

## تولید نرم افزار تخمین ارتفاع آبخور جسم در خلیج فارس

مسعود صدری نسب<sup>۱\*</sup>، ابوالفضل دلبری<sup>۲</sup>، امیر اشتری لرکی<sup>۲</sup>

۱. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۸

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2017.54840](https://doi.org/10.22113/jmst.2017.54840)

### چکیده

در گام نخست طراحی نرم افزار با استفاده از داده های بیست ساله هواشناسی و همچنین عمق شناسی خلیج فارس و در نظر گرفتن دبی های ورودی به و خروجی از خلیج فارس مدل هیدرودینامیکی کوهیرنس برای این منطقه تا زمان پایداری به اجرا در آمده است تا نهایتاً یک بانک اطلاعاتی از چگالی در منطقه مورد مطالعه بدست آوریم. پس از تهیه بانک جامع چگالی از این داده ها به عنوان ورودی های نرم افزار طراحی شده، استفاده شده است که در آن با گرفتن پارامترهای مکانی، زمانی، سطح مقطع و وزن شناور میزان آب خور شناور در یک روز خاص از سال و در یک منطقه خاص برآورد می شود. نتایج مدل نشان می دهد که کمترین میزان آب خور شناور مربوط به مناطق جنوبی خلیج فارس است و از نظر زمانی نیز با فصل های گرم سال در ارتباط است که با معکوس تغییرات چگالی بر حسب مکان و زمان در خلیج فارس انطباق بسیار خوبی دارد.

**واژگان کلیدی:** نیروی شناوری، عمق غوطه وری، نیروی ارشمیدس، کوهیرنس، خلیج فارس

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: masoud.sadri@ut.ac.ir

## ۱. مقدمه

خلیج فارس با طولی در حدود ۹۹۰ کیلومتر و بیشینه عرض ۳۷۰ کیلومتر و متوسط عمق ۳۶ متر، مساحتی در حدود ۲۳۹۰۰۰ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است (Emery, 1956). خلیج فارس در عرض های بین ۲۴ تا ۳۰ درجه شمالی و در منطقه ای که توسط بیابان ها محصور گشته است، قرار دارد. شاخص ترین پدیده آب و هوایی در این منطقه باد شمال است که یک باد شمال غربی است و در طول سال اتفاق می افتد (Perrone, 1981) خلیج فارس به دلایل زیادی برای کشورهای حاشیه آن و به ویژه کشور جمهوری اسلامی ایران، با بیشترین مرز آبی، نقش حیاتی را داراست. تردد یک کشتی در هر ۶ دقیقه از تنگه هرمز (Alhajiri, 1991) و انجام تقریباً ۶۰٪ تبادلات نفتی دریایی جهان در این ناحیه و همچنین وجود هشت کشور احاطه کننده آن، سبب شده تا به عنوان یکی از مهمترین حوضه های اقتصادی- نظامی جهان تلقی شود. هدف از این مطالعه بررسی نیروی شناوری در خلیج فارس است. طبق قانون ارشمیدس نیروی شناوری بالاسو بر جسمی که به صورت جزئی یا کامل در آب شناور است برابر است با نیروی وزن مقداری از آب که بوسیله این جسم جابجا شده است (Acott, 1999) لذا برای بدست آوردن این نیرو در خلیج فارس باید وزن آب جابجا شده را که با حجم آب جابجا شده و چگالی آن نسبت مستقیم دارد محاسبه کنیم.

## ۲. مواد و روش ها

برای شروع ابتدا باید چگالی آب را در نقاط مختلف خلیج فارس و در روزهای متفاوت سال مدلسازی نماییم. برای این منظور در این مطالعه از مدل سه

بعدی هیدرودینامیکی کوهیرنس استفاده شده و معادلات ناویراستوکس با اعمال شرایط محدود کننده برای خلیج فارس حل شده است و در نتیجه دما و شوری در این منطقه شبیه سازی شده و با استفاده از معادله حالت چگالی در مناطق مختلف مدل سازی شده است. کوهیرنس یک مدل هیدرودینامیکی سه بعدی برای نواحی ساحلی فلات قاره است، که با مدل های بیولوژیکی، آلودگی و رسوب به هم پیوسته است. این مدل توسط یک گروه اروپایی توسعه یافته و اولین بار برای دریای شمال و سواحل لایه بندی برای پیش بینی و آگاهی از مواد زائد آن مناطق استفاده شده است.

بطور نسبی فهم آسان ساختار مدل، انعطاف پذیری آن به واسطه توانایی انتخاب فرایندهای مختلف، طرح های روشن و دقیق و پارامتر سازی ها یا تاثیر انواع متعدد نیروها از فواید مدل هستند. در برنامه مذکور گام زمانی و تفکیک پذیری افقی و عمودی آن، در ارتباط با مقیاس زمانی وابسته و مقیاسهای طولی عمودی و افقی، توسط کاربر بطور دلخواه وارد می شود. در این مطالعه به جای مختصات دکارتی از مختصات سیگما در راستای قائم استفاده شده است که به صورت نسبت فشار در هر تراز به فشار بستر تعریف می شود (Stelling and Van Kester, 1994). آب خلیج فارس به ۵ لایه تقسیم شده است. عمق سنجی و موقعیت خطوط ساحلی استفاده شده در این مدل بر حسب داده های ETOPO-2 هستند که در یک شبکه ۴ دقیقه ای درون یابی شده اند. در بخش هیدرودینامیک مدل از معادلات ناویر- استوکس استفاده می شود، که شامل معادلات پایه ای به صورت زیر می باشد (Stewart, 2008):

در معادلات (۱) تا (۶)، اجزاء جریان،  $T$  دما،  $S$  شوری،  $f = 2\Omega \sin \phi$  پارامتر کوریولیس،  $\Omega = 2\pi / 86164 \text{ rad/s}$  فرکانس چرخش زمین،  $g$  شتاب گرانش،  $p$  فشار،  $v_T$  و  $\lambda_T$  ضرایب پخش و ویسکوزیته گردابی،  $\lambda_H$  ضریب پخش افقی برای شوری و دما،  $\rho$  چگالی،  $\rho_0$  چگالی مرجع،  $C_p$  گرمای ویژه آب در فشار ثابت و  $I(x_1, x_2, x_3, t)$  جذب تابش خورشید در ستون آب با واحد  $Wm^{-2}$  است. پس از اتمام مدل سازی در مرحله نخست وارد فاز طراحی نرم افزار نهایی شدیم که در آن خروجی های چگالی بدست آمده از نتایج مدل در مرحله قبل به عنوان ورودی های این نرم افزار مورد استفاده قرار می گیرند، همچنین دیگر ورودی های نرم افزار عبارتند از سطح مقطع جسم شناور در آب با فرض مکعب مستطیل بودن شکل آن (و یا شعاع کره، در صورت کروی شکل بودن) و جرم جسم مغروق. طبق قانون ارشمیدس وقتی جسمی درون یک شاره قرار می گیرد به اندازه وزن سیال جابجا شده به آن نیروی رو به بالا وارد می شود که مقدار آن را می توانیم از رابطه:

$$F_A = \rho g V$$

محاسبه کنیم که در آن  $\rho$  چگالی آب در منطقه مورد بحث است که از نتایج مدل استخراج می شود،  $V$  حجمی از سیال است که توسط جسم جابجا شده یا به عبارت دیگر حجم قسمت مغروق جسم است و  $g$  نیز شتاب گرانش زمین است. در صورتی که بخشی از جسم در سیال فرو رفته باشد. نرم افزار با استفاده از توازن وزن جسم با نیروی شناور، میزان غرق شدگی جسم را محاسبه می نماید. برای اینکه بتوانیم یک برآورد کیفی از ارتفاع فرورفته در آب بدست آوریم، یک جعبه کامپوزیتی

الف) معادلات اندازه حرکت با استفاده از تقریب های بوزینسکی و تعادل هیدروستاتیکی (ایستایی) عمودی.

مولفه x معادله اندازه حرکت

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x_1} + v \frac{\partial u}{\partial x_2} + w \frac{\partial u}{\partial x_3} - fv = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left( v_T \frac{\partial u}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial \tau_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{21}}{\partial x_2} \quad (1)$$

مولفه y معادله اندازه حرکت

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x_1} + v \frac{\partial v}{\partial x_2} + w \frac{\partial v}{\partial x_3} + fu = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_2} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left( v_T \frac{\partial v}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{22}}{\partial x_2} \quad (2)$$

معادله برنولی

$$\frac{\partial p}{\partial x_3} = -\rho g \quad (3)$$

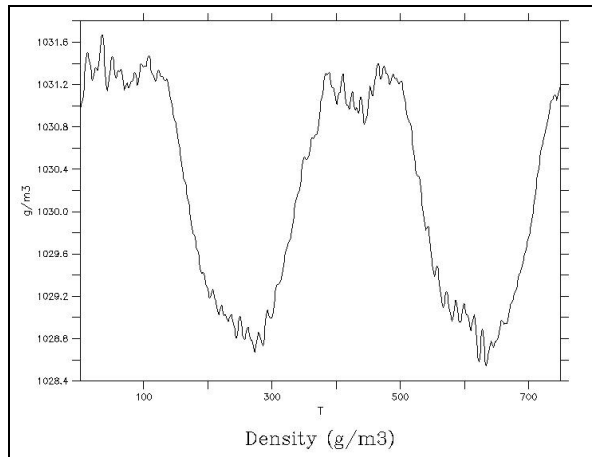
ب) معادله پیوستگی

$$\frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{\partial v}{\partial x_2} + \frac{\partial w}{\partial x_3} = 0 \quad (4)$$

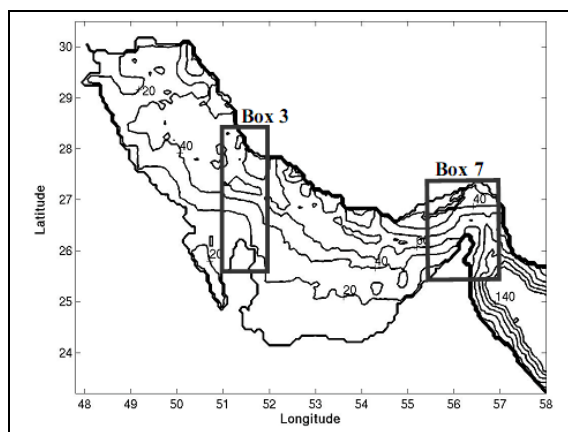
ج) معادلات دما و شوری

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x_1} + v \frac{\partial T}{\partial x_2} + w \frac{\partial T}{\partial x_3} = \frac{1}{\rho_0 c_p} \frac{\partial I}{\partial x_3} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left( \lambda_T \frac{\partial T}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \lambda_H \frac{\partial T}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \lambda_H \frac{\partial T}{\partial x_2} \right) \quad (5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x_1} + v \frac{\partial S}{\partial x_2} + w \frac{\partial S}{\partial x_3} = \frac{\partial}{\partial x_3} \left( \lambda_T \frac{\partial S}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \lambda_H \frac{\partial S}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \lambda_H \frac{\partial S}{\partial x_2} \right) \quad (6)$$



شکل ۱. سری زمانی مربوط به تغییرات چگالی در یک نقطه از خلیج فارس در دو سال آخر خروجی های مدل



شکل ۲. جعبه ۳ منطقه مقایسه شده خروجی های مدل و داده های منتشر شده در مقاله آلسی و همکاران

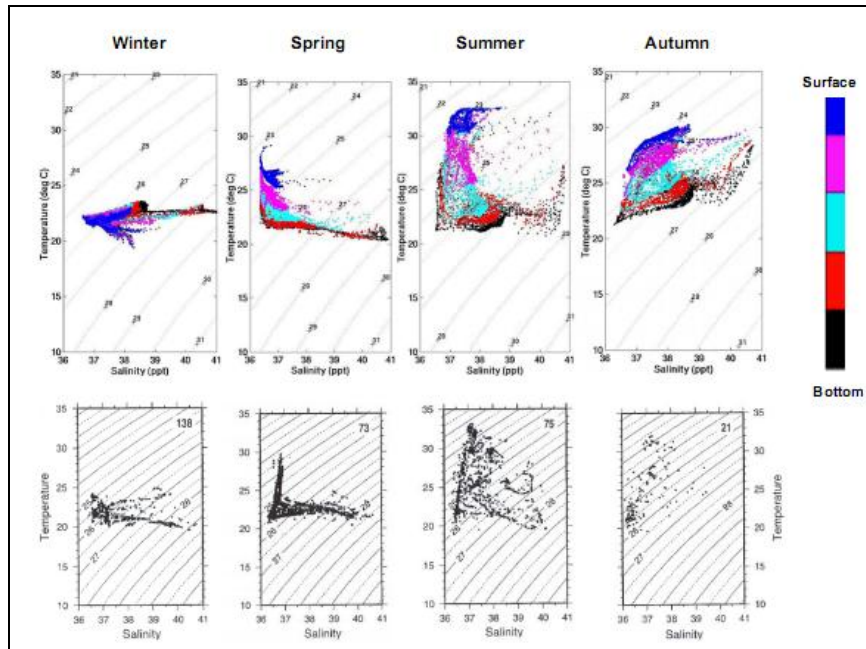
بنابراین برای صحت سنجی نتایج، خروجی های مدل را در یک منطقه (جعبه ۳ در شکل ۲) از خلیج فارس با نمودارهای دما شوری ترسیم شده در مطالعه آلسی و همکاران در همین منطقه مقایسه کرده ایم که نتایج این مقایسه در شکل (۳) نشان داده شده است.

فرضی با سطح مقطع یک مترمربع و وزن یک کیلوگرم را در نظر می گیریم؛ همچنان فرض می کنیم ارتفاع جعبه به حد کافی بلند است که همواره بخشی از آن از آب بیرون است (به عنوان مثال می توان این ارتفاع را ۱.۵ متر در نظر گرفت). در ادامه و در بخش نتایج، نمودارها با این فرضیات ترسیم و تحلیل شده اند.

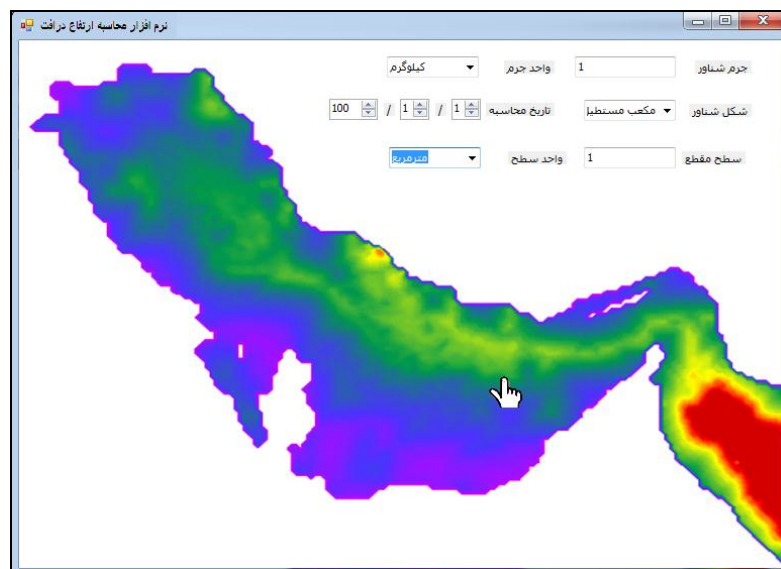
### ۳. نتایج

پس از فراهم کردن مقدمات و اعمال شرایط مرزی مدل را به مدت ۲۲ سال اجرا کردیم تا خروجی ها به یک حالت پایدار و تکرارشونده برسند زیرا در این شرایط می توان اطمینان داشت که اجرای مدل در زمان های طولانی تر نیز تقریباً همین مقادیر را به عنوان خروجی نتیجه می دهد. با توجه به اینکه تعیین کننده ترین ویژگی آب در محاسبه نیروی شناوری چگالی آن است، نمودار چگالی را برای دو سال آخر رسم می نماییم. شکل (۱) نشان می دهد که چگالی بعد از ۲۲ سال اجرای مدل به یک حالت تکرار شونده رسیده است که نشان از پایداری مدل دارد. در این شرایط که مدل به حالت پایدار رسیده است می توان نتایج سال آخر را به عنوان خروجی های مدل در نظر گرفته و نتایج را برای ماه های مختلف آن استخراج نمود.

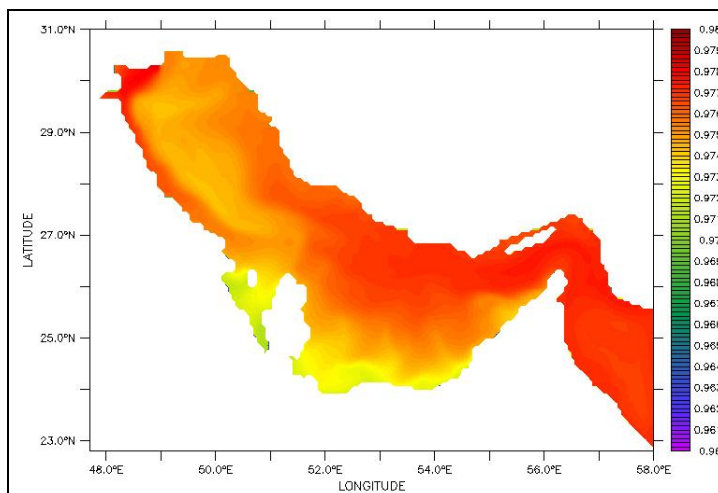
با توجه به این که نیروی شناوری با چگالی سیال رابطه مستقیم دارد و خود چگالی نیز تابعی از دما و شوری و فشار است در صورتی که بتوان نشان داد مقادیر دما و شوری مدل با مقادیر اندازه گیری شده منطبقند (مسعود صدری نسب، ۱۳۸۹)، می توان نتیجه گرفت که خروجی چگالی مدل و در نتیجه نیروی شناوری نیز بر مقادیر تجربی منطبق است.



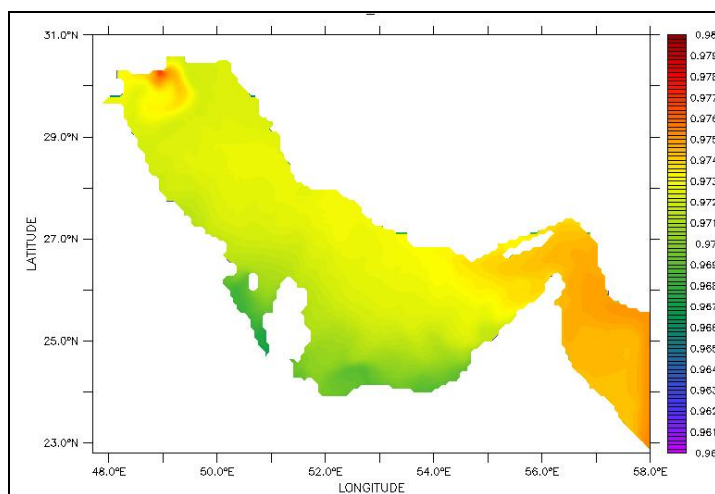
شکل ۳. دیاگرام های فصلی دما-شوری مدل در بالا با مقادیر مقاله (Alessi et al., 1999) در پایین مقایسه شده اند



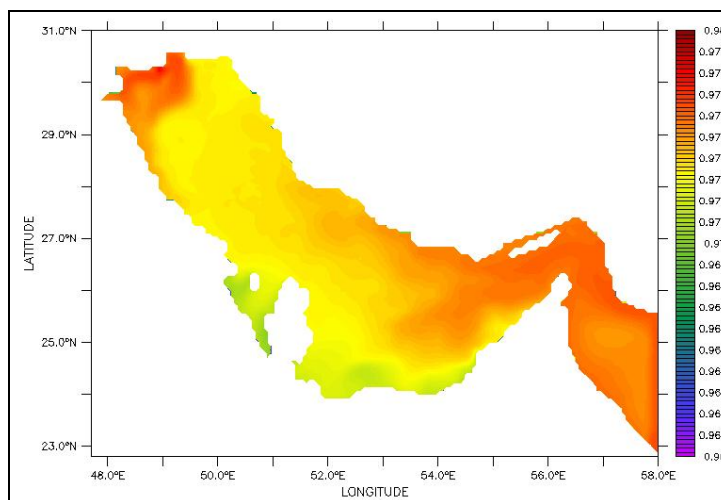
شکل ۴. نمایی از نرم افزار طراحی شده برای محاسبه ارتفاع غوطه وری در آب یک جسم فرضی در خلیج فارس



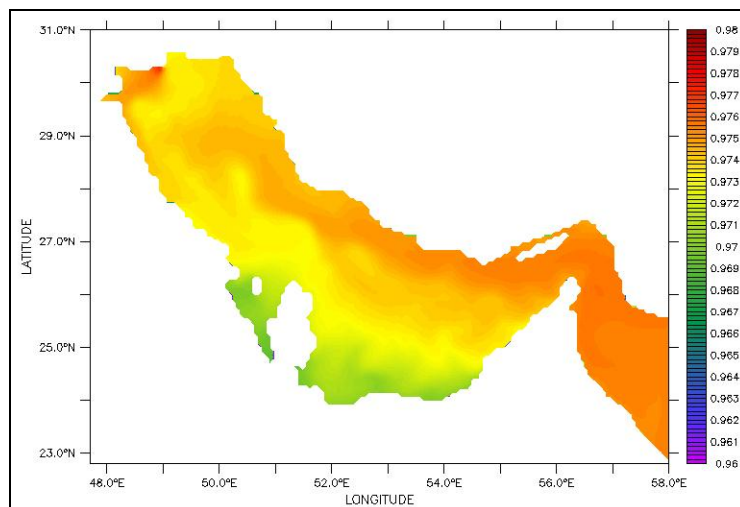
شکل ۵. میانگین فصل تابستان ارتفاع غوطه وری در خلیج فارس



شکل ۶. میانگین فصل زمستان ارتفاع غوطه وری در خلیج فارس



شکل ۷. میانگین فصل بهار ارتفاع غوطه وری در خلیج فارس



شکل ۸. میانگین فصل پاییز ارتفاع غوطه وری در خلیج فارس

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

بطور کلی در سواحل جنوبی خلیج فارس نسبت به آب های میانی و سواحل شمالی بخش کمتری از جعبه در آب مغروق است که کاملاً نسبت عکس با چگالی در همین مناطق دارد. چگالی آب در سواحل جنوبی خلیج فارس دارای مقدار بیشتری است زیرا در این مناطق عمق آب کمتر بوده و در نتیجه دمای آب در این نواحی بالاتر رفته که به طبع آن تبخیر بیشتر شده و چگالی افزایش می یابد. با افزایش چگالی سیال برای دستیابی به نیروی شناوری مساوی با وزن جعبه به حجم کمتری از سیال نیاز است بنابراین در مناطق جنوبی بخش غوطه ور در آب جعبه نسبت به مناطق شمالی و میانی کمتر است.

همچنین در دهانه رود اروند ورود آب های شیرین باعث کاهش چگالی در این منطقه گشته و در نتیجه آب ها سبکتر شده، لذا برای رسیدن به نیروی شناوری معادل با نیروی وزن جعبه، مقدار بیشتری آب نیاز است بنابراین ارتفاع غوطه ور در این مناطق نسبت به مناطق همجوار بیشتر است. از نظر زمانی نیز بیشترین ارتفاع بخش مغروق جعبه

در تابستان و کمترین ارتفاع آن در زمستان اتفاق می افتد که دلیل آن کاهش چگالی در فصل تابستان به دلیل دمای بالای آب و افزایش چگالی در فصل زمستان به دلیل کاهش دما است. با توجه به تطبیق کیفی خروجی های مدل با واقعیت از این خروجی ها با اطمینان در نرم افزار تولید شده برای محاسبه نقطه به نقطه نیروی شناوری استفاده شده است. نمایی از نرم افزار در شکل به نمایش در آمده است.

#### منابع

- Sadri Nasab, M. (2010). Three Dimensional Numerical Modeling of Circulation in the Strait of Hormuz. *Oceanography*, 1(1), pp.19-24.
- Acott, C.J., 1999. The diving "LAW-ERS": A brief resume of their lives. *South Pacific Underwater Medicine Society* 29: 39-42.
- Al Hajiri, k., 1990. The Circulation of the Persian Gulf. A Model Study of its Dynamics. The Catholic University of America. Washington D.C. p:218.
- Emery, K. O., 1956. Sediments and water of the Persian Gulf, *AAPG Bull.*, 40:2354–2383.

Perrone, T.J., 1981. Winter shamal in the Persian Gulf. Naval Env. Prediction Res. Facility. Technical Report. Monterey, p:180.  
Stelling, G. S. & Van Kester, J. A. Th. M., 1994. On the approximation of horizontal

gradients in sigma co-ordinate for bathymetry with steep bottom slopes. Int. J. Numer. Methods Fluids 18:915-935.  
Stewart R., 2008, Introduction to Physical Oceanography, Texas A&M University



## PRODUCING A SOFTWARE TO ESTIMATE DRAFT HEIGHT IN PERSIAN GULF

Masoud Sadrinasab<sup>\*1</sup>, Abolfazl Delbari<sup>2</sup>, Amir Ashtari Larki<sup>2</sup>

1. Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

### Abstract

In the first step of developing of this software, we gathered some climate data which was collected during 20 years from the Persian Gulf. In the next step, climate data and boundary conditions were employed on a three dimensional hydrodynamic model (COHERENCE) to get physical properties of Persian Gulf. As a result we obtained a comprehensive density database from this model. Final produced software is able to calculate buoyancy force in specific time and location by its large database. The result of software show that the minimum seasonal average of draft occurs in the winter and the maximum one occurs in the summer. According to our expectancy, it has an inverse relation with density variation.

**Keywords:** Draft, Buoyancy Force, Coherence, Persian Gulf

Figure 1. Time series of Density for the last two years of the 2-year long simulation at a typical point.

Figure 2. Locations of box 3 used comparing of model outputs and data taken from Alessi et al. (1999)

Figure 3. Temperature-salinity-season diagrams for the Strait of Hormuz. (top) Model predictions. Colours indicate sigma levels. (bottom) Field observations, taken from Alessi et al. (1999).

Figure 4. A screenshot of designed software to calculate draft for a hypothetical case in the Persian GULF

Figure 5. Average of draft in the Persian Gulf in summer.

Figure 6. Average of draft in the Persian Gulf in winter.

Figure 7. Average of draft in the Persian Gulf in spring.

Figure 8. Average of draft in the Persian Gulf in autumn.

---

\*Corresponding author, E-mail: masoud.sadri@ut.ac.ir