنادر و کشتیرانی ایران) در تابستان ۲۰۰۱ جمع آوری گردیده، استفاده می کنیم. گشت فوق در ۶ آگوست سال ۲۰۰۱ از تنگه هرمز شروع و در ۲۸ آگوست به بندر الشیوخ کویت خاتمه یافت. حاصل این گشت تحقیقاتی جمع آوری اطلاعات در ۸۰ ایستگاه بود که در ۱۴ ترانسکت طی ۲ مرحله انجام می باشند. حال با مطالعه نمودارهای چگالی پتانسیلی و داده های موجود، اطلاعات مورد نیاز را استخراج می کنیم.



شکل (۳) موقعیت ایستگاههای نمونه برداری شده

هر یک از ترانسکت های ۳ تا ۱۲ دو ایستگاه را با فاصله ای مناسب اختیار کرده و با توجه به موقعیت آنها و داده های چگالی پتانسیل، شیب مرز دو لایه را استخراج کرده و به محاسبه سرعت جریان زمین گرد می پردازیم. نمودارهای زیر نمونه ای از تغییرات چگالی پتانسیل با عمق را در ایستگاههای ۲۴ و ۲۶ نشان می دهند.

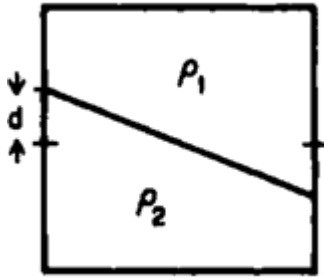
اطلاعات حاصل از تحلیل داده ها نشان می دهد که شیب مرز دو لایه در درون خلیج فارس در امتداد شمال- جنوب و به سمت سواحل ایران بوده و با نزدیک شدن به تنگه هرمز جهت شیب تغییر می کند. با توجه به این موضوع می توان چنین نتیجه گرفت که تعادل زمین گرد در خلیج فارس در امتداد شمال- جنوب است. سپس بر روی



شکل (۴) تغییرات چگالی پتانسیل با عمق را در ایستگاههای ۲۴ و ۲۶

میان هر دو ایستگاه مورد نظر و همچنین با توجه به چگالی پتانسیل آنها، سرعت جریان زمین گرد به کمک معادله مارگول محاسبه می شود.

روش محاسبه سرعت جریان زمین گرد
با توجه به موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه می توان فاصله هر دو ایستگاه مورد نظر را بدست می آورد. این مقادیر در جدول زیر با ذکر نام هر دو ایستگاهی که می خواهیم سرعت جریان زمین گرد را برای آنها حساب کنیم، آورده شده است. سپس با توجه به اختلاف عمق مرز دو لایه،

شکل (۵) چگالی لایه فوقانی ρ_1 و چگالی لایه زیرین ρ_2

$$V_g = \frac{g}{f} \left[\frac{\Delta\rho}{\rho_2} \times \frac{\Delta h}{\Delta x} \right], \quad (\Delta\rho = \rho_2 - \rho_1) \quad (2)$$

$$\left(\sigma = \rho - 1000 \frac{kg}{m^3}, \quad d = \Delta h \right)$$

جدول (۱) ایستگاههای مورد نظر و سرعت جریان زمین گرد محاسبه شده در هر ترانسکت

ردیف	ترانسکت	σ	σ'	عمق مرز دو لایه	la(deg)	la(km)	Trans	$(m/s) V_g$
1	ST16	25.780	27.152	38.64	27.882	431.108	T_3	2.05×10^{-2}
	ST19	25.042	28.582	41.29	28.349	482.933		
2	ST20	24.837	28.770	45.36	27.893	432.262	T_4	1.76×10^{-2}
	ST22	25.925	28.568	42.87	27.385	375.881		
3	ST24	26.276	28.515	37.43	27.156	389.236	T_5	4.26×10^{-2}
	ST26	25.932	29.035	42.01	27.893	432.262		
4	ST27	24.192	25.390	45.26	27.476	385.930	T_6	4.29×10^{-2}
	ST29	25.675	29.001	32.85	27.128	374.384		
5	ST36	24.492	28.035	43.70	26.464	237.585	T_7	4.61×10^{-2}
	ST39	23.980	28.751	55.58	27.113	340.620		
6	ST40	23.820	28.817	52.84	26.782	308.867	T_8	1.17×10^{-2}
	ST42	25.972	26.965	49.28	25.797	199.505		
7	ST50	25.084	26.749	28.69	25.564	173.760	T_9	3.25×10^{-2}
	ST55	24.244	29.054	52.13	26.599	288.559		
8	ST56	26.701	29.150	58.29	26.330	285.715	T_{10}	3.33×10^{-2}
	ST59	25.561	27.922	49.64	25.646	182.829		
9	ST67	25.448	26.290	51.69	25.779	197.549	T_{11}	2.28×10^{-2}
	ST69	25.918	28.776	48.81	26.140	237.648		
10	ST70	23.635	26.096	37.64	26.351	261.097	T_{12}	-1.89×10^{-1}
	ST72	24.539	28.446	58.62	25.952	216.730		

همچنین تغییرات سرعت عمودی جریان زمین گرد و زاویه چرخش آن با عمق به شکل زیر است:

$$\frac{\partial w}{\partial z} = \frac{\beta V_g}{f} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = w \frac{\partial \rho}{\partial z} \left(\frac{g}{\rho f V_g} \right)$$

در اینجا نیز با تقریبی مناسب نرخ تغییرات سرعت عمودی جریان زمین گرد و زاویه چرخش آن با عمق، برای خلیج فارس محاسبه شده است. f ، پارامتر کریولیس، به طور تقریبی ثابت فرض شده است.

$$\frac{\partial w}{\partial z} = 3.14 \times 10^{-9} s^{-1}$$

(۴)

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} \approx 8.13 \times 10^{-7}$$

جهت چرخش نیز به دلیل قرار گرفتن در نیمکره شمالی به سمت راست است.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نمودارهای چگالی، مدل دو لایه مناسبترین مدل برای محاسبه سرعت جریان زمین گرد در خلیج

[5]Johns W.E. and D.B. Olson.1998. Observations of Seasonal Exchange through the Strait of Hormuz, *Oceanography*, 11, 58.

[6]Pous.S.P. X. Carton, P. Lazure ,2004, Hydrology and circulation in the Strait of Hormuz and Gulf of Oman —Results from the GOGP99, *Geophys.Res.*,109,c12037

[7]Reynolds R.M.1993. Physical Oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman-Results from the Mt- Mitchell Expedition, *Mar Pollution Bull.*, 27, 35-59.

[8]Swift S.A. and A.S. Bower.2003. Formation and circulation of dense water in the Persian Gulf, *J. Geophys. Res.*, 108(C1), doi:10.1029/2002JC001360

[9]Bower A.S., H.D. Hunt and J.F. Price.2000. Character and dynamics of the Red Sea and Persian Gulf outflows, *J. Geophys. Res.*, 105(C3), 6387-6414.

[10]Chao, S. Y., T.W. Kao, and K. R. Al-Hajri .1992. A numerical investigation of circulation in the Persian Gulf, *J. Geophys. Res.*, 97(C7), 11,219–11,236.

[11]Matsuyama M., T. Senjyu, T. Ishimaru, Y. Kitade, Y. Koike, A. Kitazawa, T. Miyazaki and H. Hamada.1994. Density front in the Strait of Hormuz, *J. Tokyo Univ. Fisheries*, 81, 85-92.

[12]Matsuyama M., Y. Kitade, T. Senjyu, Y. Koike and T. Ishimaru.1998. Vertical structure of a current and density front in the Strait of Hormuz, in *it Offshore Environment of the ROPME Sea Area after the war-related oil spill*, edited by A. Otsuki, M.Y. Abdulraheem and R.M. Reynolds, Terra Sci. Publ. Co., Tokyo, 23-34.

[13]Ahmad F. and S.A.R. Sultan.1990. Annual mean surface heat fluxes in the Persian Gulf and the net heat transport through the Strait of Hormuz”, *Atmosphere-Ocean*, 29, 54-61.

[14] J. M. Sanchez-reales, M. I. Vigo, S. Jin and B. F. Cha, 2012, Global Surface Geostrophic Ocean Currents Derived from Satellite Altimetry and GOCE Geoid, *Marine Geodesy*, 35(S1):175–189

[15]Farzanh, Saeid , Noroozi, Tayebe , Parvazi, Kamal , “Investigation of Geostrophic and Ekman surface current using satellite altimetry observations and surface wind in Persian Gulf and Oman Sea”, 2018, *Journal of the Earth and Space Physics*, DOL: 10.22059/JESPHYS.2018.244979.1006938

فارس است. شیب مرز دو لایه به طور میانگین در امتداد شمال- جنوب می باشد لذا در این امتداد تعادل زمین گرد برقرار است. با استفاده از داده های ۲۰ ایستگاه در منطقه خلیج فارس و همچنین محاسبه شیب بین دو لایه با در نظر گرفتن تغییرات چگالی و عمق در راستای طول جغرافیایی مقادیر سرعتهای جریان زمین گرد در فصل تابستان به دست آمدند. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج حاصل از مدل های ریاضی ارائه شده برای جریان های زمینگردوار در خلیج فارس توسط زاهدی و همکاران (۱۳۸۳) [۲] و همچنین محاسبات انجام شده بر اساس داده های ماهواره ای توسط فرزانه و همکاران (۱۳۹۶) [۱۵]، مقایسه شد و تطابق نسبتاً مناسبی را نشان داد. براساس نتایج ارائه شده در این تحقیق، سرعت جریانهای زمین گرد در فصل تابستان به طور میانگین 10^{-2} m/s می باشد. در ترانسکت ۱۲ که نزدیک به دهانه تنگه هرمز است، سرعت محاسبه شده برای جریان زمین گرد دارای علامت منفی می باشد، که این به خاطر وضعیت طبیعی و باز تنگه هرمز است. در این ناحیه، خلیج فارس و دریای عمان به طور هماهنگ به نیروهای باد واکنش نشان داده و در نتیجه تغییرات شدیدی را در سطح آب به وجود می آورند. همچنین جریانهای ورودی و خروجی از تنگه هرمز نیز تأثیر گذار می باشند. علاوه بر این نرخ تغییرات سرعت عمودی جریان زمین گرد و زاویه چرخش آن با عمق نیز محاسبه شده است.

منابع

[۱] ترابی آزاد، مسعود، صمد حمزه ای، "مطالعه میدانی جریان های شمال تنگه هرمز"، *مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره هجدهم، شماره یک، ۱۳۹۵

[۲] زاهدی، رفیعه ، ترابی آزاد، مسعود ، " مدلی برای جریان زمینگردوار و تعیین سرعت آن در خلیج فارس"، *مجله علوم و فنون دریایی ایران*، ۱۳۸۴.

[3]Torabi Azad, Masoud., Hesam Mehrfar, “Seasonal variation of coastal jets in the Persian Gulf using field studies”, 2017, *Research in Marine Sciences*, vol.2, pp.106-111

[4]Johns W.E., F. Yao, D.B. Olson, S.A. Josey, J.P. Grist and D.A. Smeed.2003. Observations of seasonal exchange through the Straits of Hormuz and the inferred heat and freshwater budgets of the Persian Gulf. *J. Geophys. Res.*, 108, C12, 3391.