

## روند تغییرات فصلی الگوی باد در خلیج فارس

فرشته کمیجانی<sup>۱\*</sup>، شهرزاد ناهید<sup>۲</sup>

۱- دکتری فیزیک دریا، شرکت مهندسین مشاور نوآندیشان محیط‌های رودخانه و دریا

۲- دکتری فیزیک دریا، سازمان هواشناسی کشور، پژوهشکده هواشناسی

### چکیده

در این تحقیق داده‌های اندازه و سمت باد اندازه‌گیری شده در ۷ ایستگاه هواشناسی موجود در طول ساحل شمالی خلیج فارس (شامل: آبادان، بوشهر ساحلی، دیر، کنگان، جم، کیش، بندرلنگه و بندرعباس) با هدف تعیین الگوی تغییرات باد منطقه در یک دوره بلند مدت مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور الگوی کلی ماهانه، فصلی و سالانه‌ی باد و به طور همزمان روند تغییرات آن در ساعات مختلف شبانه-روز از روش‌های مختلف تحلیل شده است. بررسی‌ها نشان داد که در مناطق مختلف سواحل شمالی خلیج فارس، شکل‌گیری بادهای به عوامل مختلفی همچون موقعیت خط ساحل، شرایط مختلف فصلی و وجود عوارض ساحلی مانند کوه‌ها بستگی دارد. به گونه‌ای که با پیش‌روی از نیمه‌ی غربی به شرقی خلیج فارس از قدرت بادهای نظام‌مند کاسته شده و نسیم‌های دریا و خشکی به واسطه‌ی نزدیک شدن کوه‌ها به ساحل تأثیرات بیشتری بر الگوی باد منطقه می‌گذارند. در فصل زمستان، بادهای نظام‌مند حاکم بر نیمه غربی خلیج فارس ناشی از حضور کم فشارهای غربی هستند در حالی که طی تابستان، الگوی تغییر بادهای این منطقه ناشی از گسترده شدن کم فشار حرارتی شمال غرب هند است. در فصل تابستان، یک نظام کم فشار میان مقیاس بر روی الگوی باد برای نیمه شرقی خلیج فارس اثر گذار است که بادهایی با جهت شمال شرقی تا جنوب شرقی را در این منطقه ایجاد می‌نمایند. در حالی که بادهای نظام‌مند در غرب منطقه اهمیت بیشتری دارند برای ایستگاه‌های شرقی خلیج فارس حاکمیت با نسیم دریا و نسیم خشکی است. نتایج نشان داد که در این منطقه نسیم دریا و خشکی در تمام سال وجود دارند و سرعت آنها با حرکت به سمت شرق کاهش حدود ۲ الی ۳ متر بر ثانیه‌ای را تجربه می‌نماید. از دیگر نتایج به دست آمده این است که به طور متوسط نسیم دریا در تابستان پرتکرار و قوی‌تر از سایر فصول بوده و در مقایسه با نسیم خشکی تندی بیشتری نیز دارد. با این وجود در فصل زمستان به علت طولانی بودن شب نسبت به روز، درصد فراوانی وقوع نسیم خشکی بیشتر از نسیم دریا به دست آمده اما همچنان از شدت کمتری نسبت به نسیم روزانه برخوردار است.

کلید واژگان: خلیج فارس، باد غالب، باد نظام‌مند، نسیم دریا، نسیم خشکی.

## مقدمه

نیروی باد پارامتر اصلی در طراحی سازه‌های دریایی محسوب می‌شود و بر اساس مطالعات انجام شده همچون سوافیت و باور<sup>۱</sup> (سوافیت و باور، ۲۰۰۳) و رینولدز<sup>۲</sup> (رینولدز، ۱۹۹۳)، این نیرو سهم مهمی در تعیین الگوی گردش آب خلیج فارس دارد. علاوه بر آن رژیم‌های جوی مناطق ساحلی در کنترل دما و رطوبت، شکل‌گیری بارش، تغییر شدت آلودگی جوی و همچنین جابجایی هوای این مناطق که از تمرکز بالای جمعیت و صنایع برخوردارند، نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. از جمله مهمترین پدیده‌های جوی ساحلی، نسیم‌دریا<sup>۳</sup> و نسیم خشکی<sup>۴</sup> است که ایجاد آن به اختلاف دمای هوای سطح دریا و خشکی مربوط بوده و عموماً تحت شرایط آرام جوی شکل می‌گیرند (باورز، ۲۰۰۴، عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹). شکل‌گیری این سامانه‌ی میان‌مقیاس به علت اختلاف ظرفیت گرمایی ویژه خاک و آب است چراکه در طول روز، خشکی نسبت به دریا انرژی بیشتری جذب می‌کند و لذا هوای مجاور سطح خشکی گرمتر و سبکتر از هوای سطح دریا شده، به ترازهای بالاتر صعود می‌نماید و یک کم‌فشار در سطح خشکی ایجاد می‌شود. در حالی که روی سطح دریا هوا پرفشار شده و در اثر ایجاد چنین گرادیان فشاری، هوای خنک و مرطوب از سوی دریا به سمت خشکی جریان می‌یابد که نسیم‌دریا می‌نامند. در شب هنگام گردش عکس شده و شارش در سطح زمین از سوی خشکی به سمت دریا خواهد بود که نسیم خشکی نام دارد (بیدختی و مرادی، ۱۳۸۴). از آنجایی که دامنه‌ی گسترش افقی و قائم این پدیده‌ها در بخش‌های مختلف سواحل متفاوت است، آلودگی جوی را نیز به میزان مختلف جابه‌جا خواهند نمود. این پدیده‌های جوی ساحلی قادر به ایجاد جریان‌های ساحلی نیز هستند و از طریق ایجاد تلاطم آب‌های نزدیک ساحل، انتشار سریع آلاینده‌ها و تسریع بخشیدن به فرایند اکسیژن‌گیری در آب‌های نزدیک بنادر را همراه خواهند داشت. بنابراین شناخت و پیش‌بینی

شرایط جوی در مناطق ساحلی از نقطه نظرهای مختلفی مانند امکان‌سنجی احداث کارخانه‌ها (در جهت بررسی چگونگی توزیع آلاینده‌های جوی و درجه حرارت) و پیش‌بینی موج و جریان برای پژوهشگران هواشناسی و آب‌شناسی حایز اهمیت است. در ایران بررسی‌های مختلفی برای شناخت الگوی نسیم دریا-خشکی در سواحل جنوبی دریای خزر صورت گرفته که از جمله‌ی آن می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: شبیه‌سازی نقش توپوگرافی در ویژگی‌های نسیم‌دریا برای کرانه‌ی جنوبی دریای خزر از طریق جفت کردن مدل RegCM4 با مدل دریاچه توسط کریمی و همکاران (۱۳۹۵) صورت گرفته است. انجام مدل‌سازی با حذف کوه نتیجه داد که عمق نفوذ نسیم‌دریا به طور چشمگیر تا موقعیت دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز گسترش یافته و ضخامت آن به ویژه در سواحل شرقی افزایش قابل توجه داشته، اما در مقابل نسیم خشکی تقریباً از بین رفته است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). مکانیزم شکل‌گیری نسیم‌دریا در سواحل جنوبی دریای خزر توسط معصوم پور (۱۳۸۹) بررسی شده و سپس به همراه همکاران (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۳) به بررسی تأثیر شارش‌های همدید بر روی نسیم دریای آن منطقه پرداختند. آنها با مطالعه‌ی اثر روزانه‌ی بادهای همدید در تراز دریا و تراز ۱۵۰ هکتوپاسکالی و شبیه‌سازی توسط مدل TAPM نشان دادند که در مقایسه با شارش‌های همدید خشکی سو، شارش‌های دریاسو شروع و خاتمه‌ی نسیم‌دریا را به داخل خشکی به تأخیر می‌اندازند و مانع از نفوذ آن به داخل خشکی می‌شوند؛ و در مقابل شارش‌های خشکی سو سبب تقویت نفوذ خشکی سوی نسیم‌دریا می‌گردد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین به دست آمد که میزان عمق و نفوذ نسیم‌دریا در ساحل جنوبی دریای خزر به عرض جغرافیایی و شرایط بادهای محلی منطقه وابسته است (معصوم پور، ۱۳۸۹) که دوری و نزدیکی ارتفاعات به دریا نیز در میزان انرژی نسیم‌دریا نقش بسزایی دارد (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین برای خزر جنوبی، نسیم‌دریا در ماه جولای بیشترین میزان عمق و نفوذ را دارد و حداکثر ارتفاع (عمق) آن به ۴۵۰ تا ۵۵۰ متر می‌رسد (معصوم پور، ۱۳۸۹). البته شکل خط ساحلی، فلات و رشته کوه‌ها که در

1. Swift and Bower
2. Reynolds
3. Sea breeze
4. Land breeze
5. Bowers

آمارهای داده‌های سینوپتیک و شبیه‌سازی دینامیکی هوا با استفاده از مدل MM5 نشان داد که شدت نسیم‌دريا ۴/۵ متر بر ثانیه است و ارتفاع چرخه نسیم‌دريا-خشکی و بالعکس به حدود ۲۲۰۰ متر می‌رسد (مقدم‌قشلاق، ۱۳۹۰). صبری و همکارانش (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های یک برج هواشناسی با چهار سطح اندازه‌گیری، به مطالعه‌ی ساختار نسیم‌دريا-خشک در منطقه‌ی ساحلی بوشهر پرداختند. نتایج نشان داد آگوست (نماینده تابستان) نسیم‌دريا قویتر از نسیم‌خشکی بوده در حالی که برای ماه فوریه (نماینده زمستان) درصد وجود نسیم‌خشکی بیشتر از نسیم‌دريا بوده است (صبری و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه انجام شده توسط بیدختی و مرادی (۱۳۸۴)، با استفاده از داده‌های سوار ایستگاه بوشهر در ارتفاع‌های مختلف و به کارگیری مدل تحلیلی در برخی روزهای ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر سال ۲۰۰۲، به بررسی ویژگی‌های نسیم‌دريا-خشکی پرداخته شد. مشاهدات نشان داد که فراوانی وقوع نسیم‌دريا-خشکی در ماه‌های سپتامبر، نوامبر و دسامبر ۷۰ درصد و در ماه اکتبر ۶۵ درصد بوده و بیشترین میزان نفوذ آن در ماه نوامبر رخ داده است (بیدختی و مرادی، ۱۳۸۴). همان‌طور که ملاحظه شد، مطالعات پیشین به بررسی موردی نسیم‌دريا و خشکی برای چند ایستگاه از سواحل شمالی خلیج فارس در بازه‌های زمانی کوتاه و چند روزه از ماه‌های مختلف پرداخته‌اند. این در حالی است که سواحل خلیج فارس به لحاظ طبیعی با وجود کوهستان زاگرس و آب‌های خلیج فارس که بر شرایط اقلیمی منطقه تأثیرگذارند، شرایط همدیدی متفاوتی ایجاد می‌نماید که بر روی عملکرد نسیم‌دريا-خشکی تأثیرگذار است. بنابراین در مطالعه حاضر تلاش شده تا از طریق بررسی مشخصات آماری و بلند مدت باد ثبت شده تراز سطح زمین (به علت عدم دسترسی به داده‌های لیدار و سوار) در ایستگاه‌های مختلف در طول نوار ساحلی شمالی خلیج فارس، به تحلیل ماهانه و فصلی تغییرات الگوی نسیم‌دريا، نسیم‌خشکی و همچنین الگوی بادهای نظامند<sup>۱</sup> پرداخته شود.

نزدیکی سواحل جنوبی خزر قرار دارند به مانند سدی جلوی نفوذ نسیم‌دريا را می‌گیرند و موقعیت همگرایی نسیم‌دريا به وضوح شکل و فرم کوه را دنبال می‌نماید (معصوم‌پور، ۱۳۸۹). برخی از مطالعات پیشین صورت گرفته در خلیج فارس عبارتند از: طرح "تهیه اطلس باد ایستگاه‌های هواشناسی ساحلی استان هرمزگان" صورت گرفته توسط پژوهشکده هواشناسی که با کمک اطلاعات سمت باد برخی ایستگاه‌ها مانند لاوان، کیش، سیری، لنگه، قشم، ابوموسی، بندرعباس و جاسک به بررسی نسیم‌دريا و خشکی منطقه پرداختند. نتایج، وجود این پدیده‌های جوی را در ایستگاه‌های کیش، لنگه و بندرعباس نشان داد اما در برخی از ایستگاه‌ها به دلیل عدم ثبت اطلاعات کافی، پدیده‌های فوق قابل استنتاج نبودند. از محدودیت‌های موجود در این تحقیق می‌توان به ساحلی نبودن برخی از ایستگاه‌ها و کمبود اطلاعات باد برای ساعت‌هایی از شب، اشاره نمود. مطالعات دیگر به طور موردی و مجزا به بررسی ساختار نسیم‌دريا و خشکی در ایستگاه‌هایی مانند بوشهر و بندرعباس پرداخته‌اند. در این راستا، حسنی و ملکوتی با شبیه‌سازی میان‌مقیاس جو توسط مدل WRT و با کمک داده‌های مشاهداتی ثبت شده در دکل هواشناسی در ماه‌های فوریه و آگوست، به بررسی رفتارسنجی و میزان نفوذ نسیم‌دريا-خشکی در ایستگاه بوشهر پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین عمق نسیم‌دريا-خشکی بوشهر ۳۵۰ متر و میانگین بعد افقی آن ۴۱ کیلومتر بوده است (حسنی و ملکوتی، ۱۳۹۲). شمسی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) بر مبنای داده‌های آماری ثبت شده برای سرعت و جهت باد، دما و رطوبت در بندر دیر، شرق و غرب آن، فراوانی روزهایی که نسیم‌دريا وزیده را مشخص نموده و سپس با شبیه‌سازی توسط مدل جوی (TAPM)، نشان دادند که دو نسیم‌دريا و خشکی در ماه مارس نسبت به ماه اوت از شدت بیشتری برخوردارند. همچنین آنها مشاهده کردند که منظم‌ترین شکل رخداد نسیم‌دريا در شرق بندر دیر که توپوگرافی کوه اهمیت می‌یابد، وجود دارد (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). مقدم‌قشلاق در سال ۱۳۹۰ به مطالعه‌ی ویژگی‌های نسیم‌دريا در ایستگاه موردی بندرعباس پرداخت. بررسی

## مواد و روشها

## معرفی جغرافیا و اقلیم خلیج فارس

خلیج فارس در محدوده‌ی ۲۴ تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ تا ۵۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی در جنوب ایران و از لحاظ جغرافیایی در منطقه‌ی جنب حاره واقع شده است (خونکار، ۲۰۰۹). عمق متوسط آب خلیج فارس ۳۷ متر و طول متوسط آن ۱۰۰۰ کیلومتر است (ای‌ال‌گیندی و سیرا، ۱۹۹۲، لهر و کیکچی، ۱۹۷۹). بادهای محلی منطقه بر اساس نوع به باد شمال، باد نشی، باد شارکی، باد سهیلی و غیره دسته‌بندی می‌شوند (ایمکاس، ۱۹۴۱). خلیج فارس از طریق تنگه هرمز به دریای عمان و اقیانوس هند راه دارد. سرزمین‌های شمالی خلیج فارس (سواحل ایرانی)، مرتفع بوده و در بعضی نواحی به فاصله کمی از دریا، با پیشروی به خشکی ارتفاع به ۳۰۵۰ متر می‌رسد. باریکه‌هایی از سرزمین‌های کم ارتفاع بین این کوه‌ها و دریا وجود دارد (ایمکاس، ۱۹۴۱). کوه‌های زاگرس در امتداد سواحل شمالی خلیج فارس از سمت غرب به شرق به ساحل نزدیک‌تر شده و از منطقه‌ی کنگان کاملاً به فاصله کمی از ساحل قرار می‌گیرند. بر اساس نظام‌های جوی غالبی که خلیج فارس را تحت تأثیر قرار می‌دهند، این منطقه دارای دو فصل مشخص تابستان و زمستان و دو فصل گذار بهار و پاییز است. در تابستان نظام حاکم بر منطقه، نظام‌های جنب حاره هستند که عبارتند از کم‌فشاری در سطوح نزدیک به زمین که مرکز آن بر روی هند واقع شده است. با توجه به این که غرب این نظام بر روی خلیج فارس قرار می‌گیرد، بادهای شمال‌غربی در منطقه حاکم می‌شوند و از اواسط تابستان از شدت بادهای کاسته می‌شود. در زمستان زبانه‌ی پرفشار جنب قطبی واقع بر روی آسیای مرکزی (سیبری) بر روی خلیج فارس گسترش می‌یابد و کم‌فشارهای جنب قطبی که معمولاً بر روی دریای مدیترانه شکل می‌گیرند نیز به سوی جنوب حرکت کرده و از طرف غرب به خلیج فارس نفوذ می‌نمایند.

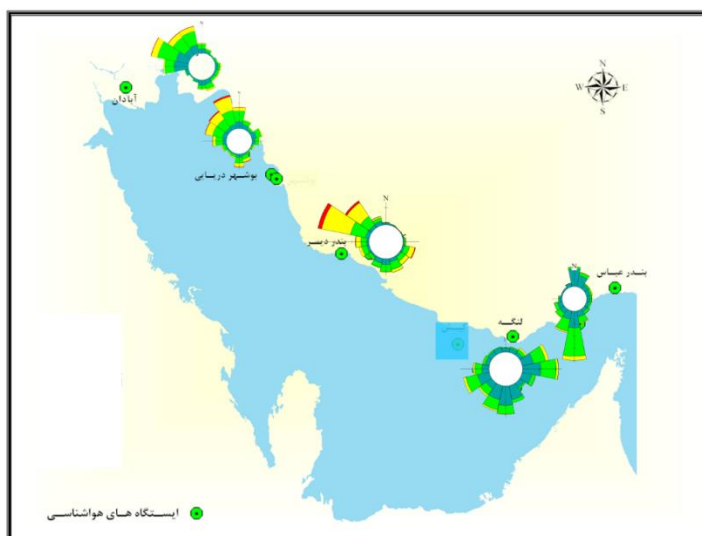
این امر باعث عبور جبهه‌های سرد و گرم از منطقه می‌شود (مرکز این نظام‌ها هرگز از روی خلیج فارس عبور نمی‌کنند). در دوره‌های گذرا، هوا به تدریج از تابستانی به زمستانی و بالعکس تغییر می‌یابد و تقریباً تمام نظام‌های تابستانی و زمستانی با شدت کمتر ظاهر می‌شوند (ایمکاس، ۱۹۴۱).

## روش تحقیق

در این تحقیق به بررسی الگوی کلی باد از امتداد غربی تا شرقی سواحل ایرانی خلیج فارس پرداخته شده است. به دلیل طول نسبتاً زیاد سواحل خلیج فارس، ایستگاه‌ها به شکلی انتخاب شده‌اند که کل بخش‌های مختلف شرقی، مرکزی تا غرب ساحل شمالی خلیج فارس را پوشش دهند که شامل ایستگاه آبادان، بوشهر ساحلی، کنگان جم، دیر، کیش، بندر لنگه و بندرعباس می‌شوند. مشخصات این ایستگاه‌ها در جدول ۱ و موقعیت برخی از آنها نسبت به هم در شکل ۱ آورده شده است. پس از تعیین ایستگاه‌ها، اطلاعات سرعت و جهت باد برای بازه‌ی بلند مدت حدود ۱۵ سال (تا سال ۲۰۰۷) تهیه شده و با توجه به قالب‌بندی خاص داده‌های تهیه شده از سازمان هواشناسی، تبدیل آنها به ساختار مناسب قابل استفاده، از طریق برنامه‌های نوشته شده در زبان فورترن صورت گرفته است. پیش از انجام هر گونه تحلیل، نیاز به یکسان‌سازی اطلاعات بوده است چراکه هر یک در ترازهای ارتفاعی متفاوتی از یکدیگر به ثبت اطلاعات پرداخته‌اند و نیاز است تا جهت انجام مقایسه صحیح و علمی، داده‌های فوق به داده‌های پایدار در تراز ۱۰ متری از سطح دریا تبدیل گردند. بدین منظور تصحیحاتی مانند تصحیح تراز، پایداری و مکانی بر روی سرعت باد هر ایستگاه انجام گرفته است که در ادامه بیان شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی در ساحل شمالی خلیج فارس

ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ایستگاه (متر)
آبادان	سینوپتیکی	۴۸°۱۵'	۳۰°۲۲'	۶/۶
بندرعباس	سینوپتیکی	۵۶°۲۲'	۲۷°۱۳'	۹/۸
بندرلنگه	سینوپتیکی-دریایی	۵۴°۵۰'	۲۶°۳۲'	۲۲/۷
بوشهر ساحلی	سینوپتیکی	۵۰°۴۹'	۲۸°۵۴'	۸/۴
بندر دیر	سینوپتیکی	۵۱°۵۶'	۲۷°۵۰'	۷
کنگان جم	سینوپتیکی	۵۲°۲۲'	۲۷°۴۹'	۶۵۵
کیش	سینوپتیکی	۵۳°۵۹'	۲۶°۳۰'	۳۰



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی به همراه گلباد سالانه هر ایستگاه در ساحل شمالی خلیج فارس

### اندازه‌گیری و محاسبه

همان‌طور که ذکر شد نیاز است تا تصحیحاتی بر روی اطلاعات سرعت باد ثبت شده در هر ایستگاه صورت گیرد که به قرار زیر است: الف- تصحیحات تراز: سرعت بادی

$$\text{سرعت‌ها بر حسب متر بر ثانیه} \quad (۱)$$

که در آن  $U_{10}$  و  $U_z$  سرعت‌های باد در تراز ۱۰ متر و در تراز  $z$  است (ارتش آمریکا، ۱۹۹۹).

ب: تصحیحات پایداری: به منظور پایداری‌سازی اطلاعات سرعت باد از تصحیح پایداری که با  $R_T$  مشخص می‌گردد، استفاده شده است (رابطه ۲). بر اساس دستور العمل استاندارد، در زمان‌هایی که اختلاف دمای هوا-آب مشخص

$$(۲)$$

که در تراز  $z$  به غیر از ۱۰ متر مشاهده شده است، با استفاده از رابطه (۱) به سرعت باد در تراز ۱۰ متری تبدیل شده است

$$U_{10} = U_z \left( \frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}}$$

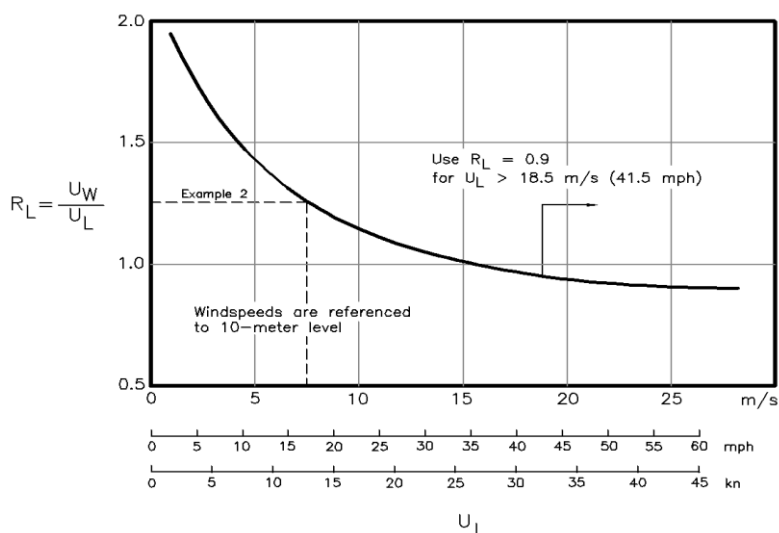
نباشد، این ضریب مقدار ثابت ۱/۱ به خود اختصاص می‌دهد و در غیر این صورت مقدار آن به تغییرات دمایی وابسته است. در این تحقیق با توجه به عدم دسترسی به اطلاعات دمای هوا و آب، مقدار ۱/۱ برای آن انتخاب شده (ارتش آمریکا، ۱۹۹۹) و با کمک رابطه ۲ پایداری‌سازی صورت گرفته است.

$$U = R_T U_{10}$$



وسرعت باد در خشکی  $U_L$  برآزش داده شده (رابطه ۳) و سپس بر اساس برنامه‌ی نوشته شده به زبان فورترن تصحیح فوق صورت گرفته است.

ج- تصحیحات اثرات مکانی: با استفاده از نمودار شکل ۲ سرعت باد ثبت شده در خشکی به سرعت باد بر روی سطح آب تبدیل شده است. برای محاسبه‌ی سرعت باد در سطح دریا  $U_w$ ، تابع لگاریتمی با دقت ۰/۹۳۷ بین ضریب  $R_L$



شکل ۲- ضریب  $R_L$  که برابر است با نسبت سرعت باد روی آب  $U_w$  به سرعت باد روی خشکی  $U_L$  (ارتش آمریکا، ۱۹۹۹)

$$R_L = 2.01416 - 0.3870 \ln U_L$$

$$U_w = R_L U_L$$

(۳) سرعت ها بر حسب متر بر ثانیه

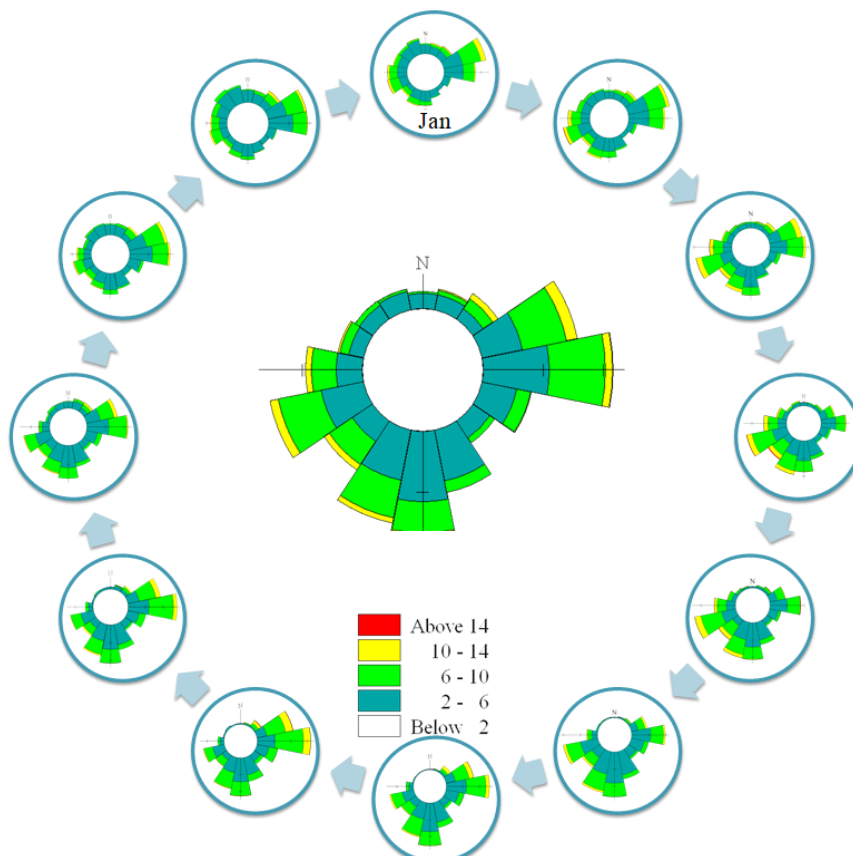
در شرایط آرام به سر می‌برد. در این شکل دیده می‌شود که باد غالب ماه‌های مختلف سال در جهت‌های مختلفی وزیده است به طوری که از اواخر زمستان تا اواسط بهار باد غالب جنوب غربی-غرب و همچنین بادهای جنوب و جنوب-جنوب غربی فراوانی عمده‌ای دارند. اما از اوایل تابستان تا اواخر پاییز باد غالب در سمت شرق بوده و باد شمال‌شرقی-شرق نیز از فراوانی بالایی برخوردار است. همچنین بادهای جنوب و جنوب-جنوب غربی که دارای فراوانی نسبتاً زیادی است این مدت منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است که در پاییز و زمستان به کمترین مقدار فراوانی خود می‌رسد.

### بررسی الگوی بادها

پس از انجام تصحیحات اطلاعات باد بر روی داده‌های باد در یک دوره زمانی حدود ۱۵ ساله، در این مرحله به بررسی الگوی تغییرات سالانه و ماهانه باد در ایستگاه‌های مختلف پرداخته شده و مقایسه روند آنها برای بخش‌های مختلف ساحل صورت گرفته است. از این طریق تغییرات فصلی رژیم باد نظامند منطقه در بخش‌های مختلف ساحل شمالی خلیج فارس به دست آمده است. نمونه این بررسی‌ها، برای ایستگاه بندر لنگه در شکل ۳ ارایه شده است. همانگونه که در شکل فوق قابل مشاهده است در این ایستگاه باد غالب سالانه جهت شرقی دارد و حدود ۳ ماه از سال این منطقه







شکل ۳- نمونه مقایسه گلباد سالانه و ماهانه در ایستگاه بندر لنگه

پس از اتمام چنین بررسی‌های سالانه و ماهانه‌ای در تمام ایستگاه‌ها، چهار ماه ژانویه، آوریل، جولای و اکتبر به دلیل دارا بودن بیشترین شباهت با گلباد فصول مرتبت، به ترتیب به عنوان نماینده فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز انتخاب شده‌اند و بررسی الگوی باد طی این دوره‌های زمانی صورت گرفته است.

### بررسی الگوی بادهای میان مقیاس

یکی از بهترین نمونه‌های اندرکنش هوا-دریا-خشکی نسیم‌خشکی و دریا است. این نسیم‌ها جزء بادهای ساحلی میان مقیاس محسوب می‌شوند.

به منظور مشخص نمودن میزان تأثیر نسیم‌دریا و نسیم‌خشکی در الگوی باد هر منطقه، مشخصه‌ی مولفه‌های باد در ساعات مختلف شبانه روز طی دوره‌ی اندازه‌گیری جداسازی و سپس گلباد آنها ترسیم و مورد تحلیل، مقایسه با یکدیگر و مقایسه با گلباد کلی قرار گرفته است. برای نمایش مناسب نتایج این تحقیق، گلبادها در زمانی‌هایی که

نسیم‌های ذکر شده در حداکثر قدرت خود قرار گرفته‌اند و شکل‌گیری واضحتری دارند، نمایش داده شده است. لذا گلبادهای روزانه در ساعت ۱۵ (زمان بیشترین شدت نسیم‌دریا) و گلبادهای شبانه در ساعت ۰۳ و ۰۶ (زمان بیشترین شدت نسیم‌خشکی) ترسیم گردید. علت چنین انتخابی در این واقعیت علمی نهفته است که اختلاف دما و لذا چگالی‌های هوای سطح دریا و خشکی، یک محیط چگال‌گرایی<sup>۱</sup> شکل می‌دهند که قدرت آن در طول شبانه روز مختلف است. با افزایش اختلاف دما بر قدرت این میدان نیز افزوده شده و لذا در عصرها که دریافت تابش خورشید شدت می‌یابد، شدت میدان چگال‌گرا نیز افزوده می‌گردد و بنابراین اختلاف دما بین هوای سطح دریا و خشکی در این زمان بیشینه می‌شود (آرنس، ۲۰۰۹). با بررسی‌های صورت گرفته در خلیج فارس، اوج شدت نسیم‌دریا در عصرها برای ساعت حدود ۱۵ عصر به وقت

<sup>1</sup>Baroclinic

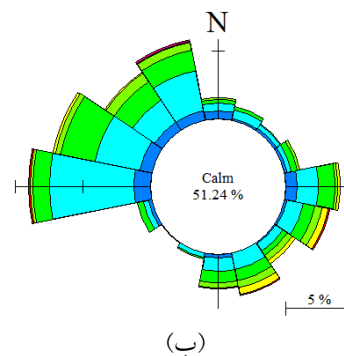
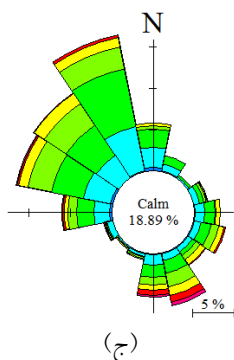
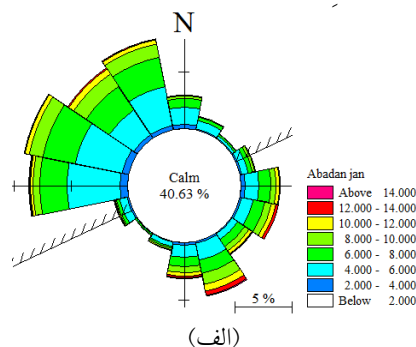
جهت غربی در بازه‌ی سرعت‌های ۶-۴ متر بر ثانیه بیشترین فراوانی را دارد و قوی‌ترین بادهای شبانه با سرعت بیش از ۱۰ متر بر ثانیه هر چند با فراوانی اندک از سمت شرق-جنوب‌شرقی تا جنوب‌شرقی-جنوب به منطقه وارد می‌شوند.

در گلباد مربوط به نسیم‌خشکی (شکل ۴-ب) بادهایی قوی با سرعت بیش از ۱۲ متر بر ثانیه که در گلباد کلی این ماه با فراوانی اندک از راستای جنوب‌شرقی تا شرق به منطقه وارد شده بودند (شکل ۴-الف)، حذف شده‌اند. اما فراوانی بادهای شمال‌شرقی در هر دو گلباد تقریباً یکسان است. با مقایسه گلباد روزانه (شکل ۴-ج) با گلباد کلی ماه ژانویه (شکل ۴-الف) چنین به دست می‌آید که در طول روز از فراوانی بادهای غربی کاسته و بر فراوانی بادهای شمال-شمال‌غربی که راستای باد غالب نسیم روزانه است، افزوده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود در این فصل، فراوانی شرایط آرام در گلباد مربوط به نسیم خشکی بیش از ۲/۷ برابر شرایط آرام در نسیم‌دریا است.

محلی بوده و برای نسیم شبانه این زمان در ساعت بین ۰۳ تا ۰۶ صبح به وقت محلی است (چراکه درطول فصول تابستان و زمستان متفاوت است زمان شروع روشنایی روز متفاوت است (خوشحال دستجردی، ۱۳۸۲)).

### نتایج و بحث

در شکل ۴ گلبادهای روزانه و شبانه ایستگاه آبادان به همراه گلباد کلی ماه ژانویه به عنوان نماینده فصل زمستان آورده شده است. از شکل ۴ استنتاج می‌شود که در گلباد کلی ماه ژانویه (شکل ۴-الف) حاکمیت با بادهای نظام‌مند جنوب-شرقی و شمال‌غربی است که نشانه عبور جبهه‌های سرد و همچنین جبهه‌ی گرم از ایستگاه فوق هستند. البته کمتر بودن میزان فراوانی بادهای جنوب‌شرقی و به خصوص جنوب‌غربی نسبت به بادهای شمال‌غربی نشان می‌دهد که جبهه‌ی گرم کمتر از جبهه‌ی سرد از روی این منطقه عبور می‌کند و لذا باد شمال‌غربی ناشی از عبور مکرر جبهه‌ی سرد، باد غالب آبادان در این فصل را تشکیل می‌دهد. در شکل ۴-ب مشخص است که در زمستان باد غالب شبانه، با



شکل ۴- گلباد کلی ماه ژانویه (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه آبادان. خط‌چین شکل الف، راستای

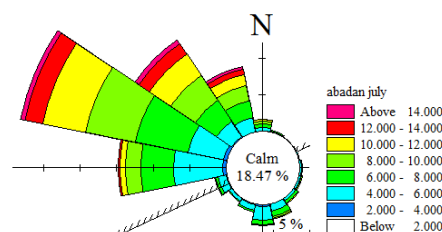
خط ساحلی این ایستگاه را نشان می‌دهد

نسیم‌خشکی در شب جهت شمال‌غربی داشته باشد. اما در طی روز باد غالبی در خلاف جهت مورد انتظار و در شب

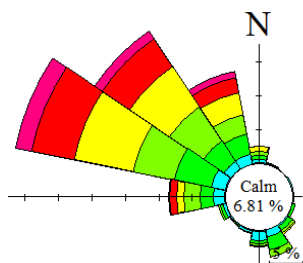
با توجه به موقعیت خط ساحل ایستگاه آبادان، انتظار می‌رفت که جهت نسیم‌دریا در روز، جنوب‌شرقی-جنوب و

شکل دیده می‌شود با حرکت از سمت باد غالب (با راستای غرب-شمال‌غربی) به سمت شمال از فراوانی وقوع بادهای کاسته شده و به طور مشابه این روند در گلبادهای نسیم روزانه (شکل ۵-ج) و شبانه (شکل ۵-ب) این فصل دیده می‌شود. کمترین فراوانی باد در گلباد کلی ماه جولای و برای نسیم‌دریا و نسیم‌خشکی به راستای شمال تا جنوب-شرقی اختصاص دارد. لذا در این فصل نیز نسیم‌دریا و خشکی در مقابل بادهای نظامند قابل چشمپوشی هستند. البته در گلباد کلی تابستان، بادهایی با سرعت بیش از ۱۲ متر بر ثانیه در راستای غرب-شمال‌غربی تا شمال‌غربی-شمال وزیده که فراوانی وقوع این باد در نسیم‌دریا (شکل ۵-ج) افزایش و در نسیم خشکی (شکل ۵-ب) کاهش را تجربه نموده و نشان می‌دهد که نسیم‌شبانه نسبت به روزانه در این فصل مانند فصل زمستان ضعیفتر است. با وجود اینکه در گلباد روزانه فراوانی باد غالب غرب-شمال‌غربی نسبت به گلباد کلی تابستان ۵٪ افزایش یافته اما از فراوانی باد غربی کاسته شده است. این در حالی است که افزایش فراوانی بادهای غربی در الگوی نسیم‌شبانه تشخیص داده شده، که گواهی بر حضور بیشتر نسیم‌خشکی با جهت غربی نسبت به نسیم‌دریا است که این نتیجه برای فصل زمستان نیز به دست آمده است.

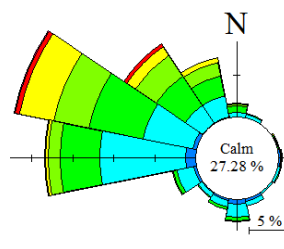
تقریباً هم جهت با آنچه انتظار می‌رفت به دست آمد که این جهت در الگوی باد نظامند نیز غالب بوده است. به عبارت دیگر باد غالب این منطقه در همه ساعات شبانه روز، از حضور بادهای نظامند کم فشارهای جنب قطبی، که در آن بادهای راستای شمال‌غربی را در فصل زمستان بر خلیج فارس حاکم می‌نماید، شکل می‌گیرد که گواهی بر کم بودن شدت نسیم‌روزانه و شبانه نسبت به بادهای نظامند است. نکته دیگر این است که با توجه به اینکه در گلباد روزانه (شکل ۴-ج) نسبت به گلباد کلی ماه (شکل ۴-الف)، تغییر چشمگیری در سرعت و فراوانی بادهایی که در راستای دریا به خشکی می‌وزند (یعنی بادهای جنوب‌شرقی) دیده نشده اما به طور همزمان در گلباد شبانه (شکل ۴-ب) نسبت به گلباد کلی (شکل ۴-الف) افزایش فراوانی بادهای غربی و ضعیف شدن سرعت بادهای جنوب‌شرقی (که در جهت مقابل بادهای سمت خشکی به دریا وزیده می‌شوند) وجود دارد، گواهی است که نسیم‌خشکی ایستگاه آبادان با جهت غربی در این منطقه نسبت به نسیم‌دریا مشخص‌تر بوده اما هر دو در مقابل بادهای نظامند ضعیف هستند. در گلباد کلی تابستانی ایستگاه آبادان (شکل ۵-الف) برقراری الگوی نظامند ناشی از گسترده شدن کم‌فشار حرارتی شمال‌غرب هند که با حاکم شدن بادهای قوی غربی تا شمال‌غربی بر روی این ایستگاه همراه است، مشهود است. چنانکه در این



(الف)



(ج)



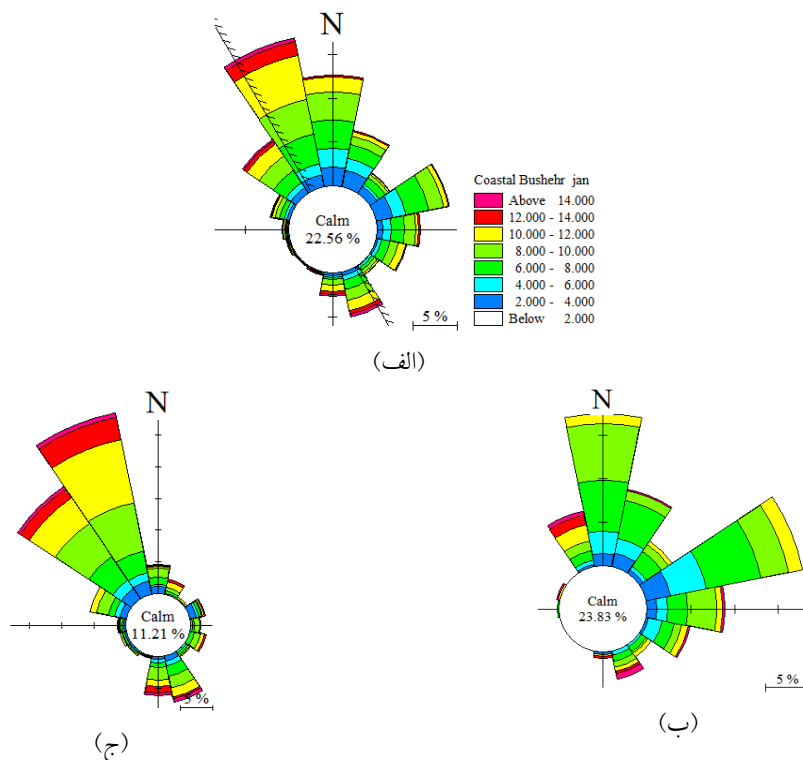
(ب)

شکل ۵- گلباد کلی ماه جولای (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه آبادان



انجام شده در ایستگاه بوشهر، نسیم‌دريا جهت حدود غربی را به خود اختصاص داده است که برهم‌نهی آن با بادهای مولفه‌ی شمال‌شرقی-شرقی‌ای که در گلباد کلی (شکل ۶-۶-الف) وجود دارند، کاسته شدن فراوانی وقوع این باد در گلباد روزانه را موجب شده است. بیدختی و مرادی (۱۳۸۴) در مطالعه‌ی خود با بررسی آماری داده‌ها باد ایستگاه بوشهر نیز جهت غربی را برای نسیم‌دريای منطقه به دست آوردند. اما در گلباد شبانه (شکل ۶-۶-ب) وقوع بادهای شمال‌شرقی-شرقی افزایش یافته است که به علت وجود نسیم خشکی در شب با جهت فوق در منطقه‌ی مذکور است. لذا می‌توان گفت که در فصل زمستان این ایستگاه هر دو نسیم‌دريا و خشکی حضور دارند که علت آن می‌تواند به وجود کوه‌های بلند زاگرس به موازات خط ساحلی مربوط باشد.

اختلاف میانگین سرعت باد در نسیم روزانه و شبانه ایستگاه آبادان برای فصل زمستان در حدود ۱ متر بر ثانیه است در حالی برای فصل تابستان این اختلاف چشمگیر شده و میانگین سرعت نسیم شبانه این فصل از ۸/۵ متر بر ثانیه به حدود ۱۱ متر بر ثانیه در نسیم روزانه تغییر کرده است. بر اساس شکل ۶، باد غالب گلباد کلی فصل زمستان ایستگاه بوشهر ساحلی، جهت شمال-شمال‌غربی دارد که این جهت موازی جهت خط ساحل و کوه‌هایی است که به موازات ساحل قرار دارند. با توجه به رژیم باد کلی برای این فصل ایستگاه فوق (شکل ۶-الف)، نیز چرخش نظام‌مند زمستانی بادهای ناشی از کم‌فشارهای جنب قطبی که باد شمال‌غربی را ایجاد نموده است، دیده می‌شود و همچنان بادهای جهت جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی ناشی از نفوذ جبهه‌ی گرم، به مانند ایستگاه آبادان، ضعیف هستند. بر اساس بررسی‌های



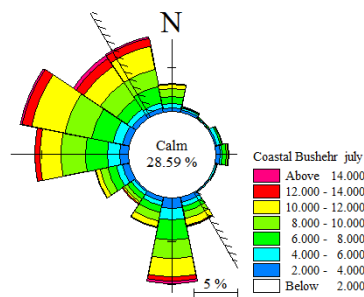
شکل ۶- گلباد کلی ماه ژانویه (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه بوشهر ساحلی

نسبت به گلباد کلی در فصل تابستان به تفاوت وقوع بادهای غربی مربوط است. به طوری که این جهت تبدیل به جهت باد غالب برای نسیم‌دريا شده ولی برای گلباد کلی باد غالب به جهت غربی-شمال‌غربی ناشی از نظام کم‌فشار حرارتی

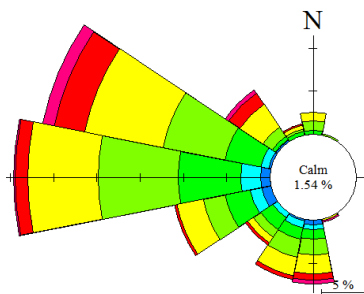
در مقایسه دو گلباد کلی و روزانه ایستگاه بوشهرساحلی در تمام فصول (بجز تابستان) دیده شد که فراوانی باد شمالی از الگوی کلی ماهانه به الگوی باد مربوط به نسیم‌دريا کاسته شده و بیشترین تفاوت در روند تغییر رژیم باد نسیم‌دريا

بادهای غربی در شب هنگام و در عین حال حذف بادهای جنوب‌غربی در گلباد شبانه نسبت به الگوی روزانه برای فصل تابستان، حاکی از وجود نسیم‌شبانه‌ای با قدرتی کمتر نسبت به نسیم‌روزانه است که نتوانسته بادهای غالبی با جهت مورد انتظار (شمال‌شرقی-شرق) را در شب به وجود آورد. اما از قدرت و وقوع بادهای جهت مقابل آن کاسته است. میزان فراوانی شرایط آرام در گلباد مربوط به نسیم‌شبانه در کلیه فصول افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به گلباد کلی و گلباد روزانه داشته است.

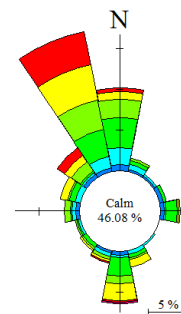
شمال‌غرب هند اختصاص دارد (مقایسه شکل ۷-الف و ۷-ج). چراکه در این منطقه نسیم‌روزانه قوی با جهت غربی وزش داشته که از برهم‌نهی آن با مولفه‌ی غربی بادهای نظام‌مند، افزایش چشمگیر فراوانی و قدرت این بادهای طی روز را موجب گردید. در ایستگاه بوشهر ساحلی با خط ساحلی نشان داده شده در شکل ۶-الف، نسیم‌شبانه‌ای در جهت شمال‌شرقی-شرق انتظار می‌رود، که در فصل زمستان و البته به مقدار کمتر در پاییز بر فراوانی باد مذکور افزوده شده اما در فصل تابستان چنین بادی در گلباد مربوط به نسیم‌خشکی وجود ندارد (شکل ۷-ب). اما ضعیف شدن



(الف)



(ج)



(ب)

شکل ۷- گلباد کلی ماه جولای (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه بوشهر ساحلی

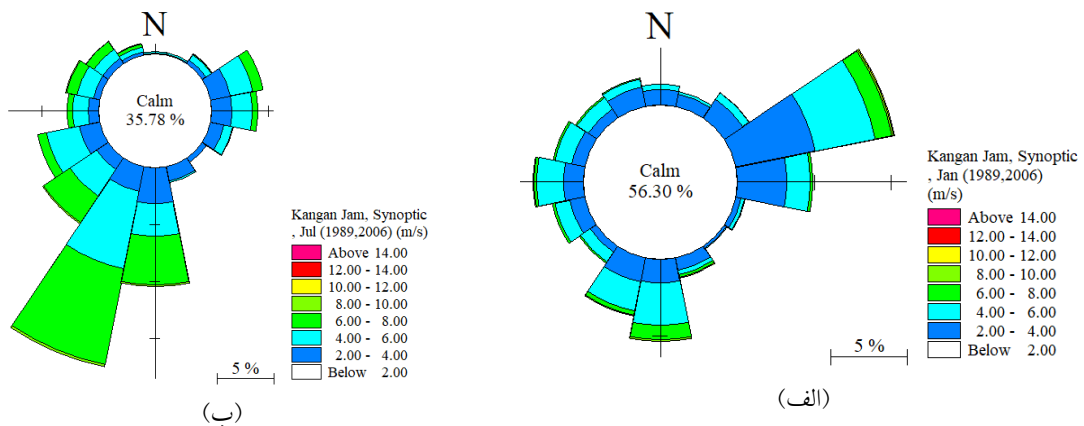
خصوص در تابستان رخ داده است. در شکل ۸ گلبادهای نماینده فصل زمستان (شکل ۸-الف) و تابستان (شکل ۸-ب) برای ایستگاه کنگان‌جم آورده شده است. باد غالب سالیانه این ایستگاه جهت جنوب-جنوب‌غربی دارد که در فصل تابستان نیز این الگو دیده می‌شود. پس از آن جهت شمال‌شرق-شرق بیشترین فراوانی را دارد که مشابه الگوی فصل زمستان است. سرعت بادهای وزیده به منطقه در تمامی جهات کمتر از ۱۰ متر بر ثانیه بوده و در کمتر از

از این رو می‌توان گفت که در تابستان نسیم‌دريا در روز حاکم است که با حرکت رطوبت به سمت ساحل، رطوبت در مناطق ساحلی افزایش داشته و سبب می‌شود که افزایش دما با آهنگ کمتری رخ دهد که با نتایج تحقیقات صبری و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت دارد. به طور کلی در ایستگاه بوشهر ساحلی برای فصول مختلف سال، تندی بادهای در گلباد روزانه تا ۴ متر بر ثانیه بیشتر از نسیم‌شبانه به دست آمده و همان طور که گفته شد این افزایش قدرت باد به

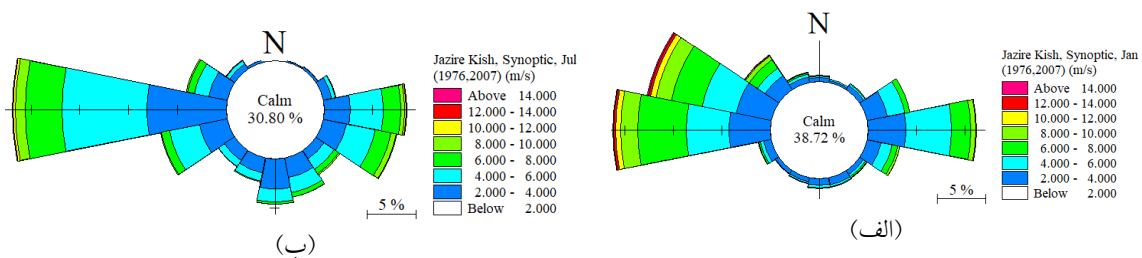
باد از این جهت می‌وزد. در جهات شمال، شمال-شمال غرب، شمال غرب، شمال-شمال شرق و شمال شرق باد خیلی کمی در منطقه وزیده است. باد غرب-شمال غربی در بیشتر ماه‌های سال به جز تابستان دارای فراوانی نسبتاً زیادی است. باد شرق-جنوب شرقی در تابستان فراوانی زیادی دارد و سپس از شدت آن کاسته می‌شود. در زمستان و اوایل بهار نیز از جهت جنوبی تقریباً بادی وزیده نمی‌شود.

شش ماه از سال منطقه شرایط آرامی را تجربه می‌کند. با توجه به اینکه این ایستگاه در اطراف ارتفاعات قرار دارد، سبب شده که محدوده سرعت‌ها نسبت به سایر مناطق خلیج فارس کمتر باشد.

شکل ۹ گلباد فصلی ایستگاه کیش را نشان می‌دهد. باد غالب منطقه غربی است که فراوانی این باد در هر دو فصل تابستان و زمستان زیاد است. به طوری که حدود ۲۵٪ مواقع



شکل ۸- گلباد کلی ماه ژانویه (الف) به همراه گلباد ماه جولای (ب) برای ایستگاه کنگان-جم

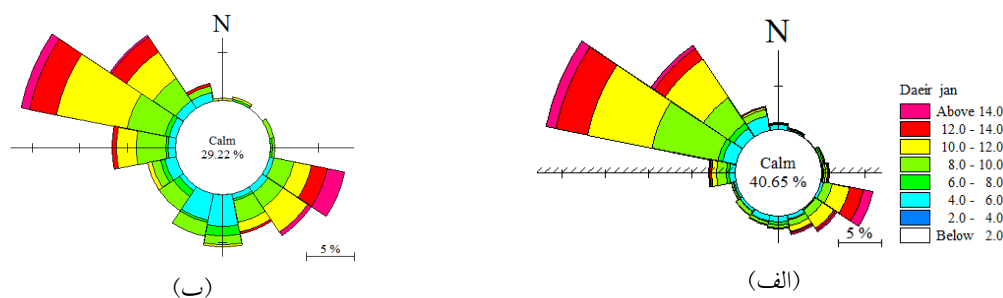


شکل ۹- گلباد کلی ماه ژانویه (الف) به همراه گلباد ماه جولای (ب) برای ایستگاه کیش

منطقه هستند. با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی از بادهای وزیده شده در شب هنگام، امکان بررسی مستقیم روند بادها در طی شب وجود نداشته اما از بررسی الگوی ماهانه و روزانه بادهای این فصل چنین نتیجه می‌شود که به علت درصد پایین فراوانی وقوع بادهای راستای جنوبی تا غربی در گلباد کلی نسبت به روزانه، ممکن است که وزش بادهای شمال شرقی تا شمالی (در شب) و برهم‌نهی آن با بادهای جنوب تا غربی سبب کاهش فراوانی آن در گلباد ماهانه شده باشد. به عبارت دیگر می‌توان چنین نتیجه

در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ به ترتیب گلبادهای نسیم‌دريا به همراه گلباد کلی فصل زمستان و تابستان ایستگاه دیر آورده شده است. در این ایستگاه به علت کمبود داده‌های ثبت شده در شب هنگام، گلباد آن ترسیم نشده است. در گلباد کلی زمستانی این ایستگاه (شکل ۱۰-الف) همچنان تغییرات جهت‌ی باد به واسطه گذر جبهه سرد از روی این منطقه دیده می‌شود ولی در گلباد روزانه (شکل ۱۰-ب) بادهایی با جهت جنوبی تا غربی با سرعت و فراوانی بیشتری نسبت به الگوی ماهانه وزیده‌اند که معرف وزش نسیم‌دريا در این

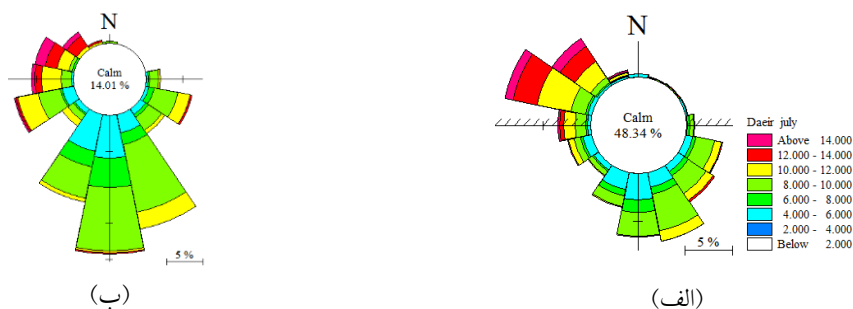
گرفت که در این منطقه حاکمیت نسیم خشکی (هرچند با سرعت پایین) در شب وجود دارد.



شکل ۱۰- گلباد کلی ماه ژانویه (الف) به همراه گلباد روزانه (ب) برای ایستگاه دیر

گسترده‌ی شمال‌غرب هند شکل می‌گیرند. بادهای نسیم‌روزانه‌ی بخش مرکزی خلیج فارس (در منطقه‌ی دیر) سمت جنوبی دارند. متقابلاً با حذف اثرات این نسیم در شب هنگام و انتظار برای افزایش مولفه نسیم خشکی شبانه با جهت شمالی باید انتظار کاهش شدت و فراوانی بادهای جنوبی را در گلباد کلی تابستانی (شکل ۱۱-الف) داشت که این مسئله در شکل ۱۱-الف مشهود است. نکته قابل توجه در هر دو گلباد زمستانی و تابستانی (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) شباهت بیشتر نسیم‌دیریا به روند کلی باد ماهانه‌ی این ایستگاه نسبت به سایر ایستگاه‌ها است که به نظر می‌رسد با شروع نزدیک‌تر شدن کوه‌ها به ساحل، تشدید اثر نسیم خشکی و دریا در ایستگاه دیر را موجب شده است

در روند کلی باد تابستانی ایستگاه دیر (شکل ۱۱-الف)، علاوه بر وجود بادهای قوی غرب-شمال‌غربی که در الگوی ماهانه نیز وجود دارند، بادهای جنوب‌شرقی تا جنوبی نیز با فراوانی بالا وزیده‌اند. چنین بادهای شمال‌غربی‌ای، ناشی از حضور نظام کم‌فشار تابستانی هستند که در الگوی بادهای روز، فراوانی آنها کمتر شده است. البته سامانه‌ی نظام‌مند ناشی از یک نظام کم‌فشار میان‌مقیاس تابستانی در بخش شرقی خلیج فارس، بادهایی با جهت جنوب‌شرقی را ایجاد می‌نماید که بر روی الگوی ماهانه‌ی باد این ایستگاه اثر دارد. این نظام‌های میان‌مقیاس تابستانی به علت بالا بودن دمای هوا در دریای عمان و خلیج فارس، به صورت مراکز حرارتی محلی کوچکی در داخل نظام کم‌فشار حرارتی



شکل ۱۱- گلباد کلی ماه جولای (الف) به همراه گلباد روزانه (ب) برای ایستگاه دیر

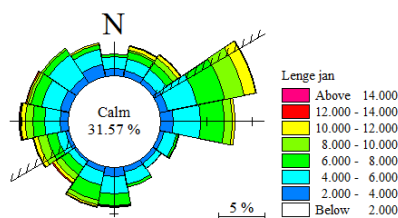
غالب گلباد روزانه محسوب می‌شود. همچنین گلباد مربوط به نسیم‌روزانه در زمستان بیشترین شباهت را با گلباد کلی همین فصل دارد و در فصول گذار جهت باد غالب در گلباد روزانه به علت برهم‌نهی بادهای جنوبی و غرب-شمال-غربی، به راستای جنوب‌غربی-جنوب تغییر نموده است.

همچنین با مقایسه نتایج سایر فصول در ایستگاه دیر چنین به دست آمد که در تمام فصول فراوانی باد جهت جنوبی در طی روز نسبت به روند کلی باد همان فصل افزایش قابل توجهی یافته است (البته این افزایش در فصل زمستان اندک است) به طوری که در فصل تابستان این باد، به عنوان باد

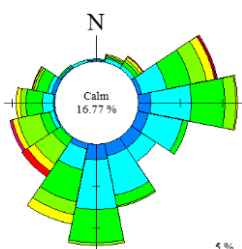


برهم‌نهی با بادهای شمال‌غربی موجب تضعیف آن در طی روز شده است (شکل ۱۲-ج). از طرف دیگر می‌توان گفت که تضعیف اثر عبور جبهه سرد از روی این منطقه و غلبه‌ی نسیم‌دریا در طی روز می‌تواند ناشی از کاهش سرعت بادهای نظام‌مند غربی به علت اصطکاک باد با دامنه‌های کوه‌های موازی ساحل و بسیار نزدیک به خط ساحلی باشد که به طور همزمان به واسطه‌ی نزدیکی کوه به ساحل، تشدید نسیم‌دریا موجب شده است. مولفه نسیم شبانه این ایستگاه با جهت شمال-شمال‌غربی، توانسته بر فراوانی این بادهای در شب هنگام بیافزاید.

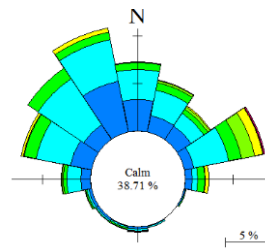
در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ گلباد روزانه و شبانه به همراه گلباد ماهانه به ترتیب برای نماینده فصل زمستان و تابستان ایستگاه بندر لنگه ارایه شده است. نکته قابل توجه در گلباد زمستانی این ایستگاه (شکل ۱۲) ضعیف بودن بادهای نظام‌مند زمستانی با جهت غربی و شمال‌غربی و بزرگ بودن مولفه باد شمال‌شرقی-شرق است که این روند خلاف آنچه است که در سایر ایستگاه‌ها رخ داده. در بررسی گلباد روزانه (شکل ۱۲-ج) دیده می‌شود که به طور تقریبی اثر جبهه سرد زمستانی (بادهای شمال‌غربی) در بندر لنگه تضعیف شده و نسیم‌دریا با جهت جنوب-جنوب‌شرقی تا جنوبی شناسایی شده است. این مولفه آنقدر قوی بوده است که در



(الف)



(ج)



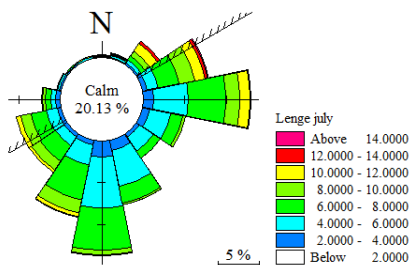
(ب)

شکل ۱۲- گلباد کلی ماه ژانویه (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه بندر لنگه

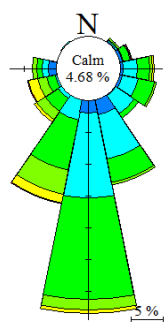
جمع فراوانی‌های بادهایی با جهات متضاد روزانه و شبانه موجب شده تا گلباد کلی این منطقه دارای طیف وسیعی از بادهای جهات مختلف با فراوانی و شدت تقریباً یکسانی شود. همچنان که در شکل ۱۲-ب دیده می‌شود در گلباد شبانه نیز به مانند گلباد روزانه (شکل ۱۲-ج)، یک مولفه‌ی باد شمال‌شرقی-شرق وجود دارد که در گلباد کلی این فصل (شکل ۱۲-الف) نیز به عنوان باد غالب منطقه ظاهر شده است. این مولفه می‌تواند نتیجه‌ی حاکم شدن بادهای شمال-شرقی تا شرقی نظام پرفشار سیبری، کاهش شدت کم‌فشارهای غربی و تضعیف جبهه سرد وابسته به آن باشد. هم جهت بودن تقریبی این باد با کوه‌های موازی ساحل منطقه، موجب هم جهت شدن باد غالب ایستگاه بندر لنگه

با خط ساحلی شده است. برهم‌نهی این مولفه با نسیم‌دریا، سبب افزایش فراوانی بادهای شرقی و جنوب‌شرقی در طی روز شده و در اثر برهم‌نهی با نسیم‌خشکی، بادهای شمالی و شمال-شمال‌شرقی در طی شب فراوان‌تر شده‌اند. در گلباد کلی تابستانی (شکل ۱۳-الف) بار دیگر تضعیف مولفه غربی باد نظام‌مند تابستانی برای بندر لنگه مشاهده می‌شود. در مقابل، دو مولفه غالب و البته ناموجود در ایستگاه‌های قبلی در ایستگاه مورد بررسی وجود دارد: یکی مولفه جنوبی با فراوانی قابل توجه و دیگری مولفه شرقی با فراوانی برابر ولی شدت بیشتر از آن. با تضعیف اثر بادهای نظام‌مند به واسطه وجود کوه‌های بسیار نزدیک به خط ساحلی که به موازات ساحل قرار گرفته‌اند، باد جنوبی در

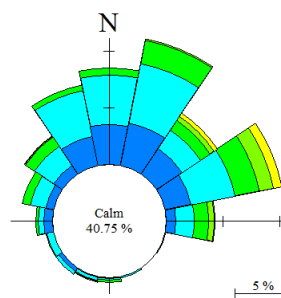
شده‌اند و در هر دو گلباد روزانه و شبانه، وقوع بادهای شرق کاسته شده است. لذا به طور کلی می‌توان گفت که در این ایستگاه نسیم خشکی و دریا غالب‌تر از بادهای نظام‌مند هستند.



(الف)



(ج)

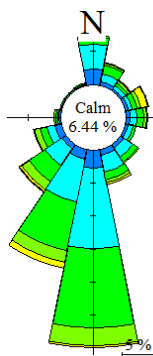


(ب)

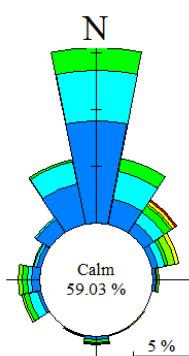
شکل ۱۳- گلباد کلی ماه جولای (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه بندر لنگه

حاکمیت نظام پرفشار سرد سبیری بر روی این منطقه است، ولی این بادها در روز به دلیل جهت مخالف آن با نسیم‌روزانه ضعیف شده و در شب به علت هم‌خوانی با نسیم شبانه تقویت شده‌اند (شکل ۱۴-ج). در نتیجه آنچه در گلباد کلی (شکل ۱۴-الف) به عنوان باد غالب در این فصل ظاهر شده کاملاً تحت تأثیر نسیم خشکی و دریای تشدید شده به واسطه کوه‌های پشت این منطقه است که جهت شمالی و جنوبی را نشان می‌دهد.

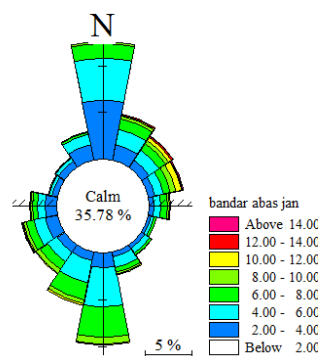
نتایج حاصل از بررسی الگوی بادهای روزانه و شبانه در ایستگاه بندر عباس برای فصول زمستان و تابستان به ترتیب در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ ارایه شده است. آنچه که به وضوح در گلبادهای روزانه و شبانه هر دو فصل زمستانی و تابستانی بندر عباس قابل مشاهده است حاکمیت نسیم دریای جنوبی در روز (شکل ۱۴-ب و ۱۵-ب) و نسیم خشکی شمالی در شب هنگام است (شکل ۱۴-ج و ۱۵-ج). وجود بادهای شمالی و همچنین شمال‌شرقی در این فصل ناشی از



(ج)



(ب)

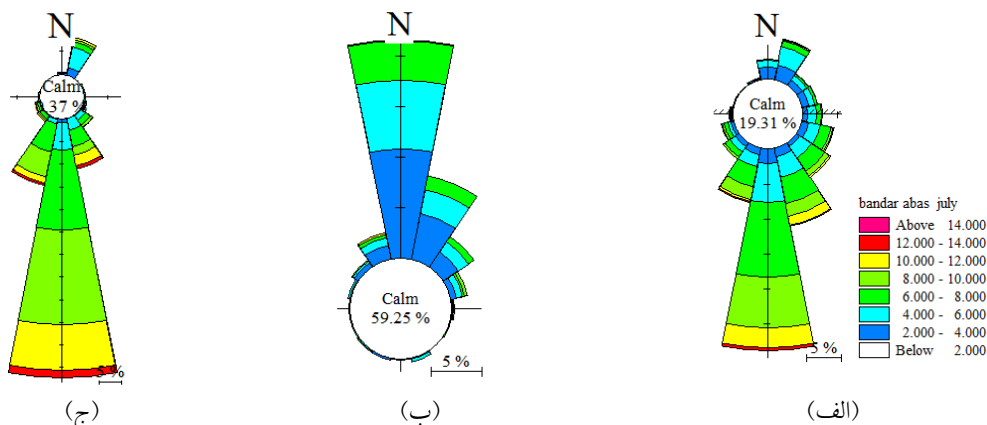


(الف)

شکل ۱۴- گلباد کلی ماه ژانویه (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه بندر عباس

(ج) که در برابر نسیم‌دریای این فصل (شکل ۱۵-ب) تضعیف شده، به طوری که در گلباد کلی غلبه‌ی نسیم‌دریا بر نسیم خشکی و بادهای نظام‌مند در این فصل به خوبی قابل مشاهده است.

در گلبادهای تابستانی نیز همان روند گلبادهای زمستانی دیده می‌شود با این تفاوت که شدت نسیم‌دریا در تابستان خیلی بیشتر از زمستان به دست آمده است. ایجاد مولفه شمال‌شرقی در روز می‌تواند ناشی از اثرات نظام کم‌فشار محلی باشد. طی شب، نسیم خشکی غالب بوده (شکل ۱۵-



شکل ۱۵- گلباد کلی ماه جولای (الف) به همراه گلباد شبانه (ب)، و گلباد روزانه (ج) برای ایستگاه بندر عباس

دریا و خشکی، از نزدیکی توپوگرافی کوه به دریا نیز متأثر است.

با بررسی الگوهای فصلی باد چنین به دست آمد که در نیمه‌ی غربی خلیج فارس برای فصل زمستان، نظام‌های حاصل از سامانه‌ی کم‌فشار جنب قطبی و پرفشار سبیری حاکمند که بادهایی با جهات جنوب‌شرقی و شمال‌غربی ایجاد می‌کنند. اما اثر بادهای ناشی از نفوذ جبهه گرم، کمتر از جبهه سرد به دست آمده است. کم‌فشارهای جنب قطبی که معمولاً بر روی دریای مدیترانه شکل می‌گیرند از طرف غرب بر روی منطقه خلیج فارس نفوذ کرده و قدرت می‌یابند و سپس با پیشروی به سوی شرق خلیج فارس از شدت آنها کاسته می‌شود. چنین نتیجه‌ای با بررسی‌های مشاهداتی صورت گرفته توسط (ایمکاس، ۱۹۴۱) و (کر، ۱۹۹۹) تطابق دارد.

در تابستان، تغییر الگوی بادهای ناشی از گسترده شدن کم‌فشار حرارتی شمال‌غرب هند در نیمه‌ی شمالی خلیج فارس به دست آمده است. در فصل تابستان، برای نیمه‌ی شرقی خلیج فارس بادهای نظام‌مند ناشی از یک کم‌فشار

### نتیجه‌گیری

با پیشروی از غرب به شرق خلیج فارس، بادهای نظام‌مند که جهت آنها در تبعیت از خط ساحلی تغییر می‌کند، به واسطه اثر اصطکاکی بین باد با دامنه‌های کوه‌ها، دچار کندی می‌شوند. نتایج نشان داده که از شمال‌غربی خلیج تا بخش مرکزی آن بادهای نظام‌مند قدرت دارند و بر روند تغییرات الگوی باد باد منطقه نقش به‌سزایی بازی می‌کنند. در حالی که از مرکز به سمت شرق خلیج که فاصله کوه‌ها از ساحل نسبت به نیمه‌ی غربی کمتر است، بادهای نظام‌مند تضعیف شده و اثر نسیم‌دریا و نسیم خشکی بر روی الگوی باد افزایش می‌یابد. به طوری که حاکمیت نسیم‌دریا در روز و نسیم خشکی در شب برای منطقه هرمز و به خصوص ایستگاه بندر عباس کاملاً مشهود است که این مکان را برای احداث مزارع توربین بادی جهت تولید انرژی از نیروی باد ممتاز می‌سازد. به عبارت دیگر در غرب خلیج فارس بادهای نظام‌مند اهمیت دارند و در شرق الگوهای میان‌مقیاس باد اهمیت دارند که این مسئله به وجود کوه‌های در امتداد سواحل ایرانی مرتبط می‌گردد. به طور مشابه شمسی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز در مطالعه‌ی خود به دست آوردند که، نسیم‌دریا علاوه بر اختلاف ویژگی پهنه‌ی

۲. حسنی، و.ا.، ملکوتی، و.، ۱۳۹۲، شبیه‌سازی عددی رژیم نسیم دریا خشکی در منطقه ساحلی شمال غرب خلیج فارس، پانزدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها (سیالات)، بندرعباس، انجمن فیزیک ایران، دانشگاه هرمزگان.
۳. خوشحال دستجردی، ج.، ۱۳۸۲، هواشناسی ساحلی، انتشارات دانشگاه اصفهان. ۳۴۸ صفحه.
۴. شمسی‌پور، ع.، زارع، س.، رئیسی، ر.، ۱۳۹۱، ساز و کار شکل‌گیری نسیم دریا در سواحل شمالی خلیج فارس، هشتمین همایش ملی خلیج فارس، کیش، صص ۱۱-۱۲.
۵. صبری، ر.، ا.، صدیق‌زاده، ب.، متانی، ع.، بیدختی، ۱۳۸۹، بررسی نسیم دریا-خشکی در خلیج فارس با استفاده از داده‌های میدانی، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، انجمن ژئوپلتیک ایران، صص-۸۴.
۶. عزیزی، ق.، معصوم‌پور، ج.، خوش‌اخلاق، ف.، رنجبر، ع.، ۱۳۸۹، تأثیر شارش‌های همدید بر روی نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال هفتم، شماره ۶۲، صص ۱۴۰-۱۲۱.
۷. کریمی، م.، عزیزی، ق.، شمسی‌پور، ع.ا.، رضایی مهدی آبادی، ل.، ۱۳۹۵، شبیه‌سازی دینامیکی تأثیر رشته کوه البرز بر ضخامت و عمق نفوذ نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیا، جلد ۱۶، شماره ۴۱، صص ۱۵۲-۱۳۵.
۸. گزارش نهایی طرح پژوهشی تهیه اطلس باد ایستگاه‌های هواشناسی ساحلی استان هرمزگان، ۱۳۸۹. پژوهشکده هواشناسی (در حال اجرا).
۹. مقدم‌قشلاق، ا.، ۱۳۹۰، مطالعه دینامیک نسیم دریا-خشکی در منطقه ساحلی بندر عباس با استفاده از مدل عددی M5، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، گروه فیزیک، دانشگاه هرمزگان.
۱۰. معصوم‌پور، ج.، ۱۳۸۹، مکانیسم شکل‌گیری نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر، رساله‌ی دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- میان‌مقیاس سبب شکل‌گیری بادهایی با جهت شمال‌شرقی تا جنوب‌شرقی را در منطقه شده و البته وجود بادهای شمالی و شمال‌شرقی در فصل زمستان این منطقه، ناشی از حاکمیت بخش جنوب‌غربی نظام پرفشار سرد سیبری بر خلیج فارس است که چنین بادهایی را همراه داشته است.
- بررسی‌های ماهانه و فصلی الگوی باد برای ساعات مختلف شبانه روز نشان داد که در خلیج فارس، نسیم‌دریا و خشکی در تمام سال وجود دارد ولی شکل‌گیری و میزان تأثیر آنها، به جهت و موقعیت خط ساحلی، شرایط فصلی بادهای، وجود عوارض ساحلی (مانند کوه‌ها) و شیب دامنه‌ی کوه‌ها بستگی دارد. نتایج نشان داد که در خلیج فارس نسیم‌خشکی ضعیف‌تر از نسیم‌دریا است و این مسئله با توجه به این واقعیت که گرادیان دما بین دریا و خشکی در هنگام روز بسیار بیشتر از ساعات شبانه است و یک نیروی گرادیان فشار قوی در سطح زمین ایجاد می‌شود، قابل توجیه است.
- قابل ذکر است که با حرکت به سوی شرق خلیج فارس، حدود ۲-۳ متر بر ثانیه از قدرت نسیم‌دریا و خشکی کاسته می‌شود.
- همچنین به دست آمد که در خلیج فارس به طور متوسط نسیم‌دریا در تابستان نسبت به سایر فصول پرتکرار و قوی‌تر است و همواره در مقایسه با نسیم‌خشکی تندی بیشتری داشته است. این در حالی است که در فصل زمستان به علت طولانی بودن شب نسبت به روز، درصد فراوانی وقوع نسیم‌خشکی بیشتر از نسیم‌دریا بوده اما همچنان از شدت کمتری برخوردار است. مشابه چنین نتیجه‌ای در بررسی‌های پیشین انجام شده در بوشهر نیز به دست آمده است (صبری و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین باورز (۲۰۰۴) با مطالعه‌ی آماری تکرار وقوع نسیم‌دریا در شهر ساحلی توکرتون در نیوجرسی به دست آورد که در تابستان کثرت وقوع پدیده نسیم‌دریا بیشینه است (باورز، ۲۰۰۴) که با نتیجه مطالعه فوق در خلیج فارس همخوانی دارد.

## منابع

۱. بیدختی، ع.ا.، مرادی، م.، ۱۳۸۴، مطالعه مشاهداتی روی نسیم دریا در منطقه بوشهر، مجله نیوار، دوره ۳۰، ۵۲ و ۵۷، صص ۳۱-۷.

- Abdulaziz City for Science and Technology (KACST), Energy Research Institute (ERI). Journal of Mar Sci, No. 20, pp. 31-47
17. Lehr, w and H. Cekige, 1979, GULFSLIK-I, a computer simulation of oil spill trajectories in the Arabian Gulf. Research institute internal report, dhran, Saudi Arabian.
  18. Reynolds, R. M., 1993, Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman –Results from the Mt Mitchell expedition. Marine Pollution Bulletin, No. 27, pp. 35–59.
  19. Swift, S. A and A.S, Bower, 2003, Formation and circulation of dense water in the Persian/Arabian Gulf, No. 108, pp. 4-1-4-15.
  20. U.S. Army Department., 1999, Coastal Engineering Manual (C.E.M), US army Crops of Engineers, USA.
  - the Environment, Brooks Cole, California, United States
  12. Bowers, L.A., 2004, The Effect of Sea Surface Temperature on Sea Breeze Dynamics Along the Coast of New Jersey, Master of science thesis, Rutgers, The State University of New Jersey.
  13. Carr, M., 1999, International Marine's Weather Predicting Simplified. International Marine, A Division of the Mc Graw Hill companies, 180 p.
  14. El-Gindy, A. A. H., and A.F. SABRA, 1992, Variability of wind system and its expected effects on oil slick movement in the Arabian Gulf. Marine Science Dept, No. 12, pp. 215-221.
  15. IMCOS, 1941. Persian Gulf And Gulf Of Oman. Marine Ltd., London
  16. Khonkar, H., 2009, Complete Survey of Wind Behavior over the Arabian Gulf. King