ارزیابی میدان باد ماهواره‌ای QuikSCAT در دریاهای مجاور ایران با استفاده از داده‌های باد ایستگاههای سینوپتیک و مدلهای عددی جوی

علی اصغر گلشنی [۱] ، سهیلا تائبی [۲]

۱- استادیار پژوهشی، مرکز ملی اقیانوس شناسی
۲- مربی پژوهشی، مرکز ملی اقیانوس شناسی

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی کیفیت آمار باد ماهوارهQuikSCAT در دریاهای مجاور ایران (دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان) می‌باشد. داده‌های باد این ماهواره با داده‌های ایستگاههای سینوپتیک در سواحل ایران مقایسه شده‌اند. بدین منظور اختلاف زمانی و مکانی بین مشاهدات ایستگاههای سینوپتیک و داده‌های ماهواره‌ای به ترتیب به یک ساعت و ۴۵ کیلومتر محدود گردید. همچنین این داده‌ها با داده‌های مدلهای عددی بادECMWF و NCEP/NCAR نیز مقایسه گردیدند. بصورت کلی میانگین و انحراف معیار سرعت باد ماهواره QuikSCAT از سرعت باد ایستگاههای سینوپتیک و مدلهای عددی بیشتر می‌باشد. دقت این میدان باد در دریاهای جنوبی بیشتر از دریای خزر است. دقت مربوط به جهت باد در بادهای با سرعت ضعیف از بادهای با سرعت متوسط و قوی کمتر می‌باشد. سرعت باد QuikSCAT در محدوده بین ۵ الی ۱۵ متر برثانیه در دریاهای جنوبی از دقت خوبی برخوردار می‌باشد. فاصله نسبتا زیاد بعضی از ایستگاههای سینوپتیک تا نزدیکترین سلول برداشت باد ماهواره‌ای از محدودیتهای انجام این تحقیق می‌باشد. این مطالعه برای اولین بار در دریاهای ایران انجام گرفته است. این میدان باد پس از کنترل کیفیت، میتواند بعنوان یکی از منابع اصلی در مدل‌سازی به منظور پیش‌یابی و پیش‌بینی موج بکار رود.

کلمات کلیدی: باد ماهواره QuikSCAT ، مدل باد ECMWF ، دریای خزر، خلیج فارس، دریای عمان

Evaluation of Wind Vectors Observed by Quikscat/Seawinds Using Synoptic and Atmospheric Models Data in Iranian Adjacant Seas

Aliasghar Golshani [1], Soheila Taebi [2]

1-Research Assistant Professor, Iranian National Centre for Oceanography
2-Research Fellow, Iranian National Centre for Oceanography

Abstract

The goal of this study was to provide quality assurance for QuikSCAT wind speed and direction in Iranian adjacent seas including the Caspian Sea, the Persian Gulf and the Gulf of Oman. Synoptic station wind data and numerical atmospheric models in the study area were compared with QuikSCAT wind field. Time difference and spatial separation between the QuikSCAT and synoptic observations were limited to less than 1 hr and 45 km, respectively. The average and standard deviation of QuikSCAT wind speeds are more than those of synoptic stations and numerical atmospheric models. The accuracy of the QuikSCAT wind direction at low wind speed range is less satisfactory than that at moderate to high wind ranges. QuikSCAT wind speeds in the range of 5-15 m/s have an acceptable level of accuracy in southern seas. Large spatial separation between some of the synoptic stations in Iranian coastline and islands is

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

a major limitation of this research. This is the first time that QuikSCAT wind field was evaluated against observed and modeled data in Iranian seas. QuikSCAT wind field can be used as a valuable source in wave hindcast/forecast modeling.
Keywords: QuikSCAT Sea Winds, ECWMF wind model, the Caspian Sea, the Persian Gulf, the Gulf of Oman

۱- مقدمه

باد به عنوان مهم‌ترین ورودی مدل موج و روشهای تحلیلی پیش‌یابی امواج، پارامتری تعیین‌کننده در طراحی سازه‌های ساحلی و دریایی محسوب می‌شود. تعیین مشخصات باد از ضروریات طراحی سازه‌های ساحلی و فراساحل می‌باشد. در بسیاری از پروژه‌های مهندسی دریا به علت کمبود داده‌های باد، از داده‌های باد مناطق مجاور آن که گاهاً در فاصله نسبتاً زیادی از منطقه مورد نظر واقع هستند، استفاده می‌شود که ممکن است خطای قابل توجهی در محاسبات وارد کرده و طراحی پروژه را غیر اقتصادی نماید. تعیین این مقادیر با درشت نمایی زمانی و مکانی مناسب خصوصاً در مناطق دور از ساحل که ایستگاه سینوپتیک موجود نمی‌باشد، از ضروریات طراحی می‌باشد.

از سوی دیگر محدود بودن مشاهدات هواشناسی در اقیانوس‌های جهان عاملی محدود کننده در پیش‌بینی صحیح هوا بوده است [۱]. در گذشته، داده‌های سطحی موجود، عمدتاً مشاهداتی بودند که توسط کشتی‌ها و بویه‌ها بدست آمده‌اند. متاسفانه این داده‌ها پوشش مکانی ضعیفی دارند، چرا که بیشتر کشتی‌ها از مسیرهای مشخص عبور می‌کنند و اکثر بویه‌ها نیز در نزدیکی سواحل نصب شده‌اند. به علاوه در مورد دقت مشاهدات از روی کشتی تردیدهایی وجود دارد. در حال حاضر، داده‌های ماهواره‌ای، داده‌های هواشناسی مرسوم در روی اقیانوس‌ها را تکمیل می‌کنند. جدول ۱ مشخصات ماهواره‌های مهم اندازه‌گیری مشخصات باد را نشان می‌دهد.

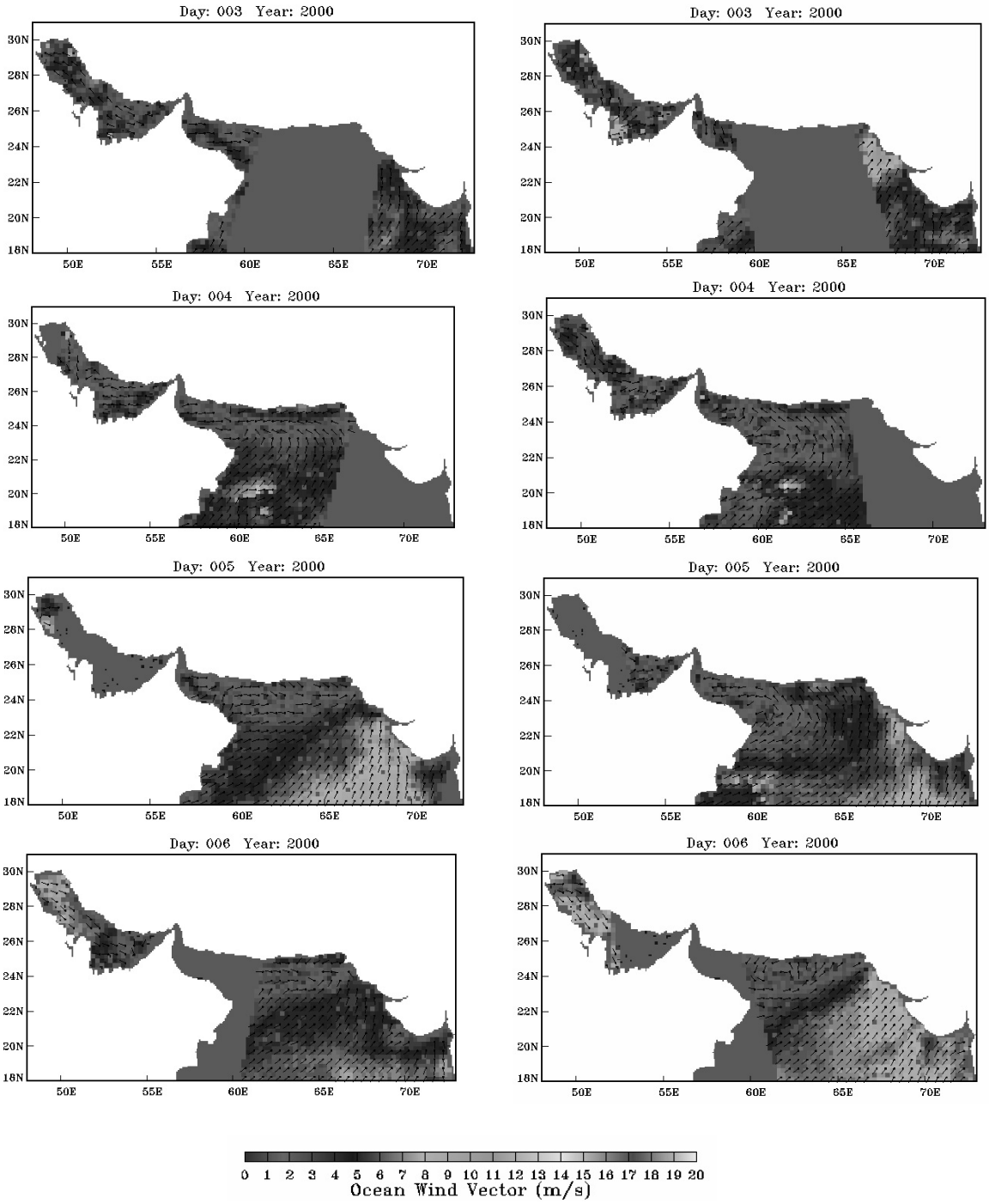
یکی از منابع داده‌های باد ماهواره‌ای، آمار باد دریایی ثبت شده توسط دستگاه مستقر در ماهواره QuikSCAT شامل مولفه‌های سرعت و جهت باد می‌باشد. هدف از ساخت این ماهواره تهیه داده‌های جهانی باد با بزرگنمایی زمانی و مکانی مناسب و به صورت شبکه‌ای و قابل استفاده در مقاصد علمی و مهندسی از قبیل مطالعات بزرگ مقیاس هواشناسی و اقیانوس‌شناسی می‌باشد. این ماهواره در مداری به ارتفاع ۸۰۳ کیلومتر از سطح استوا گردش کرده و ۹۰٪ سطح یخ نزده اقیانوس‌ها را پوشش می‌دهد.

ماهواره QuikSCAT که از ۱۹۹۹/۷/۱۹ تاکنون با گام زمانی ۱۲ ساعت و گام مکانی ۰/۲۵ درجه به جمع آوری داده‌های جهتی باد پرداخته است، به لحاظ کوچک بودن گام زمانی و مکانی و شبکه‌ای بودن برداشت داده‌ها در مقایسه با ماهواره‌های دیگر حائز اهمیت می‌باشد. این ماهواره قادر به برداشت باد با جذر میانگین مربع خطا ۲ متر بر ثانیه برای سرعت باد ۳ تا ۲۰ متر بر ثانیه و ۲۰ درجه برای جهت باد با سرعت ۳ تا ۳۰ متر بر ثانیه می‌باشد [۲].

ماهواره QuikSCAT دارای دو عبور رفت و برگشت بر روی هر نقطه جغرافیایی در طول شبانه‌روز می‌باشد. مسیرهای مذکور پس از ۴ روز مجددا تکرار می‌گردند. شکل ۱ مسیرهای رفت (راست) و برگشت (چپ) ماهواره QuikSCAT در خلیج فارس و دریای عمان در چهار روز متوالی را نشان می‌دهد

در این تحقیق میدان باد QuikSCAT در دریاهای مجاور ایران تهیه و به فرمت مناسب تبدیل گشته است. سپس با استفاده از داده‌های ایستگاههای سینوپتیک و داده‌های مدلهای عددی جوی کنترل کیفیت و ارزیابی شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]



شکل ۱ ـ مسیرهای رفت (راست) و برگشت (چپ) ماهواره QuikSCAT در خلیج فارس و دریای عمان در چهار روز متوالی

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

جدول ۱ ـ مشخصات ماهواره‌های مهم اندازه‌گیری مشخصات باد

ماهواره	دوره فعالیت	فاصلهٔ زمانی بین دو برداشت متوالی در یک نقطه (روز)	عرض جغرافیایی تحت پوشش (درجه)	پارامترهای اندازه‌گیری شونده باد	نحوه برداشت
Geosat	نوامبر ۸۶ - دسامبر ۸۹	۱۷	۷۲+ تا ۷۲-	سرعت	مسیرهای خاص
Topex/Poseidon	سپتامبر ۹۲ - تاکنون	۱۰	۶۶+ تا ۶۶ -	سرعت	مسیرهای خاص
ERS1	آوریل ۹۱ - آوریل ۹۶	۳۵	۸۱/۵+ تا ۸۱/۵-	سرعت	مسیرهای خاص
ERS2	می ۹۵ - تاکنون	۳۵	۸۱/۵+ تا ۸۱/۵-	سرعت	مسیرهای خاص
Jason1	۲۰۰۰ - تاکنون	۱۰	۶۶+ تا ۶۶ -	سرعت	مسیرهای خاص
QuikSCAT	جولای ۱۹۹۹ - تاکنون	۰/۵	۹۰+ تا ۹۰-	سرعت و جهت	شبکه ای

۲ـ تاریخچه مطالعات مشابه

Ebuchi و همکاران در سال ۲۰۰۲ بردارهای باد برداشت شده توسط ماهواره QuikSCAT را با استفاده از داده‌های بویه‌ای در اقیانوس آرام و اقیانوس اطلس ارزیابی نمودند. آنها نتیجه‌گیری کردند که بطور کلی سرعت و جهت باد QuikSCAT با مشاهدات بویه‌ای در اقیانوس آرام و اطلس تطابق مناسبی دارد. همچنین دقت جهت باد QuikSCAT در محدوده بادهای ضعیف کمتر از بادهای متوسط و قوی می‌باشد [۳]. Ardhuin و همکاران در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۰۶ بردارهای باد برداشت شده توسط ماهواره‌های QuikSCAT، Jason و ERS-2 را با باد حاصل از اجرای مدلهای عددی مختلف از جمله مدل ECMWF (European Center for Medium Range Weather Forecast) در غرب دریای مدیترانه مقایسه کرده و به این نتیجه رسیدند که باد QuikSCAT در غرب دریای مدیترانه نسبت به باد مدل‌های عددی دست بالا می‌باشد. برای مثال باد مدل عددی ECMWF در دریای باز ۱۰ درصد و در مناطق ساحلی ۴۰ درصد کمتر از باد ماهواره QuikSCAT می‌باشد. همچنین باد ماهواره QuikSCAT در غرب دریای مدیترانه مقادیری بیش از ماهواره‌های ERS-2 و Jason دارد [۴].

۳ـ گردآوری داده‌ها

۳ـ۱ـ اطلاعات ماهواره ای QuikSCAT

فرآیند انجام شده برای تحصیل داده های باد ماهواره‌ای QuikSCAT در دریاهای ایران عبارتند از دانلود داده‌ها از وب سایت ناسا [۵] که کل جهان را در هر گام زمانی پوشش می‌دهند، کنترل و تصحیح داده‌ها (این داده‌ها در بعضی از گام‌های زمانی و در برخی مناطق فاقد داده می‌باشند که از مجموعه داده‌ها حذف گردیده‌اند)، استخراج داده‌های مربوط به دریاهای ایران از کل جهان، تبدیل فرمت فایل و نهایتاً کنترل کیفیت و حذف داده‌های پرت.

داده پرت داده‌ای است که به طور قابل توجهی با سایر داده‌ها فاصله دارد. بسته به تعداد داده مورد استفاده در مطالعه، وجود داده پرت می‌تواند تاثیر زیادی بر روی انتخاب توزیع آماری مناسب داشته باشد. روشهای تعیین داده پرت به‌ندرت در مباحث مهندسی باد و تحلیل مقادیر حدی مطرح گردیده است و فقدان یک روش مشخص در این خصوص، تشخیص داده پرت به علت خطای اندازه‌گیری یا داده ناشی از عبور یک طوفان محلی متعلق به دوره بازگشت بالاتر از دوره اندازه‌گیری را مشکل می‌سازد [۶].

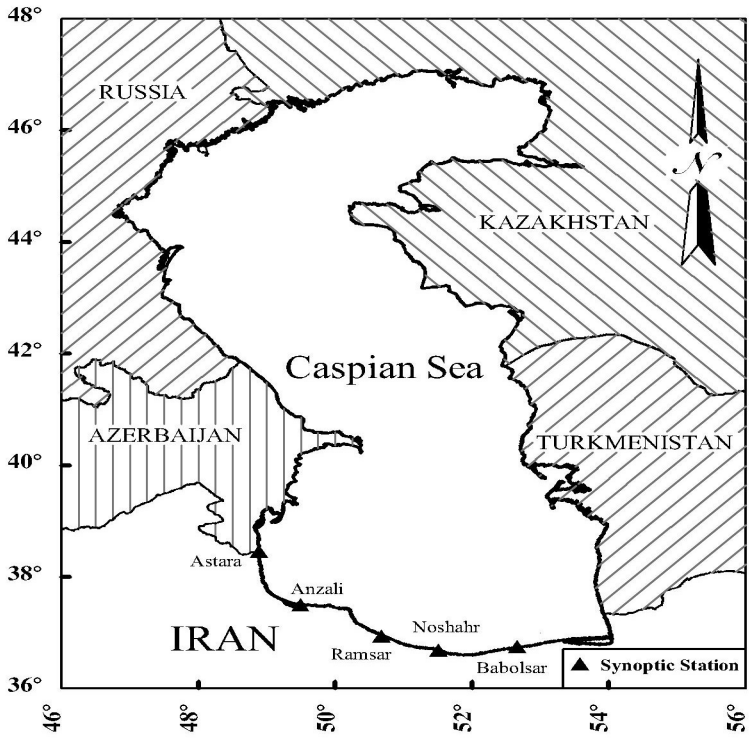
از آنجا که در راهنمای داده‌های ماهواره‌ای QuikSCAT دقتی برای باد در سرعتهای بالای ۳۰ متر بر ثانیه ذکر نگردیده و حداکثر باد اندازه‌گیری شده در کلیه ایستگاههای سینوپتیک در این دوره در محدوده ۱۵ الی ۲۵ متر بر ثانیه می‌باشد، با حذف این داده‌ها که درصد کمی از کل داده‌ها می‌باشند، مقادیر بیشینه آن کاهش می‌یابد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

۳ـ۲ـ اطلاعات ایستگاههای سینوپتیک

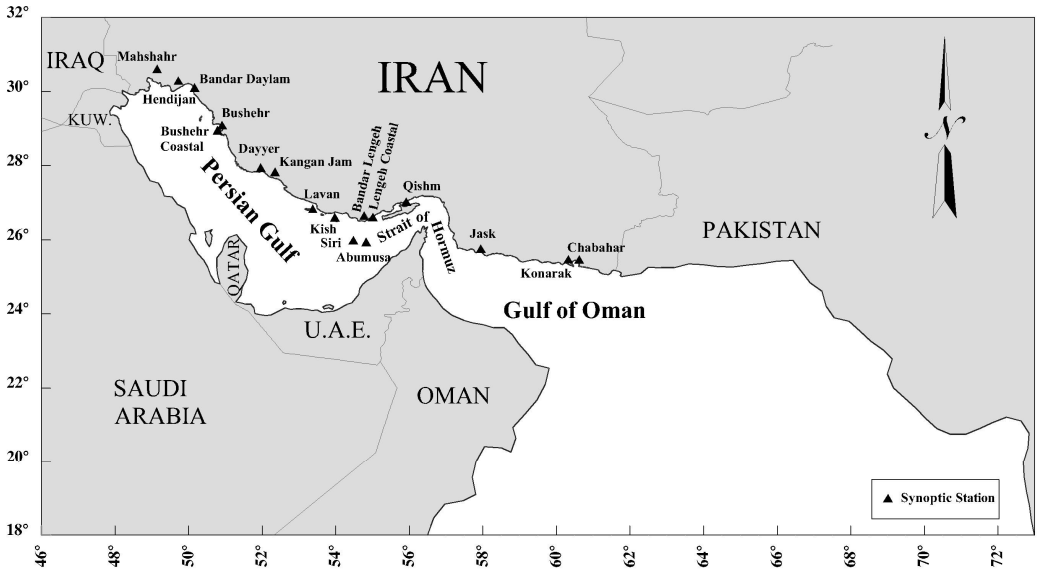
ایستگاههای سینوپتیک در سراسر دنیا اطلاعات مربوط به باد، شامل سرعت، جهت و پارامترهای دیگر را در فواصل زمانی ۳ ساعته سینوپتیک ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ به وقت گرینویچ برداشت می‌کنند. ایستگاههایی که اطلاعات باد آنها از سال ۲۰۰۰ به بعد از سازمان هواشناسی دریافت و کنترلهای کمی و کیفی روی آنها صورت گرفته عبارتند از: آستارا، انزلی، رامسر ، نوشهر و بابلسر در دریای خزر، آبادان، هندیجان، بندر دیلم، ماهشهر، بوشهر ساحلی، بوشهر، دیر، کنگان جم، جزیره لاوان، جزیره کیش، جزیره سیری، جزیره ابوموسی، بندر لنگه و بندر لنگه (ساحلی) در خلیج فارس، قشم، میناب و بندر عباس در تنگه هرمز و جاسک، کنارک و چابهار در دریای عمان. اشکال ۲ و ۳ موقعیت ایستگاههای سینوپتیک را در سواحل شمال و جنوب کشور نشان می‌دهند.

ارزیابی کمی و کیفی داده‌های ایستگاه سینوپتیک نشان می‌دهد که داده‌های ایستگاههای ابوموسی، آبادان، ماهشهر، بندرلنگه، کنارک و جاسک داده‌ها را به صورت منظم برداشت نمی‌کند. از داده‌های ایستگاه آبادان به دلیل دور بودن از نقطه برداشت ماهواره‌ای مجاور آن و از ایستگاههای بندر عباس و میناب به دلیل واقع شدن در تنگه هرمز که فاقد برداشت ماهواره‌ای است، استفاده‌ای نشده است. به علاوه برداشت ایستگاه سینوپتیک کنگان جم به علت قرارگیری در موقعیت کوهستانی قابل مقایسه با سرعتهای باد در سطح دریا نمی‌باشد.



شکل ۲ ـ موقعیت ایستگاههای سینوپتیک در دریای خزر

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]



شکل ۳ ـ موقعیت ایستگاههای سینوپتیک در خلیج فارس و دریای عمان

ایستگاه‌های سینوپتیک، باد را در روی خشکی و در تراز ۱۰ متری کف ایستگاه برداشت می‌نمایند، در حالیکه باد QuikSCAT در روی دریا و در تراز۱۰ متری از سطح دریا اندازه‌گیری می‌شود . لذا ضرایب تصحیح مربوط به اختلاف تراز و تبدیل باد خشکی به باد دریا مطابق با آئین نامه Coastal Engineering Manual (CEM) روی باد ایستگاه‌های سینوپتیک اعمال شده است [۷].

۳ـ۳ـ اطلاعات مدلی باد

برای شبیه‌سازی مدل اقیانوسی بصورت سری زمانی، بعضی از مراکز پیش‌بینی هوا به کمک داده‌های ماهواره‌ای و اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک، مدلهای هواشناسی جهانی یا منطقه‌ای را در فواصل زمانی منظم اجرا کرده و نتایج آن را در پایگاه داده‌های خود ذخیره می‌کنند. مراکز عمده تامین‌کننده چنین داده‌هایی عبارتند از:

ـ مرکز اروپایی پیش‌بینی هوا یا به اختصار ECMWF مستقر در انگلستان

ـ مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی/ مرکز ملی تحقیقات جوی (National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research) در کانادا و آمریکا یا به اختصار NCEP/NCAR

- سازمان هواشناسی انگلستان یا به اختصار UK Met Office

جدول ۲ مشخصات مدل‌های Reanalysis و Operational را برای هر یک از مراکز NCEP/NCAR ، ECMWF و U.K Met Office در محدوده دریاهای مجاور ایران نشان می‌دهد.

مطابق جدول ۲، مدل باد ECMWF محدوده دریاهای مجاور ایران را در بازه زمانی چندین دهه و با بزرگنمایی بهتری نسبت به سایر مدلهای Operational و Reanalysis پوشش می‌دهد. لذا از این منبع باد برای مقایسه استفاده شده است. همچنین داده‌های مدل NCEP/NCAR نیز در دو نقطه به مختصات (۲۳/۸N , ۶۰E) و (۲۳/۸N , ۶۱/۸۷۵E) در فاصله ۱۵۰ کیلومتری ساحل دریای عمان از سال ۱۹۶۰ تاکنون دریافت گردیده‌اند که این مقادیر نیز با میدان باد اندازه‌گیری شده QuikSCAT مقایسه خواهند شد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

جدول ۲ ـ مشخصات مکانی و زمانی مدلهای هواشناسی

سازمان	نوع محصول	بازه زمانی	بزرگنمایی طول × عرض جغرافیایی(درجه)	گام زمانی (ساعت)
ECMWF	Operational	۱۹۸۵/۱/۱ -۱۹۸۵/۴/۳۰ ۱۹۸۵/۵/۱ -۱۹۹۱/۹/۱۶ ۱۹۹۱/۹/۱۷ -۲۰۰۰/۱۱/۲۰ ۲۰۰۰/۱۱/۲۱ -۲۰۰۶/۱/۳۱ ۲۰۰۶/۲/۱- تاکنون	۱/۸۷۵ × ۱/۸۷۵ ۱/۱۲۵ × ۱/۱۲۵ ۰/۵۶ × ۰/۵۶ ۰/۳۵ × ۰/۳۵ ۰/۲۲ × ۰/۲۲	۶
	Reanalysis	۱۹۵۷-۲۰۰۲	۱/۱۲۵ × ۱/۱۲۵	۶
NCEP/NCAR	Reanalysis	۱۹۴۷ تا کنون	۱/۸۷۵ × ~ ۱/۹۱۵ ۱/۸۷۵ × ~ ۱ ۲/۵ × ~ ۲/۵ ۱/۸۷۵ × ۱/۹۳۵	۶
U.K Met Office	Operational	۱۹۹۹ تا کنون	۰/۸۳۳ × ۰/۵۵	۶

۴ـ ارزیابی میدان باد ماهواره QuikSCAT با استفاده از داده‌های باد ایستگاه‌های سینوپتیک

در این قسمت کیفیت میدان باد QuikSCAT با استفاده از داده‌های باد ایستگاههای سینوپتیک ارزیابی شده است. به این منظور سرعت و جهت باد هر ایستگاه سینوپتیک با نزدیکترین نقطه برداشت باد QuikSCAT به آن ایستگاه مقایسه می‌گردد. زمان برداشت داده در ماهواره QuikSCAT در دریاهای مجاور ایران در حدود ساعت ۲ صبح و ۱۴ بعد از ظهر می‌باشد. نزدیکترین گام زمانی ثبت باد در ایستگاههای سینوپتیک به ماهواره ساعات ۳ و ۱۵ می‌باشد. لذا در کلیه مقایسه‌های آماری از برداشتهای مذکور استفاده و از برداشتهای سایر ساعات صرف نظر شده است. ارزیابی‌ها با ترسیم نمودارهای پراکندگی سرعت و جهت و محاسبه پارامترهای آماری به مقایسه‌های کمی تبدیل می‌گردد. پارامترهای آماری مورد استفاده اریبی (Bias)، جذر میانگین مربع خطاها (RMSE)، ضریب همبستگی (CC)، ضریب پراکندگی (SI) و شیب بهترین خط عبوری از داده‌ها (Slope) می‌باشند. ایستگاه‌های سینوپتیک با فاصله کمتر از ۴۵ کیلومتر با محل برداشت ماهواره، مرجع مقایسه‌های کلی‌تری گردیده و بدین ترتیب نمودارهای فراوانی و مقادیر باقیمانده سرعت و جهت برای مجموعه داده‌ها ترسیم گردیده‌اند.

۴ـ۱ـ مقایسه با استفاده از پارامترهای آماری در دریای خزر

پارامترهای آماری مربوط به این مقایسه در جداول ۳ (سرعت باد) و ۴ (جهت باد) آمده است. با حذف بادهای با سرعت کمتر از ۵ متر بر ثانیه، جهت باد دو منبع انطباق بهتری را نشان می‌دهد. لذا با توجه به این مطلب و اهمیت بادهای حدی، از این به بعد فقط جداول و اشکال مربوط به مقایسه جهت مربوط به بادهای بزرگتر از ۵ متر بر ثانیه ارائه می‌شوند. در اینجا اریبی تفاضل باد سینوپتیک از باد ماهواره‌ای می‌باشد. پارامتر d فاصله ایستگاه اندازه‌گیری تا نزدیکترین نقطه برداشت ماهواره، .N.P تعداد نقاط مورد مقایسه، XM، YM، STDX و STDY به ترتیب میانگین و انحراف معیار استاندارد داده‌ها در محورهای x و y می‌باشند.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

جدول ۳ ـ پارامترهای آماری مقایسه سرعت باد QuikSCAT با ایستگاههای سینوپتیک در دریای خزر

نام ایستگاه	d (km)	N.P.	XM (m/s)	STDX (m/s)	YM (m/s)	STDY (m/s)	Slope	RMSE (m/s)	Bias (m/s)	CC	SI
آستارا	۵۶	۷۸۷	۳/۶۷	۱/۸۳	۶/۶۵	۳/۵۱	۱/۵۲	۴/۷۰	۲/۹۸	۰/۱۹	۰/۵
انزلی	۴۶	۱۰۲۹	۳/۹۴	۲/۴۵	۵/۳۴	۳/۲۲	۱/۲۱	۲/۹۰	۱/۴۰	۰/۶۳	۰/۴۸
رامسر	۴۵	۱۵۴۳	۲/۵۸	۱/۸۰	۵/۳۰	۳/۱۶	۱/۶۰	۴/۰۵	۲/۷۲	۰/۳۸	۰/۵۶
نوشهر	۵۴	۲۲۰۳	۲/۹۲	۱/۶۸	۵/۰۵	۳/۱۴	۱/۴۹	۳/۵۸	۲/۱۳	۰/۴۲	۰/۵۷
بابلسر	۵۲	۲۲۲۷	۳/۰۲	۱/۷۳	۴/۹۲	۲/۷۰	۱/۴۲	۳/۰۴	۱/۹۰	۰/۵۰	۰/۴۸

جدول ۴ ـ پارامترهای آماری مقایسه جهت باد QuikSCAT با ایستگاههای سینوپتیک در دریای خزر (برای بادهای بزرگتر از ۵ متر بر ثانیه)

نام ایستگاه	d (km)	N.P.	Slope	RMSE (deg.)	Bias (deg.)	SI
آستارا	۵۶	۱۲۷	۰/۳۹	۸۰	-۱۱۳	۱/۰۹
انزلی	۴۶	۲۳۸	۰/۵۱	۶۳	-۸۸	۰/۶۶
رامسر	۴۵	۱۳۰	۰/۶۹	۵۴	-۸۶	۰/۳۸
نوشه	۵۴	۲۴۴	۰/۷۹	۸۳	-۴۳	۰/۳۵
بابلسر	۵۲	۲۴۶	۰/۸۳	۷۵	-۳۸	۰/۳۴

با توجه به این جداول می‌توان دریافت که همواره باد QuikSCAT نسبت به ایستگاه‌های سینوپتیک در دریای خزر دست بالا می‌باشد و پراکندگی (انحراف معیار استاندارد) داده‌های ماهواره‌ای بیشتر از داده‌های سینوپتیک می‌باشد. در حالت ایده آل مقدار شیب بهترین خط عبوری از داده‌ها بایستی نزدیک به یک، جذر میانگین مربع خطاها و اریبی حداقل مقدار، ضریب همبستگی نزدیک به یک و ضریب پراکندگی نزدیک به صفر باشد. بررسی این اعداد در دریای خزر نشان می‌دهد که هیچ کدام از این ایستگاهها انطباق مناسبی با باد ماهواره‌ای ندارند. ایستگاه انزلی بیشترین تطابق و ایستگاه آستارا کمترین تطابق را نشان می‌دهد. به لحاظ جهت وضعیت بهتری نسبت به سرعت باد از لحاظ شیب وجود دارد، ولی بقیه پارامترها وضعیت مناسبی ندارند. از این لحاظ نیز ایستگاه بابلسر بهترین تطابق و ایستگاه آستارا کمترین تطابق را نشان می‌دهد. این اختلاف می‌تواند ناشی از فاصله زیاد ایستگاه‌ها با نقاط برداشت ماهواره‌ای (۴۵ تا ۵۶ کیلومتر) باشد که در حدود ۲ سلول ماهواره‌ای (هر سلول ۲۵ کیلومتر می‌باشد) است. لذا از بررسی بیشتر این ایستگاه‌ها در دریای خزر صرف نظر می‌گردد.

۴ـ۲ـ مقایسه با استفاده از پارامترهای آماری در خلیج فارس و دریای عمان

پارامترهای آماری مربوط به این مقایسه نیز در جداول ۵ (سرعت باد) و ۶ (جهت باد) آمده‌اند. لازم به ذکر است که پارامترهای مربوط به ایستگاه‌های ماهشهر و هندیجان به دلیل فاصله زیادی که با نقاط برداشت ماهواره‌ای دارند (ماهشهر ۷۴ کیلومتر و هندیجان ۷۳ کیلومتر) ارایه نشده‌اند.

بررسی این اعداد در جنوب نشان می‌دهد که این ایستگاه‌ها انطباق بهتری با باد ماهواره‌ای نسبت به ایستگاه‌های شمالی دارند. ایستگاه سیری بهترین تطابق و ایستگاه بندر لنگه کمترین تطابق را نشان می‌دهد. به لحاظ جهت وضعیت بهتری نسبت به سرعت باد وجود دارد. از این لحاظ نیز ایستگاه بوشهر بهترین تطابق و ایستگاه قشم کمترین تطابق را نشان می‌دهد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

جدول ۵ ـ پارامترهای آماری مقایسه سرعت باد QuikSCAT با ایستگاه‌های سینوپتیک در خلیج فارس و دریای عمان

نام ایستگاه	d (km)	N.P.	XM (m/s)	STDX (m/s)	YM (m/s)	STDY (m/s)	Slope	RMSE (m/s)	Bias (m/s)	CC	SI
بندر دیلم	۴۶	۴۷۶	۴/۶۶	۱/۶۸	۶/۳۰	۲/۸۳	۱/۲۶	۳/۲۵	۱/۶۴	۰/۳۱	۰/۴۴
بوشهر	۴۱	۲۳۷۷	۴/۳۲	۲/۵۷	۶/۱۳	۲/۹۲	۱/۲۲	۳/۱۵	۱/۸۲	۰/۵۷	۰/۴۲
دیر	۲۳	۵۸۴	۶/۳۱	۲/۵۵	۸/۲۸	۳/۲۷	۱/۲۳	۳/۳۴	۱/۹۷	۰/۵۹	۰/۳۳
لاوان	۳۴	۲۲۸	۴/۳۶	۲/۵۸	۵/۶۱	۳/۱۵	۱/۲۰	۲/۳۳	۱/۲۶	۰/۷۸	۰/۳۵
کیش	۴۱	۲۴۲۶	۴/۷۱	۲/۵۳	۵/۷۱	۲/۹۲	۱/۱۲	۲/۴	۱	۰/۶۹	۰/۳۸
سیری	۳۰	۲۵۴۱	۴/۸۸	۲/۲۳	۶/۱۱	۲/۳۴	۱/۱۷	۲/۰۷	۱/۲۳	۰/۷۳	۰/۲۷
ابوموسی	۲۳	۱۹۵۳	۴/۲۵	۲/۰۱	۵/۶۹	۲/۳۴	۱/۲۴	۲/۲۴	۱/۴۴	۰/۷۰	۰/۳۰
بندر لنگه	۴۵	۱۵۶۸	۳/۰۹	۱/۶۱	۵/۶	۲/۵۴	۱/۵۸	۳/۴۱	۲/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۱
قشم	۵۹	۷۲۶	۴/۴۳	۱/۹۱	۵/۷۴	۲/۳۲	۱/۱۶	۲/۷۷	۱/۳۱	۰/۳۵	۰/۴۳
جاسک	۳۰	۱۷۳۶	۴/۴۵	۲/۱۵	۵/۳۵	۲/۲۹	۱/۱۰	۲/۲۲	۰/۹	۰/۵۸	۰/۳۸
کنارک	۴۳	۵۶۲	۴/۷۵	۱/۹۸	۵/۶۵	۲/۱۲	۱/۱۰	۲/۲۷	۰/۹	۰/۴۹	۰/۳۷
چابهار	۴۴	۲۶۹۱	۳/۷۹	۱/۵۱	۵/۰۵	۲/۰۹	۱/۲۴	۲/۳	۱/۲۶	۰/۴۷	۰/۳۸

جدول ۶ ـ پارامترهای آماری مقایسه جهت باد QuikSCAT با ایستگاه‌های سینوپتیک در خلیج فارس و دریای عمان (برای بادهای بزرگتر از ۵ متر بر ثانیه)

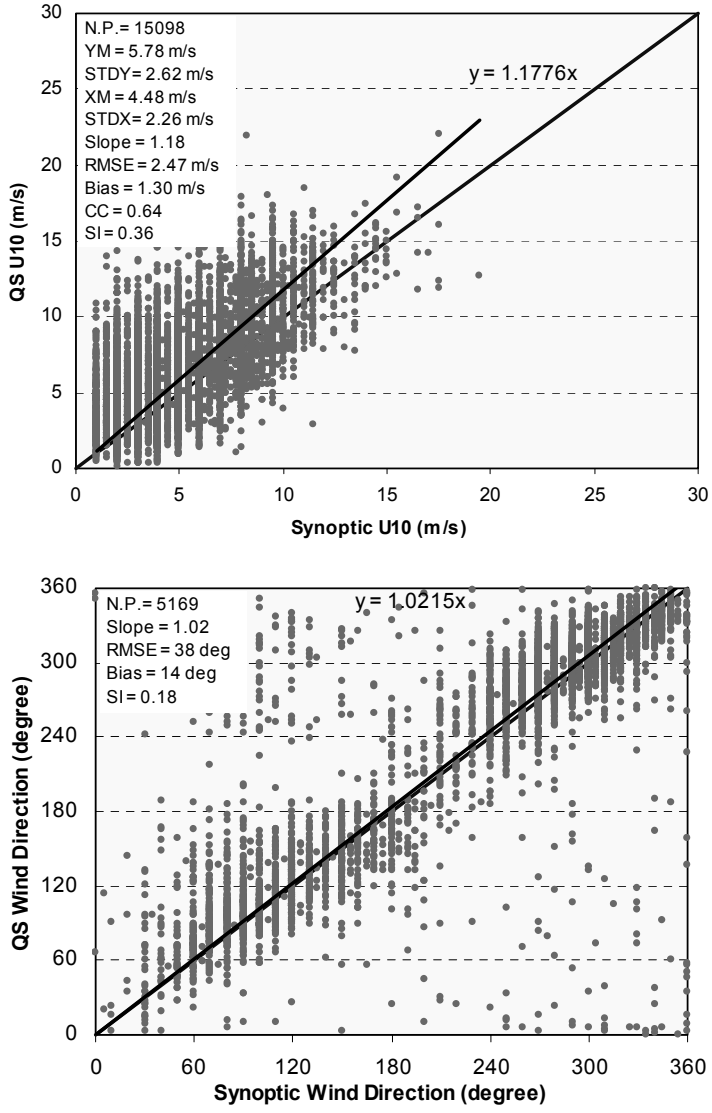
نام ایستگاه	d (km)	N.P.	Slope	RMSE (deg.)	Bias (deg.)	SI
بندر دیلم	۴۶	۱۸۹	۱/۰۴	۵۰	۱۴	۰/۲۲
بوشهر	۴۱	۸۳۰	۰/۹۸	۳۲	۱۲	۰/۱۲
دیر	۲۳	۴۰۴	۱/۰۶	۵۵	۲۶	۰/۲۴
لاوان	۳۴	۶۸	۱/۰۵	۳۴	۱۶	۰/۱۶
کیش	۴۱	۸۱۵	۱/۰۵	۴۱	۱۹	۰/۱۸
سیری	۳۰	۱۰۸۵	۱/۰۲	۳۴	۹	۰/۱۶
ابوموسی	۲۳	۶۲۷	۱/۰۳	۳۴	۱۱	۰/۱۶
در لنگه	۴۵	۲۱۸	۱/۰۴	۳۹	۱۳	۰/۲۳
قشم	۵۹	۲۲۴	۱/۱۵	۶۵	۳۶	۰/۳۹
جاسک	۳۰	۶۰۷	۱/۰۲	۴۲	۱۵	۰/۲۵
کنارک	۴۳	۲۰۵	۱/۰۴	۳۳	۱۳	۰/۲۰
چابهار	۴۴	۵۲۸	۱/۰۱	۳۸	۱۰	۰/۲۱

با ترکیب نقاط مربوط به کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک به استثنای نقاطی که بیش از ۴۵ کیلومتر با نقاط برداشت ماهواره‌ای اختلاف دارند (بندر دیلم، بندر لنگه و قشم و کلیه ایستگاه‌های شمالی) شکل ۴ حاصل می‌شود. با توجه به این شکل می‌توان دریافت که باد QuikSCAT اغلب نسبت به ایستگاه‌های سینوپتیک دست بالا می‌باشد و پراکندگی داده‌های ماهواره‌ای یا انحراف معیار استاندارد آن بیشتر از داده‌های سینوپتیک می‌باشد.

اشکال ۵ و ۶ به ترتیب نمودار پراکندگی باقیمانده سرعت و جهت باد (تفاضل باد سینوپتیک از باد ماهواره) و نمودار پراکندگی باقیمانده جهت باد (جهت

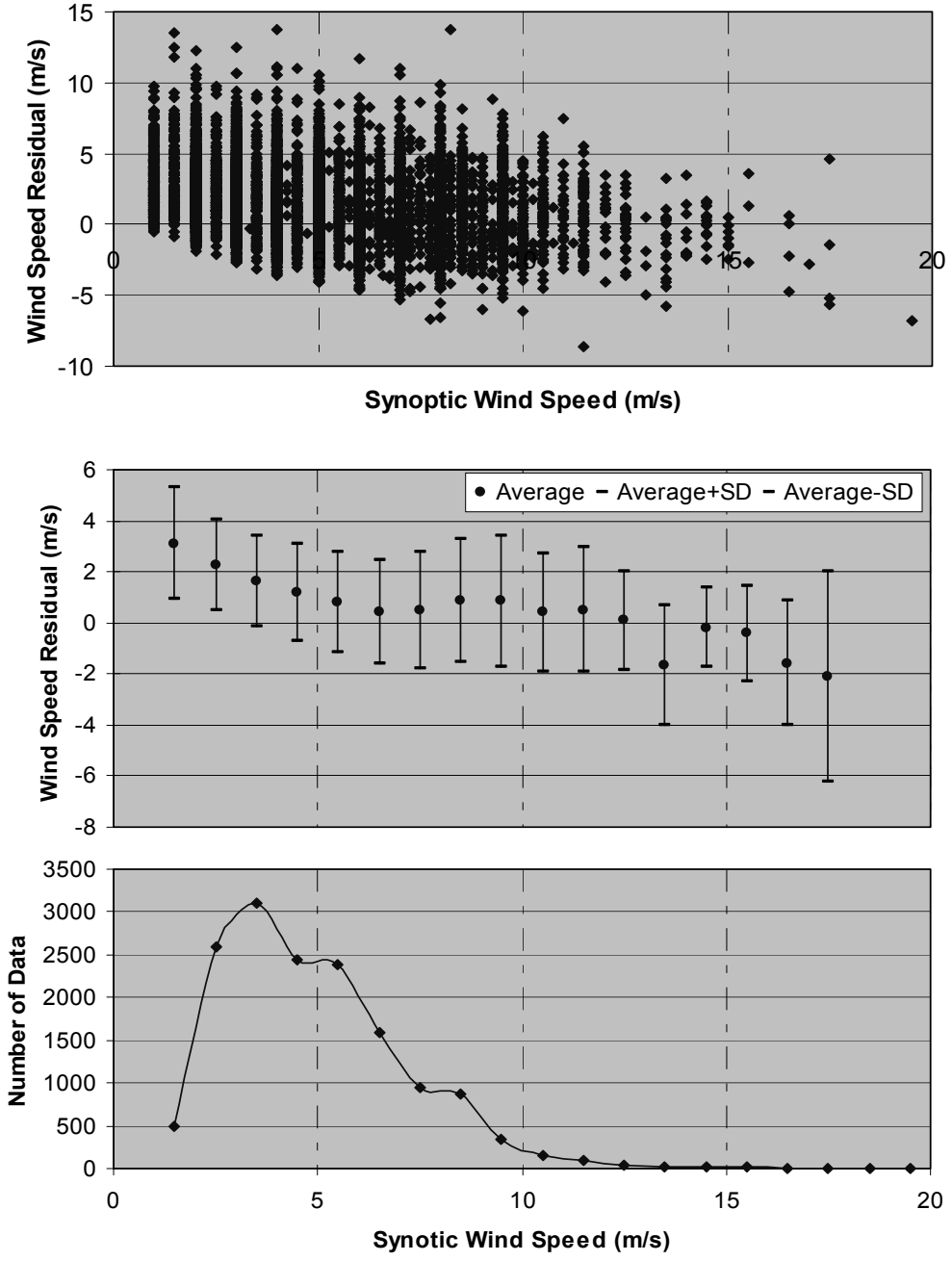
[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

باد QuikSCAT - جهت باد سینوپتیک) را در بازه‌های سرعت باد سینوپتیک ۱ متر بر ثانیه همراه با فراوانی داده‌ها، متوسط و انحراف معیار باقیمانده آنها نشان می‌دهد. این اشکال نشان می‌دهند که سرعت و جهت باد در بازه بین ۵ تا ۱۵ متر بر ثانیه از دقت نسبتاً خوبی برخوردار می‌باشد. با توجه به این که بیشترین فراوانی باد مربوط به سرعت‌های کمتر از ۵ متر بر ثانیه می‌باشد، لذا در استفاده از برداشت‌های باد ماهواره QuikSCAT با سرعت‌های کمتر از ۵ متر در این دامنه سرعت تردیدهایی وجود دارد. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که در استفاده‌های مهندسی از سرعت باد، عموماً سرعتهای بالاتر و یا حدی مورد استفاده می‌باشند که در محدوده سرعت مذکور قرار نخواهند گرفت. باقیمانده جهت باد نیز بصورت میانگین کمتر از ۴۰ درجه بوده و انحراف معیار استاندارد آن با افزایش سرعت سیر نزولی دارد. افزایش انحراف معیار استاندارد در سرعت‌های بالا یعنی محدوده ۱۶ تا ۱۸ متر بر ثانیه را نمی‌توان با کم بودن تعداد داده‌ها بی‌ارتباط دانست. به عبارت دیگر تعداد داده‌های شرکت کننده در این محاسبه بسیار کم بوده و در نتیجه هر داده مقدار پارامتر آماری محاسباتی را به شدت تحت تاثیر قرار خواهد داد.



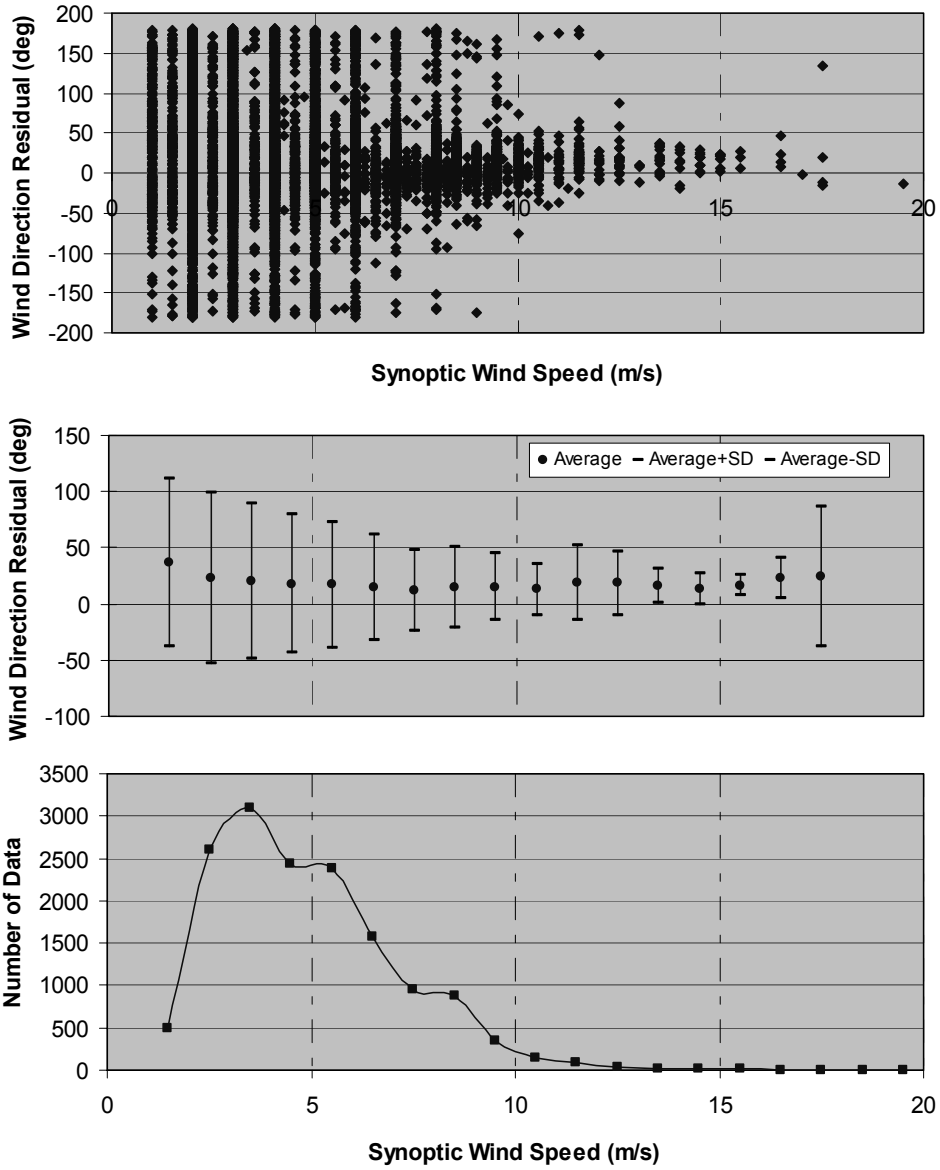
شکل ۴ ـ نمودار پراکندگی مربوط به مقایسه سرعت باد برای کل داده‌ها (بالا) و جهت باد برای داده‌های بزرگتر از ۵ متر بر ثانیه (پایین) ماهواره QuikSCAT با ایستگاه‌های سینوپتیک خلیج فارس و دریای عمان

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]



شکل ۵ ـ ارتباط بین باقیمانده سرعت باد (تفاضل باد سینوپتیک از ماهواره) و سرعت باد سینوپتیک. شکل بالایی نمودار پراکندگی و شکل پایینی تعداد داده‌ها، متوسط آنها (دایره) و انحراف معیار آنها (خطوط عمودی) محاسبه شده در بازه‌های سرعت باد سینوپتیک ۱ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]



شکل ۶ ـ ارتباط بین باقیمانده جهت باد (تفاضل باد سینوپتیک از ماهواره) و سرعت باد سینوپتیک. شکل بالایی نمودار پراکندگی و شکل پایینی فراوانی داده‌ها، متوسط آنها (دایره) و انحراف معیار آنها (خطوط عمودی) محاسبه شده در بازه‌های سرعت باد سینوپتیک ۱ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد

۵ ـ مقایسه میدان باد QuikSCAT با مدلهای عددی

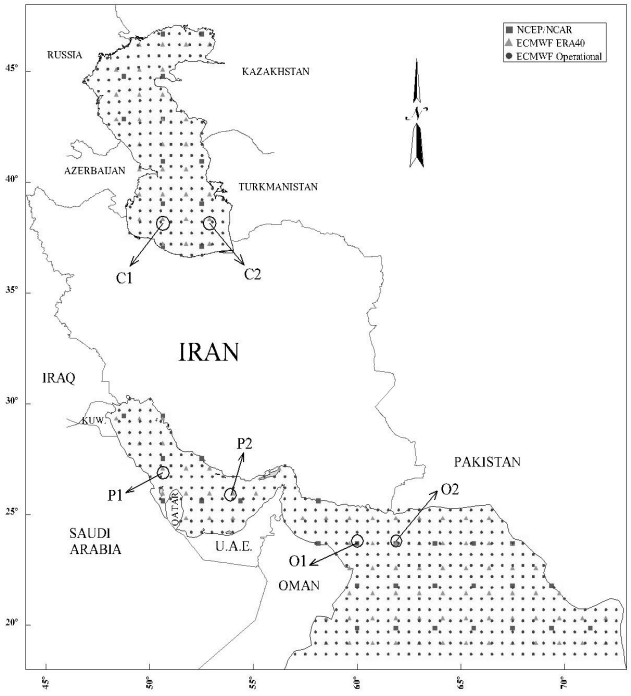
در این بخش میدان باد QuikSCAT با داده‌های باد حاصل از اجرای مدلهای عددی مقایسه می‌شود. مدلهای عددی در محدوده نزدیک به ساحل از کیفیت خوبی برخوردار نبوده، لذا این مقایسه فقط در نقاط دور از ساحل انجام می‌شود. بدین منظور دو نقطه دور از ساحل در هر دریا که در آنها باد QuikSCAT وجود دارد، به عنوان نماینده آن دریا در نظر گرفته شده و بادهای حاصل از مدلهای ECMWF Operational و ECMWF ERA40 در آن نقاط درون‌یابی شده و با باد QuikSCAT متناظر آنها مقایسه می‌شوند. این

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

مقایسه در دریای عمان شامل دو نقطه از مدل NCEP/NCAR نیز می‌باشد. محل نقاط در نظر گرفته شده در شکل ۷ آمده است.

۵ـ۱ـ مقایسه با استفاده از پارامترهای آماری در خلیج فارس و دریای عمان

پارامترهای آماری مربوط به مقایسه سرعت باد و جهت باد داده‌های ماهواره‌ای QuikSCAT (مربوط به بادهای بزرگتر از ۵ متر بر ثانیه) با بادهای مدلی ECMWF Operational، ECMWF ERA40 و NCEP/NCAR به تفکیک دریای خزر و دریاهای جنوبی در جداول ۷ تا ۱۰ آمده است. در این اشکال اریبی تفاضل باد ماهواره‌ای از باد مدلی می‌باشد.



شکل ۷ ـ نقاط انتخابی جهت مقایسه میدان باد ماهواره‌ای QuikSCAT با میدانهای باد مدلی

جدول ۷ـ پارامترهای آماری مقایسه سرعت باد QuikSCAT با باد مدلی در دریای خزر

نام مدل	N.P.	YM (m/s)	STDY (m/s)	XM (m/s)	STDX (m/s)	Slope	RMSE (m/s)	Bias (m/s)	CC	SI
Operational	۴۳۱۵	۴/۷۲	۲/۲۶	۴/۹۰	۲/۷۷	۰/۸۶	۲/۱۳	-۰/۱۸	۰/۶۶	۰/۴۳
ERA40	۳۲۴۲	۴	۱/۸۷	۴/۹۱	۲/۷۳	۰/۷۱	۲/۴۹	-۰/۹۱	۰/۵۵	۰/۴۷

جدول ۸ ـ پارامترهای آماری مقایسه جهت باد QuikSCAT با باد مدلی در دریای خزر (برای بادهای بزرگتر از ۵ متر بر ثانیه)

نام مدل	N.P.	Slope	RMSE (deg.)	Bias (deg.)	SI
Operational	۱۲۲۳	۰/۸۶	۴۳	۶	۰/۲۸
ERA40	۶۶۰	۰/۸۹	۳۴	۱۲	۰/۲۳

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

جدول ۹ ـ پارامترهای آماری مربوط به مقایسه سرعت باد QuikSCAT با مدلهای ریاضی در خلیج فارس و دریای عمان

نام مدل	N.P.	YM (m/s)	STDY (m/s)	XM (m/s)	STDX (m/s)	Slope	RMSE (m/s)	Bias (m/s)	CC	SI
Operational	۸۳۰۰	۴/۷۲	۲/۴۸	۵/۱۳	۲/۷۸	۰/۸۷	۱/۸۵	-۰/۴۱	۰/۷۸	۰/۳۵
ERA40	۶۲۸۱	۴/۰۵	۲/۳۰	۵/۱۲	۲/۷۸	۰/۷۵	۲/۲۴	-۱/۰۷	۰/۷۲	۰/۳۸
NCEP/NCAR (Oman Sea)	۷۴۰۸	۴/۷۴	۲/۳۲	۴/۸۹	۲/۵۰	۰/۸۶	۲/۵۱	-۰/۱۵	۰/۴۶	۰/۵۱

جدول ۱۰ ـ پارامترهای آماری مربوط به مقایسه جهت باد QuikSCAT با مدلهای ریاضی در خلیج فارس و دریای عمان (برای بادهای بزرگتر از ۵ متر بر ثانیه)

نام مدل	N.P.	Slope	RMSE (deg.)	Bias (deg.)	SI
Operational	۲۷۶۳	۰/۹۹	۲۲	۱	۰/۰۹
ERA40	۱۶۰۱	۰/۹۹	۲۰	-۰/۱	۰/۰۸
NCEP/NCAR (Oman Sea)	۲۰۱۴	۰/۹۶	۳۳	۲	۰/۱۶

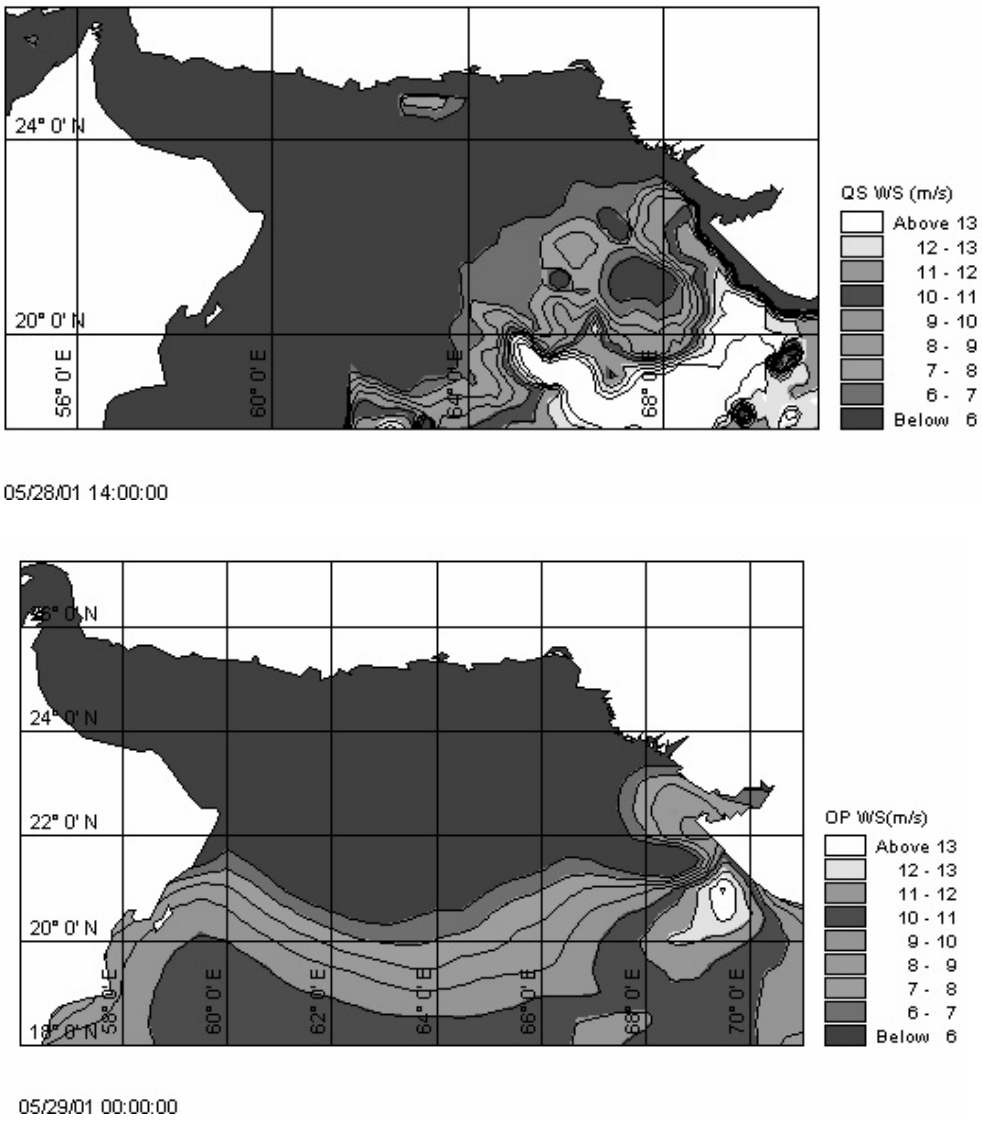
بررسی این جداول نشان می‌دهد که مدلهای عددی باد مقادیر پایین‌تری را نسبت به ماهواره نشان می‌دهند. البته میدان باد ECMWF در نقاط ماهواره درون‌یابی گردیده‌اند. پراکندگی داده‌های باد مدلی نیز کمتر از داده‌های باد QuikSCAT می‌باشد.

در دریای خزر باد Operational از لحاظ سرعت تطابق بهتری با باد ماهواره‌ای QuikSCAT دارد. به لحاظ جهت با وجود نزدیکی دو میدان مدلی ECMWF ، نزدیکی میدان باد ERA40 به باد ماهواره کمی بیشتر است. در دریای عمان، باد NCEP/NCAR به لحاظ میانگین به باد ماهواره نزدیک بوده ولی به لحاظ همخوانی سری زمانی که با پارامترهای ضریب همبستگی و شاخص پراکندگی نشان داده می‌شوند، بسیار ضعیف و به عبارتی ناهمخوان می‌باشد. در دریاهای جنوبی (خلیج فارس و دریای عمان) باد Operational دارای بهترین ضریب همبستگی و شاخص پراکندگی می‌باشد که نشان دهنده همسویی نوسانات آن با باد ماهواره می‌باشد.

۵ـ۲ـ مقایسه باد QuikSCAT با باد مدل ECMWF در زمان وقوع سیکلون

سیکلون‌های رخ داده در محدوده زمانی و مکانی همپوشانی مدل ECMWF Operational و ماهواره QuikSCAT نیز از نظر زمان، مکان و شدت وقوع مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این بازه زمانی دو طوفان رخ داده که یک گام زمانی از یکی از آنها برای نمونه در شکل ۸ آمده است. با توجه به عدم انطباق دقیق زمانی، نتایج مدل قابل قبول به نظر می‌رسد. اطلاعات دوبعدی از باد NCEP/NCAR در دسترس نبوده و از سوی دیگر به علت درشتنمایی نسبتاً پایین آن (۱/۸۷۵ درجه)، شبیه سازی دقیق سیکلون در این میدان مدلی بعید به نظر می‌رسد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]



شکل ۸ ـ طوفان استوایی می ۲۰۰۱ در اندازه‌گیریهای ماهواره QuikSCAT (بالا) و مدل Operational (پایین)

۶ـ نتیجه گیری

کسب اطلاعات دقیق جوی از الزامات انجام مطالعات پیش بینی هوا، تغییرات اقلیم، مخاطرات دریایی و بسیاری از پدیده‌های اقیانوسی می‌باشد. محدود بودن مشاهدات هواشناسی در اقیانوس‌های جهان عاملی محدود کننده در به ثمر رسیدن صحیح این پژوهشها بوده است. برای رفع این نقیصه ماهواره‌های متعددی به فضا پرتاب شده و پارامترهای قابل اندازه‌گیری و بزرگنمایی اندازه‌گیری‌ها همواره رو به افزایش است. یکی از این منابع باد ماهواره‌ای، آمار باد دریایی ثبت شده توسط دستگاه مستقر در ماهواره QuikSCAT می‌باشد. این میدان در محدوده دریاهای مجاور ایران با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک کنترل کیفیت و با داده‌های مدلهای عددی هواشناسی مقایسه گردیده است.

نتایج حاصل از این پژوهش به اجمال شامل موارد زیر می‌باشد:

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

- ارزیابی‌های انجام شده نشان می‌دهد که میانگین سرعت باد QuikSCAT در دریاهای مجاور ایران بالاتر از ایستگاه‌های سینوپتیک با فاصله ۲۳ تا ۵۹ کیلومتر (نسبت به نزدیکترین نقطه برداشت ماهواره‌ای) می‌باشد. پراکندگی یا انحراف معیار استاندارد داده‌های ماهواره نیز بیش از داده‌های سینوپتیک می‌باشد.
- بررسی پارامترهای آماری مقایسه سرعت باد ایستگاه‌های سینوپتیک با سرعت باد ماهواره‌ای در دریای خزر نشان می‌دهد که میانگین باد کلیه ایستگاه‌ها به میزان ۱/۴۰ تا ۲/۹۸ متر بر ثانیه کمتر از میانگین باد ماهواره می‌باشد.
- بررسی پارامترهای آماری مقایسه سرعت باد ایستگاه‌های سینوپتیک با سرعت باد ماهواره‌ای در دریاهای جنوب نشان می‌دهد که این ایستگاه‌ها در مقایسه با ایستگاه‌های شمالی همخوانی بهتری با باد ماهواره‌ای دارند. از لحاظ سرعت ایستگاه سیری بهترین تطابق و ایستگاه بندر لنگه کمترین تطابق را نشان می‌دهد. به لحاظ جهت وضعیت بهتری نسبت به سرعت باد وجود دارد. از این نظر ایستگاه بوشهر بهترین تطابق و ایستگاه قشم کمترین تطابق را نشان می‌دهد. ارزیابی‌های کلی در ایستگاه‌های با فاصله کمتر از ۴۵ کیلومتر که همگی در دریاهای جنوبی واقع‌اند، نشان می‌دهد که سرعت و جهت باد در بازه بین ۵ تا ۱۵ متر بر ثانیه از دقت نسبتاً خوبی برخوردار می‌باشد. با توجه به این که بیشترین فراوانی باد در دریاهای جنوبی مربوط به سرعتهای کمتر از ۵ متر بر ثانیه می‌باشد، لذا استفاده از بادهای این ماهواره در سرعتهای کمتر از ۵ متر بر ثانیه توصیه نمی‌گردد. در مورد سرعتهای بالاتر از ۱۵ متر بر ثانیه نیز لازم است با وجود فراوانی کم داده‌ها جانب احتیاط رعایت گردد.
- مدلهای عددی باد مقادیر پایین تری را نسبت به ماهواره نشان می‌دهند. پراکندگی داده‌های باد مدلی کمتر از داده‌های باد QuikSCAT می‌باشد.
- در دریای خزر در میان دو میدان ERA40 و Operational از موسسه ECMWF، باد Operational از لحاظ سرعت تطابق بهتری با باد ماهواره‌ای QuikSCAT دارد. به لحاظ جهت با وجود نزدیکی دو میدان مدلی ECMWF، همخوانی میدان باد ERA40 با باد ماهواره کمی بیش از مدل Operational می‌باشد.
- در دریای عمان، باد NCEP/NCAR به لحاظ میانگین به باد ماهواره نزدیک بوده ولی به لحاظ همخوانی سری زمانی که با پارامترهای ضریب همبستگی و شاخص پراکندگی نشان داده می‌شوند، بسیار ضعیف می‌باشد. در دریاهای جنوبی در میان سه میدان باد مدلی، میدان باد Operational دارای بهترین ضریب همبستگی و شاخص پراکندگی می‌باشد که نشان دهنده همسویی نوسانات آن با باد ماهواره می‌باشد. همچنین وقوع سیکلون‌ها در باد مدلی Operational دیده شده و زمان و مکان و شدت وقوع آنها دارای تطابق مناسبی با مقادیر ثبت شده در میدان باد ماهواره QuikSCAT می‌باشد.

۷ ـ مراجع

1-Atlas, R., Kalnay, E., and Halem, M., (1985), Impact of Satellite Temperature Soundings and Wind Data on Numerical Weather Prediction, Opt. Eng., Vol. 24, p.341-346.
2-PODAAC, (2001), SeaWinds on QuikSCAT Level 3 (JPL Sea Winds Project): Guide Document, USA, 39p.
3-Ebuchi, N., Graber, H.C. and Caruso, M. J., (2002), Evaluation of Wind Vectors Observed by QuikSCAT/SeaWinds using Ocean Buoy Data, Journal of Atmospheric and

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]

Oceanic Technology, Vol. 19, p.2049-2062.
4-Ardhuin, F., Betotti, L., Bidlot, J.R., Cavaleri, L., Filipetto, V., Lefevre, J.M. and Wittmann, P., (2006), Comparison of wind and wave measurements and models in the Western Mediterranean Sea, Ocean Engineering.
5-PODAAC QuikSCAT website, http://podaac.jpl.nasa.gov/quikscat/
6-Gatey, D.A. and Miller, C.A., (2007), An Investigation into a 50-year Return Period Wind Speed Differences for Europe, J. Wind Eng.Ind.Aerodyn.,doi: 10.1016/j.jweia.2007.01.016
7-Coastal Engineering Manual, Meteorology and Wave Climate Chapter 2, EM 1110-2-1100.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1387.4.8.5.4]