بررسی تغییرات سرعت باد در نزدیکی منطقه چابهار در دریای عمان در اثر تغییر اقلیم

بهاره کامران‌زاد

استادیار، پژوهشکده فناوری و مهندسی دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی؛ kamranzad@inio.ac.ir

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۱۳
تاریخ انتشار مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۳۱

کلمات کلیدی:
تغییر اقلیم
سرعت باد
دریای عمان
چابهار
مدل CGCM3.1

چکیده

در دهه های اخیر، تغییر اقلیم سبب بروز تغییرات محسوسی در دمای سطحی کره زمین، بارش، تراز آب دریاها، سرعت بادها، ارتفاع امواج، خطوط ساحلی و سایر پدیده‌ها شده است. در مطالعه این عوامل، تخمین میزان تاثیرگذاری اثرات اقلیمی بر آن در طولانی‌مدت از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مطالعه، اثر تغییر اقلیم بر سرعت متوسط باد در نزدیکی چابهار در دریای عمان سنجیده شده است. برای این منظور، سرعت باد برای سه سناریوی شرایط اقلیمی در آینده از مدل اقلیمی جهانی CGCM3.1 استخراج شد. سناریوهای مذکور حالات حدی (A2 و B1) و حد وسط (A1B) تغییرات اقلیمی را شامل میشوند. نتایج نشان داد که در نزدیکی منطقه چابهار، تغییرات چندانی در سرعت متوسط باد وجود نخواهد داشت. به علاوه، تغییرات سرعت باد فصلی در آینده نشان داد که سرعت باد متوسط در فصول بهار و تابستان افزایش و در فصول پاییز و زمستان کاهش بسیار جزئی خواهد داشت.

Assessment of the changes in average wind speed in Chabahar, Gulf of Oman, due to climate change

Bahareh Kamranzad

Assistant Professor, Ocean Engineering and Technology Research Center, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, Tehran, Iran; kamranzad@inio.ac.ir.

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 28 Apr. 2014
Accepted: 4 Aug. 2014
Available online: 22 Sep. 2014

Keywords:
Climate change
Wind speed
Gulf of Oman
Chabahar
CGCM3.1 model

ABSTRACT

Climate change caused the changes in earth surface temperature, precipitation, sea surface level, wind speeds, wave heights, coastlines, etc. Estimation of the effect of climate change is of great importance in long-term studies of such parameters. In this study, the effect of climate change on average wind speed near Chabahar, Gulf of Oman is assessed until the year 2100. For this purpose, wind speed was obtained from a global circulation model; CGCM3.1 using the data for three scenarios, i.e. A2, B1 and A1B. The results indicated that there is no significant change in average wind speed due to the climate change near Chabahar. Furthermore, the seasonal distribution of the wind speed illustrated that wind speed will increase slightly in spring and summer and decrease slightly in autumn and winter.

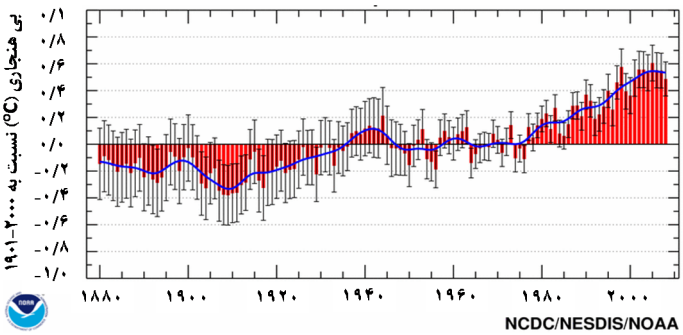
۱- مقدمه

امواج تغییرات شاخص و پایدار در توزیع آماری الگوهای جوی در دوره‌هایی متغیر از چند دهه تا میلیون‌ها سال را تغییر اقلیم[۱] می‌نامند. این تغییر می‌تواند تغییر در شرایط جوی متوسط و یا تغییر در توزیع آن حول شرایط متوسط باشد. از عوامل ایجاد کننده تغییرات اقلیمی می‌توان فرآیندهای اقیانوسی (مانند گردش‌های اقیانوسی[۲])، تغییرات در تابش خورشیدی دریافت شده از سوی زمین، تکتونیک صفحه‌ای، فوران آتشفشان‌ها و تغییرات ناشی از فعالیت‌های بشری بر محیط طبیعی را نام برد. در حال حاضر، تغییرات ناشی از فعالیت‌های بشری مسبب اصلی گرم شدن جهانی[۳] بوده و واژه تغییر اقلیم نیز اغلب برای توصیف اثرات ناشی از فعالیت های بشری به‌کار می‌رود [۱].

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]

به مجموعه‌ای از گازها که مقداری از انرژی خورشید را در جو زمین نگه می‌دارند و باعث گرم شدن جو می‌شوند، گازهای گلخانه‌ای می گویند که بخار آب (H2O)، دی‌نیتروژن اکسید (N2O)، دی اکسیدکربن (CO2) و متان (CH4) گازهای گلخانه‌ای اصلی هستند و به افزایش دمای کره زمین در اثر وجود گازهای گلخانه‌ای در جو زمین نیز اثر گلخانه‌ای گفته می‌شود. مطالعات اخیر نیز نشان می‌دهند که یکی از اصلی‌ترین دلایل گرم شدن جهانی، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های توسعه‌ای است [۲]. همچنین مطالعات علمی زیادی در مباحث تغییر اقلیم در جهان بر ارزیابی نقش مصرف انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای تمرکز نموده‌اند [۳]. مهم‌ترین عامل افزایش سطح دی اکسید کربن در شرایط کنونی، استفاده از سوخت‌های فسیلی است. با آغاز انقلاب صنعتی در دهه ۱۸۵۰ و شتاب‌گیری آن تاکنون، مصرف سوخت‌های فسیلی توسط بشر موجب بالا رفتن سطح دی اکسید کربن از مقدار حدود ۲۸۰ ppm تا بیش از ۳۷۰ppm تا به امروز شده است.

اندازه‌گیری‌ها نیز نشان می‌دهند که دمای جهان نسبت به گذشته به‌میزان ۰/۷۴ درجه سانتیگراد در قرن افزایش یافته است (شکل ۱). انتظار می‌رود گرم شدن وضعیت هوا در نتیجه افزایش گازهای گلخانه‌ای، اثر زیادی بر محیط طبیعی و فعالیت‌های انسانی داشته باشد. این اثرات می‌تواند به‌صورت افزایش تراز سطح دریا، جاری شدن سیل در مناطق ساحلی، فرسایش سواحل ماسه‌ای و تخریب ساخت و سازهای بنادر باشد [۴]. هیات بین الدّول تغییرات اقلیمی (IPCC)[۴] نیز اعلام نموده است که شواهدی مبنی بر تغییرات میزان بارش در عرض‌های جغرافیایی میانه و بالا در نیمکره شمالی وجود دارد. بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده جزر و مد، نرخ افزایش تراز متوسط جهانی در دریاها طی قرن بیستم حدود ۱ تا ۲ میلیمتر در سال تخمین زده شده است. همچنین، داده‌های ماهواره ای نشان می‌دهند که وسعت پوشش برف از دهه ۶۰ میلادی تاکنون حدود ۱۰٪ کاهش یافته است [۵].



شکل ۱- تغییرات دمای متوسط جهانی در خشکی و دریا [۶]

تاکنون مطالعات مختلفی در مناطق مختلف در جهان در زمینه بررسی اثر تغییر اقلیم و ارزیابی میزان تغییرات باد انجام شده است. بررسی‌های اخیر نشان داده است که در شمال غرب فلات قاره اروپا، سرعت باد متوسط به میزان ۱ متر بر ثانیه در قرن افزایش یافته است [۷]. در انگلستان نیز میزان افزایش سرعت باد در طی ۴۰ سال، حدود ۱۵ الی ۲۰ درصد در فصل زمستان بوده است [۸]. Pryor et al. [۹] تغییرات سرعت و انرژی باد در مکان و زمان را با استفاده از داده‌های مدل اقلیمی HadCM3 [۱۰] و همچنین مدل‌های محلی ECMWF[۵] [۱۱] و NCEP/NCAR [۱۲] در دریای بالتیک بررسی کردند. آن‌ها اطلاعات مدل جهانی HadCM3 را در بازه زمانی مشترک با اطلاعات محلی (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱) در گره‌های مشترک مقایسه کردند و نشان دادند که باد HadCM3 از لحاظ توزیع مکانی و توزیع احتمال تجمعی در نقاط مختلف شبکه با باد محلی تفاوت دارد. با این حال با بررسی روند تغییرات اطلاعات باد به‌دست آمده از HadCM3 نشان دادند که میزان انرژی باد در آینده تغییر چندانی نخواهد داشت.

در آمریکا، Segal et al. با استفاده از داده‌های باد مدل محلی RegCM2 با بزرگنمایی ۵۲ کیلومتر نشان دادند که در بیشتر نقاط، شبیه‌سازی‌های متناظر با افزایش گاز دی اکسید کربن، کاهش توان باد متوسط روزانه را به میزان حداکثر ۳۰ درصد نشان می‌دهند [۱۳]. Breslow and Sailor نیز از اطلاعات دو مدل جهانی CGCM با بزرگنمایی ۳/۷۵ درجه و HadCM3 با بزرگنمایی ۳/۷۵ در ۲/۵ درجه استفاده نمودند. آن‌ها با استفاده از این داده ها، تغییرات متوسط سرعت باد در زمان آینده را نسبت به زمان حال ارزیابی کرده و این تغییرات را به دادهای باد محلی VEMAP[۶] اعمال کردند. در تحقیق ذکر شده، با استفاده از نتایج به‌دست آمده، اثرات محتمل تغییر اقلیم را بر مشخصات (سرعت و توان) باد در آمریکا سنجیدند و نتایج نشان داد که تغییر اقلیم سبب کاهش سرعت باد متوسط به‌میزان ۱۰ الی ۱۵ درصد می‌شود. با توجه به این‌که تولید توان باد تابعی از مربع سرعت باد است، این میزان کاهش سرعت باد منجر به کاهش ۳۰ الی ۴۰ درصدی توان باد می‌شود [۱۴]. در برزیل نیز Pereira de Lucena et al. از یک مدل محلی اقلیمی استفاده نموده و نشان دادند که توان باد به دلیل شرایط اقلیم جدید محتمل در آینده تغییر چندانی نخواهد نمود [۳].

نحوه و میزان تغییرات سرعت باد در آینده در خلیج فارس نیز توسط Kamranzad et al. انجام شده است. مطالعه مذکور نشان داد که روند تغییرات در سرعت متوسط باد سالانه در خلیج فارس تا سال ۲۱۰۰ کاهشی است و اگرچه میزان این کاهش بسیار کم است، اما می‌تواند منجر به تغییرات زیادی در انرژی باد یا مشخصات امواج شود [۱۵].

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]

در مطالعه حاضر، نحوه و میزان تاثیر تغییر اقلیم بر سرعت متوسط باد در نزدیکی منطقه چابهار در دریای عمان مورد بررسی قرار می گیرد. در صورتی که اطلاعات اندازه‌گیری بلندمدت موجود باشد، بررسی تغییرات آن می‌تواند نشان‌گر اثرات تغییر اقلیم در آن منطقه باشد. داده‌های اندازه‌گیری شده طولانی‌مدت باد در ایران تنها توسط ایستگاه های همدیدی[۷] ثبت شده است. اما این داده‌ها در خشکی اندازه‌گیری شده و معرف خوبی برای سرعت باد در دریا نیستند. از آن جا که اطلاعات اندازه‌گیری شده طولانی‌مدت باد در دریاهای ایران موجود نیست، در این پژوهش، اطلاعات استخراج شده از مدل‌های جهانی تغییر اقلیم برای تعیین روند تغییرات آن در آینده به‌کار می‌رود.

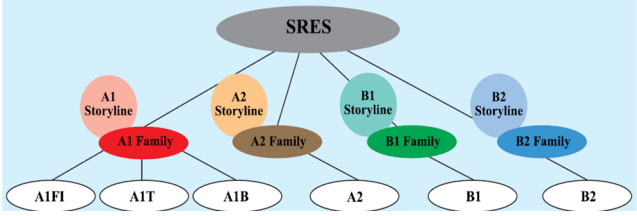
۲- منطقه مورد مطالعه و داده های مورد استفاده

۲-۱- دریای عمان و منطقه چابهار

دریای عمان گستره‌ای از اقیانوس هند و دریای عرب است که توسط تنگه هرمز به خلیج فارس متصل است. این دریا همچنین یک مسیر حیاتی کشتیرانی برای انتقال تولیدات نفتی در خلیج فارس می‌باشد. بندر چابهار نیز تنها بندر اقیانوسی ایران بوده که به دلیل موقعیت راهبردی، نزدیک ترین راه دسترسی کشورهای محصور در خشکی آسیای میانه به آب های آزاد است و از این رو از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. این منطقه به علت نزدیکی به مدار رأس‌السرطان و قرار گرفتن درمسیر بادهای موسمی شبه قاره هند و جبهه‌های استوایی دارای آب هوایی گرمسیری معتدل با رطوبت نسبی بوده و گرمترین نقطه کشور در زمستان و خنک ترین بندر جنوبی ایران در تابستان است. بنابراین، شناسایی رژیم باد حاکم بر این منطقه و تغییرات احتمالی آن در اثر تغییر اقلیم، اهمیت زیادی دارد.

۲-۲- مدل اقلیمی جهانی

برای شبیه‌سازی اثرات افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو و تغییرات جهانی اقلیم ناشی از آن مدل‌های اقلیمی جهانی (GCMs)[۸] توسعه یافته اند که سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی را به‌صورت جهانی مدل‌سازی می‌کنند. در حال حاضر، این مدل‌ها ارزشمندترین ابزار در دسترس برای شبیه‌سازی پاسخ اقلیم جهانی به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای هستند. در مدل‌های جهانی اقلیم، سناریوهای متفاوتی برای در نظر گرفتن نحوه تغییر اقلیم (اقلیم آینده) تعریف شده است. در واقع در تعریف سناریوهای مختلف، میزان تولید گازهای گلخانه ای در مدل‌های پیش‌بینی متفاوت بوده و بر اساس این تفاوت، پیش‌بینی وضعیت‌های متفاوت جوی انجام شده است. طبق گزارش ویژه مربوط به سناریوهای انتشار[۹]، چهار خانواده از سناریوها شامل A1، A2، B1 و B2 وجود دارند (شکل ۲).



شکل ۲- شکل شماتیک خانواده سناریوها [۱۶]

خانواده سناریوی A1 شرایط جهان را در آینده به‌صورت رشد سریع اقتصادی، افزایش رشد جمعیت جهان تا میانه قرن حاضر و سپس کاهش آن و عرضه سریع و بیشتر فن‌آوری‌های پر بازده و جدیدتر توصیف می‌کند. همچنین این سناریو جهان را به‌صورت یک دنیای همگرا که در آن درآمد و روش زندگی در بین مناطق با هم همگرا می‌شوند و گسترش سریع تعاملات اجتماعی و فرهنگی در دنیا وجود دارد، تعریف می‌نماید. خانواده سناریوی A1 به سه گروه تقسیم می‌شود که جهات مختلف تغییرات فن‌آوری‌های مربوط به انرژی را توصیف می‌کنند و شامل تاکید بر استفاده از منابع فسیلی (سناریوی A1FI)، تاکید بر استفاده از منابع انرژی غیر فسیلی (سناریوی A1T) و تاکید بر استفاده متعادل از تمامی‌منابع انرژی (A1B) هستند [۱۶].

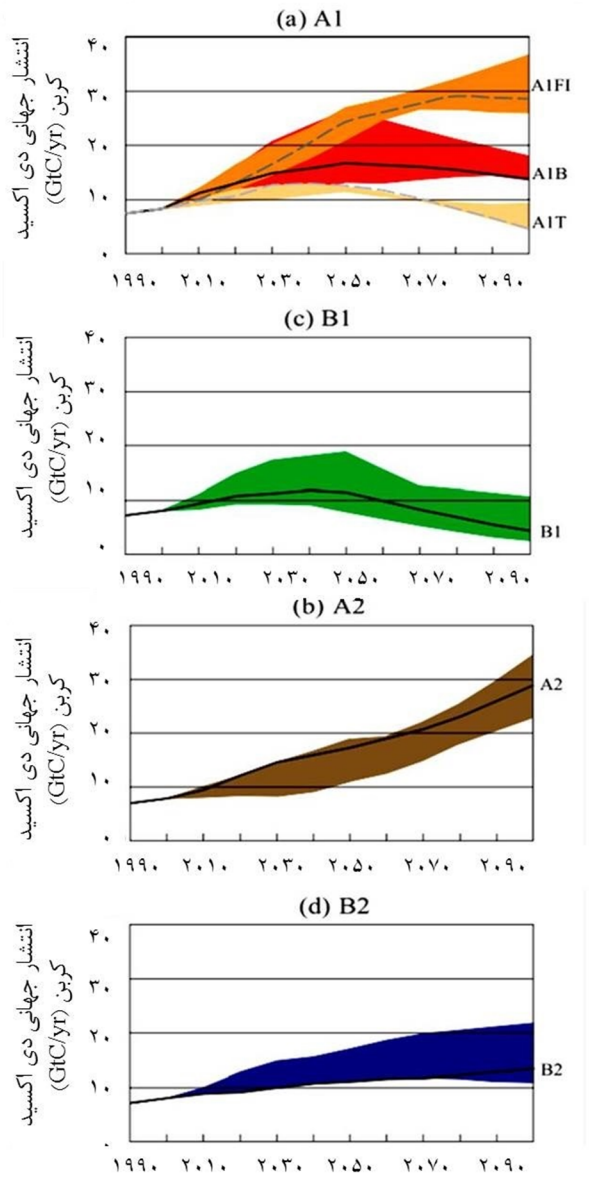
سناریوی A2 یک جهان بسیار ناهمگون را توصیف می‌کند که در آن کشورها به طور مستقل عمل کرده و به خود متکی هستند. همگرایی بین مناطق بسیار آهسته بوده و منجر به افزایش پیوسته جمعیت جهان خواهد شد. توسعه اقتصادی به‌صورت منطقه محور بوده و رشد سرانه اقتصادی و تغییرات تکنولوژیکی نسبت به سایر سناریوها آهسته‌تر است [۱۶].

سناریوی B1 یک جهان همگرا را با افزایش جمعیت تا میانه قرن حاضر و سپس کاهش آن، اما با تغییرات سریع در ساختار اقتصادی به سمت یک اقتصاد همراه با خدمات و اطلاعات و با کاهش در میزان مصالح و معرفی فن‌آوری‌های پاک و کارآمد توصیف می‌نماید. در این سناریو، تاکید بر راه‌حل‌های جهانی برای پایداری اقتصادی، اجتماعی و محیطی و بهبود وضعیت عدالت است [۱۶].

سناریوی B2 جهانی را توصیف می‌کند که در آن تاکید بر راه‌حل های محلی برای ثبات اقتصادی، اجتماعی و محیطی است و در آن جمعیت جهان به‌صورت پیوسته، اما با نرخی کمتر از سناریوی A2 افزایش می‌یابد. همچنین سطوح متوسط توسعه اقتصادی و تغییرات تکنولوژیکی، با سرعت کمتر و در حد متوسطی نسبت به سناریوهای B1 و A1 در نظر گرفته شده است. این سناریو بر حفاظت محیط و برابری اجتماعی به‌صورت محلی و ناحیه‌ای تاکید دارد [۱۶]. میزان تغییرات انتشار دی اکسید کربن بر حسب گیگا تن در سال برای چهار خانواده از سناریوها در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. طبق این شکل، انتشار دی اکسید کربن طبق

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]

سناریوهای A1F1 و A2 بیشترین افزایش و طبق سناریوی B1 کمترین تغییر را خواهد داشت.



شکل ۳- انتشار سالانه دی اکسید کربن از سال ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ بر حسب گیگاتن کربن برای چهار خانواده سناریو و سناریوهای زیر گروه آن‌ها [۱۶]

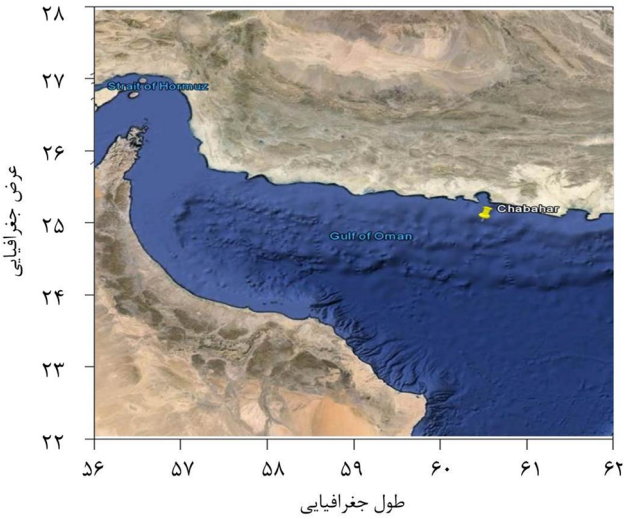
برای بررسی اثرات تغییر اقلیم، مدل‌های اقلیمی جهانی مختلفی وجود دارند. این مدل‌ها، محصول کشورهای مختلف بوده و بزرگنمایی مکانی مختلفی دارند. همچنین نوع داده‌های خروجی این مدل‌ها و میزان در دسترس بودن داده‌های آن‌ها نیز متفاوت است.

در این مطالعه، مدل CGCM3.1[۱۰] استفاده شد که محصول مرکز مدل‌سازی و تحلیل اقلیم کانادا[۱۱] است. نسخه‌های اولیه CGCM بر روی یک ابر رایانه NEC SX/6 توسعه یافتند و مدل کنونی CGCM3.1 بر روی یک کامپیوتر IBM اجرا شده است که به صورت توامان[۱۲] هر دو مولفه اقیانوسی و جوی را به‌کار می‌گیرد. مولفه اقیانوسی این مدل مشابه به نسل دوم آن است [۱۷، ۱۸ و ۱۹]. ورودی این مدل، تغییرات بارگذاری گازهای گلخانه‌ای است. ساختار اساسی مدل جوی تغییرات اقلیمی، مشابه مدل پیش‌یابی طیفی [۲۲] Daley et al. است. مدل CGCM3.1 قبلا در خلیج فارس با باد محلی ارزیابی شده و نتایج نشان داده است که این مدل مطابقت خوبی با باد محلی از لحاظ متوسط و بیشینه سرعت باد و جهت باد دارد [۲۱].

CGCM3.1 در دو بزرگنمایی مختلف شامل نسخه‌های T47 و T63است که به‌ترتیب شامل شبکه‌هایی با بزرگنمایی ۳/۷۵ درجه در طول و ۲/۸ درجه در طول و عرض جغرافیایی هستند. این مدل داده‌های روزانه را در دوره کنترل با نام 20C3M از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۰۰ و برای دوره آینده از سال ۲۰۰۱ تا ۲۱۰۰ به‌صورت رایگان در دسترس قرار داده است. در این مطالعه، سه سناریوی انتشار A2، A1B و B1 برای بررسی اثر تغییر اقلیم انتخاب شدند. زیرا چنان‌که شرح داده شد، این سناریوها شرایط حدی (A2 بیشترین تغییرات و B1 کمترین تغییرات) و شرایط حد وسط تغییرات اقلیمی (A1B) را طبق شکل ۳ ارائه می‌نمایند.

۳- بررسی تغییرات سرعت متوسط باد

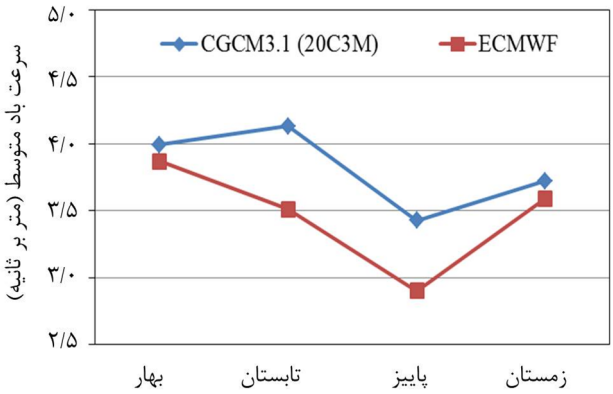
برای ارزیابی سرعت باد حاصل از CGCM3.1، مقایسه ای میان این باد و داده های باد محلی ECMWF (که قبلا در منطقه مورد نظر ارزیابی و اصلاح شده است [۲۲])، در نقطه ای در نزدیکی چابهار (شکل ۴) انجام شد. این ارزیابی به‌صورت مقایسه سرعت باد متوسط فصلی حاصل از CGCM3.1 و ECMWF در دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ انجام شد.



شکل ۴- دریای عمان و منطقه چابهار و محل در نظر گرفته شده

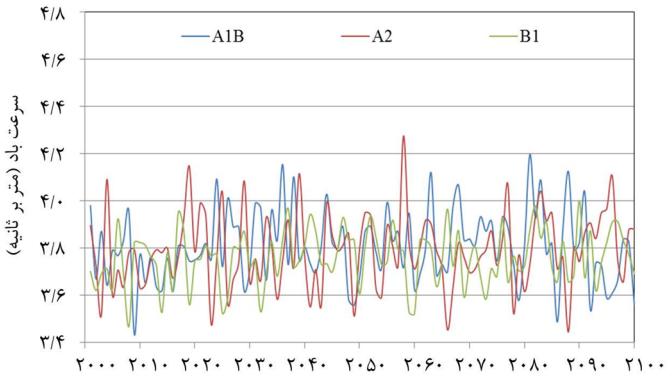
[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]

شکل ۵، تغییرات فصلی سرعت باد را برای دو منبع ذکر شده نشان می‌دهد. طبق این شکل، بیشترین متوسط سرعت باد طبق داده های ECMWF در فصل بهار و طبق داده های CGCM3.1 در فصل تابستان وجود دارد. هر دو باد کمترین سرعت باد فصلی را در فصل پاییز نشان می دهند. به علاوه، سرعت باد CGCM3.1 در منطقه چابهار در تمام فصول نسبت به سرعت متوسط باد ECMWF اندکی دست بالا است. بنابراین، جهت استفاده از باد CGCM3.1 در این منطقه، باید اطلاعات آن اصلاح شود. اما از آن جا که در این پژوهش، هدف ارزیابی تغییرات سرعت باد در آینده نسبت به زمان حال، به صورت مقایسه نسبی است، از اصلاحات قابل انجام بر روی باد CGCM3.1 در زمان های حال و آینده صرف نظر می شود. زیرا با توجه به این که اطلاعات باد محلی در زمان آینده موجود نیست، اصلاحات مربوط به زمان حال با فرض یکسان بودن، به اطلاعات آینده نیز اعمال خواهد شد که این امر تاثیری در بررسی تغییرات بلند مدت این میدان باد ندارد. زیرا ضرایب اصلاحی در فرآیند کالیبراسیون به هر دوی زمان‌های حال و آینده اعمال خواهد شد. زیرا در مطالعات تغییر اقلیم فرض بر آن است که ضرایب اصلاحی برای کاهش مقیاس داده‌های مدل‌های جهانی اقلیمی، قابل اعمال به داده‌های آینده نیز هستند [۵، ۲۳].



شکل ۵- سرعت باد متوسط فصلی حاصل از CGCM3.1 و ECMWF در نزدیکی چابهار

برای بررسی تغییرات باد CGCM3.1 در آینده، اطلاعات باد طبق سناریوهای A2، B1 و A1B در محل نشان داده شده در شکل ۴ در نزدیکی چابهار از مدل CGCM3.1 استخراج شد. شکل ۶ روند تغییرات سرعت متوسط سالانه باد را از سال ۲۰۰۱ تا ۲۱۰۰ طبق سناریوهای مختلف نشان می‌دهد. طبق این شکل تغییرات چندانی در سرعت متوسط باد سالانه در محل مورد نظر مشاهده نمی‌شود، اما میزان تغییرات سرعت متوسط سالانه طبق سناریوی A2 بیش از سایر سناریوها است.



شکل ۶- سری زمانی سرعت باد متوسط سالانه در نزدیکی چابهار

برای بررسی کمّی میزان تغییرات سرعت باد، دوره آینده از ۲۰۰۱ تا ۲۱۰۰ به ۵ بازه ۲۰ ساله تقسیم‌بندی شد و سرعت متوسط در دوره‌های مذکور با یکدیگر مقایسه شد. نتایج برای سناریوهای A2، A1B و B1 به ترتیب در جداول ۱ تا ۳ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- تغییرات مشخصات باد طبق سناریوی A2

سال ابتدای دوره	سال انتهای دوره	سرعت متوسط باد (متر بر ثانیه)	انحراف استاندارد	درصد تغییرات سرعت باد	نسبت سرعت باد
۲۰۰۱	۲۰۲۰	۳/۷۷	۱/۶۲		
۲۰۲۱	۲۰۴۰	۳/۸۰	۱/۶۲	۰/۰۱	۱/۰۱
۲۰۴۱	۲۰۶۰	۳/۷۹	۱/۶۴	۰/۰۰	۱/۰۰
۲۰۶۱	۲۰۸۰	۳/۷۶	۱/۵۹	-۰/۰۱	۰/۹۹
۲۰۸۱	۲۱۰۰	۳/۸۴	۱/۶۷	۰/۰۲	۱/۰۲

جدول ۲-تغییرات مشخصات باد طبق سناریوی A1B

سال ابتدای دوره	سال انتهای دوره	سرعت متوسط باد (متر بر ثانیه)	انحراف استاندارد	درصد تغییرات سرعت باد	نسبت سرعت باد
۲۰۰۱	۲۰۲۰	۳/۷۴	۱/۶۰		
۲۰۲۱	۲۰۴۰	۳/۸۶	۱/۶۵	۰/۰۳	۱/۰۳
۲۰۴۱	۲۰۶۰	۳/۷۹	۱/۶۵	-۰/۰۲	۰/۹۸
۲۰۶۱	۲۰۸۰	۳/۸۳	۱/۶۷	۰/۰۱	۱/۰۱
۲۰۸۱	۲۱۰۰	۳/۸۰	۱/۶۲	-۰/۰۱	۰/۹۹

جدول ۳-تغییرات مشخصات باد طبق سناریوی B1

سال ابتدای دوره	سال انتهای دوره	سرعت متوسط باد (متر بر ثانیه)	انحراف استاندارد	درصد تغییرات سرعت باد	نسبت سرعت باد
۲۰۰۱	۲۰۲۰	۳/۷۲	۱/۶۱		
۲۰۲۱	۲۰۴۰	۳/۷۵	۱/۶۱	۰/۰۱	۱/۰۱
۲۰۴۱	۲۰۶۰	۳/۷۸	۱/۶۴	۰/۰۱	۱/۰۱
۲۰۶۱	۲۰۸۰	۳/۷۵	۱/۶۲	-۰/۰۱	۰/۹۹
۲۰۸۱	۲۱۰۰	۳/۸۰	۱/۶۲	۰/۰۱	۱/۰۱

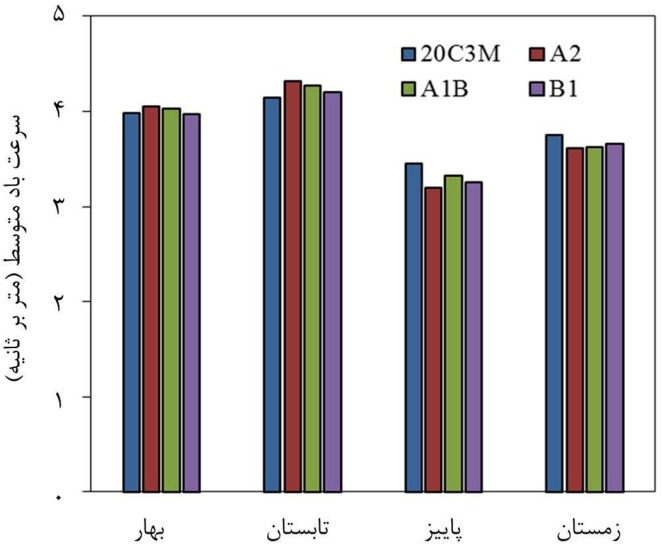
[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]

در جداول ۱ تا ۳ دوره‌های زمانی در ستون‌های ۱ و ۲، سرعت متوسط باد و انحراف استاندارد در هر دوره زمانی به‌ترتیب در ستون های سوم و چهارم و درصد و نسبت اختلاف سرعت باد در هر دوره در مقایسه با دوره قبل نیز به‌ترتیب در ستون‌های پنجم و ششم نشان داده شده‌اند.

جداول ۱ و ۳ نشان می‌دهند که طبق سناریوهای A2 و B1 در دوره‌های ۲۰ ساله افزایش ناچیز سرعت متوسط باد نسبت به دوره قبل به جز در دوره چهارم مشاهده می‌شود. به‌علاوه، طبق سناریوی A2، در دوره مذکور میزان انحراف استاندارد به‌میزان جزئی کمتر از سایر دوره‌ها است. جدول ۲ نیز نشان می‌دهد که طبق سناریوی A1B، درصد تغییرات سرعت باد در دوره‌های دوم و سوم نسبت به دوره قبل بیش از دوره‌های چهارم و پنجم است. به‌علاوه، روند تغییرات طبق این سناریو، در دوره‌های دوم و چهارم افزایشی و در دوره‌های سوم و پنجم کاهشی است. همچنین، مقایسه جداول ۱ تا ۳ نشان می‌دهد که نسبت تغییرات سرعت باد در دوره‌های دوم و سوم نسبت به دوره قبلشان، طبق سناریوی A1B بیش از سایر سناریوها است.

این تغییر ناچیز سرعت متوسط باد در آینده نسبت به زمان حال در منطقه چابهار و عدم تغییر محسوس آن در اثر تغییر اقلیم در برخی مناطق دیگر نیز مشاهده شده است. برای مثال، در منطقه خلیج فارس نیز، حداکثر تغییرات طبق سناریوی A2 به میزان ۴.۶ درصد است که میزان ناچیزی است [۱۵]. Pereira de Lucena et al در مطالعات خود به تحلیل برخی اثرات محتمل تغییر اقلیم جهانی بر پتانسیل توان باد در برزیل پرداختند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که پتانسیل تولید توان از باد در برزیل نیز تغییر چندانی نخواهد نمود [۳]. Lionello et al. نیز نشان دادند که تغییر اقلیم اثر چندانی در مقادیر حدی ارتفاع موج شاخص در منطقه آدریاتیک ندارد [۲۴].

علاوه بر بررسی میزان تغییرات سرعت باد متوسط سالانه و همچنین سرعت باد متوسط دوره های ۲۰ ساله، تغییرات سرعت باد متوسط فصلی نیز سنجیده شد. برای این کار، دو دوره ۴۰ ساله در زمان های کنترل (از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰) و آینده (۲۰۶۱ تا ۲۱۰۰) در نظر گرفته شد و سرعت باد متوسط فصلی در این دوره ها با یکدیگر مقایسه شد (شکل ۷). طبق شکل ۷، توزیع فصلی سرعت باد در زمان آینده تغییر چندانی با زمان حال نخواهد داشت و سرعت باد متوسط فصلی در آینده نسبت به دوره کنترل (زمان حال) طبق هر سه سناریو در فصول بهار و تابستان افزایش و در فصول پاییز و زمستان کاهش جزئی خواهد داشت.



شکل ۷- سرعت باد متوسط فصلی در زمان کنترل (20C3M) و آینده (طبق سه سناریوی انتشار)

۴- خلاصه و جمع‌بندی

در این مطالعه، روند تغییرات سرعت باد در نزدیکی منطقه چابهار در دریای عمان با استفاده از داده‌های اقلیمی ارزیابی شد. این داده‌ها، از مدل کانادایی CGCM3.1 با بزرگنمایی مکانی ۲/۸۱ درجه و بزرگنمایی زمانی ۱ روزه استخراج شد و برای مطالعه تغییرات سرعت باد در آینده، از اطلاعات مربوط به سه سناریوی انتشار A2، A1B و B2 استفاده شد.

این میدان باد ابتدا با اطلاعات باد محلی ECMWF در نزدیکی چابهار مقایسه شد و نتایج نشان داد که در تمامی فصول، سرعت باد متوسط CGCM3.1 نسبت به باد ECMWF دست بالاتر است. اما از آن جا که هدف این مطالعه، تنها ارزیابی روند تغییرات سرعت باد است، اصلاحات لازمه به باد CGCM3.1 در زمان حال اعمال نشد، زیرا در صورت اعمال چنین اصلاحاتی، با فرض یکسان بودن، اصلاح مربوطه بایستی به باد CGCM3.1 در آینده نیز اعمال شود که این امر، تاثیری در بررسی میزان تغییرات این باد در آینده نسبت به گذشته ندارد.

مشاهده روند تغییرات سرعت متوسط سالانه باد از سال ۲۰۰۱ تا ۲۱۰۰ طبق سناریوهای مختلف نشان داد که تغییرات چندانی در سرعت متوسط باد سالانه در محل مورد نظر مشاهده نمی‌شود، اما میزان تغییرات سرعت متوسط سالانه طبق سناریوی A2 بیش از سایر سناریوها است.

بررسی کمّی میزان تغییرات سرعت باد نیز دوره آینده از ۲۰۰۱ تا ۲۱۰۰ به ۵ بازه ۲۰ ساله تقسیم‌بندی شد و سرعت متوسط در دوره‌های مذکور با یکدیگر مقایسه شد. نتایج نشان داد که طبق سناریوهای A2 و B1 در دوره‌های ۲۰ ساله افزایش ناچیز سرعت متوسط باد نسبت به دوره قبل به جز در دوره چهارم مشاهده می

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]

شود. به‌علاوه، طبق سناریوی A2، در دوره مذکور میزان انحراف استاندارد به‌میزان جزئی کمتر از سایر دوره‌ها است. به علاوه، طبق سناریوی A1B، درصد تغییرات سرعت باد در دوره‌های دوم و سوم نسبت به دوره قبل بیش از دوره‌های چهارم و پنجم است. همچنین، روند تغییرات طبق این سناریو، در دوره‌های دوم و چهارم افزایشی و در دوره‌های سوم و پنجم کاهشی است و نسبت تغییرات سرعت باد در دوره‌های دوم و سوم نیز نسبت به دوره قبلشان، طبق سناریوی A1B بیش از سایر سناریوها است.

سرعت باد متوسط فصلی نیز در دو دوره ۴۰ ساله در زمان های کنترل (از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰) و آینده (۲۰۶۱ تا ۲۱۰۰) مقایسه شد و نتایج نشان داد که توزیع فصلی سرعت باد در زمان آینده تغییر چندانی با زمان حال نخواهد داشت و سرعت باد متوسط فصلی در آینده نسبت به دوره کنترل (زمان حال) طبق هر سه سناریو در فصول بهار و تابستان افزایش و در فصول پاییز و زمستان کاهش جزئی خواهد داشت.

کلید واژگان

1- Climate change
2- Ocean circulation
3- Global warming
4- Intergovernmental Panel on Climate Change
5- European Center for Medium range Weather Forecast
6-Vegetation Ecosystem Modeling and Analysis Project
7-Synoptic stations
8- Global Climate Models (or General Circulation Models)
9- Special Report on Emission Scenarios (SRES)
10-The third generation Coupled Global Climate Model
11- Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (CCCMA)
12- Couple

۵-فهرست منابع

[1] NASA, (2011), *What's in a Name? Global Warming vs. Climate Change*.

[2] Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., and Van der Linden, P.J., (2001), *The scientific basis, condition of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge, Cambridge University Press UK.

[3] Pereira de Lucena, A.F., Szklo, A.S., Schaeffer, R. and Dutra, R.M., (2010), *The vulnerability of wind power to climate change in Brazil*, Renewable Energy, Vol. 35(5), p.904-912.

[4] Kont, A., Jaagus, J. and Aunap, R., (2003), *Climate change scenarios and the effect of sea-level rise for Estonia*, Global and Planetary Change, Vol. 36(1-2), p.1-15.

[5] Ghosh, S. and Misra, C., (2010), *Assessing Hydrological Impacts of Climate Change: Modeling Techniques and Challenges*, The Open Hydrology Journal, Vol. 4, p.115-121.

[6] Solomon, S.D., Qin, M., Manning, M., Chen, z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L., (2007), *The physical science basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press, UK.

[7] Sündermann, J., Beddig, S., Huthnance, J. and Mooers, C.N.K., (2001), *Impact of climate change on the coastal zone: discussion and conclusions*, Climate Research, Vol. 18, p.1-3.

[8] Harrison, G.P. and Wallace, A.R., (2005), *Sensitivity of Wave Energy to Climate Change*, IEEE transactions on energy conversion, Vol. 20(4), p.870-877.

[9] Pryor, S.C., Barthelmie, R.J. and Schoof, J.T., (2004), *Historical and prognostic changes in a normal wind year: A case study from the Baltic*, Special topic conference: The science of making torque from wind, Delft (NL), p.336-345.

[10] Stratton, R.A., (1999), *A high resolution AMIP integration using the Hadley center model HadAM2b*, Climate Dynamics, Vol. 15, p.9-28.

[11] Simmons, A.J. and Gibson, J.K., (2000), *The ERA- 40 Project Plan*, available from http://www.ecmwf.int/, UK Meteorological Office, UK. p. 63.

[12] Kalnay, E., et al., (1996), *The NCEP/NCAR 40 reanalysis project*, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 77, p.437-471.

[13] Segal, M., Pan, Z., Arritt, R.W. and Takle, E.S., (2001), *On the potential change in wind power over the US due to increases of atmospheric greenhouse gases*, Renewable Energy, Vol. 24(2), p.235-243.

[14] Breslow, P.B. and Sailor, D.J., (2002), *Vulnerability of wind power resources to climate change in the continental United States*, Renewable Energy, Vol. 27(4), p.585-598.

[15] Kamranzad, B., Etemad-Shahidi, A. Chegini, V. and Hadadpour, S., (2013), *Assessment of CGCM3.1 wind field in the Persian Gulf*, Journal of Coastal Research, Vol. SI65, p.249-253.

[16] IPCC, (2000), *IPCC special report, emission scenarios*, A Special Report of IPCC Working Group III.

[17] Flato, G.M. and Boer, G.J., (2001), *Warming Asymmetry in Climate Change Simulations*, Geophysical Research Letters, Vol. 28, p.195-198.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]

[18] Kim, S.J., Flato, G.M. and Boer, G.J., (2003), *A coupled climate model simulation of the Last Glacial Maximum, Part 2: approach to equilibrium*, Climate Dynamics, Vol. 20, p.635-661.

[19] Kim, S.J., Flato, G.M. Boer, G.J. and McFarlane, N.A., (2002), *A coupled climate model simulation of the Last Glacial Maximum, Part 1: transient multi-decadal response*, Climate Dynamics, Vol. 19, p.515-537.

[20] Daley, R., Girad, C., Henderson, J. and Simmonds, I., (1976), *Short term forecasting with a muti-level spectral primitive equation model. Part I – Model formulation*, Atmosphere, Vol. 14, p.98–116.

[۲۱] کامران زاد، ب، (۱۳۹۲)، *بررسی اثر تغییر اقلیم بر رژیم انرژی امواج در خلیج فارس*، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران.

[22] Mazaheri, S., Kamranzad, B. and Hajivalie, F., (2013), *Modification of 32 years ECMWF wind field using QuikSCAT data for wave hindcasting in Iranian Seas*, Journal of Coastal Research, Vol. SI65, p.344-349.

[23] Brenner, S., Gertman, I. and Murashkovsky, A., (2007), *Preoperational ocean forecasting in the southeastern Mediterranean Sea: Implementation and evaluation of the models and selection of the atmospheric forcing*, Journal of Marine Systems, Vol. 65, p.268-287.

[24] Lionello, P., Galati, M.B. and Elvini, E., (2012), *Extreme storm surge and wind wave climate scenario simulations at the Venetian littoral*, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C(0).

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-08-26]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1393.10.19.7.0]