



## مدل سازی الگوی جریان های سطحی ناشی از باد در منطقه ساحلی خلیج جاسک

بابک نظری<sup>۱</sup>

دکتر مسعود ترابی آزاد<sup>۲\*</sup>

طیب صادقی فر<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲۸

### چکیده:

داده های باد و سرعت جریان ناشی از باد از ماهواره QUIKSCAT، برای ۱۰ سال و به صورت میانگین ماهانه، در محدوده خلیج جاسک (طول جغرافیائی ۵۷/۲ تا ۵۸ درجه شرقی و عرض جغرافیائی ۲۵/۱ تا ۲۵/۵ درجه شمالی) استخراج شد. نقشه رقمی مناسبی از منطقه مورد مطالعه تهیه و با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS 9.3 و XTools Pro 7.1، مدل سازی مکانی سرعت و جهت جریان ناشی از باد توسط روش درون یابی کریجینگ برای کلیه ماه های سال انجام شد. حاصل ایجاد نقشه های پیوسته ای از مقادیر سرعت و جهت جریان ناشی از باد و همچنین نمودار های آماری برای ماه های مختلف می باشد. برای نمایش بهینه جهت جریان، نقشه های دو بعدی و سه بعدی از جهت جریان رسم شد. در خلیج جاسک، بیشترین سرعت جریان ناشی از باد در ماه مرداد با مقدار ۰/۴۷ m/s و کمترین آن مربوط به ماه مهر با اندازه ۰/۱۴ m/s می باشد. در فصل پاییز اختلاف بین کمترین و بیشترین اندازه سرعت جریان ناشی از باد در خلیج جاسک، ۰/۲۹ است که بیشترین دامنه تغییر سرعت جریان را در بین فصل های سال دارد در صورتی که فصل بهار با حداکثر ۰/۰۳ m/s کمترین دامنه تغییر سرعت جریان را دارد. در فصل های زمستان و بهار، الگوی جهت جریان جنوب غربی، در فصل تابستان شرقی و شمال شرقی و در فصل پاییز جنوب و جنوب غربی است.

واژگان کلیدی: خلیج جاسک، سیستم اطلاعات جغرافیایی، جریان ناشی از باد، درون یابی، دریای عمان

۱. کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲. استاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۳. دانش آموخته فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

\* M\_azad@Iau-tnb.ac.ir

## مقدمه

منطقه تشکیل شده از خلیج فارس، تنگه هرمز و دریای عمان یکی از مهم‌ترین آبراه‌های جهان است. دریای عمان قسمتی از اقیانوس هند است که بین کشورهای ایران، پاکستان، هند و عمان واقع شده است. به علت نزدیکی به خط استوا یکی از دریاها گرم آسیای جنوب غربی است. عمق این دریا در کناره‌های ایران بیش از کناره‌های کشور عمان است. عمق دریای عمان در برخی مناطق به ۳۵۰۰ متر نیز می‌رسد، در حوالی غرب از ژرفای آن کاسته شده و در نزدیکی تنگه هرمز به ۷۳ متر می‌رسد. اقیانوس هند و دریای عمان از جمله مهم‌ترین مناطقی است که بادهای موسمی در آن شکل می‌گیرند.

(Al- Hajri, 1990). دریای عمان از بعد دفاعی و نظامی پشتوانه خلیج فارس است. کرانه‌های دریای عمان به طور عمومی بستر مناسبی برای ایجاد و گسترش فعالیت‌ها اقتصادی، نظامی و تأسیس سازه‌های دریایی می‌باشد. کرانه دریای عمان در عین حال از نظرگاه موقعیت جغرافیایی، اشراف همه‌جانبه‌ای برای ورود و خروج نفتکش‌ها از خلیج فارس دارد. این موقعیت کرانه عمان را به صورت نگرهبان تضمین کننده صدور نفت از این خلیج فارس به جهان خارج جلوه‌گر می‌سازد. ایران می‌تواند با انتقال خطوط لوله نفتی از میدان‌های جنوب غربی به کرانه عمان، وابستگی مطلق خود را به خلیج فارس کاهش دهد. تراکم نسبی بسیار پایین جمعیت در این نوار ساحلی و به ویژه کمتر توسعه یافتگی ساحل عمان، بستری مناسب را برای ایجاد بندر گاه‌ها، اسکله‌ها، موج شکن‌ها و سازه‌های نظامی مهیا می‌سازد. به عبارت بهتر توسعه همه‌جانبه در این ساحل مبنایی برای گسترش شهرنشینی و ایجاد نقاط خدمات‌رسانی خواهد بود. چنان که علت وجودی و دلیل گسترش مناطق ساحلی جاسک، کنارک و چابهار نیز همین عامل است. کرانه دریای عمان از بندرعباس (دهانه تنگه هرمز) تا خلیج گوآتر، به دلیل ژرفای کافی دریا و تیرگی آب‌ها (برخلاف خلیج فارس) موقعیت ممتازی به ایران برای به کارگیری انواع شناورهای زیر سطحی (زیردریایی) می‌دهد.

منطقه جاسک، به دلیل قابلیت‌های منحصر به فرد جغرافیایی، وجود لنگرگاه‌های طبیعی و خورها، نزدیکی با اقیانوس هند، کنترل و نظارت بر دهانه ورودی آبراه خلیج فارس و تنگه هرمز و وجود یک پایگاه دریایی مجهز در آن، منطقه‌ای با اهمیت زیاد محسوب می‌شود (آجا، ۱۳۸۸). با توجه به مطالب فوق و اهمیت استراتژیک منطقه ساحلی جاسک، شناخت دقیق ویژگی‌های آن منطقه و تعیین الگوی جریان و باد می‌تواند، بسیار کاربردی و مفید باشد. هدف از انجام این تحقیق تعیین تغییرات مکانی و زمانی سرعت و جهت جریان در لایه‌های سطحی آب ناشی از باد در محدوده خلیج جاسک می‌باشد.

جریان ناشی از باد از اعمال تنش باد بر سطح دریا ایجاد می شود که این تنش ها باعث حرکت لایه سطحی آب شده و با اختلاط عمودی به لایه های زیرین منتقل می شود، بسته به قدرت و تداوم باد تا عمق مشخصی پیشروی می کند. در برخی نواحی ساحلی اقیانوس ها و دریاچه های بزرگ، همراه شدن تداوم باد، دوران زمین، تأثیرات نیروی کوریولی و محدودیت در حرکات جانبی آب ناشی از خطوط ساحلی و بستر نواحی کم عمق، حرکت رو به بالا و رو به پایین آب را ایجاد می کند. جریان های ناشی از باد، ناپایداری آب را افزایش می دهند و سبب افزایش جابجایی مواد مغذی و اکسیژن محلول در ستون آب می شوند. جریان های ناشی از باد تاثیر بسزائی بر روی اقلیم مناطق ساحلی، محیط زیست، شیلات، تغییر شکل سواحل و رسوب گذاری در بنادر و همچنین ناوبری و کشتیرانی دارند (Stewart, 2008). در همین راستا مطالعاتی در دنیا انجام شده است که سعی در بررسی و تحلیل باد در مناطق دریایی و ساحلی داشته اند.

ویلیامز با بررسی و تحلیل اطلاعات و داده های ۱۶ ساله باد و هوای منطقه جاسک (۲۰۰۴-۱۹۸۹) الگوی جریان های سطحی در دریای عمان را در طول ژانویه (به طور کلی دوره تناوب مونسون شمال شرقی) و در جولای (به طور کلی دوره تناوب مونسون جنوب غربی) مطالعه کرد. اثر باد های موسمی در توزیع جریان های دریای عرب، و بعد از آن در جنوب شرقی دریای عمان کاملاً مشخص شد. در منطقه خلیج فارس، اثر بادهای موسمی و جریان آب ناشی از این بادهای اساساً ضعیف و متغیرند. در سراسر تنگه هرمز و در درون خلیج فارس جابجایی آب بطور مشخص تحت تاثیر جزر و مد است، جریان های غیر جزر و مدی در زمانی که باد های قوی می وزند، وجود دارند (Williams, 2005).

رینولدز طی گشت تحقیقاتی را پمی<sup>۱</sup> (۱۹۹۲) با شناور مونت میشل از اطلاعات بویه های دریائی استفاده شده در منطقه دریای عمان، الگوی جریان های سطحی زمستانی در منطقه غرب دریای عمان و سواحل جاسک (شکل ۱) را به دست آورد. همان گونه که در شکل مشاهده می گردد، پدیده فراجوشی<sup>۲</sup> یا انتقال عمودی توده آب از عمق به سطح در اثر نیروی باد از ویژگی های بارز در منطقه جاسک می باشد (Reynolds, 1993).

با به کارگیری یک مدل هیدرودینامیکی سه بعدی (COHERENS) جریان و خواص آب در خلیج فارس مطالعه شد. در فصل زمستان و بهار، رژیم جریان خروجی بستر به بخش شرقی خلیج فارس محدود می شود. افزایش جریان خروجی بستر باعث افزایش ورود آب های سطحی اقیانوس

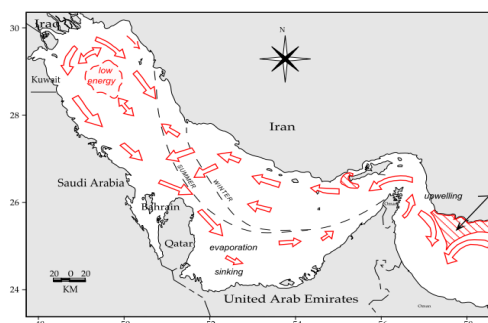
---

1. ROPME  
2. Upwelling

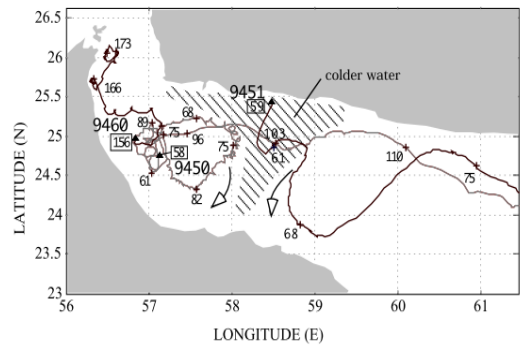
هند به درون خلیج فارس می‌شود. این پدیده منجر به تشکیل جت ساحلی در سواحل ایران می‌گردد.

جت ساحلی ایران تا اوایل فصل تابستان به شمال غرب خلیج فارس نزدیک می‌شود و در نتیجه، یک گردش در جهت خلاف عقربه‌های ساعت و به لحاظ دینامیکی پایدار در پهنه خلیج فارس شکل می‌گیرد. این گردش در فصل پاییز و زمستان به لحاظ دینامیکی ناپایدار می‌شود و به ادی‌هایی در مقیاس متوسط تقسیم می‌شود تا جت ساحلی ایرانی ناپدید شود (Kampf and Sadrinassab, 2006).

با استفاده از مدل سه بعدی POM<sup>1</sup> و داده‌های مشاهداتی، ساختار جریان ترمو هالاینی خروجی خلیج فارس به دریای عمان مطالعه شد. در این مدل، داده‌های سرعت باد به صورت ماهیانه از مجموعه داده‌های بین‌المللی اقیانوسی - جو (ICOADS)، دمای سطح دریا از داده‌های ماهواره نوآ و امواج کوتاه تابشی خالص ماهیانه از سایت NCEP استفاده شد. نتایج نشان داد که در ورودی دریای عمان جریان خروجی تحت تأثیر نیروی کوریولی به سمت راست منحرف شده و به صورت یک جریان بدام افتاده ساحلی به حرکت ادامه می‌دهد. هنگامیکه این جریان به شیب قاره می‌رسد، بدلیل چگالی بیشتر نسبت به آب‌های پیرامون به مناطق عمیق تر نفوذ می‌کند تا به عمق شناوری خنثی برسد (Ezam and et al, 2010). در این تحقیق مکان‌هایی از منطقه ساحلی جاسک که بیشترین سرعت جریان ناشی از باد در طی سال دارند، مشخص می‌گردد. همچنین الگوی جهت جریان غالب تحت تأثیر باد در این منطقه تعیین می‌شود.



## 1. Princeton Ocean Model



شکل ۱- میانگین الگوی جریان سطحی زمستانی (Reynolds ۱۹۹۳)

### روش پژوهش

خلیج جاسک در محدوده جغرافیایی  $25/64$  تا  $25/74$  درجه شمالی و  $57/64$  تا  $57/7$  درجه شرقی واقع شده است ولی با توجه به اهمیت فراوان منطقه عمومی جاسک از نظر استراتژیک و نظامی، در این پژوهش، مدل‌سازی الگوی جریان‌های سطحی ناشی از باد در منطقه عمومی جاسک از دریای عمان (طول جغرافیایی  $57/2$  تا  $58$  درجه شرقی و عرض جغرافیایی  $25/1$  تا  $25/7$  درجه شمالی) انجام شد (شکل ۲).

داده‌های سرعت جریان ناشی از باد نصف النهاری و مداری و نیز داده‌های سرعت باد از ماهواره QUIKSCAT برای بازه زمانی ۱۰ ساله (۱۳۹۷-۱۳۸۷) و به صورت میانگین ماهانه، در محدوده طول جغرافیایی  $57/2$  تا  $58$  درجه شرقی و عرض جغرافیایی  $25/1$  تا  $25/7$  درجه شمالی از سایت <http://podaac.jpl.nasa.gov/quikscat> اخذ شد. با استفاده از روابط ۱ و ۲، اندازه سرعت جریان و همچنین جهت جریان ناشی از باد برای کلیه ایستگاه‌ها محاسبه گردید. برای صحت سنجی داده‌های به دست آمده، از معادلات اکمن استفاده گردید که توسط روابط ۳ و ۴ مشخص گردیده است (Stewart, 2008).



شکل ۲- منطقه مورد مطالعه سواحل بندر جاسک در شمال دریای عمان

$$\text{Modulus} = \sqrt{v. \text{Zonal}^2 + v. \text{Meridional}^2} \quad (1)$$

$$\tan^{-1} \frac{v. \text{Meridional}}{v. \text{Zonal}} \quad (2)$$

$$V_0 = \frac{\tau}{\sqrt{\rho_w^2 f A_z}} \quad (3)$$

$$V_0 = \frac{00127}{\sqrt{\sin|\varphi|}} U_{10} \quad (4)$$

$$f = 2 * 7.29 * 10^{-5} \sin \varphi \quad (5)$$

$A_z$  ضریب ویسکوزیته، که با دما، شوری و فشار تغییر می‌کند و مقدار آن برای منطقه تحقیق  $10^{-4}$  تا  $10^{-3}$  می‌باشد (رئیس السادات و بنزاده، ۱۳۸۲).

$\tau$  تنش باد، که از عوامل موثر در نوسانات تراز سطح آب و دمای سطحی آب می‌باشد.  $C_d$  ضریب درگ بوده که عدد بدون بعد کوچکی است که به سرعت وزش باد و اختلاف دمای (هوا-دریا) بستگی دارد و مقدار آن برای منطقه مورد مطالعه  $10^{-3} \times 1/39$  می‌باشد (مروتی و همکاران، ۱۳۸۶).  $U$  سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری،  $\rho_w$  چگالی آب دریا،  $V_0$  سرعت جریان سطحی و  $f$  پارامتر کوریولی است. محاسبه میزان خطا برای چندین ایستگاه صورت گرفت و میانگین آن برای داده‌های سرعت جریان ناشی از باد حداکثر ۲۰٪ تعیین شد (جدول ۱).

پس از اطمینان از صحت داده‌های موجود، میانگین ماهانه اندازه‌های سرعت و جهت جریان در ۱۰ سال اخیر، برای کلیه ایستگاه‌ها محاسبه و در بانک اطلاعاتی طراحی شده، ذخیره گردید.

سپس نقشه منطقه مورد مطالعه تهیه و رقومی شد. با کمک نرم افزارهای ArcGis 9.3 و Xtools 7.1 لایه ایستگاه‌ها تشکیل و نقاط از حالت Graphic به Shape تبدیل شدند (قهرودی تالی، ۱۳۸۴؛ عظیمی حسینی و نظری فر، ۱۳۹۵؛ مطیعی، ۱۳۸۴).

به دلیل اینکه جدول لایه ایستگاه‌ها، فقط شامل اطلاعات مکانی می‌باشد با استفاده از تکنیک اتصال<sup>۱</sup> پایگاه داده، جدول های میانگین سرعت و جهت جریان ناشی از باد به آن، متصل شد. در نتیجه، جدول توصیفی لایه ایستگاه‌ها، علاوه بر اطلاعات مکانی، شامل اطلاعات توصیفی مقادیر میانگین سرعت و جهت جریان ناشی از باد در هر ایستگاه گردید. سپس مدل سازی مکانی مقادیر محاسبه شده، با کمک تحلیلگر زمین آماری کریجینگ نرم افزار ArcGIS 9.3 انجام گردید که حاصل کار، ایجاد نقشه‌های پیوسته‌ای از مقادیر سرعت و جهت جریان ناشی از باد، در ماه‌های مختلف سال، است. تحلیلگر زمین آماری کریجینگ، روشی پیشرفته، سریع و انعطاف پذیر جهت درون‌یابی و تولید گراف‌های سه بعدی است که قادر به مدل سازی پیشرفته<sup>۲</sup> سطوح با استفاده از روش های جبری و زمین آماری می‌باشد. ضمناً، علاوه بر درون‌یابی مقادیر توصیفی در موقعیت‌های اندازه گیری نشده، خطای برآورد را نیز ارزیابی و سنجش می‌نماید (سیه سرانی، ۱۳۸۷؛ میر محمد صادقی، ۱۳۸۶). برای اعتبار سنجی و اطمینان از بدون اشکال بودن مدل، قبل از تولید سطح نهائی، برای مقادیر مجهول سرعت و جهت جریان ناشی از باد، از روش اعتبار سنجی تقاطعی<sup>۲</sup> تحلیلگر زمین آماری ArcGIS 9.3 استفاده گردید. بدین صورت که در هر مرحله یک ایستگاه حذف شده و مدل توسعه داده شد و مقدار درون‌یابی و واقعی ایستگاه حذف شده با هم مقایسه گردید (جدول ۱). همچنین صحت سنجی مقادیر سرعت جریان ناشی از باد بر اساس داده‌های ماهواره‌ای و میدانی که توسط رابطه اکمن محاسبه شده در جدول (۲) ارائه شده است (ترابی آزاد و همکاران، ۱۳۹۵؛ رسولی، ۱۳۸۴؛ سنجری و سعادتیار، ۱۳۸۸؛ Johnston and et al. 2003).

جدول ۱- اعتبار سنجی مقادیر سرعت جریان ناشی از باد (m/s)

مقدار سرعت جریان ماهواره (Quick Scat)	مقدار پیش بینی شده سرعت جریان توسط مدل
-/۲۳۶۲	-/۲۲۸۴
-/۳۴۳۰	-/۳۵۱۲
۰/۲۰۷۶	-/۱۹۸۲

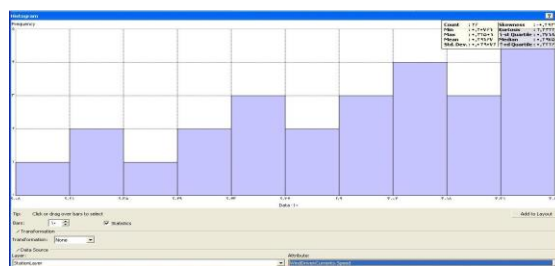
1. Join
2. Cross\_Validation

جدول ۲- اعتبار سنجی مقادیر سرعت جریان ناشی از باد (m/s)

میزان خطا (درصد)	سرعت جریان (m/s) (فرمول اکمن)	سرعت جریان (m/s) (توسط ماهواره)	عرض جغرافیایی (شمالی)	طول جغرافیایی (شرقی)	داده‌ها
۱/۱۶	۰/۸۷	۰/۸۶	۲۵/۴	۵۷/۶	آذر ۲۰۰۸
۲۸/۵۷	۰/۴۵	۰/۳۵	۲۵/۱	۵۷/۲	خرداد ۲۰۰۹
۱۸	۰/۱۳	۰/۱۱	۲۵/۱	۵۷/۴	بهمن ۲۰۰۶

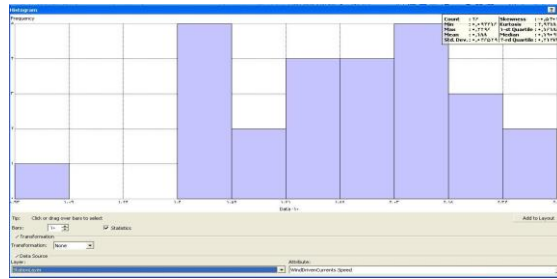
### یافته های پژوهش

شکل‌های ۳ تا ۶ آماره‌های توصیفی تولید شده سرعت‌های جریان ناشی از باد در چهار فصل سال می‌باشند که شاخص‌های آماری را برای ماه‌های اول هر فصل در محدوده پژوهش مشخص نموده‌اند. در این نمودارها، محور افقی میزان سرعت جریان بر حسب متر بر ثانیه و محور عمودی، فراوانی داده‌ها را نمایش می‌دهند.

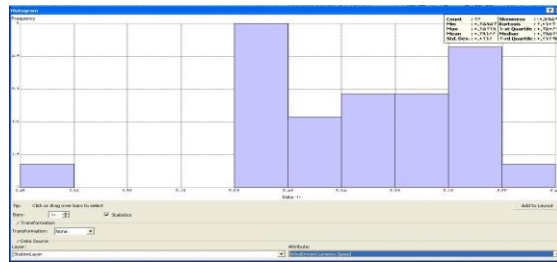


شکل ۳- نمودار میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه ژانویه فصل زمستان

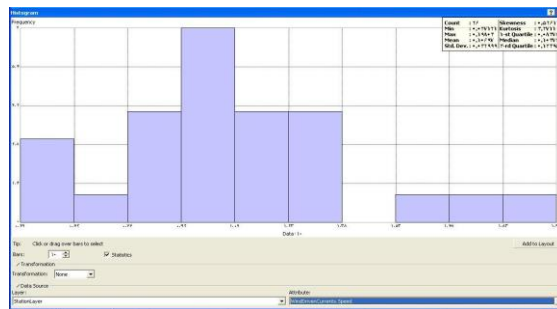




شکل ۴- نمودار میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه آوریل فصل بهار

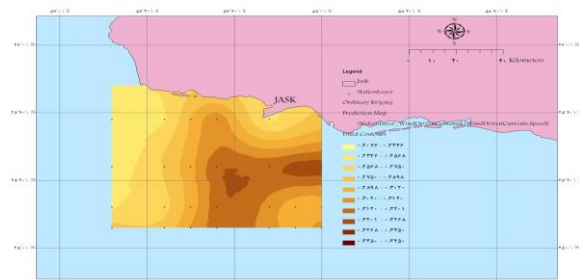


شکل ۵- نمودار میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه جولای فصل تابستان

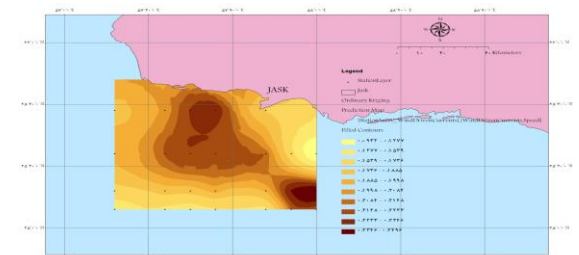


شکل ۶- هیستوگرام میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه اکتبر فصل پائیز

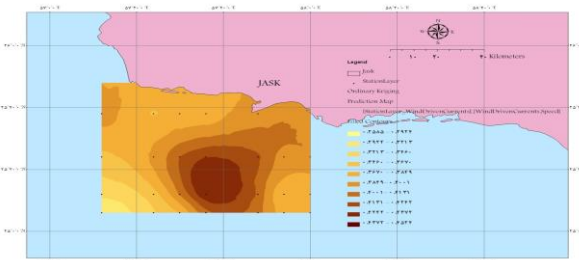
شکل‌های ۷ تا ۱۰ نقشه‌های تولید شده توسط نرم افزار ArcGIS 10.3 است، که الگوی سرعت جریان را در محدوده پژوهش نشان می‌دهند.



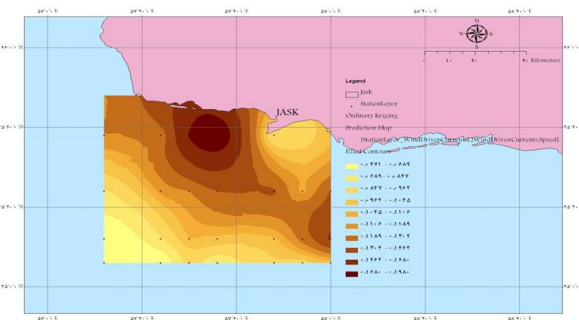
شکل ۷- مدل سازی مکانی میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه دی از فصل زمستان



شکل ۸- مدل سازی مکانی میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه فروردین از فصل بهار

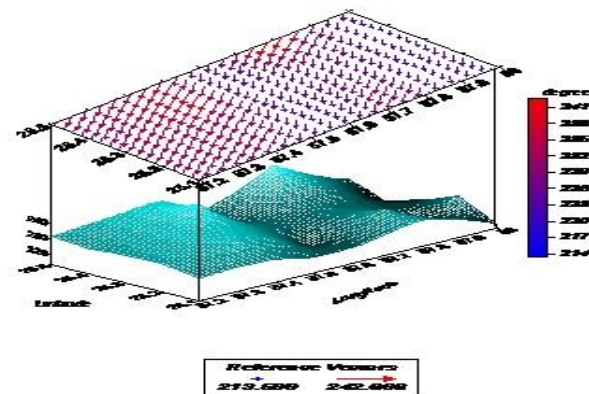


شکل ۹- مدل سازی مکانی میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه تیر از فصل تابستان

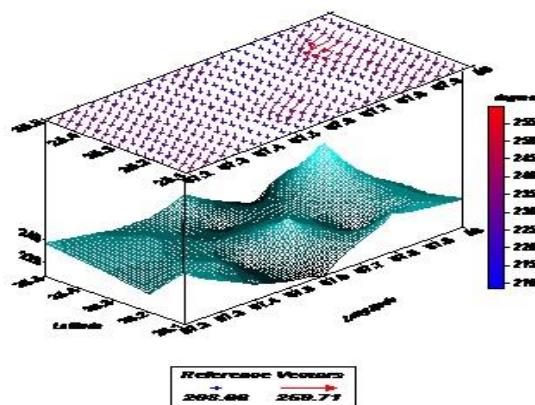


شکل ۱۰- مدل سازی مکانی میانگین سرعت جریان ناشی از باد (m/s) در ماه مهر از فصل پاییز

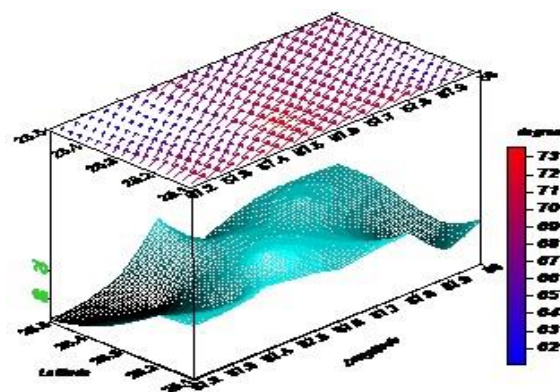
شکل‌های ۱۱ تا ۱۴ نقشه‌های سه بعدی جهت جریان ناشی از باد در چهار فصل سال است که توسط نرم افزار Surfer رسم شده است.



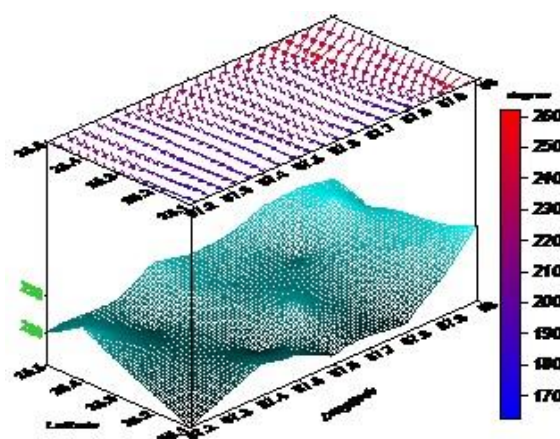
شکل ۱۱- نقشه سه بعدی میانگین جهت جریان ناشی از باد در ماه دی



شکل ۱۲- نقشه سه بعدی میانگین جهت جریان ناشی از باد در ماه فروردین



شکل ۱۳- نقشه سه بعدی میانگین جهت جریان ناشی از باد در ماه تیر



شکل ۱۴- نقشه سه بعدی میانگین جهت جریان ناشی از باد در ماه مهر

### نتیجه گیری

در ماه دی از فصل زمستان در محدوده پژوهش (طول جغرافیایی ۵۷/۲ تا ۵۸ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۵/۱ تا ۲۵/۵ شمالی)، سرعت جریان بین ۰/۲۰ تا ۰/۳۴ متر بر ثانیه متغیر بوده و در خلیج جاسک این

مقدار ۰/۲۵ تا ۰/۲۸ متر بر ثانیه است. در جنوب و جنوب شرقی خلیج جاسک، سرعت جریان زیاد می‌شود و به حداکثر ۰/۳۴ m/s می‌رسد و در غرب جاسک به سمت تنگه هرمز، مقدار آن به ۰/۲۳ کاهش می‌یابد. در این ماه از سال خطوط هم سرعت جریان به موازات طول‌های جغرافیایی است. افزایش سرعت باد در ناحیه شرقی و جنوبی منطقه مورد مطالعه به نظر می‌رسد، به طوری که در بخشی از ناحیه جنوب شرقی حداکثر سرعت جریان آب ناشی از باد و در خلیج جاسک حداقل سرعت جریان آب ناشی از باد مشاهده می‌گردد. جهت جریان غالب در این منطقه در طی ماه دی جنوب غربی است (شکل‌های ۳، ۴، ۷، ۱۱).

در ماه فروردین از فصل بهار، در محدوده پژوهش، سرعت جریان بین ۰/۰۹ تا ۰/۲۴ متر بر ثانیه متغیر بوده و در خلیج جاسک، حداکثر ۰/۲۰ m/s می‌باشد. از خلیج جاسک به سمت شرق، سرعت به تدریج کاهش یافته و حداقل به ۰/۰۹ m/s می‌رسد و در غرب جاسک به سمت تنگه هرمز، افزایش یافته و مقدار آن به ۰/۲۲ m/s رسیده است. در این ماه از سال خطوط هم سرعت جریان به موازات عرض‌های جغرافیایی است، به طوری که افزایش سرعت باد در ناحیه غربی جاسک نتیجه می‌شود. لذا در محدوده غربی خلیج جاسک حداکثر سرعت جریان آب ناشی از باد مشاهده می‌گردد. جهت جریان غالب در این منطقه در طی ماه فروردین جنوب غربی است (شکل‌های ۴، ۸، ۱۲).

در ماه تیر فصل تابستان در محدوده پژوهش، سرعت جریان بین ۰/۲۵ تا ۰/۴۵ متر بر ثانیه متغیر است و در خلیج جاسک، حداکثر ۰/۳۸ m/s می‌باشد. از خلیج جاسک به سمت جنوب، سرعت جریان به تدریج افزایش می‌یابد که این امر ناشی از افزایش سرعت باد است. در فصل تابستان الگوی جهت جریان ناشی از باد، شرقی و شمال شرقی است (شکل‌های ۵، ۹، ۱۴).

در ماه مهر فصل پائیز در محدوده پژوهش، سرعت جریان بین ۰/۰۴ تا ۰/۱۹ متر بر ثانیه متغیر است و در خلیج جاسک، حداکثر ۰/۱۵ m/s می‌باشد. در محدوده شرقی خلیج جاسک، سرعت جریان کاهش یافته در حالی که در غرب خلیج جاسک به سمت تنگه هرمز، سرعت جریان به تدریج افزایش یافته و به مقدار ۰/۱۹ m/s می‌رسد که این امر حاکی از افزایش سرعت باد در این محدوده می‌باشد. در این ماه از سال خطوط هم سرعت جریان، تقریباً به موازات عرض‌های جغرافیایی است جهت جریان غالب در این منطقه در طی ماه مهر جنوب و جنوب غربی است (شکل‌های ۶، ۱۰، ۱۴).

در نتیجه، می‌توان گفت که خلیج جاسک در فصل تابستان با سرعت جریان حدود ۰/۴۷ m/s بیشترین سرعت را در کل سال دارد و در ماه مهر از فصل پائیز، با سرعت ۰/۱۴ m/s کمترین سرعت جریان را دارد. در فصل پائیز دامنه تغییرات سرعت جریان در خلیج جاسک ۰/۲۹ m/s است که بیشترین دامنه تغییر سرعت جریان را بین فصل‌های سال دارد، در صورتی که فصل بهار با میزان سرعت ۰/۰۳ m/s کمترین دامنه تغییرات سرعت جریان را دارد. فصل تابستان با دامنه تغییرات ۰/۲۵ m/s در رده دوم و فصل زمستان با ۰/۱۳ m/s در رده سوم قرار گرفته‌اند.

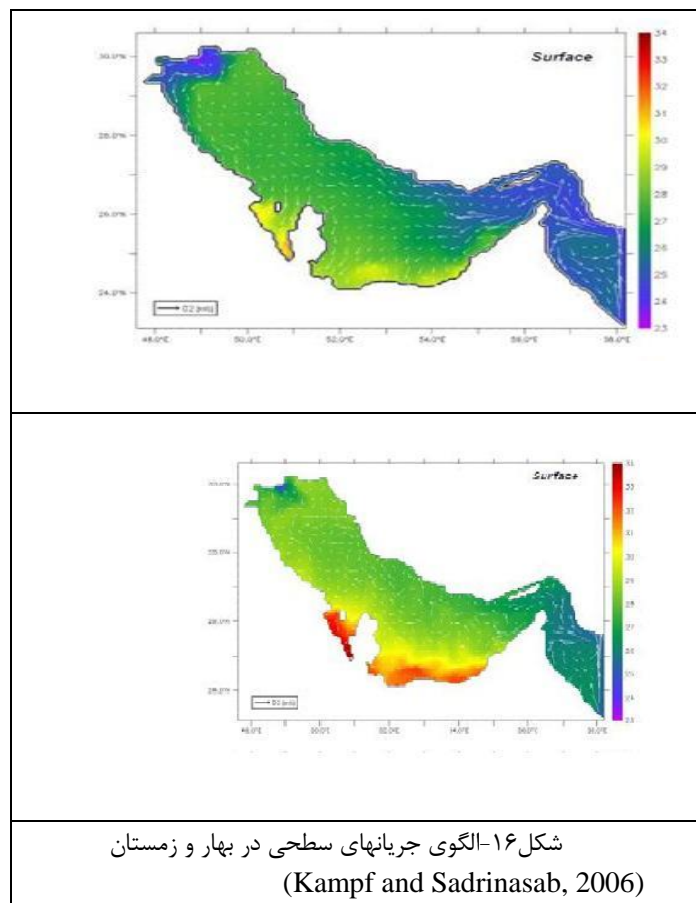
با مشاهده شکل‌های توزیع سرعت باد از ماهواره QUIKSCAT (شکل ۱۵)، در منطقه مورد مطالعه، مشاهده می‌شود که حداکثر سرعت باد نیز مربوط به ماه مرداد از فصل تابستان و حداقل سرعت باد، مربوط به ماه مهر در فصل پاییز است و بیشترین سرعت باد در طی سال در نواحی غربی خلیج جاسک مشاهده می‌شود. در پائیز تغییرات سرعت باد نسبت به سایر فصل‌ها زیادتر است. لذا دامنه تغییرات سرعت جریان ناشی از باد بیشتر است. اختلاف دمای بین آب و خشکی مجاور در این فصل زیاد است. آبهای با ظرفیت گرمایی بالا، دارای دمای بیشتر و خشکی با شروع سرد شدن هوا دارای دمای کمتر است. در فصل بهار، دامنه تغییرات سرعت باد به دلیل افزایش دمای هوا و در نتیجه دمای خشکی مجاور ساحل، کاهش می‌یابد لذا اختلاف دمای میان آب و خشکی مجاور کاهش می‌یابد.

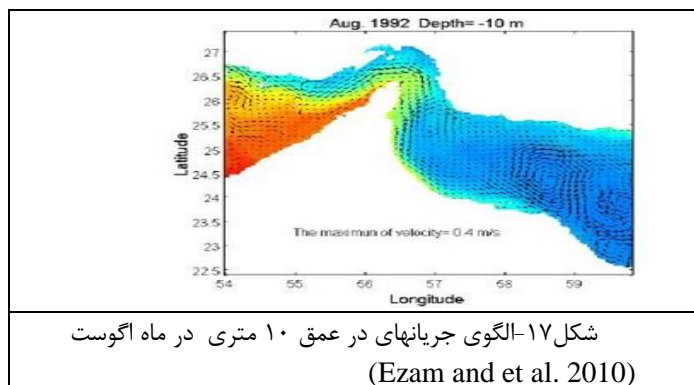


شکل ۱۵- توزیع سرعت باد در محدوده تحقیق در ماههای اکتبر و آگوست

نتایج این پژوهش با سایر مطالعات مشابه مقایسه شد. در پژوهش‌هایی که توسط صدری نصب و همکاران، قاضی و همکاران، عمادی و همکاران در مورد مدل عددی گردش آب در خلیج فارس و

دریای عمان انجام شد، الگوی ارائه شده سرعت و جهت جریان‌های سطحی، در فصول مختلف سال با نتایج این پژوهش تطابق دارد (Kampf and Sadrinasab, 2006; قاضی و همکاران، ۱۳۹۷؛ عمادی و همکاران، ۱۳۹۵). اختلاف بین مقادیر محاسبه شده در این پژوهش و پژوهش صدری نصب و همکاران می‌تواند به دلیل در نظر نگرفتن جریان ناشی از اختلاف چگالی باشد (شکل ۱۶). مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات عظام و همکاران، الگوی جریان‌های ارائه شده در عمق ۱۰ متری درصد تطابق نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آن‌ها حداکثر سرعت جریان در ماه مارس  $0.42 \text{ m/s}$  و در ماه اگوست  $0.4 \text{ m/s}$  می‌باشد (شکل ۱۷) (Ezam and et al., 2010).





میانگین سالانه سرعت جریان ناشی از باد در خلیج جاسک  $0.28 \text{ m/s}$  محاسبه گردید. بیشترین سرعت جریان ناشی از باد در طی سال در غرب خلیج جاسک و کمترین آن در شرق خلیج جاسک است. حداکثر دامنه تغییر سرعت جریان ناشی از باد در فصل پاییز با مقدار  $0.29 \text{ m/s}$  می‌باشد. حداقل دامنه تغییر سرعت جریان ناشی از باد در فصل بهار با مقدار  $0.03 \text{ m/s}$  محاسبه شد. در فصل زمستان و ماه‌های فروردین و اردیبهشت از فصل بهار، جهت جریان ناشی از باد جنوب غربی است. در ماه‌های فصل تابستان جهت جریان ناشی از باد، شرقی و شمال شرقی است. در فصل پاییز جهت جریان ناشی از باد جنوب و جنوب غربی است.

#### منابع

- آجا (۱۳۸۸). *مطالعات منطقه جاسک، قرارگاه سازندگی قائم(عج)*.
- ترابی آزاد، مسعود، سیه سرانی، امیر، افتخاری، حسین (۱۳۹۵). *آموزش جامع تحلیلگر زمین آماری نرم افزار ArcGIS*، چاپ دوم، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- سنجری، سارا. سعادتیار، امید (۱۳۸۸). *پروژه‌های کاربردی GIS*، انتشارات مهرگان قلم.
- سیه سرانی، امیر (۱۳۸۷). *تحلیل و پیش بینی پارامترهای فیزیکی دما، شوری و چگالی در خلیج فارس بوسیله سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)*، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- رسولی، علی اکبر (۱۳۸۴). *تحلیلی بر فناوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی*، انتشارات دانشگاه تبریز.
- رئیس‌السادات، محمدرضا. و بنزاده، محمدرضا (۱۳۸۲). *مدلی برای گردش آبها در خلیج فارس*، *مجله نیوار*، سازمان هواشناسی کشور، شماره ۵۰ و ۵۱.
- عظیمی حسینی، محمد. نظری فر، محمد هادی (۱۳۹۵). *کاربرد GIS در مکان یابی*، انتشارات مهرگان قلم.



عمادی، سید روح الله. ترابی آزاد، مسعود، مشایخ پور، مرجان (۱۳۹۵). بررسی تغییرات فصلی دامنه مولفه‌های جزر و مدی در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، *فصلنامه هیدروفریزیک*، ۲(۲): ص ۶۷-۷۷.

قاضی، ارم. عظام، مجتبی. علی اکبری بیدختی، عباسعلی. ترابی آزاد، مسعود. حسن‌زاده، اسماعیل (۱۳۹۷). شبیه‌سازی جبهه ترموهالاینی جریان خروجی خلیج فارس در دریای عمان، *فصلنامه هیدروفریزیک*، ۴(۱): ص ۱-۱۷.

قهرودی تالی، منیره (۱۳۸۴). *سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی*، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تربیت معلم تهران.

مروتی، حسین. آراسته، افشین. داداش پور، جلال. مهرفر، حسام‌الدین (۱۳۸۶). محاسبه و بودجه گرمایی روی حوضه خلیج چابهار، *فصلنامه علوم و فناوری دریا*، ۲۲: ص ۴۵-۱۲.

مطیعی، همایون (۱۳۸۴). *آشنایی با ArcView GIS و برنامه‌های جنبی آن*، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور وزارت نیرو.

میر محمد صادقی، محمد (۱۳۸۶). *آموزش نرم افزار ArcGIS*، انتشارات فرآت

Al- Hajri, Khalid (1990). The Circulation of the Persian Gulf: A Model Study of its Dynamics, The Catholic University of America, Washington D.C., Ph.D. Dissertation (also available through UMI Dissertation Information Service, Order Number 9106378), 218 pp.

Ezam, M., A. A. Bidokhti, and A. H. Javid (2010). Numerical simulations of spreading of the Persian Gulf outflow into the Oman Sea, *Ocean Science*. 6, 887-900.

Johnston, K. J. M., Ver Hoef, K. K., and Neil, L. (2003). *ArcGIS 9.X using ArcGIS Geostatistical Analyst*, ESRI Press.

Kampf, J., Sadrasab, M (2006). The circulation of the Persian Gulf: a numerical study, *Ocean Science*, 2, 27-41.

Reynolds, R.M (1993). *Physical Oceanography of the Persian Gulf, Strait of Hormuz, and The Gulf of Oman - Results from the Mt. Mitchell Expedition*, The Marine Pollution Bulletin, Pergamon Press, and London. 1-49.

Stewart, R.H (2008). *Introduction to physical oceanography*, Department of Oceanography Texas A & M University. PP.345.

Williams, D.W (2005). *Persian Gulf Pilot*, Pub. Hydrography Department of England Royal Navy.