



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Determining the safe route of the vessel based on the atmospheric condition by using the automatic meteorological system

Ali Mohammadi¹, Mehriar Ali Mohammadi^{1*}, Ahmad Zadaghabadi², Hamid Momeni³

¹ Assistant Professor, Department of Meteorology and Oceanography, Imam Khomeini University of Marine Sciences, Nowshahr, Iran

² PhD in Meteorology, Hormozgan Bandar Abbas University, Iran

³ Master of Navigation Sciences, Imam Khomeini University of Marine Sciences, Nowshahr, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/11/26

Revised: 2024/07/21

Accepted: 2024/07/21

Keywords:

Safe way

tropical storm

air pressure

Average 40 years old

*Corresponding author:

✉ mhyar_alimohammadi@yahoo.com

ORCID: [0000-0002-3004-0244](https://orcid.org/0000-0002-3004-0244)

doi: [10.52547/joc.15.57.5](https://doi.org/10.52547/joc.15.57.5)

ABSTRACT

Background and Objectives: Atmospheric condition is one of the most important natural hazards for floating units. One of the shortcomings related to the weather situation is the lack of attention of the watch officers to the correct collection of weather data through the devices in the command bridge. For example, air pressure is read without instrument and altitude corrections and is never compared to a long-term average. Therefore, the aim of this research is to build a system on floating units that can automatically measure the atmospheric parameter. Also, by calculating the required parameters from the measured parameters and comparing them with the long-term average data, it can identify the atmospheric anomaly and as a result, make the right decisions regarding the appropriate maneuvers.

Methods: In this research, using existing sensors, a meteorological device was built that can collect atmospheric data from the environment and store it in the computer. By using a computer program, it can compare the measured data with the long-term average and detect atmospheric and oceanic anomalies. By identifying the atmospheric anomaly, the phenomenon related to this anomaly is also realized, and the guard officer can have an appropriate maneuver related to the identified phenomenon. Finally, in this research, the way the device works has been evaluated using numerical tests. In this numerical experiment, a floating unit moves from the origin of Bandar Abbas in such a way that it collides with cyclone Gonu along the way and the measured pressure is compared with the average pressure of 40 years.

Findings: The first point along the track to experience a pressure drop of 3 hPa compared to the 40-year average is at approximately 135° and 120 miles from the storm's center. In fact, the distance of 120 miles from the center of the storm is a close distance, and in this case, the pressure has decreased by only 3 hectopascals compared to the 40-year average. The first point where the pressure has reached 5 hPa below the 40-year average is when the center of the storm is southeast and about 50 miles from the center of the storm. Therefore, it can be seen that the floating unit is very close to the storm and in this case, it experienced only 5 hectopascal pressure drop.

Conclusion: The results show that a pressure drop of 5 millibars is a suitable criterion to definitively prove that the floating unit is in a tropical storm, and of course, due to the extreme proximity of the floating unit to the center of the storm in this case, a pressure drop of 1 hectopascal is suggested as a warning.



NUMBER OF TABLES

0



NUMBER OF FIGURES

5



NUMBER OF REFERENCES

21

تعیین مسیر ایمن شناور مبتنی بر وضعیت جوی با بکارگیری سامانه خودکار هواشناسی

علی محمدی^۱، مهریار علی محمدی^{۱*}، احمد ذادق ابادی^۲، حمید مومنی^۳^۱ استادیار، گروه هواشناسی و اقیانوس‌شناسی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، نوشهر، ایران^۲ دکتری هواشناسی، گروه هواشناسی و اقیانوس‌شناسی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، نوشهر، ایران^۳ کارشناس ارشد علوم نایبری، گروه هواشناسی و اقیانوس‌شناسی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، نوشهر، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

پیشینه و اهداف: وضعیت جوی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی برای واحدهای شناور است. از کاستی‌های مرتبط با وضعیت جوی عدم توجه افسران نگهبان، به برداشت در ست داده‌های جوی از طریق دستگاه‌های موجود در پل فرماندهی است. برای مثال فشار هوا بدون تصحیحات دستگاه و ارتفاع خوانده شده و هیچ‌گاه با میانگین بلندمدت مقایسه نمی‌شود. لذا هدف از این تحقیق ساخت سامانه‌ای بر روی واحدهای شناور که به‌صورت خودکار بتواند پارامترهای جوی را اندازه‌گیری کرده و با محاسبه پارامترهای موردنیاز از پارامترهای اندازه‌گیری شده و مقایسه با داده‌های میانگین بلندمدت بتواند ناهنجاری جوی را شناسایی و در نتیجه تصمیمات درست در خصوص مانورهای مناسب اتخاذ شود.

روش‌ها: در این پژوهش، با استفاده از سنسورهای موجود، دستگاه هواشناسی ساخته شده است که می‌تواند داده‌های جوی را از محیط جمع‌آوری و در رایانه ذخیره نموده و با استفاده از برنامه محاسباتی می‌تواند داده‌های اندازه‌گیری شده را با میانگین بلندمدت مقایسه نموده و ناهنجاری‌های جوی و اقیانوسی را شناسایی کند. با شناسایی ناهنجاری جوی، پدیده مرتبط با این ناهنجاری نیز شناسایی شده و افسرنگهبان می‌تواند مانوری مناسب و مرتبط با پدیده شناسایی شده را داشته باشد. درنهایت در این پژوهش با استفاده از آزمایش عددی نحوه کارکرد دستگاه ارزیابی شده است. در این آزمایش عددی یک واحد شناور از مبدأ بندرعباس به‌گونه‌ای حرکت می‌کند که در طول مسیر با طوفان گونو برخورد کرده و فشار اندازه‌گیری شده با فشار میانگین ۴۰ ساله مقایسه می‌شود.

یافته‌ها: اولین نقطه‌ای که در طول مسیر کاهش فشار ۳ هکتوپاسکال در مقایسه با میانگین ۴۰ ساله را تجربه کرده است در حالی است که مرکز طوفان در سمت تقریبی 135° درجه و فاصله ۱۲۰ مایلی نسبت به مرکز طوفان قرار گرفته است. درواقع فاصله ۱۲۰ مایلی نسبت به مرکز طوفان فاصله نزدیکی است و در این حالت فقط ۳ هکتوپاسکال فشار نسبت به میانگین ۴۰ ساله کاهش یافته است. اولین نقطه‌ای که فشار ۵ هکتوپاسکال به زیر میانگین ۴۰ ساله رسیده است در حالی است که مرکز طوفان در سمت جنوب شرقی و فاصله تقریبی ۵۰ مایلی از مرکز طوفان است. لذا دیده می‌شود که واحد شناور تا حد زیادی به طوفان نزدیک شده است و در این حالت فقط ۵ هکتوپاسکال افت فشار را تجربه کرده است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که افت فشار ۵ میلی باری برای اثبات قطعی قرار گرفتن واحد شناور در طوفان حاره‌ای معیاری مناسب است و البته با توجه به نزدیکی بیش حد واحد شناور به مرکز طوفان در این حالت، افت فشار ۱ هکتوپاسکال به عنوان یک اخطار پیشنهاد می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۵

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۳/۴/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۳۱

واژگان کلیدی:

مسیر ایمن

طوفان حاره‌ای

فشار هوا

میانگین ۴۰ ساله

*نویسنده مسئول

✉ mhyar_alimohammadi@yahoo.com

orcid: 0000-0002-3004-0244

doi: 10.52547/joc.15.57.5

مقدمه

تغییر پارامترهای هواشناسی نسبت به میانگین بلندمدت یکی از مهم‌ترین اختلالاتی است که برای دریانوردان است (برگرس، ۲۰۱۷) [۱]. ولی این کمیت ناهنجاری از میانگین بلندمدت به راحتی در دسترس یک دریانورد در حال مأموریت نیست. برای محاسبه میانگین بلندمدت لازم است در ابتدا داده‌های دقیق و قابل اعتماد در بازه حداقل ۴۰ ساله در دسترس دریانورد قرار گیرد و در ادامه لازم است از این داده‌ها میانگین‌گیری کند. عدم وجود ابزارهای مناسب در دریانوردی موجب می‌شود که یک دریانورد نتواند ناهنجاری از میانگین بلندمدت را محاسبه کند؛ و لذا نمی‌تواند اختلالات پنهان در اندازه‌گیری‌های دما و فشار و باد را از دستگاه‌های موجود در واحد شناور دریافت کند. برای مثال کاهش دما از میانگین بلندمدت یکی از موارد هشداردهنده برای عبور از جبهه سرد است. وجود سامانه‌ای با ذخیره‌سازی داده‌های بلندمدت که هم‌زمان بتواند پارامترهای جوی را اندازه‌گیری کرده و با میانگین بلندمدت مقایسه کند، از ملزومات یک دریانوردی ایمن است.

امروزه سامانه‌های خودکار متنوعی روی واحدهای شناور نصب شده است که می‌توانند پارامترهای جوی را اندازه‌گیری کرده و حتی برای ایستگاه‌های ساحلی ارسال کنند (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۹؛ گونی و همکاران، ۲۰۱۹؛ زو و همکاران، ۲۰۲۳) [۲-۴]؛ ولی وجود دستگاهی که این داده‌های برداشت‌شده از محیط پیرامون واحد شناور را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، خالی است. وجود این دستگاه به دلیل اینکه قادر به تجزیه و تحلیل مداوم داده‌ها است از اهمیت زیادی برخوردار است. این دستگاه با استفاده از پردازشگر رایانه‌ای و اطلاعات اقلیمی می‌تواند میانگین زمانی و مکانی هر نوع از داده‌های جوی را محاسبه کرده و با داده اندازه‌گیری شده مقایسه کند. وجود هرگونه ناهنجاری در پارامترهای جوی نشانگر وجود یک سامانه جوی فعال در مسیر واحد شناور است؛ بنابراین سامانه می‌تواند با تعیین ناهنجاری صورت گرفته، هشدارهای لازم برای پدیده هواشناسی را صادر کند. وجود این دستگاه از این لحاظ اهمیت دارد که یک کاربر نمی‌تواند به راحتی میانگین‌های زمانی و مکانی را محاسبه کرده و ناهنجاری‌ها را با دقت مناسب محاسبه کند.

ولی کاربرد اصلی این دستگاه که در این پژوهش دنبال می‌شود، شناخت سامانه‌های جوی عبوری در اطراف واحد شناور است. پدیده‌های عبوری از اطراف یک واحد شناور عبارت‌اند از: مراکز کم‌فشار، جبهه سرد، جبهه گرم سلول‌های همرفتی برای عرض‌های میانی (عرض میانی منطقه جغرافیایی با عرض بیشتر از $23/5^\circ$ درجه شمالی و جنوبی) و کم‌فشارهای حاره‌ای برای عرض‌های حاره‌ای (منطقه حاره‌ای شامل منطقه در عرض جغرافیایی $23/5^\circ$ درجه شمالی و جنوبی است).

عدم شناخت ناهنجاری‌های شکل‌گرفته ناشی از پدیده‌های جوی روی واحدهای شناور می‌تواند موجب مخاطره جدی برای واحد شناور شود. امروزه با پیشرفت تکنولوژی داده‌های پیش‌بینی، خلأ ناشی از عدم تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی در دریا را پر کرده‌اند. ولی همچنان عدم تجزیه و تحلیل داده‌های پیرامون کشتی می‌تواند نقش مهمی در جلوگیری از مخاطرات

جوی در دریا را داشته باشد. به همین دلیل لازم است یک دستگاه متشکل از سنسورهای برداشت‌کننده داده به صورت مداوم، داده‌های محیطی را برداشت کرده تا هرگونه ناهنجاری در محیط را تشخیص داده و متعاقب آن هرگونه سامانه فعال جوی که منطبق بر آن ناهنجاری است را تعیین کند. عدم وجود این دستگاه موجب عدم شناخت درست از پدیده‌های جوی در پیرامون واحد شناور خواهد شد.

تعیین مسیر ایمنی دریانوردی در منطقه مورد مطالعه به روش ذکر شده در این تحقیق برای اولین بار است که انجام پذیرفته است. در حال حاضر تعیین مسیر ایمن با استفاده از داده‌های پیش‌بینی انجام می‌پذیرد. از جدیدترین مطالعات در خصوص مسیریابی دریایی می‌توان به زو و همکاران (۲۰۲۳) [۵]، کایتروالی و سیمیلیس (۲۰۲۳) [۶]، کسویک و همکاران (۲۰۲۳) [۷]، بهرامی و سیادت موسوی (۲۰۲۳) [۸] و گریفول و همکاران (۲۰۲۲) [۹] اشاره کرد.

گلسفیدی و همکاران (۱۳۹۴) برای اولین بار در ایران با روش مسیریابی زمانمند جهت ناوبری دریایی ایمن و بهینه از نظر زمانی با استفاده از داده‌های محیطی را ارائه دادند [۱۰]. ایشان بدون در نظر گرفتن مسیر دایره عظیمه اقدام به مسیریابی دریانوردی نمودند. در ادامه محمدی و همکاران (۱۴۰۰) به چالش‌های محاسبه نقطه ورتکس در مسیر دایره عظیمه پرداختند [۱۱]. محمدی و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده از روش مثلث‌های کروی ترکیبی به حل مسیر دایره عظیمه پرداختند [۱۲]. علی محمدی و همکاران (۲۰۲۳) [۱۳] اقدام به ایجاد شبکه مسیریابی آب و هوایی در ناوبری اقیانوسی با در نظر گرفتن مسیر دایره عظیمه پرداختند. سام دلیری و همکاران (۱۴۰۲) [۱۴] به ارزیابی عوامل تأثیرگذار در مسیریابی آب و هوایی از دو بعد ایمنی و صرفه‌جویی اقتصادی پرداختند. تمام مطالعات ذکر شده در بالا بر پایه داده‌های پیش‌بینی انجام پذیرفته است. اولین مسیریابی دریایی مبتنی بر داده‌های اقلیمی توسط محمدی و همکاران (۱۴۰۲) [۱۵] انجام پذیرفت. در پژوهش آن‌ها یک سامانه ناوبری توسعه داده شده است که با توجه به نقاط چرخش، مسیر دریانوردی را محاسبه کرده و ناوبری تخمینی را انجام می‌دهد. در این سامانه داده‌های اقلیمی باد، دما، فشار، در بازه زمانی چهل ساله روی نقاط تخمینی محاسبه شده است. محاسبه داده‌های اقلیمی روی نقاط تخمینی می‌تواند به افسران ناوبر در تصمیم‌گیری برای انتخاب مسیر دریانوردی کمک کند.

به صورت خلاصه می‌توان گفت که دو روش برای مسیریابی دریایی وجود دارد: روش بکارگیری داده‌های پیش‌بینی و روش بکارگیری داده‌های اقلیمی

مسیریابی دریانوردی با استفاده از داده‌های پیش‌بینی شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ۱- فراهم نمودن داده‌های پیش‌بینی وضعیت جوی
- ۲- تولید شبکه با مبنا قراردادن مسیر دایره عظیمه (هر خطی که دونقطه شبکه را به هم وصل می‌کند به عنوان یک یال در نظر گرفته می‌شود و می‌تواند به عنوان بخشی از مسیر اصلی باشد)
- ۳- درون‌یابی داده‌های جوی بر روی شبکه

آرشیوهای سازمان هواشناسی جهانی را دوباره تحلیل کرده و خطاهای احتمالی از این داده‌ها را حذف کردند. لذا داده‌های حاصل از قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به داده‌های اندازه‌گیری شده هستند. مدل داده‌گواری مورد استفاده برای تولید داده‌های باز تحلیل به شرح زیر است:

الف) یک مدل طیفی با تفکیک مکانی ۶۲ T (۶۲ عدد موج در شبیه‌سازی پارامترهای جوّی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تفکیک مکانی در حدود ۲۱۰ کیلومتر را ایجاد می‌کند) با ۲۸ لایه عمودی مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته مدل با تفکیک مکانی ۱۲۶ T (تفکیک مکانی ۱۰۵ کیلومتر) به‌عنوان یک مدل عملیاتی نیز در این پروژه استفاده شده است. ولی محصول نهائی تولید شده در این پروژه دارای تفکیک مکانی $2/5^\circ$ درجه (حدود ۲۷۰ کیلومتر) است.

ب) یک مدل درون یاب طیفی احتمالی (مدل‌های درون یاب (DVAR3) که برای درون‌یابی داده‌های هواشناسی نیازی به مدل غیر خطی نرمال در فرآیند آغازگری ندارد.

ج) یک سامانه کنترل کیفیت پیچیده برای درون‌یابی زمانی داده‌های اندازه‌گیری شده که از قابلیت اطمینان مناسبی در تصحیح ارتفاع و دما برخوردار است.

د) سامانه متوسط گیری بهینه برای چندین پارامتر هواشناسی روی یک محیط واحد که سبب می‌شود میانگین‌گیری دقیق‌تری روی پارامترهای جوّی صورت گیرد و تخمین خطا نیز بهتر انجام شود.

ه) درون‌یابی بهینه برای دمای سطح دریا از سال ۱۹۸۲

و) استفاده از یک مدل جفت شده اقیانوسی برای پیش‌بینی فرآیندهای اقیانوسی از سال ۱۹۸۴ به بعد.

دو مرکز NCEP (مرکز بین‌المللی پیش‌بینی‌های محیطی) و NCAR (مرکز تحقیقات بین‌المللی جوّی) با یکدیگر در پروژه باز تحلیل داده‌ها شرکت کردند. هدف از همکاری بین این دو مرکز بین‌المللی تولید داده‌های قابل اعتماد ۵۰ ساله برای کمک به محققان در امر تحقیقات در جامعه جهانی در امر هواشناسی و اقلیم‌شناسی بود. برای این کار از تمامی داده‌های مراکز هواشناسی، ماهواره‌ای، کشتی‌ها، رادیوسوندها، هواپیماها و سایر منابع داده‌ای استفاده شد. این داده‌ها تحت کنترل کیفیت قرار گرفتند. برای داده‌گواری این داده‌ها از داده‌های مدل CDAS (سامانه داده‌گواری اقلیمی) استفاده شد به همین دلیل داده‌ها از سال ۱۹۴۸ در دسترس قرار گرفتند. داده‌های باز تحلیل دو مرکز NCEP و NCAR از طریق سایت مرکز NOAA در دسترس عموم قرار گرفته است.

۴- محاسبه سرعت شناور در مسیرهای مختلف با در نظر گرفتن وضعیت جوّی (مسیرهایی که ارتفاع موج و شدت باد باعث آسیب جدی به کشتی می‌شوند و مسیرهایی که از خشکی عبور می‌کنند از محاسبات حذف می‌شوند).

۵- در نظر گرفتن قیود ایمنی شناور

۶- جستجوی کوتاه‌ترین مسیر با در نظر گرفتن سرعت شناور به‌دست‌آمده در مرحله (۴)

مسیریابی دریانوردی با استفاده از داده‌های اقلیمی شامل مراحل زیر می‌باشد که در این پژوهش از این روش استفاده گردید:

- ۱- ثبت داده‌های هواشناسی با استفاده از ایستگاه خودکار هواشناسی نصب شده بر روی شناور
- ۲- انتقال داده‌ها به رایانه
- ۳- میانگین‌گیری از داده‌های اقلیمی در بازه زمانی ۴۰ ساله
- ۴- انجام محاسبات و مقایسه داده‌های اندازه‌گیری شده با میانگین بلند مدت
- ۵- شناسایی ایمن بودن مسیر یا وجود پدیده مخرب هواشناسی

روش پژوهش

در پژوهشی دیگر که به موازات این پژوهش انجام شد با استفاده از سنسورهای موجود، دستگاه هواشناسی ساخته شده است که می‌تواند داده‌های جوّی را از محیط جمع‌آوری و در رایانه ذخیره نموده و در این پژوهش که بخش نرم‌افزاری سامانه را شامل می‌شود با استفاده از برنامه محاسباتی می‌تواند داده‌های اندازه‌گیری شده را با میانگین بلندمدت مقایسه نموده و ناهنجاری‌های جوّی و اقیانوسی را شناسایی کند. با شناسایی ناهنجاری جوّی، پدیده مرتبط با این ناهنجاری نیز شناسایی شده و افسرنگهبان پل فرماندهی می‌تواند مانوری مناسب و مرتبط با پدیده شناسایی شده را داشته باشد. در بخش نرم‌افزاری نیز داده‌ها از طریق یک نرم‌افزار نوشته شده به زبان متلب داده‌های حاصل از سنسورها را بازخوانی کرده و سپس محاسبات میانگین و مقایسه میانگین با داده‌های اندازه‌گیری شده را انجام می‌دهد.

با توجه به نقش میانگین بلندمدت داده‌های هواشناسی در شناخت پدیده‌های پیش روی دریانوردان لازم است داده‌های با دقت مناسب از یک پایگاه داده معتبر اخذ شود. دو پایگاه داده‌ای برای محاسبه میانگین بلندمدت در دسترس قرار دارد که هر دو این پایگاه داده‌ای می‌تواند برای محاسبه میانگین بلندمدت مورد استفاده قرار گیرند. این دو پایگاه داده عبارتند از:

پایگاه داده^۱ NCEP – NCAR

مرکز پیش‌بینی محیطی و مرکز تحقیقات اتمسفری به‌طور مشترک در سال ۱۹۹۱ پروژه تولید داده‌های باز تحلیل را آغاز کردند. این پروژه با استفاده از مدل داده‌گواری (Data Assimilation)، داده‌های اندازه‌گیری شده در

¹ - National Centers for Environmental Prediction- National Center for Atmospheric Research

```
"product_type": "reanalysis,"
"year": "2008,"
"month": "01,"
"day": "01,"
"time": "12:00,"
"format": "grib,{"
```

به همین ترتیب می‌توان هرگونه داده را دانلود کرد. با توجه به اینکه نحوه دانلود داده از سایت CDS با بقیه پایگاه‌های داده تفاوت داشت، مراحل دریافت داده به‌صورت خلاصه شرح داده شد. با توجه به تفاوت دقت محسوس بین دو پایگاه داده ERA5 و NCEP-NCAR در این پژوهش از داده‌های ERA5 استفاده شده است. لازم به ذکر است در نرم‌افزار تلیکانی (۱۴۰۰) از داده‌های NCEP-NCAR برای تحلیل فشار سطح اقیانوس استفاده شده است و مشاهده گردید که فشار سطح اقیانوس در غالب موارد انطباق خوبی با داده‌های حاصل از نرم‌افزار داشته است و در بعضی از موارد عدم انطباق نیز دیده شد لذا در این پژوهش از داده‌های ERA5 که دارای دقت زمانی ۱ ساعت و دقت مکانی 0.25° درجه است استفاده گردید.

نتایج و بحث

پس از ساخت فیزیکی سنسورها و اتصال آن‌ها روی دکل و دریافت داده‌ها در رایانه، در مرحله بعد باید با استفاده از داده‌های دریافت شده هشدارهای ناوبری صادر شود. برای این کار توسعه بخش نرم‌افزاری دستگاه موردتوجه قرار گرفت. مهم‌ترین نکته‌ای که در کتب ناوبری در خصوص هشدارهای هواشناسی ثبت شده است، انحراف پارامترهای هواشناسی از میانگین بلندمدت است. برای مثال هنگام ورود جبهه سرد فشار افزایش یافته و دما کاهش می‌یابد (آرنس و هسنن، ۲۰۲۱) [۱۸]؛ بنابراین با مقایسه داده‌های برداشت‌شده از رایانه و مقایسه این داده‌ها با میانگین بلندمدت می‌توان ناهنجاری‌های شکل‌گرفته پیرامون واحد شناور را شناسایی کرده و متناسب با هر پدیده اخطار و راهکارهای فرار را استخراج کرد. در بخش نرم‌افزاری مهم‌ترین پدیده‌ای که موردتوجه قرار گرفت پدیده طوفان حاره‌ای بود. این پدیده مخرب‌ترین پدیده‌ای است که می‌تواند دریانوردان را تهدید کند (صدیقی و همکاران، ۱۴۰۰؛ فروتنی و همکاران، ۱۳۹۶؛ علی محمدی و همکاران، ۱۳۹۹) [۲۱-۱۹]. در کتاب هواشناسی برای دریانوردان (برگس، ۲۰۱۷) در خصوص شناسایی طوفان حاره‌ای به سه نکته اشاره شده است که این سه نکته به‌عنوان یک سناریویی عملی برای آزمایش بخش نرم‌افزاری دستگاه مورد استفاده قرار گرفت. این سه نکته که مربوط به نحوه شناسایی طوفان حاره‌ای است به شرح زیر هست.

الف) قرائت فشارسنج و تصحیح ارتفاع پل فرماندهی روی فشار خوانده‌شده

ب) حذف تغییرات روزانه فشار [1]

داده‌های مرکز ECMWF

برای شناسایی مراکز فشار و مقایسه فشار با فشار بلندمدت، از داده‌های مرکز ECMWF استفاده شده است. این مرکز تا سال ۲۰۱۹ داده‌های باز تحلیل ERA-Intrim را منتشر می‌کرد؛ ولی در راستای تأمین مالی پروژه تغییر اقلیم کوپرنیک^۱ C3S، این مرکز اقدام به تولید و انتشار داده‌های ERA5 نمود. این مرکز، داده‌های ERA5 را از سال ۱۹۷۹ مطابق بازمان انتشار ERA-Intrim منتشر کرده است و در آینده، زمان شروع داده‌ها را به سال ۱۹۵۰ تغییر خواهد داد. مرکز ECMWF داده‌های ERA-Intrim را از سال ۲۰۰۶ منتشر می‌کرد و در سال ۲۰۱۹ داده‌های ERA5 را جایگزین آن کرد. مهم‌ترین تفاوت بین این دو پایگاه داده، تفکیک افقی است که داده‌های ERA5 با تفکیک 0.25° درجه جایگزین 0.75° درجه ERA-Intrim شد (هرس باخ و همکاران، ۲۰۱۸؛ ۲۰۱۹) [۱۷-۱۶].

داده‌های ERA5 از مرکز CDS^۲ قابل دسترسی است. مراحل دانلود این داده از مرکز CDS به‌صورت خلاصه زیر است.

ابتدا باید در سایت CDS ثبت‌نام نموده و یک شناسه کاربری و رمز عبور دریافت نمود. این شناسه کاربری و رمز عبور را در فایل HOME/cdsapirc قرار می‌دهیم. یک نمونه از فایل cdsapirc به‌صورت زیر است.

url: <https://cds.climate.copernicus.eu/api/v2>

key: 26097:31882819-afb3-4f3f-a37c-3fbe439ea5a2

که خط اول مربوط آدرس سامانه دریافت داده و در خط دوم key قرار گرفته است. نحوه ساخت key نیز بدین‌صورت است که ابتدا شناسه کاربری برای مثال ۲۶۰۹۷ و سپس رمز ورود به سامانه قرار داده می‌شود. سپس کتابخانه CDS API را نصب می‌کنیم برای نصب این کتابخانه از طریق رابط کاربری PIP دستور زیر را وارد می‌کنیم.

```
pip install cdsapi
```

پس از طی مراحل بالا می‌توان با استفاده از برنامه پای تون داده‌های موردنظر را دانلود نمود. در زیر به یک نمونه برنامه پایتون که برای دانلود دمای تراز ۱۰۰۰ میلی باری در ساعت ۱۲۰۰ تاریخ اول ژانویه سال ۲۰۰۸ استفاده شده اشاره می‌شود.

```
#!/usr/bin/env python
import cdsapi
c = cdsapi.Client()
c.retrieve("reanalysis-era5-pressure-levels",
"variable": "temperature,"
"pressure_level": "1000,"
```

² Climate Data Store

¹ Copernicus Climate Change Service

برای تست بخش نرم‌افزاری فرض برداشت درست داده‌های فشار توسط دستگاه پذیرفته می‌شود. این فرض با کارکرد دستگاه در ایستگاه هواشناسی و مقایسه داده‌ها با فشار ایستگاه هواشناسی نوشهر که از فشارسنج جیوه‌ای استفاده می‌کند، انجام گرفته است و فقط به دلیل حجم مطالب از آوردن آن خودداری شده است. با فرض برداشت درست داده‌های هواشناسی توسط دستگاه فرض می‌شود که این سامانه روی یک واحد شناور نصب شده و این واحد شناور در تاریخ و مقاصد مشخصی به گونه‌ای حرکت می‌کند که با طوفان حاره‌ای گونو تداخل مسیر داشته باشد. مسیر طوفان از ساعت ۱۸۰۰ روز پنجم ژوئن تا ساعت ۰۰۰۰ روز هشتم ژوئن ترسیم گردید. سپس مقادیر فشار در مسیر با مقادیر فشار میانگین مورد مقایسه قرار گرفته و در نهایت مکان‌هایی که مستعد اختراهای هواشناسی است صادر می‌شود.

در اولین سناریو واحد شناور از مبدأ بندرعباس و در تاریخ پنجم جولای سال ۲۰۰۷ (۲۰۰۷/۰۶/۰۵) به سمت نواحی شمالی اقیانوس هند حرکت می‌کند. زمان حرکت به گونه‌ای تنظیم شده است که واحد شناور در موقعیت $24/5^{\circ}$ درجه شمالی و $58/9^{\circ}$ درجه شرقی و در ساعت ۱۶۳۰ روز ۶ جولای از سمت شمال طوفان و بافاصله کمتر از ۱۰ مایل عبور می‌کند. فاصله ۱۰ مایلی به این دلیل انتخاب شده است که حداکثر سرعت باد در محیط پیرامون یک طوفان حاره‌ای دیده می‌شود. شرایط دریا در محیط پیرامون به مراتب مخرب‌تر از قسمت مرکزی طوفان است. مسیر واحد شناور و مسیر طوفان و نقطه تلاقی این دو مسیر در شکل ۱ آورده شده است (خط قرمز مربوط به مسیر طوفان و خط سیاه مربوط به حرکت واحد شناور است). وضعیت فشار هوا و اختلاف فشار هوا با میانگین ۴۰ ساله در جدول ۱ آورده شده است.

مطابق این جدول فشار هوا از ساعت ۰۱۰۰ روز ۶ جولای به مقدار ۰/۲ هکتوپاسکال به زیر مقدار میانگین ۴۰ ساله رسیده است. روند افت فشار نسبت به میانگین ۴۰ ساله همچنان ادامه پیدا کرده و تا ساعت ۰۷۰۰ روز ۷ جولای به طول انجامیده است؛ که در این مدت ۳۰ ساعته واحد شناور در معرض طوفان قرار داشته است. در این شبیه‌سازی می‌توان افت فشار ۳ و ۵ هکتوپاسکالی به زیر میانگین ۴۰ ساله را در شکل‌های بعدی مورد مطالعه قرار داد.

اولین افت فشار در شکل ۲، نشان داده شده است که واحد شناور چه موقعیتی را نسبت به مرکز طوفان دارد. همان‌طور که در شکل ۲، نشان داده شده است، طوفان در سمت جنوب شرقی 140° و فاصله ۲۳۵ مایلی واحد شناور قرار گرفته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثرات طوفان در فاصله ۲۳۵ مایلی بر روی واحد شناور دیده می‌شود و فشار به زیر میانگین ۴۰ ساله رسیده است.

در شکل ۳، اولین نقطه که فشار ۳ هکتوپاسکال به زیر میانگین ۴۰ ساله رسیده است، دیده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مرکز طوفان در سمت تقریبی 135° درجه و فاصله ۱۲۰ مایلی نسبت به مرکز طوفان قرار گرفته است. در واقع فاصله ۱۲۰ مایلی نسبت به مرکز طوفان فاصله نزدیکی است و در این حالت فقط ۳ هکتوپاسکال فشار نسبت به میانگین ۴۰ ساله کاهش یافته است؛ بنابراین برابر دستورالعمل (برگس،

ج) مقایسه فشار با میانگین فشار بلندمدت، چنانچه ۳ هکتوپاسکال افت فشار دیده شود احتمال رخداد طوفان وجود داشته و در صورت افت فشار حدود ۵ هکتوپاسکال قطعاً واحد شناور در طوفان حاره‌ای قرار گرفته است.

برای آمیزش سه نکته بالا در طوفان‌های حاره‌ای از داده‌های ERA5 استفاده شده است. در ادامه در خصوص داده‌های ERA5 و نحوه دانلود این داده‌ها بحث شده و سپس برنامه‌نویسی بخش نرم‌افزاری بحث خواهد شد.

داده‌های ERA5 از داده‌های مرکز ECMWF می‌باشد. این مرکز تا سال ۲۰۱۹ داده‌های باز تحلیل ERA-Intrim را منتشر می‌کرد؛ ولی در راستای تأمین مالی پروژه تغییر اقلیم کوپرنیک (Climate Change Service; C3S)، این مرکز اقدام به تولید و انتشار داده‌های ERA5 نمود. این مرکز، داده‌های ERA5 را از سال ۱۹۷۹ مطابق با زمان انتشار ERA-Intrim منتشر کرده است و در آینده، زمان شروع داده‌ها را به سال ۱۹۵۰ تغییر خواهد داد. مرکز ECMWF داده‌های ERA-Intrim را از سال ۲۰۰۶ منتشر می‌کرد و در سال ۲۰۱۹ داده‌های ERA5 را جایگزین آن کرد. مهم‌ترین تفاوت بین این دو پایگاه داده، تفکیک افقی است که داده‌های ERA5 با تفکیک $0/25^{\circ}$ درجه جایگزین $0/75^{\circ}$ درجه ERA-Intrim شد (هرس باخ و همکاران، ۲۰۱۸؛ ۲۰۱۹).

داده‌های ERA5 از مرکز (CDS) (Climate Data Store) قابل دسترسی است. مراحل دانلود این داده از مرکز CDS در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده شده است. در اینجا داده‌های فشار سطح دریا دانلود شده است. این داده‌ها دقیقاً مربوط به سطح بوده و بنابراین ارتفاعی ندارند به همین دلیل تصحیح ارتفاعی برای این داده‌ها متصور نیست و بند الف مربوط به دستورالعمل سه‌گانه بالا مرتفع خواهد شد. بند ب مربوط به حذف تغییرات روزانه فشار در دریا است. این تغییرات به مقدار زیادی در تغییرات فشار نقش داشته و لازم است از روند میانگین داده‌ها حذف شوند. برای حذف میانگین فشار لازم است به کتب مرجع ناوبری مراجعه شده و مقدار تغییرات فشار روزانه برای هر منطقه استخراج شود. برای مثال با استفاده از داده‌های ERA5 تغییرات فشار در منطقه استوایی بین ۳ تا ۵ هکتوپاسکال است. روند میانگین‌گیری داده‌های ERA5 در این پژوهش به صورت میانگین‌گیری ساعتی است؛ یعنی تمامی داده‌های ۴۰ ساله در یک ساعت مشخصی با هم جمع و میانگین‌گیری می‌شوند و به همین دلیل هیچ اثری از تغییرات روزانه در این روش میانگین‌گیری وجود ندارد. عملاً بند (ب) - حذف تغییرات روزانه) با روش میانگین‌گیری ساعتی از داده‌های میانگین حذف شده است. تنها بند سوم که مربوط به افت فشار است باید آزمایش عملی انجام شود.

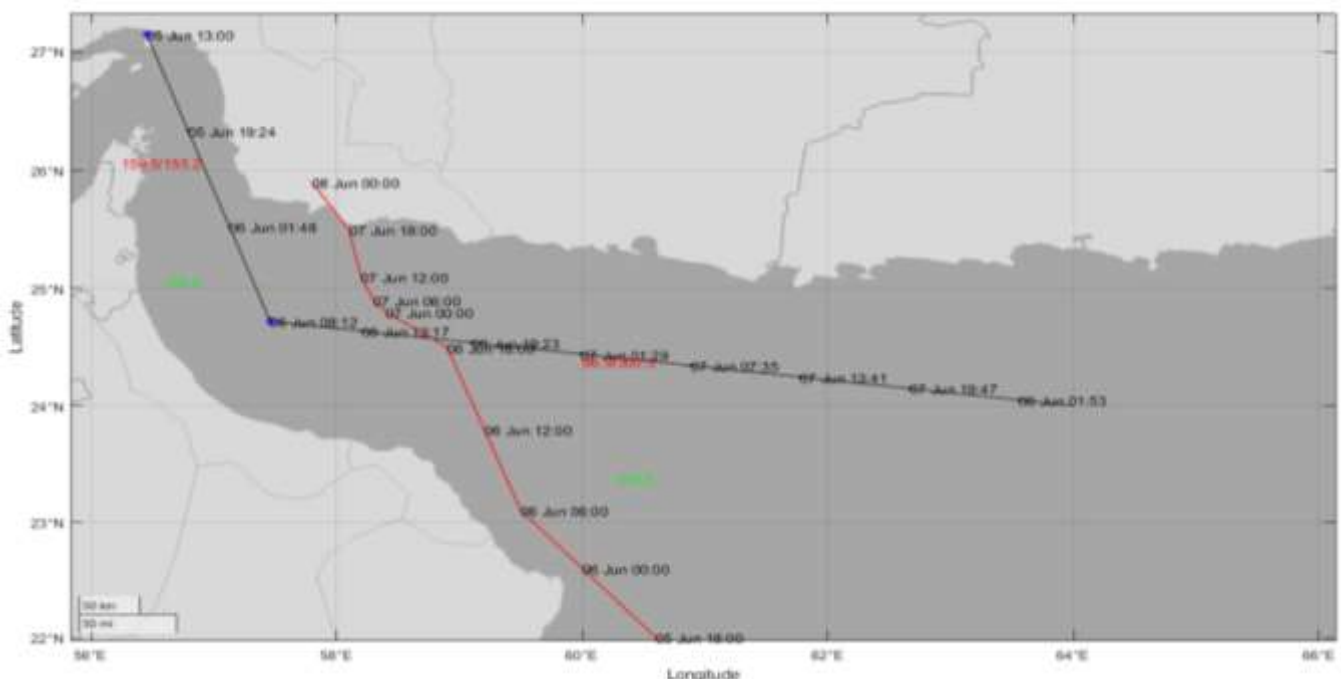
تست عملی این دستگاه بدین صورت است که دستگاه باید روی واحد شناور نصب شود و سپس داده‌های فشار از تمام نقاط برداشت شده و در رایانه با فشار میانگین آن منطقه مقایسه شود. ولی در این پژوهش امکان نصب این سامانه روی واحد شناور وجود ندارد.

بنابراین برابر دستورالعمل برگس، (۲۰۱۷) واحد شناور قطعاً در طوفان حاره‌ای قرار گرفته است. درست است که این معیار قطعیت قرار گرفتن واحد شناور در طوفان حاره‌ای را تشخیص داده است ولی این تشخیص بسیار دیر صورت گرفته است و واحد شناور تا فاصله ۵۰ مایلی به مرکز طوفان نزدیک شده است و ممکن است نتواند مانور مناسب برای عدم برخورد با طوفان داشته باشد.

در شکل ۵، کل مناطقی را که واحد شناور افت فشار زیر میانگین ۴۰ ساله را تجربه کرده است، آورده شده است و مشاهده می‌شود که فشار در بخش زیادی از مسیر واحد شناور به زیر میانگین ۴۰ ساله رسیده است.

در این حالت احتمال برخورد با طوفان حاره‌ای وجود دارد. لذا می‌توان یک نتیجه احتمالی را به دست آورد که افت فشار ۳ هکتو پاسکالی برای برآورد احتمال حضور در طوفان حاره‌ای تا حدی نامعقول است. هرچند این عدد می‌تواند حضور طوفان را نشان دهد ولی باعث شده است واحد شناور تا فاصله ۱۲۰ مایلی چشم طوفان برسد.

در شکل ۴، اولین نقطه‌ای که فشار ۵ هکتو پاسکال به زیر میانگین ۴۰ ساله رسیده است، آورده شده است و دیده می‌شود که مرکز طوفان در سمت جنوب شرقی و فاصله تقریبی ۵۰ مایلی از مرکز طوفان است. لذا دیده می‌شود که واحد شناور تا حد زیادی به طوفان نزدیک شده است و در این حالت فقط ۵ هکتو پاسکال افت فشار را تجربه کرده است؛



شکل ۱: مسیر طوفان حاره‌ای گو نو مسیر طوفان از ساعت ۱۸۰۰ روز پنجم ژوئن تا ساعت ۰۰۰۰ روز هشتم ژوئن (خط قرمز) و مسیر واحد شناور شبیه‌سازی شده (خط مشکی)

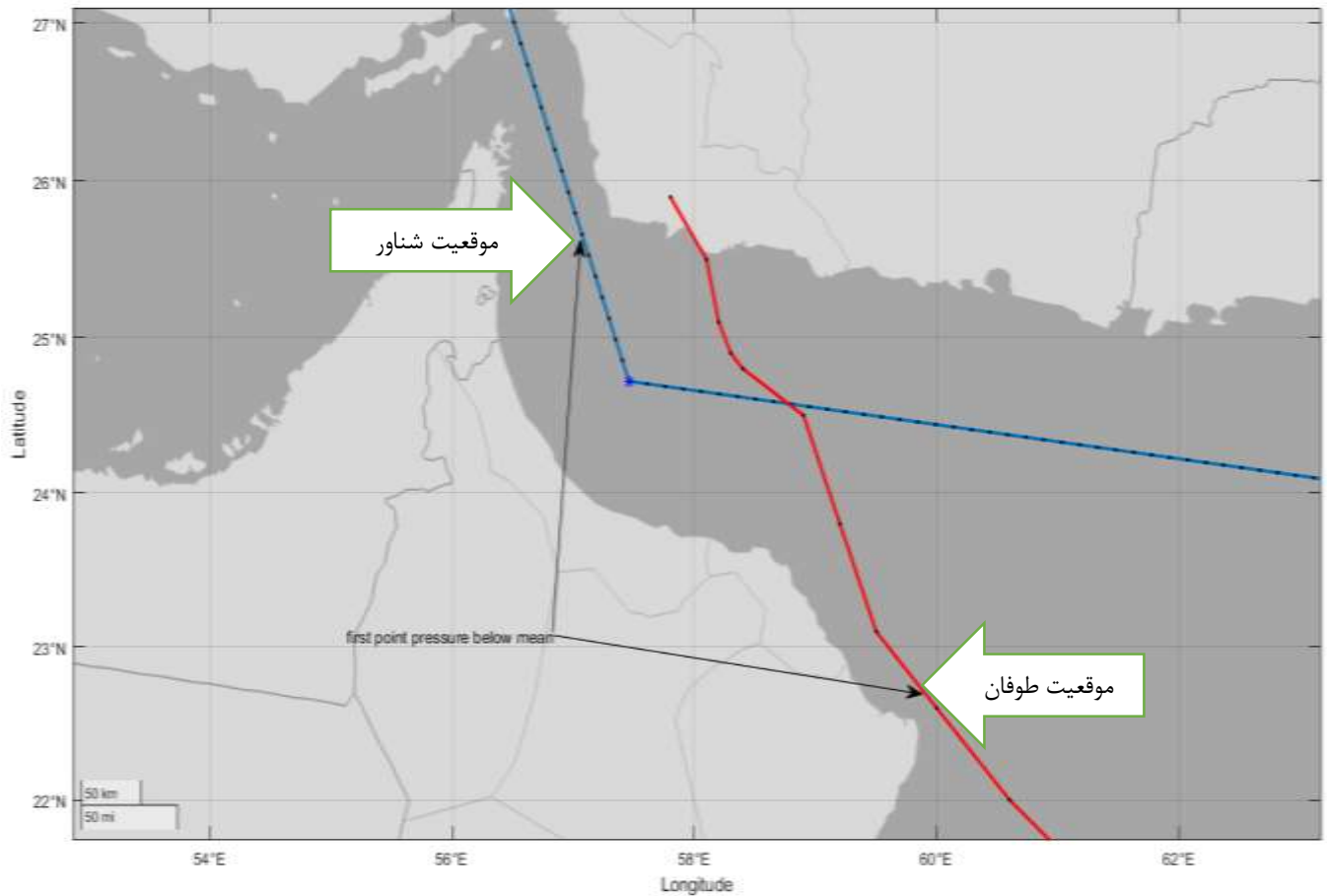
شکل ۱: تحلیل OTUs از نمونه لجن ABR و SBR در تابستان و زمستان

سال	ماه	روز	ساعت	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	فشار اندازه‌گیری شده	میانگین ۴۰ ساله فشار	اختلاف فشار با فشار میانگین
2007	6	5	13	27.1	56.5	1000.9	998.9	1.9
2007	6	5	14	27	56.5	1000.3	998.7	1.6
2007	6	5	15	26.9	56.6	999.7	998.8	0.9
2007	6	5	16	26.7	56.6	1000.2	999.3	0.9
2007	6	5	17	26.6	56.7	1000.7	999.8	0.9
2007	6	5	18	26.5	56.7	1001.3	1000.3	1
2007	6	5	19	26.3	56.8	1001.6	1000.4	1.3
2007	6	5	20	26.2	56.8	1001.3	1000.1	1.2
2007	6	5	21	26.1	56.9	1001	999.8	1.1
2007	6	5	22	25.9	57	1000.6	999.7	0.9

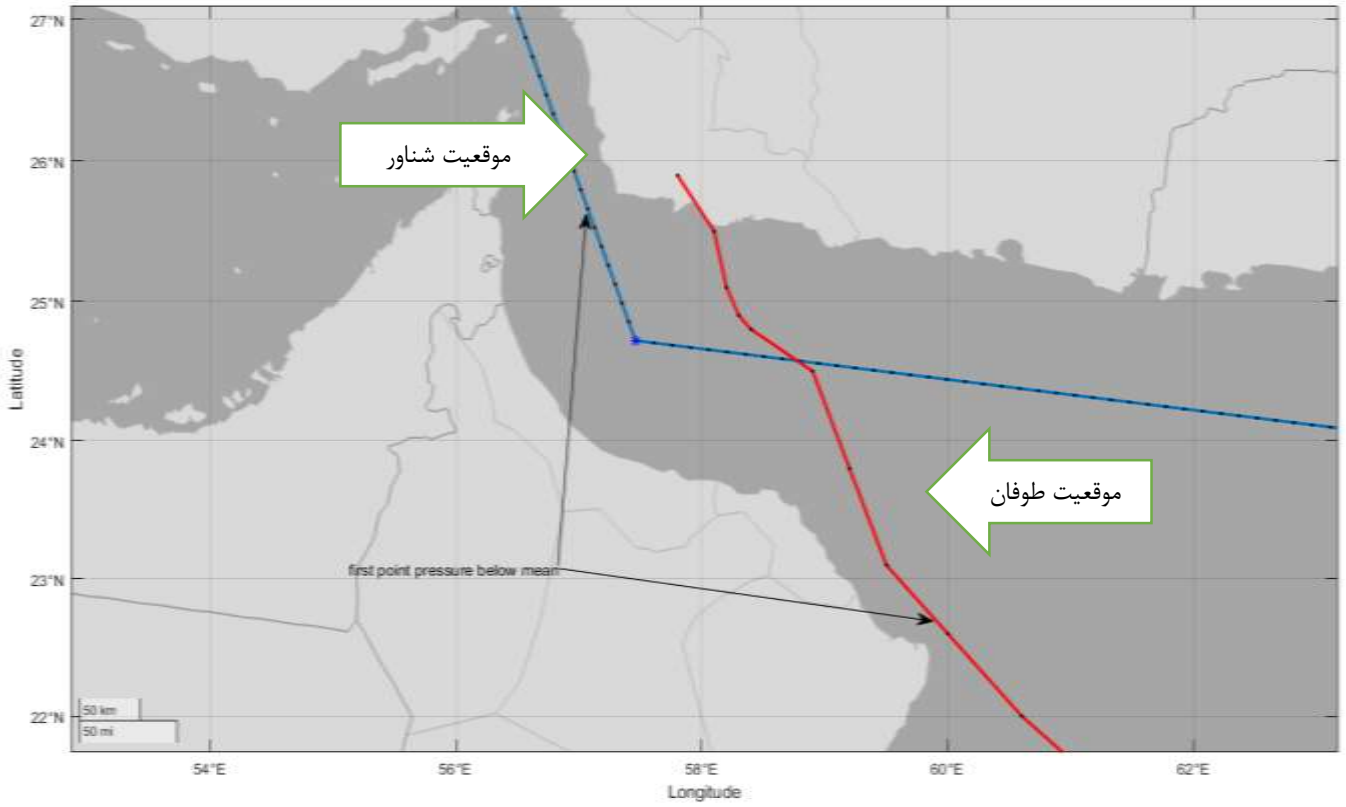
ادامه شکل ۱: تحلیل OTUs از نمونه لجن ABR و SBR در تابستان و زمستان

سال	ماه	روز	ساعت	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	فشار اندازه‌گیری شده	میانگین ۴۰ ساله فشار	اختلاف فشار با فشار میانگین
2007	6	5	23	25.8	57	1000.3	999.6	0.6
2007	6	6	0	25.7	57.1	1000.1	999.8	0.3
2007	6	6	1	25.5	57.1	999.7	999.9	-0.2
2007	6	6	2	25.4	57.2	1000.5	1000.5	0
2007	6	6	3	25.3	57.2	1000.1	1001	-0.9
2007	6	6	5	25.1	57.3	1000.7	1001.7	-1
2007	6	6	6	25	57.3	1000.8	1001.9	-1.1
2007	6	6	7	24.9	57.4	1000.8	1001.8	-1
2007	6	6	8	24.7	57.5	1000.1	1001.4	-1.3
2007	6	6	8	24.7	57.5	1000.1	1001.4	-1.3
2007	6	6	9	24.7	57.6	999.1	1000.8	-1.7
2007	6	6	10	24.7	57.8	997.5	1000.3	-2.8
2007	6	6	11	24.7	57.9	996.8	999.6	-2.8
2007	6	6	12	24.7	58.1	994.5	999	-4.6
2007	6	6	13	24.6	58.2	994.1	998.8	-4.7
2007	6	6	14	24.6	58.4	990.5	998.4	-7.9
2007	6	6	15	24.6	58.5	984.7	998.4	-13.7
2007	6	6	16	24.6	58.7	982.2	998.6	-16.5
2007	6	6	17	24.6	58.8	980	999	-19
2007	6	6	18	24.6	58.9	980.7	999.3	-18.7
2007	6	6	19	24.5	59.1	986	999.5	-13.5
2007	6	6	20	24.5	59.2	986.6	999.2	-12.6
2007	6	6	21	24.5	59.4	990.4	999	-8.6
2007	6	6	22	24.5	59.5	995.7	999.1	-3.5
2007	6	6	23	24.5	59.7	995.8	999.1	-3.3
2007	6	7	0	24.5	59.8	996.6	999.3	-2.7
2007	6	7	1	24.4	60	996.7	999.6	-2.9
2007	6	7	2	24.4	60.1	998.3	1000.2	-1.9
2007	6	7	3	24.4	60.3	998.9	1000.7	-1.8
2007	6	7	4	24.4	60.4	999.6	1001.1	-1.5
2007	6	7	5	24.4	60.6	1000.2	1001.4	-1.2
2007	6	7	6	24.4	60.7	1000.5	1001.6	-1.1
2007	6	7	7	24.3	60.9	1000.9	1001.5	-0.7
2007	6	7	8	24.3	61	1001.4	1001.2	0.2
2007	6	7	9	24.3	61.2	1000.9	1000.6	0.3
2007	6	7	10	24.3	61.3	1002.2	1000.2	1.9
2007	6	7	11	24.3	61.5	1001.8	999.6	2.2

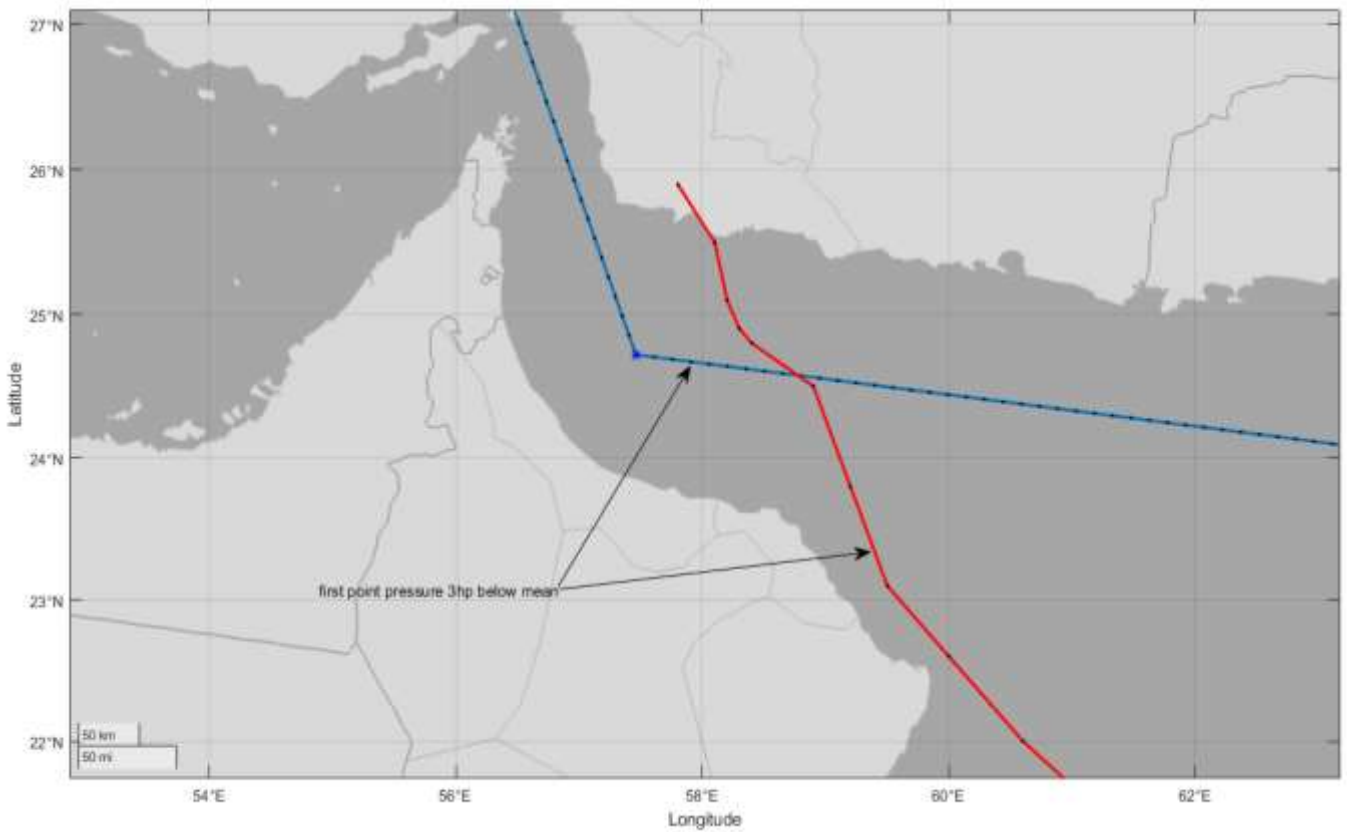
2007	6	7	12	24.3	61.6	1001.8	999.2	2.6
2007	6	7	13	24.2	61.8	1002.5	999.3	3.2
2007	6	7	14	24.2	61.9	1002.2	999.1	3
2007	6	7	15	24.2	62.1	1002.4	999.4	3
2007	6	7	16	24.2	62.2	1003	999.8	3.3
2007	6	7	17	24.2	62.4	1003.7	1000.3	3.3
2007	6	7	18	24.2	62.5	1004.4	1000.7	3.7
2007	6	7	19	24.1	62.7	1004.1	1000.7	3.5
2007	6	7	20	24.1	62.8	1004.1	1000.5	3.6
2007	6	7	21	24.1	63	1003.7	1000.3	3.4
2007	6	7	22	24.1	63.1	1003.6	1000.4	3.3
2007	6	7	23	24.1	63.3	1004	1000.4	3.7
2007	6	8	0	24.1	63.4	1003.7	1000.4	3.3
2007	6	8	1	24	63.6	1004.1	1000.6	3.4
2007	6	8	2	24	63.7	1004.8	1001.2	3.7
2007	6	8	3	24	63.9	1005.2	1001.5	3.7
2007	6	8	4	24	64	1005.8	1001.9	3.9



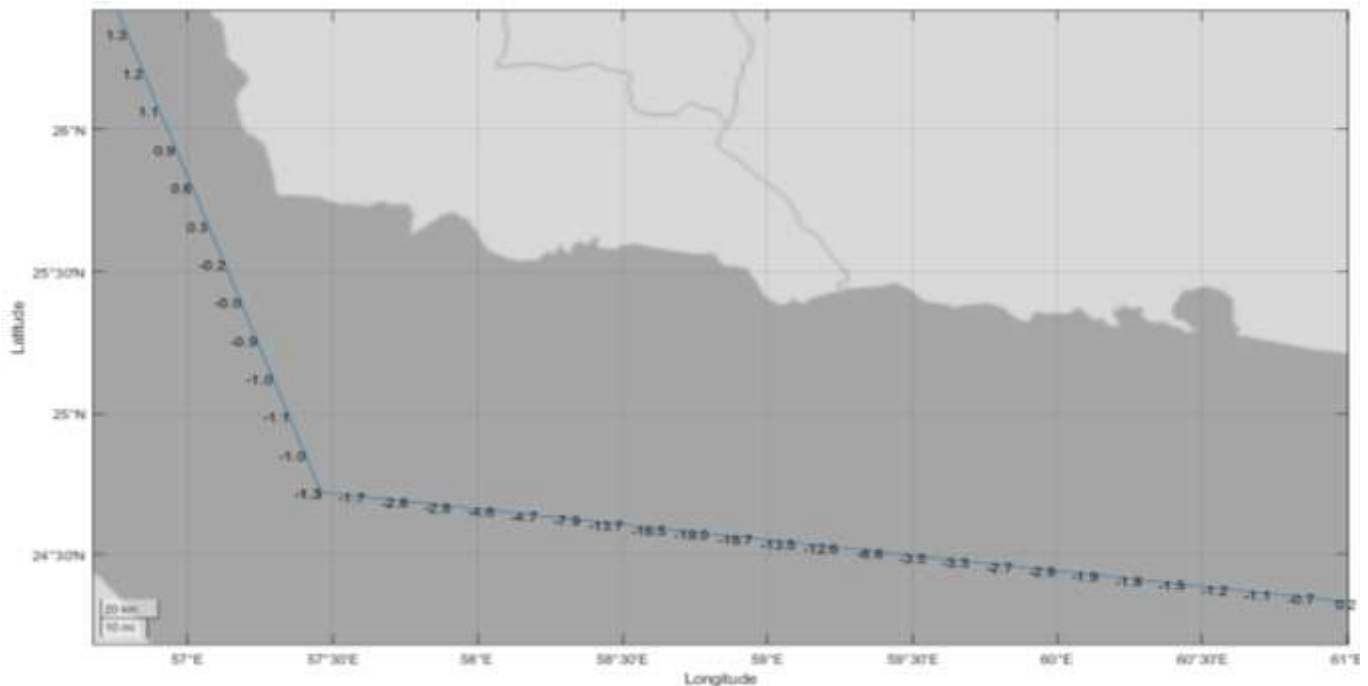
شکل ۲: موقعیت شناور و موقعیت طوفان هنگام مشاهده اولین افت فشار به زیر میانگین ۴۰ ساله



شکل ۳: موقعیت شناور و موقعیت طوفان هنگام مشاهده افت فشار ۳ هکتو پاسکالی در مسیر واحد شناور



شکل ۴: موقعیت شناور و موقعیت طوفان هنگام مشاهده افت فشار ۵ هکتو پاسکالی در مسیر واحد شناور



شکل ۵: اختلاف فشار اندازه‌گیری شده نسبت به میانگین بلندمدت در طول مسیر حرکت شناور

طوفان حاره‌ای در منطقه باشد؛ بنابراین دستگاه ساخته‌شده بهترین کاندید برای شناخت طوفان حاره‌ای است؛ بنابراین می‌تواند داده‌های فشار در دریا را با دقت مناسب و تصحیح ارتفاع برداشت کرده و میانگین فشار در همان زمان برداشت داده را بدون وجود اثرات تغییرات شبانه‌روزی به دست آورد. برای آزمایش شیب‌ساز نرم‌افزاری دستگاه ساخته‌شده آزمایشی شبیه‌سازی‌شده ترتیب داده شد که در آن یک واحد شناور از مبدأ بندرعباس حرکت کرده و بعد از گذشت چندین ساعت در مسیر خودش به طوفان حاره‌ای گونو برخورد می‌کند. در این شبیه‌سازی نقاط افت فشار از فشار میانگین محاسبه شد و نشان داده شد که افت فشار ۳ هکتو پاسکال می‌تواند احتمال رخداد و افت ۵ هکتو پاسکال می‌تواند رخداد قطعی طوفان را مشخص کند. در این پژوهش نشان داده شد علی‌رغم اینکه این اعداد به‌خوبی نشان‌دهنده احتمال و رخداد قطعی هستند ولی هشدارهای لازم با این آستانه‌ها بسیار دیر صورت می‌گیرد به‌طوری‌که فرصت عکس‌العمل برای مانور اجتناب از طوفان حاره‌ای از فرمانده و افسرنگهبان سلب خواهد شد. دقت این دستگاه در برداشت داده‌های فشار و محاسبه دقیق میانگین فشار نشان داد که افت فشار ۱ میلی باری می‌تواند به‌عنوان هشدار برای پدیده مخرب هواشناسی موردتوجه قرار گیرد. دوباره تأکید می‌گردد که فقط برای این دستگاه که داده‌های فشار را با دقت برداشت کرده و میانگین را با دقت زیادی برای هر ساعت محاسبه می‌کند می‌توان از آستانه ۱ میلی بار افت فشار نسبت به فشار میانگین ۴۰ ساله استفاده کرد و این توصیه برای مواردی که عامل انسانی اقدام به برداشت داده و محاسبه میانگین می‌کند قابل‌استفاده نیست.

پیشنهادهای تحقیق

نتیجه‌گیری

ساخت دستگاه هواشناسی برای واحدهای شناور نادجا از موارد مهم تحقیقات هواشناسی هست. واحدهای شناور به‌طور کلی در ثبت اطلاعات جوی به‌درستی عمل نمی‌کنند یا اطلاعات ثبت‌شده با خطای زیادی همراه است.

در پژوهشی دیگر که به‌موازات این پژوهش انجام شد با استفاده از سنسورهای موجود، دستگاه هواشناسی ساخته‌شده است که می‌تواند داده‌های جوی را از محیط جمع‌آوری و در رایانه ذخیره نماید. ولی وجود دستگاهی که این داده‌های برداشت‌شده از محیط پیرامون واحد شناور را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، خالی است. وجود این دستگاه به دلیل اینکه قادر به تجزیه و تحلیل مداوم داده‌ها است از اهمیت زیادی برخوردار است. این دستگاه با استفاده از پردازشگر رایانه‌ای و اطلاعات اقلیمی می‌تواند میانگین زمانی و مکانی هر نوع از داده‌های جوی را محاسبه کرده و با داده اندازه‌گیری شده مقایسه کند. وجود هرگونه ناهنجاری در پارامترهای جوی نشانگر وجود یک سامانه جوی فعال در مسیر واحد شناور است؛ بنابراین سامانه می‌تواند با تعیین ناهنجاری صورت گرفته، هشدارهای لازم برای پدیده هواشناسی را صادر کند. وجود این دستگاه از این لحاظ اهمیت دارد که یک کاربر نمی‌تواند به‌راحتی میانگین‌های زمانی و مکانی را محاسبه کرده و ناهنجاری‌ها را با دقت مناسب محاسبه کند.

در این تحقیق شناسایی طوفان‌های حاره‌ای به‌عنوان بزرگ‌ترین تهدید دریانوردان در دریا و اقیانوس‌ها موردتوجه قرار گرفت. بر اساس متون موجود میزان افت فشار از فشار میانگین می‌تواند نشانگر وجود

ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
ERA5	ECMWF Reanalysis v5
CDS	Climate Data Store

منابع

- [1] Burgess, R.N.; Met, S., (2017). Meteorology for seafarers. (132 pages). <https://www.southbankmarine.com/product/meteorology-for-seafarers/>
- [2] Smith, S. R.; Alory, G.; Andersson, A.; Asher, W.; Baker, A.; Berry, D. I., et al., (2019). Ship-based contributions to global ocean, weather, and climate observing systems. *Front. Mar. Sci.*, 6: 434. (26 pages). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2019.00434/full>
- [3] Goni, G. J.; Sprintall, J.; Bringas, F.; Cheng, L.; Cirano, M.; Dong, S.; et al. (2019). More than 50 years of successful continuous temperature section measurements by the global expendable bathythermograph network, its integrability, societal benefits, and future. *Front. Mar. Sci.*, 6: 452. (35 pages). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2019.00452/full>
- [4] Zhu, Q.; Cherqui, F.; Bertrand-Krajewski, J. L., (2023). End-user perspective of low-cost sensors for urban stormwater monitoring: a review. *Water Sci. Technol.*, 87(11): 2648-2684. (36 pages). <https://iwaponline.com/wst/article/87/11/2648/95035>
- [5] Zhou, P.; Zhou, Z.; Wang, Y.; Wang, H., (2023). Ship weather routing based on hybrid genetic algorithm under complicated sea conditions. *J. Ocean Univ. China*, 22(1): 28-42. (14 pages). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11802-023-5002-1>
- [6] Kytariolou, A.; Themelis, N., (2023, March). An Investigation on the Effect of Sea Currents on Weather Routing Optimisation. In *SNAME International Symposium on Ship Operations, Management and Economics* (p. D021S007R006). SNAME. (25 pages).

با توجه به نتایج به دست آمده در مرحله اول سخت‌افزاری و تأیید نظریه احتمال و رخداد قطعی طوفان حاره‌ای با استفاده از پارامتر فشار هوا، پیشنهاد‌های اجرایی این پژوهش در راستای استفاده از دستگاه تولیدشده در واحدهای شناور تدوین می‌گردد:

الف) به‌کارگیری دستگاه ساخته‌شده در واحدهای شناور ندا جا و ثبت دائمی و بدون خطای داده‌های هواشناسی در طول مسیر دریانوردی و در نظر گرفتن هشدارهای ایجادشده توسط دستگاه مزبور. ب) استفاده از داده‌های ERA5 برای محاسبه میانگین فشار در هر ساعتی از طول روز بدون وجود اثرات تغییر شبانه‌روزی فشار در تحقیقات مشابه.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند. تمرکز اصلی نویسنده اول (علی محمدی) بر برنامه‌نویسی بوده است. تمرکز نویسنده دوم (مهریار علی محمدی) که نویسنده مسئول مقاله است بیشتر بر تدوین مقاله و جمع‌آوری داده بوده است. نظارت بر انطباق مقاله با فرمت مجله، نگارش و جمع‌آوری مطالب را نیز بر عهده داشته است. تمرکز اصلی نویسنده سوم (احمد ذادق آبادی) در تهیه اطلاعات در خصوص طوفان حاره‌ای و تمرکز نویسنده چهارم بر روی نصب سامانه خودکار هواشناسی و ترجمه و ویراستاری مقالات و هماهنگی محتوایی مقاله بوده است.

تشکر و قدردانی

شایسته است مراتب قدردانی خود را از سردبیر و مدیر داخلی محترم نشریه اقیانوس‌شناسی جناب آقای دکتر اکبریور و تیم ایشان اعلام دارم. همچنین از داوران عزیز که در بهبود این مقاله کمک قابل توجهی ایفا نمودند کمال تشکر را دارم.

تعارض منافع

این مقاله بر اساس «تعارض حرفه‌ای و مالکیت فکری: ارتقای سازمانی و نظریات تخصصی شخصی اینجانب مهریار علی محمدی به‌عنوان نویسنده مسئول گردآوری شده است.»

اختصارات (اختیاری)

کلمات اختصاری این مقاله شامل موارد زیر است:

NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NCAR	National Center for Atmospheric Research
CDAS	Climate Data Assimilation System
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration

- Environmental Engineering (ijcoe), 8(3): 8-21. **(13 pages)**.
https://www.ijcoe.org/article_176526.html
- [14] Mahdizadeh, M.; alimohammadi, M.; Samdaliri, H.; mohamadi, A., (2023). Evaluation of influential factors in weather routing from the two dimensions of safety and economic savings. Iranian journal of Marine technology, **(13 pages)**. (In Persian)
https://ijmt.iranjournals.ir/article_247880.html?lang=fa
- [15] Mohammadi, A.; Ali Mohammadi, M.; Zadaghabadi, A.; Telikani, A., (2023). *Designing the navigation system by considering the climatic data along the navigation route*. Journal of Marine Engineering, 19(39): 12-34. **(22 pages)**. (In Persian)
<https://marine-eng.ir/article-1-1003-fa.pdf>
- [16] Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P.; Hirahara, S.; Horányi, A.; Muñoz-Sabater, J.; et al., (2020). The ERA5 global reanalysis. Q. J. R. Meteorolog. Soc, 146(730): 1999-2049. **(50 pages)**.
<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/qj.3803>
- [17] Hersbach, H.; Peubey, C.; Simmons, A.; Poli, P.; Dee, D.; Berrisford, P., (2018). ERA report series. URL: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>. **(46 pages)**.
<https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2013/9870-era-20cm-twentieth-century-atmospheric-model-ensemble.pdf>
- [18] Ahrens, C. D., (2015). Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment. Cengage Learning Canada Inc. **(694 pages)**.
<https://www.vliz.be/en/imis?module=ref&refid=316658>
- [19] Sadaghi, S. M.; Golshani, A. A.; Nemati, M. H., (2021). Numerical Simulation of Kyarr Tropical Cyclone Waves in Makran Coastlines. J. Oceanogr, 12 (46): 39-50 **(11 pages)**. (In Persian)
http://joc.inio.ac.ir/browse.php?a_id=1647&sid=1&slc_lang=fa&ftxt=0
- [20] Foroutani, R.; Rahbani, M.; Pakhirehzan, M., (2018). Investigating the Storm Surge Due to Tropical Cyclone Ashobaa in the Coastal Areas of Bushehr and Chabahar. J. Oceanogr; 8(32): 9-19 **(10 pages)**. (In Persian)
<http://joc.inio.ac.ir/article-1-1210-fa.html>
- <https://onepetro.org/SNAMESOME/proceedings-abstract/SOME23/2-SOME23/518570>
- [7] Ksciuk, J.; Kuhlemann, S.; Tierney, K.; Koberstein, A., (2023). Uncertainty in maritime ship routing and scheduling: a literature review. Eur. J. Oper. Res., 308(2): 499-524. **(25 pages)**.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03722172200649X>
- [8] Bahrami, N.; Siadatmousavi, S. M., (2023). Ship voyage optimisation considering environmental forces using the iterative Dijkstra's algorithm. Ships Offshore Struct., 1-8. **(8 pages)**.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17445302.2023.2231200>
- [9] Grifoll, M.; Borén, C.; Castells-Sanabra, M., (2022). A comprehensive ship weather routing system using CMEMS products and A* algorithm. Ocean Eng, 255, 111427. **(25 pages)**.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801822008095>
- [10] Malekpour Golesefidi, M.; Karimipour, F.; Sharifi, M. A., (2016). Proposing a Novel Temporal Rout Finding Model for Marine Navigation with Respect to Depth and Weather Condition of Marine Environment. JGST., 5(4): 255-268 **(13 pages)**. (In Persian)
<http://jgst.issgeac.ir/article-1-418-fa.html>
- [11] Mohammadi, A.; Zadehabadi, A.; Hoseini arani, A.; Khazaei, A., (2021). Challenges of calculating the vortex point of the great circle in international seafarers training guidelines. Journal of Research on Management of Teaching in Marine Sciences, 8(4): 151-165. **(14 pages)**. (In Persian)
https://rmt.iranjournals.ir/article_247102.html
- [12] Mohammadi, A.; Alimohammadi, M.; zadegh abadi, A.; Khazaei, A., (2023). Solve the path of great circle using the method of hybrid spherical triangles. J. Mar. Sci. Technol, (), -. **(10 pages)**. (In Persian)
https://jmst.kmsu.ac.ir/article_170093.html?lang=fa
- [13] Alimohammadi, M.; Mohammadi, A.; Khalifehgholi, M., (2023). Create a weather routing network in ocean navigation and verify it with a simple cost function. International Journal Of Coastal, Offshore And

نکات برجسته

◀ افت فشار ۳ هکتو پاسکال می تواند احتمال رخداد و افت ۵ هکتو پاسکال می تواند رخداد قطعی طوفان را مشخص کند. در این پژوهش نشان داده شد علی رغم اینکه این اعداد به خوبی نشان دهنده احتمال و رخداد قطعی هستند ولی هشدارهای لازم با این آستانه ها بسیار دیر صورت می گیرد به طوری که فرصت عکس العمل برای مانور اجتناب از طوفان حاره ای از فرمانده و افسرنگهبان سلب خواهد شد.

◀ افت فشار ۵ میلی باری در مقایسه با میانگین بلند مدت برای اثبات قطعی قرار گرفتن واحد شناور در طوفان حاره ای اگرچه معیاری مناسب است؛ اما با توجه به نزدیکی بیش حد واحد شناور به مرکز طوفان در این حالت، بایستی معیاری دیگر برای فرار از طوفان حاره ای اتخاذ کرد.

◀ افت فشار ۱ میلی باری در مقایسه با میانگین بلند مدت می تواند به عنوان هشدار برای پدیده مخرب هواشناسی مورد توجه قرار گیرد.

[21] Alimohammadi, M.; Malakooti, H.; rahbani, M.; Mohammadi, A., (2020). Investigation of sea surface temperature effects on the simulation of tropical cyclone Gonu. *Amphibious Science and Technology*, 1(1): 1-12. (12 pages). (In Persian)

https://www.iamst.ir/article_247201.html?lang=fa

چکیده گرافیکی (اختیاری)

چکیده گرافیکی باید با توجه به یافته های اصلی داستان تحقیق نسخه خطی که به صورت جذاب بصری و تصویری خلاصه می شود، تهیه شود (نمودار ۱). آرایه برخی از نمودارهای دست نویس، جداول، تصاویر، نمودار یا متن را نمی توان به عنوان چکیده گرافیکی در نظر گرفت. برای کسب اطلاعات بیشتر، می توانید به راهنمای خلاصه گرافیکی تولید شده توسط ناشر الزویر مراجعه کنید:

<https://www.elsevier.com/authors/journal-authors/graphical-abstract>

در فایل بدون نام، این بخش حذف شود

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Mohammadi, A., Assistant Professor, Department of Meteorology and Oceanography, Imam Khomeini University of Marine Sciences, Nowshahr, Iran

✉ mohammadi.a4682@gmail.com

 0000-0002-3005-0245

Ali Mohammadi, M., Assistant Professor, Department of Meteorology and Oceanography, Imam Khomeini University of Marine Sciences, Nowshahr, Iran

✉ mhyar_alimohammadi@yahoo.com

 . 0000-0002-3004-0244

Zadaghabadi, A., PhD in Meteorology, Hormozgan Bandar Abbas University, Iran

✉ zadegh_ahmad@yahoo.com

 0000-0002-3005-0245

Momeni.H., Master of Navigation Sciences, Imam Khomeini University of Marine Sciences, Nowshahr, Iran

✉ hamid_momeni@gmail.com

 0000-0002-3005-0245

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



HOW TO CITE THIS ARTICLE

 <http://doi.org/10.52547/joc.15.57.5>
 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1783-fa.html>
 <https://orcid.org/0000-0002-3004-0244>

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

