اقیانوس‌شناسی/ سال اول/ شماره ۱/ بهار ۱۳۸۹/ ۲۴/۶-۱۹

مدل‌سازی عددی سه بعدی گردش‌آب در تنگه هرمز

مسعود صدری‌نسب

دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی، گروه فیزیک دریا

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۸۹، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

خلیج فارس یکی از مهمترین آبراه‌های جهان است که کشورهای موجود در این حوزه، دو سوم نفت جهان را تأمین می‌کنند. این خلیج از طریق تنگه هرمز به دریای عمان و اقیانوس هند متصل می‌شود. گردش آب خلیج فارس و تنگه هرمز با توجه به کاربرد آن در کشتیرانی، شیلات و تخمین نحوهٔ انتشار آلودگی همیشه از اهمیت زیادی برخوردار بوده است، به همین دلیل از سال ۱۹۱۸ تاکنون مطالعات زیادی در خصوص نحوه گردش آب در خلیج فارس و تنگه هرمز صورت گرفته است. به گفته (Alhajiri, 1991) در هر ۶ دقیقه یک کشتی اقیانوس پیما از این تنگه می‌گذرد که این خود نشان از اهمیت بسیار زیاد این تنگه است. گردش آب در تنگه هرمز به صورتی است که آب دریای عمان از سطح و از سمت سواحل ایران به بالادست خلیج فارس جریان می‌یابد و آب نسبتاً شورتر خلیج فارس از لایه‌های پایینی و از سمت کشور عمان به خلیج عمان می‌ریزد. هدف از این مطالعه، بررسی نحوه گردش آب در تنگه هرمز با استفاده از مدل سه بعدی هیدرودینامیکی کوهیرنس (Luyten et al, 1999) است که در ۱۰ لایه از سطح تا بستر گردش آب مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. در این مدل، داده‌های هواشناسی ۵۴ ساله به‌صورت میانگین روزانه بکار گرفته شده و همچنین چهار مؤلفه اصلی جزرومد O1, K1, S2, M2 در مدل اعمال شده‌اند. مدل مذکور به‌صورت روزانه، الگوی جریان از سطح تا بستر را براساس تغییرات چگالی و شوری و تبادل باروکلینیکی بین گرادیان فشار و گرادیان چگالی را محاسبه و شبیه‌سازی نموده است. پیش‌بینی‌های به‌عمل آمده توسط مدل با مشاهدات میدانی در تنگه هرمز مقایسه شده که دارای توافق بسیار خوبی هستند.

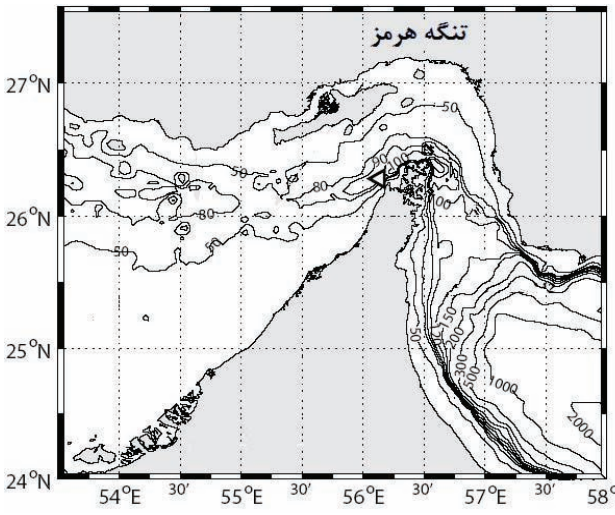
کلمات کلیدی: تنگه هرمز، چرخش آب، مدل‌سازی عددی، خلیج فارس

۱. مقدمه

خلیج فارس یک محیط نیمه بسته کم عمق دریایی است که از نظر نظامی، اقتصادی و سیاسی یکی از آبراه‌های بسیار مهم راهبردی در جهان بشمار می‌رود. این خلیج از طریق تنگه هرمز به خلیج عمان و اقیانوس هند متصل می‌شود. تنگه هرمز تقریباً در موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی واقع شده است. اهمیت این تنگه از آنجا آشکار می‌شود که در هر شش دقیقه یک کشتی اقیانوس پیما از این تنگه عبور می‌نماید (Alhajiri, 1991). عرض تنگه هرمز ۵۶km و متوسط و بیشترین عمق آن به ترتیب ۹۰ متر و ۱۱۰ متر است (شکل ۱).

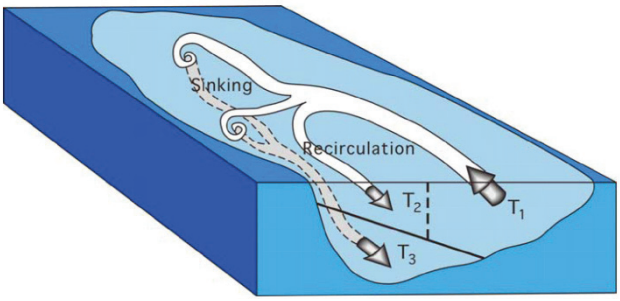
وضعیت جوی این خلیج شامل بادهای شمال غربی همراه با تغییرات فصلی است که در خلیج عمان دیده می‌شود. دمای آب خلیج فارس در تنگه هرمز در تابستان بین ۳۴ـ۳۲ درجه سانتیگراد و در زمستان بین ۲۰ـ۱۸ متغیر است. به‌علت بالا بودن میزان نرخ تبخیر سطحی آب نسبت به میزان ورودی آب شیرین از طریق بارش و رودخانه‌ها خلیج فارس یک خور معکوس به

شمار می‌رود (Reynolds, 1993).



شکل ۱ـ نقشه منطقه مورد مطالعه

میزان تبخیر سطحی در آب‌های خلیج فارس توسط محققان (Privett, 1959) (Meshal & Hassan, 1986) بین ۱/۴۴ تا ۲/۵ متر در سال تخمین زده شده است. این در حالی است که ورودی رودخانه‌ها بین ۰/۱۵ تا ۰/۴۶ متر در سال و میزان بارش نیز ۰/۰۷ تا ۰/۱ متر در سال محاسبه شده است، که جمع این دو از میزان تبخیر بسیار بسیار کمتر است. واقع شدن خلیج فارس و کم‌عمق بودن آن همراه با تبخیر بالا، به علاوه تبادلات محدود آب در تنگه هرمز باعث شکل‌گیری توده آب متراکم و شور در خلیج فارس شده است که بدین ترتیب خلیج فارس به‌عنوان یک خور معکوس عمل می‌کند. از اطلاعات موجود استنباط می‌شود که به‌دلیل نرخ بسیار بالای تبخیر سطحی در خلیج فارس، آب کم شورتر و سبکتر دریای عمان برای جبران میزان آب تبخیر شده، از سطح و از ناحیه شمالی تنگه هرمز وارد خلیج فارس می‌شود که از سمت سواحل ایران در جهت بالا دست خلیج فارس جریان پیدا می‌کند. همچنین خروجی آب شور و سنگین شده خلیج فارس از قسمت جنوبی تنگه هرمز به دریای عمان می‌ریزد (Sadrinasab & Kaempf, 2004). با توجه به اینکه تنگه هرمز از نظر اقتصادی، سیاسی و نظامی یکی از آبراه‌های مهم در دنیا به شمار می‌رود، از دیر باز دانستن گردش آب در این تنگه مورد نظر بوده است. در یکی از مطالعات اخیر، (Johns et al, 2003) با نصب یک دستگاه ADCP از دسامبر ۱۹۹۶ تا مارس ۱۹۹۸ در تنگه هرمز، نتایج اولین اندازه‌گیری طولانی مدت جریان در منطقه خلیج فارس ارئه نمودند. این محققان بر روی تبادل آب خلیج فارس و دریای عمان تحقیق، که نتیجه آن در شکل ۲ خلاصه شده است. این محققان معتقدند که خروجی آب از تنگه هرمز به صورت سالیانه وجود دارد و مقدار آن در طول سال تقریبا ثابت است.



شکل ۲ـ نحوه گردش آب در منطقه خلیج فارس و تنگه هرمز توسط (Johns et al, 2003)

نویسندگان مقاله فوق معتقدند که آب نسبتاً کم شورتر دریای عمان از سطح و از سمت سواحل ایران وارد تنگه هرمز می‌شود و تا شمال خلیج فارس حرکت می‌کند (T_1). قسمتی از آب ورودی با آبهای خروجی از لایه‌های میانی تنگه هرمز خارج می‌شود (T_2). آبهای سنگین شده و شور شمال غربی و جنوب شرقی خلیج فارس از بستر به‌سمت تنگه هرمز جریان پیدا می‌کنند و سرانجام از لایه‌های عمقی در کنار سواحل عمان از تنگه هرمز خارج می‌شوند (T_3).

هدف از این تحقیق حاضر، شبیه‌سازی سه بعدی گردش آب در تنگه هرمز با استفاده از مدل هیدرودینامیکی سه بعدی کوهیرنس (COHERENS) است.

۲. روش کار

در این مطالعه از مدل سه بعدی هیدرودینامیکی COHERENS[1] استفاده شده که در آن از مختصات سیگمای عمودی بهره‌گیری شده است. همچنین در این مدل از ۱۰ لایه و فضای شبکه‌ای کارتیزین استفاده شده است. عمق‌سنجی و مکان‌های ساحلی براساس اطلاعات ETOPO-2 استوار است که

[1] Coupled Hydrodynamical Ecological model for REgioNal Shelf seas

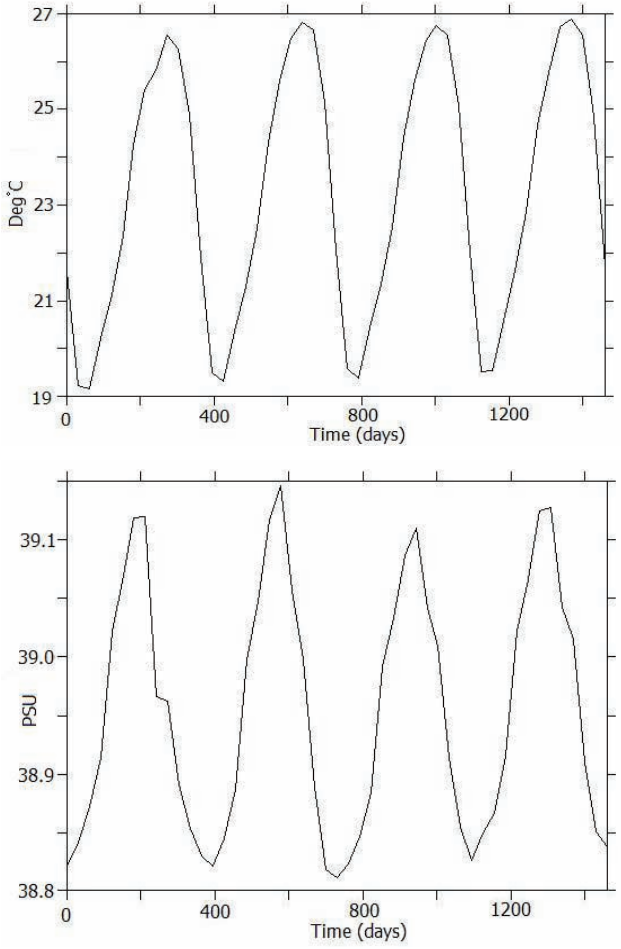
بر روی یک شبکه ۴ دقیقه‌ای پردازش شده‌اند. کمترین عمق آب بکار گرفته شده در مدل ۳ متر و بیشترین عمق آب محدود به ۴۰۰ متر در دریای عمان است. در مدل مذکور پارامترهای جوی که شامل درجه حرارت هوا، سرعت و جهت باد، رطوبت نسبی، پوشش ابر و میزان بارش هستند به‌صورت میانگین روزانه لحاظ شده‌اند. مدل دارای ۲ مرز باز در دریای عمان و خلیج فارس است که داده‌های درجه حرارت و شوری این مرزها از مقاله Alessi (1999) استخراج و در مدل اعمال شده است. همچنین در این مدل ۴ مولفه اصلی جزرومد O1، K1، S2، M2 بکار گرفته شده‌اند. مدل مذکور برای مدت ۲۰ سال اجرا شده تا به حالت پایدار رسیده است. سپس مدل برای یک سال دیگر اجرا شده است تا گردش آب در تنگه هرمزرا برای یکسال شبیه‌سازی نماید.

۳. نتایج و بحث

مدل مذکور برای ۲۰ سال اجرا شده تا طی آن رژیم گردش آب به‌همراه دیگر خواص توده آب به یک چرخه پایدار برسند. بعد از رسیدن به حالت پایدار اگر برای هر نقطه از شبکه مورد استفاده در شبیه‌سازی نمودار دما و شوری را نسبت به زمان رسم کنیم یک شکل تکرارپذیر خواهیم داشت که نشان‌دهنده رسیدن مدل به حالت پایدار است. شکل ۳ دما وشوری پیش‌بینی شده توسط مدل در تنگه هرمز را نشان می‌دهد که به یک چرخه تکرارپذیر رسیده‌اند و نشان می‌دهد که مدل به حالت پایدار رسیده است.

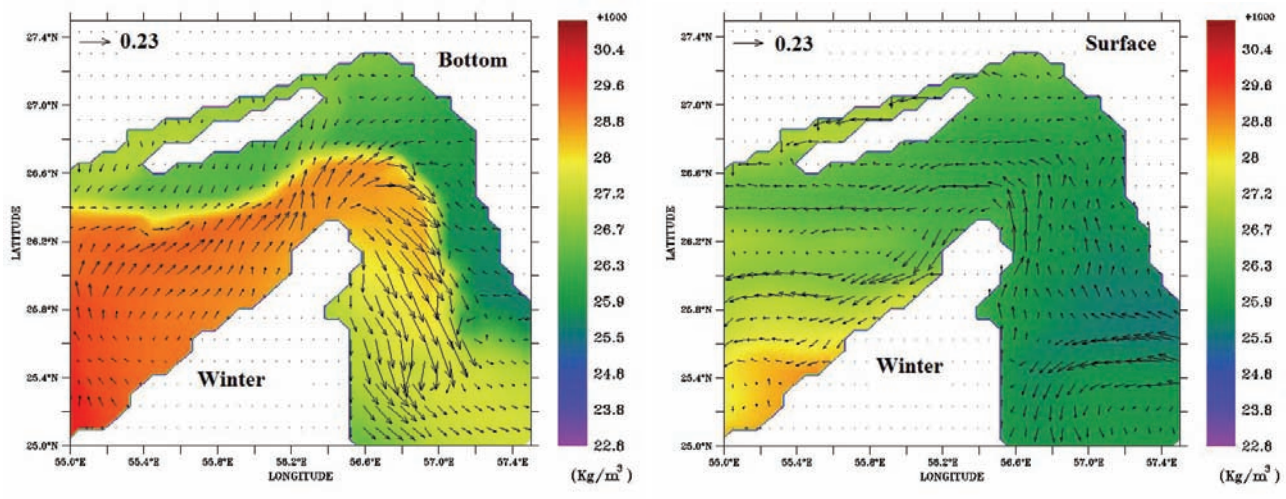
شکل ۴ پیش‌بینی جریان بر روی تغییرات چگالی توسط مدل برای فصل زمستان در لایه‌های سطحی و بستر را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این اشکال مشهود است، چگالی سطحی در فصل زمستان تقریباً در تمام نواحی تنگه هرمز ثابت و مقدار آن تقریباً ۱۰۲۶ کیلوگرم بر متر مکعب است. در ناحیه غرب تنگه، نزدیک سواحل امارات، چگالی به مقدار ۱۰۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب نیز می‌رسد. روند کلی تغییرات چگالی در این فصل به‌صورتی است که از سمت شرق به سمت غرب، بر میزان چگالی آب افزوده می‌شود.

همان‌طور که در شکل مذکور نشان داده شده است، چگالی بستر در فصل زمستان به دو ناحیه کاملاً مجزا تقسیم گردیده است. یک ناحیه در شمال تنگه که شامل جریان‌های ورودی از دریای عمان است، دارای چگالی پایین‌تری نسبت به چگالی خلیج فارس است و ناحیه دیگر درجنوب تنگه قرار دارد که شامل جریان‌های خروجی آبهای شور از خلیج فارس است. چگالی آب در ناحیه شمالی بین ۱۰۲۶ تا ۱۰۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب و در ناحیه جنوبی بین ۱۰۲۸ تا ۱۰۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب تغییر می‌کنند.

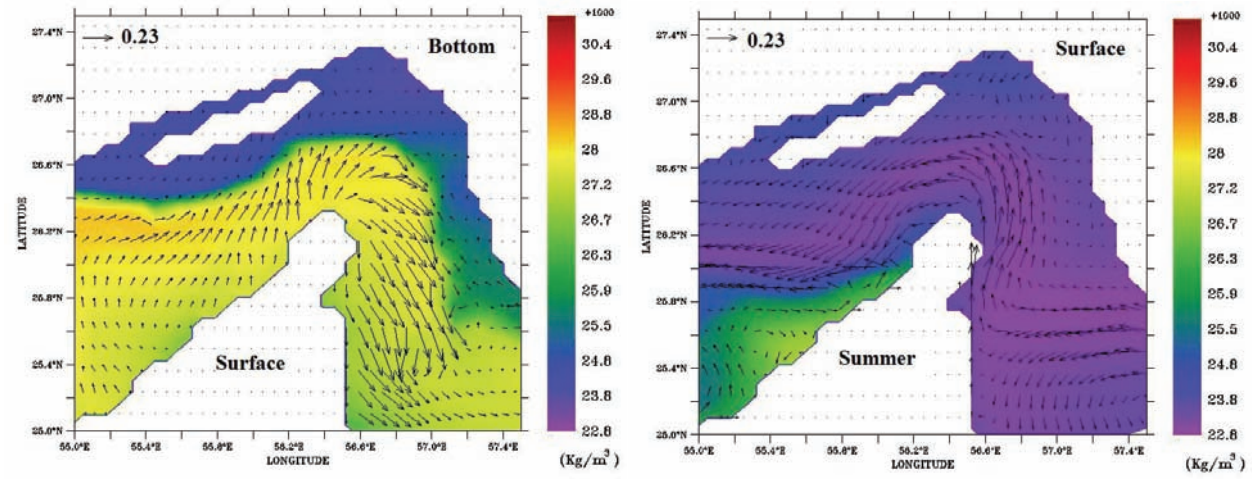


شکل ۳ـ پیش‌بینی تغییرات سالیانه دما و شوری توسط مدل در تنگه هرمز

شکل ۵ نیز پیش‌بینی جریان بر روی تغییرات چگالی توسط مدل برای فصل تابستان در لایه‌های سطحی و بستر را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این اشکال مشخص است چگالی سطحی در فصل تابستان نیز در تمام نواحی تنگه هرمز تقریباً ثابت و مقدار آن به ۱۰۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب رسیده که حدود ۳ کیلوگرم بر متر مکعب نسبت به زمستان کاهش پیدا کرده است. در ناحیه غرب تنگه، نزدیک سواحل امارات چگالی به مقدار ۱۰۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب است. روند کلی تغییرات چگالی در این فصل نیز همانند فصل زمستان از



شکل ۴ـ پیش‌بینی جریان و چگالی توسط مدل در لایه‌های سطحی و نزدیک بستر در تنگه هرمز در فصل زمستان



شکل ۵ـ پیش‌بینی جریان و چگالی توسط مدل در لایه‌های سطحی و نزدیک بستر در تنگه هرمز در فصل تابستان

سمت شرق به سمت غرب افزایش می‌یابد.

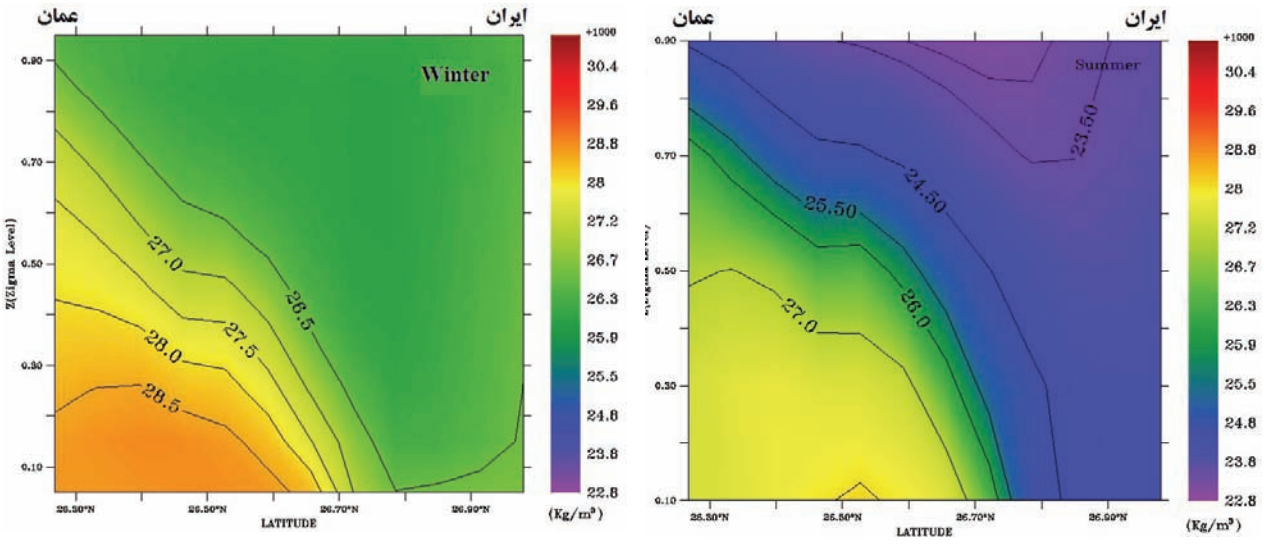
همان‌طور که در شکل مذکور نشان داده شده است، چگالی بستر در فصل تابستان هم به دو ناحیه کاملاً مجزا شمالی و جنوبی تقسیم شده است. در ناحیه شمالی مقدار چگالی ۱۰۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب و در ناحیه جنوبی تقریباً ۱۰۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب پیش‌بینی شده است.

شکل ۶ پیش‌بینی تغییرات چگالی در مقطع عمودی تنگه هرمز در فصول زمستان و تابستان را توسط مدل نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، چگالی آب ورودی از دریای عمان به خلیج فارس در نزدیک سواحل ایران یعنی در ناحیه شمالی تنگه هرمز، از سطح تا بستر تقریباً یکنواخت است.

همچنین در ناحیه جنوبی و نزدیک سواحل عمان آبهای سنگین خلیج فارس، لایه‌بندی تقریباً شدیدی را تشکیل می‌دهند. در شکل مذکور چگالی آب در فصل زمستان حدوداً بین ۱۲۶/۵ تا ۱۰۲۸/۵ کیلوگرم بر متر مکعب توسط مدل پیش‌بینی شده است. در صورتی که در فصل تابستان چگالی آب در تنگه هرمز کاهش و مقدار آن حدوداً بین ۱۰۲۳/۵ تا ۱۰۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب پیش‌بینی شده است.

۴. نتیجه‌گیری

همان‌طور که از اشکال ۳، ۴ و ۵ مشهود است، در اثر



شکل ۶- پیش‌بینی نیمرخ عمودی چگالی در تنگه هرمز در فصول تابستان (راست) و زمستان (چپ)

تبخیر زیاد در خلیج فارس، آب از دریای همجوار یعنی دریای عمان برای جایگزینی آبهای تبخیر شده خلیج فارس به‌سمت این خلیج حرکت می‌کنند و بر اثر نیروی کوریولیس به‌سمت سواحل ایران منحرف می‌شوند و حرکت آنها از سمت سواحل ایران به‌سمت شمال غربی خلیج فارس ادامه پیدا می‌کنند. این حرکت در طول سال وجود دارد ولی شدت آن در فصل تابستان بیشتر از فصول دیگر است.

همچنین در طول سال آب چگال خلیج فارس از لایه‌های پایین به‌سمت دریای عمان حرکت می‌کند که بر اثر نیروی کوریولیس به‌سمت راست منحرف شده و از کنار سواحل کشور عمان وارد دریای عمان می‌شود. این پیش‌بینی‌ها با مطالعات (Jhons et al., 2003) توافق بسیار خوبی دارد. در این تنگه در طول سال، در سمت سواحل ایران از سطح تا بستر آب کاملاً آمیخته، ولی در جنوب تنگه آب کاملاً لایه‌بندی شده است که این پیش‌بینی‌ها نیز کاملاً بر مشاهدات Reynolds (1993) منطبق است. تحلیل خروجی‌های مدل حاکی از وجود گردش آب در تنگه هرمز در طول سال است که بیشترین میزان ورود آب از خلیج عمان به خلیج فارس را اواخر بهار و اوایل تابستان پیش‌بینی می‌نماید. Reynold (1993) پس از تحلیل داده‌های گشت ROPME بیشترین نفوذ آب خلیج عمان به شمال غربی خلیج فارس را در اوایل فصل تابستان عنوان نموده که منطبق با این مطالعه است.

منابع

Alessi, C.A.; Hunt, H.D.; and Bower, A.S: 1999. Hydrographic data from the U.S. Naval Oceanographic Office: Persian Gulf. Southern Red Sea, and Arabian Sea 1923–1996. Woods Hole Oceanog. Inst. Tech. Rep., WHOI-99-02.

Chao S.Y.; Kao T.W.; and Al-Hajri, K.R: 1992. A numerical investigation of circulation in the Persian Gulf, J.Geophys. Res., 97(C7). 11.219-11.236.

Johns, W.E.; and Olson, D.B: 1998. Observations of seasonal exchange through the Strait of Hormuz, Oceanography. 11. 58.

Luyten, P.J.; Jones, J.E.; Proctor, R.; Tabor, A.; Tett, P.; and Wild-Allen, K: 1999. COHERENS–A coupled hydrodynamical-ecological model for regional and shelf seas: user documentation, MUMM Rep., Management Unit of the Mathematical Models of the North Sea.

Meshal, A.H.; and Hassan, H.M: 1986. Evaporation from the coastal waters of the central part of the Persian Gulf. Persian Gulf Sci. Res. 4:649-655.

Privett D.W: 1959. Monthly charts of evaporation from the North Indian Ocean, including the Red Sea and the

Persian Gulf, Q. J. R. Meteorol. Soc. 85:424-428.

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

Sadrinasab, M.; and Kampf, J: 2004. Three-dimensional flushing times in the Persian Gulf. Geophys. 30 Res. Lett. 31, L24301. doi:10.1029/2004 GL020425.