نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۱، تابستان ۹۵

# شبیه‌سازی دینامیکی تاثیر رشته‌کوه البرز بر ضخامت و عمق نفوذ نسیم‌دریا در سواحل جنوبی خزر

دریافت مقاله: ۹۴/۱۲/۲۲ پذیرش نهایی: ۹۵/۶/۱۹

صفحات: ۱۵۲-۱۳۵

**مصطفی کریمی**: استادیار آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران[1]
Email: Mostafakarimi.a@ut.ac.ir
**قاسم عزیزی**: دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
Email: ghazizi@ut.ac.ir
**علی‌اکبر شمسی‌پور**: دانشیار گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
Email: shamsipr@ut.ac.ir
**لیلا رضایی مهدی آبادی**: دانشجوی کارشناسی‌ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
Email: L_rezaee@ut.ac.ir

**چکیده**

**شبیه‌سازی نقش توپوگرافی در ویژگی های گردش نسیم دریا بویژه، ضخامت و عمق نفوذ آن در کرانه‌های جنوبی دریای خزر هدف مطالعه پیش‌رو است. جهت این امر از مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ایی RegCM4 جفت شده با یک مدل دریاچه و داده های بازکاوی شده NCEP/NCAR جهت تعیین شرایط اولیه مدل استفاده گردید. مدل در دو حالت مرجع (وجود کوه) و شرایط حذف توپوگرافی برای زمان حداکثر فعالیت نسیم‌دریا در سواحل جنوبی دریای خزر ( ماه جولای سال ۲۰۰۲) اجراشد. خروجی مدل نشان داد در زمان حذف توپوگرافی عمق نفوذ نسیم‌دریا به‌طور چشمگیری تا موقعیت فعلی دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز (عرض $۳۵^{o}$ شمالی) افزایش پیدا کرده اما در مقابل جریان نسیم‌خشکی در منطقه تقریبا از بین رفته است، بیشینه افزایش سرعت و تغییر جهت باد به ترتیب در سواحل جنوب‌شرقی و البرز مرکزی مشاهده گردید. علاوه بر آن با توجه به برطرف شدن مانع ارتفاعات، ضخامت نسیم دریا در مناطق مختلف به طور قابل توجهی افزایش پیدا کرده که بیشترین میزان تغییرات در در سواحل شرقی ( طول $۵۳^{o}$ شرقی) بوده است.**

**کلیدواژگان:** گردش جو، شبیه‌سازی، مدل ReGCM4، کرانه جنوبی دریای خزر، نسیم دریا

---

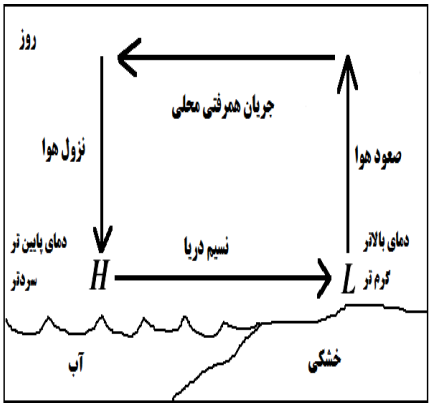
[1]. نویسنده مسئول: تهران-خ وصال شیرازی- دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

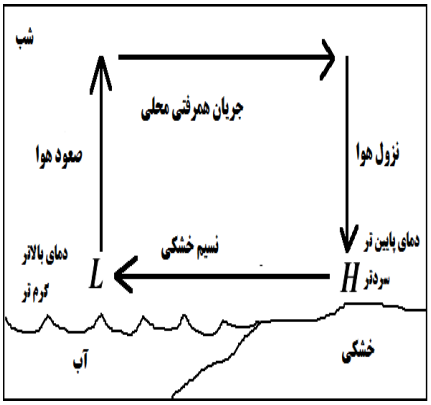
[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

**مقدمه**

مطالعه و پیش‌بینی نسیم‌دریا در مناطق ساحلی برای هواشناسان و اقلیم شناسان موضوعی اساسی می‌باشد. نسیم‌دریا واکنشی اقیانوسی – جوی و پدیده‌ایی میان‌مقیاس است که به اختلاف دمایی سطح دریا و خشکی وابسته است و عموماً تحت شرایط آسمان صاف شکل می-گیرد( بوورس[1]،۲۰۰۴؛ سیمپسون[2]،۱۹۹۴؛ عزیزی و همکاران،۱۳۸۹: ۲۱ ). نسیم دریا با جریان ساحل سوی سطحی آغاز می‌گردد این سلول با جریانات صعودی هوا بروی خشکی، جریان برگشتی در ترازهای بالاتر و جریانات و فرونشینی هوا در داخل دریا تداوم می‌یابد (شکل ۱). وقوع تابستانه نسیم‌دریا در منطقه خزری بیشتر است. این منطقه به لحاظ طبیعی شرایط متفاوتی دارد به‌نحوی‌که کوهستان البرز از یک‌سو و دریای خزر از سویی دیگر در شرایط اقلیمی آن تأثیرگذار است. از آن مهم‌تر شرایط همدیدی متفاوتی نیز منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد که در عملکرد نسیم‌دریا تأثیرگذار است. ( عزیزی و همکاران ،۱۳۸۹ : ۲۱ ). به همین دلیل پیش‌بینی و شناخت نسیم‌دریا در این منطقه مهم است.




**شکل (۱). نمایش ساختار نسیم دریا – خشکی**

میزان عمق، نفوذ و انرژی نسیم‌دریا وابسته به عوامل مختلفی ازجمله: عرض جغرافیایی (اورلیک و همکاران[3]، ۱۹۸۸)، بادهای محلی (معصوم پور،۱۳۸۹؛ میاو و همکاران[4]،۲۰۰۳؛ سوفیه باستین[5]، ۲۰۰۶) و دوری و نزدیکی ارتفاعات به دریا (شمسی پور و همکاران، ۱۳۹۱) بوده و بالا آیی

[1]. Bowers
[2]. Simpson
[3]. Orlic et al
[4]. Miao et al
[5]. Bastin

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

ساحلی می‌تواند پیشروی نسیم‌دریا و نفوذ جبهه نسیم‌دریا را به داخل خشکی تسهیل بخشد (بوروس، ۲۰۰۴). شکل خط ساحلی، فلات و رشته‌کوه‌ها (توپوگرافی منطقه) که در نزدیکی سواحل قرار دارند به‌مانند سدی جلوی نفوذ نسیم‌دریا را می‌گیرند و موقعیت همگرایی نسیم‌دریا به‌وضوح شکل و فرم کوه را دنبال می‌کند و نسیم‌دریا تقریباً بروی کوه‌های نزدیک ساحل مسدود شده و لبه‌هایش به بالای کوه‌های ساحلی می‌رسد (میاو و همکاران، ۲۰۰۳؛ زهو و اتکینسون[۱]، ۲۰۰۴؛ آزورین و همکاران[۲]، ۲۰۰۹؛ پاپاناستاسیو و همکاران[۳]، ۲۰۱۰؛ کویین و همکاران[۴]، ۲۰۱۲؛ معصوم پور، ۱۳۸۹). همچنین در فصول مختلف میزان عمق و نفوذ نسیم‌دریا متفاوت است که در فصل تابستان نسیم‌دریا عمیق‌تر و بیشتر به‌صورت افقی گسترش می‌یابد و گسترده‌تر از زمستان است (میلتو و نیکولاس[۵]، ۲۰۰۱؛ زهو و اتکینسون، ۲۰۰۴؛ میلر و همکاران[۶]، ۲۰۰۳؛ بیدختی و مرادی، ۱۳۸۳: ۷ ؛ معصوم پور، ۱۳۸۹) در مناطق مختلف در ماه‌های مختلفی میزان عمق و نفوذ نسیم‌دریا بیشتر است که در سواحل جنوبی دریای خزر ماه جولای (معصوم پور، ۱۳۸۹) در سواحل شمالی خلیج‌فارس (بوشهر) ماه نوامبر (بیدختی و مرادی،۱۳۸۳: ۷) و ماه مارس (شمسی پور و همکاران، ۱۳۹۱)، در خط ساحلی جنوب نیویورک اوایل تابستان (ژوئن) (میلر و همکاران، ۲۰۰۳) میزان عمق و نفوذ نسیم‌دریا بیشتر است. با توجه به این عوامل حداکثر ارتفاع (عمق) نسیم‌دریا در سواحل جنوبی دریای خزر بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ متر است (معصوم پور، ۱۳۸۹) و در سواحل شمالی خلیج‌فارس میانگین عمق و بعد افقی نسیم‌دریا به ترتیب ۳۵۰ متر و ۴۱ کیلومتر است (بیدختی و مرادی، ۱۳۸۳: ۷؛ مسعودیان،۱۳۹۰) در سواحل جنوبی خلیج‌فارس میزان نفوذ نسیم‌دریا به حدود ۲۵۰ کیلومتر می‌رسد. (زهو و اتکینسون، ۲۰۰۴) در دره رون فرانسه نسیم‌دریا حدود ۱۵۰ کیلومتر به‌صورت افقی نفوذ می‌کند اما در زمان وزش باد میسترال بیش از ۴۰ کیلومتر نمی‌تواند نفوذ کند (باستین، ۲۰۰۶) در طول ساحل غربی هند در فصل موسمی حد قائم گردش نسیم‌دریا یک کیلومتر است و گردش افقی نسیم خشکی و نسیم دریا به ترتیب ۱۰۰ و ۷۵ کیلومتر است (رانی و همکاران[۷]، ۲۰۱۰). اما بطور کلی می‌توان گفت که عمق متوسط نسیم‌دریا ۱۰۰۰ متر، بعد افقی آن ۱۰۰ کیلومتر و سرعت آن بین ۶ تا ۱۰ متر بر ثانیه می‌باشد.

---

1. M, Zhu & B. W. Atkinson
2. Azorin et al
3. Papanastasiou et al
4. Qian et al
5. Militello & Nicholas
6. Miller et al
7. Rani et al

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

همچنین عمق نسیم خشکی ۱۰۰ متر، بعد افقی آن ۷۰ کیلومتر و سرعت آن بین ۳ تا ۵ متر بر ثانیه می‌باشد (دالو و پیلکه[1]، ۱۹۸۹).

نسیم دریا دارای مؤلفه‌های (SBS)[2] گوناگونی است ازجمله: گردش نسیم‌دریا، جریان گرانی نسیم‌دریا، جبهه نسیم دریا، لبه جلویی نسیم دریا، امواج کلوین – هلم هولتز و لایه‌مرزی همرفتی، (میلر و همکاران، ۲۰۰۳) که امواج کلوین – هلم هولتز تا زمانی که متزلزل و ناپایدار نشوند رشد می‌کنند و خط اغتشاش را ایجاد می‌کنند (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱) بنابراین در تعیین زمان و مکان جبهه نسیم‌دریا مؤثر است (رائو و همکاران[3]، ۲۰۰۰).

با استفاده از مدل‌های اقلیمی و آماری در زمینه‌های: بارش (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۶: ۵۵ ؛ بابائیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۲۵ ؛ مفیدی وهمکاران، ۱۳۹۲)، دما (کریمیان و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۶۷)، باد (معصوم‌پور، ۱۳۸۹؛ شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۹)، شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی (مشکواتی و همکاران، ۱۳۸۹: ۸۱) مطالعات فراوانی انجام‌شده است. عزیزی و همکاران با استفاده از مدل TAPM[4] به شبیه‌سازی عددی نسیم‌دریا پرداخته است که با استفاده از داده‌های ناشی از شبیه‌سازی و دیده‌بانی به این نتیجه رسیدند که بیشینه سرعت نسیم‌دریا در ساعتهای بین ۲ تا ۵ بعدازظهر اتفاق می‌افتد و این پدیده در ماه جولای تداوم بیشتری نسبت به ماه‌های دیگر دارد که حداکثر به ۹ ساعت در روز می‌رسد (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱). طبق نتایج تحقیقات ذکر شده می‌توان گفت که عوامل محلی، منطقه-ایی و جوی بروی نسیم‌دریا تاثیر گذار بوده و باعث تشدید و تضعیف سیستم گردشی نسیم‌دریا می‌شوند. اما عوامل جغرافیایی ثابت همانند توپوگرافی با توجه به شرایط محل در میزان عمق و نفوذ نسیم‌دریا تاثیر مشخص تری دارند. همچنین در مناطق مختلف، بیشینه نسیم‌دریا در ماه-های متفاوتی می وزد اما بطور کلی در فصل تابستان نسیم‌دریا عمیق‌تر و از گستره افقی بیشتری برخوردار است. با توجه به تاثیرگذاری شرایط جغرافیایی از جمله: توپوگرافی بروی پدیده‌ها و گردش جوی بخصوص در مقیاس محلی، در این مطالعه سعی شده اثرگذاری رشته-کوه البرز و تالش بروی ساختار، سازوکار و ویژگی‌های پدیده نسیم‌دریا در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ایی RegCM4[5] شبیه‌سازی شود.

1. Dalu & Pielke
2. Sea Breeze System
3. Rao et al
4. The Air Pollution Model
5. Regional climate modeling

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

**مواد و روش‌ها**

یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای ارزیابی اقلیم استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو است. مدل‌های اقلیمی و آماری متعددی به منظور شناسایی نحوه برهمکنش هوا و دریا توسعه یافته-اند تا علاوه بر درک رفتار جو در مقیاس محلی و منطقه‌ایی، همچنین امکان ارائه پیش‌بینی‌های فصلی را نیز فراهم نمایند. ازجمله این مدل ها می توان به TAPM، مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ایی RegCM و مدل اقلیمی پرسیس[1] اشاره نمود. مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ایی RegCM از مدل‌های عددی مرکز بین‌المللی مطالعات فیزیک نظری عبدالسلام (ICTP)[2] است که در سال‌های اخیر بعنوان ابزار توانمندی در مطالعات منطقه‌ایی اقلیم مورد توجه بسیاری از محققین علوم جو قرارگرفته است. مدل فوق قادر است فرآیندهای اقلیمی را با مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف شبیه‌سازی نماید. با توجه به این‌که مدل RegCM از یک هسته دینامیکی قوی برخوردار بوده است در عین‌حال قابلیت جفت شدن با مدل‌های متعددی چون مدل دریاچه، مدل غبار و مدل کاربری اراضی را داراست ( مفیدی و همکاران،۱۳۹۲).

به منظور دست یابی به هدف ذکر شده در بالا از دو نوع داده در این پژوهش استفاده شده است. داده‌های باد ایستگاه های همدید سواحل جنوبی دریای خزر (آستارا، انزلی، رشت، منجیل، رامسر، نوشهر، بابلسر، قائم شهر، گرگان و گنبد کاووس) و مناطق جنوبی رشته کوه البرز و غربی تالش (اردبیل، خلخال، زنجان، قزوین، کرج، تهران، آبعلی، سمنان و شاهرود) جهت مقایسه با نتایج شبیه سازی استفاده شده است. به دلیل طول نسبتا زیاد سواحل دریای خزر ایستگاه‌ها به شکلی انتخاب شدند که کل خط ساحلی را پوشش دهند. ( شکل ۲). داده-های دیگر مورد استفاده مربوط به داده های مورد نیاز مدل اقلیمی منطقه‌ایی شامل داده‌های سطحی و همچنین داده‌های جوی از وبگاه داده مدل RegCM4 اخذ گردیده است. بعد از بررسی یک دوره زمانی ده ساله (۲۰۰۱-۲۰۱۰) به این شرط که در سال نمونه، منطقه از نظر بارشی و گردش جو، شرایط نرمالی دارا باشد، سال ۲۰۰۲ برای شبیه سازی انتخاب گردید. نتایج تحقیقات قبلی بیانگر این است که در ماه جولای متوسط شدت نسیم دریا در منطقه بیش از دیگر ماه ها است (عزیزی و همکاران،۱۳۸۹: ۲۱، عزیزی و همکارن ۱۳۹۳: ۱۲۲) بنابر این ماه جولای بعنوان ماه نمونه انتخاب گردید. جهت نمایش و تحلیل نتایج، روزهای ۶ و ۲۷ جولای بعنوان دو روز نمونه که به ترتیب، روز اول سیستم گردش جوی مقیاس همدیدی مستقر بر شمال دریای خزر باعث تشدید و در روز دوم باعث تضیف گردش نسیم دریا شده بود،

[1]. PRECIS
[2]. International center theoretical physics

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

انتخاب شدند. جهت پایداری دینامیکی تاریخ شروع شبیه سازی از یک ماه قبل از جولای انتخاب گردید. مشخصات تنظیمی مدل در جدول ۱ درج شده است.

**جدول (۱). تنظیمات پارامترهای مدل برای انجام شبیه‌سازی**

| پارامتر | تنظیمات | توضیحات |
|---|---|---|
| Iy | ۹۰ | تعداد نقاط شبکه در جهت y |
| Jx | ۹۰ | تعداد نقاط شبکه در جهت x |
| Kz | ۱۸ | تعداد لایه‌ها در راستای z ( در راستای عمودی) |
| Ds | ۲۰ | فاصله‌ی نقاط شبکه برحسب کیلومتر |
| Clat | ۴۰ | مرکز عرض جغرافیایی دامنه‌ی مدل برحسب درجه |
| Clon | ۵۰ | مرکز طول جغرافیایی دامنه‌ی مدل برحسب درجه |
| idate1 | ۲۰۰۲۰۶۰۱۰۰ | تاریخ شروع شبیه‌سازی |
| idate2 | ۲۰۰۲۰۸۰۱۰۰ | تاریخ پایان شبیه‌سازی |

محدوده مورد مطالعه و شبیه‌سازی $۳۱^{o}$ تا $۴۸^{o}$ عرض شمالی و $۳۷^{o}$ تا $۶۲^{o}$ درجه طول شرقی بوده که در شکل ۲ نمایش داده شده است. در این مطالعه در گام نخست شبیه سازی درشرایط مرجع (وجود کوه) انجام شد که با استفاده از داده‌های سطح زمین(SRF)[۱] رفتار باد، دما، بارش، رطوبت و ناپایداری مورد بررسی قرار گرفت. در گام بعد یک بار دیگر در شرایط حذف رشته کوه البرز شبیه سازی انجام و رفتار باد، دما، بارش، رطوبت و ناپایداری با شرایط مرجع مقایسه گردید.

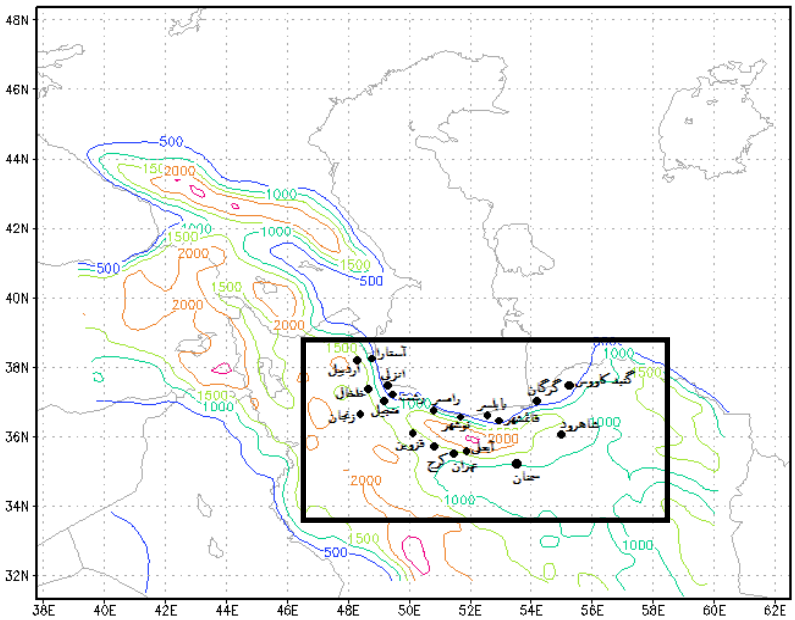
برای انتخاب طرحواره مناسب از ۴ طرحواره موجود در مدل برای بارشهای همرفتی شامل: امانوئل[۲]، بتس میلر[۳]، گرل[۴] و کو[۵] (طرحواره گرل شامل دو مورد: آراکاوا – شوبرت[۶] و فریتیش – چاپل[۷]) در شرایط مرجع (وجود توپوگرافی) با پارامترهای یکسان برای طرحواره های مذکور

1. Sureface
2. Emanuel
3. Betts-Miller
4. Grell
5. Kuo
6. Arakawa & Schubert
7. Fritsch & Chappell

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

اجرا و نتایج با استفاده از ارزیاب های آماری مانند: میانگین قدر مطلق تفاوت‌ها (MAE)[1] (رابطه ۱)، میانگین ریشه دوم جذر خطاها(RMSE)[2] (رابطه ۲) و ضریب همبستگی پیرسون با داده‌های ایستگاهی ارزیابی گردید. در نهایت با توجه به نتایج ارزیاب‌ها طرحواره کو بعنوان طرحواره مناسب انتخاب گردید (جدول ۲).




**شکل (۲). محدوده مورد مطالعه(داخل کادر)، شرایط توپوگرافی مرجع و محدوده شبیه سازی شده**

رابطه ۱ $\text{MAE}: \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} | S_i - G_i |$

رابطه ۲ $\text{RMSE}: \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(S_i - G_i)^2}$

$S_i$=مقدار برآورد شده

$G_i$= مقدار اندازه گیری شده

(حجازی زاده و همکاران،۱۳۹۱: ۴۹ )

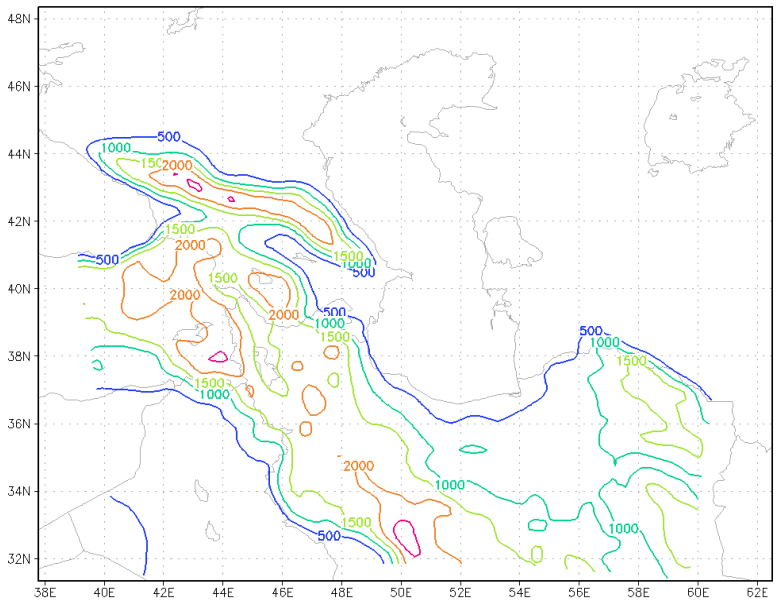
[1]. Mean of error
[2]. Mean absolute error

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

**جدول (۲). نتایج ارزیابی طرحواره های بارش همرفتی در مدل**

| طرحواره | RMES | MAE |
|---|---|---|
| امانوئل | ۳,۵۸ | ۳,۰۱ |
| گرل ۱ | ۳,۶۴ | ۳,۰۵ |
| گرل ۲ | ۳,۵۱ | ۲,۹۹۵ |
| کو | ۳,۵۰ | ۱,۵۹۵ |

برای حذف ارتفاعات البرز سه رویکرد مدنظر قرار داشت: ۱) تبدیل تمام پستی وبلندی‌ها از سواحل جنوبی دریای خزر تا مناطق جنوبی و غربی رشته کوه البرز به ارتفاع سطح دریا ازاد (ارتفاع صفر)، ۲) دادن یک شیب ملایم به ارتفاعات بصورتی که ساحل با یک شیب ملایم افزایش پیدا کند تا به ارتفاعات مناطق جنوبی و غربی رشته‌کوه البرز برسد، ۳) گذاشتن ارتفاع مناطق جنوبی و غربی رشته کوه البرز بجای ارتفاع تمام پستی و بلندی ها تا سواحل جنوبی دریای خزر. در این مطالعه با توجه به سه روش ارزیاب برای حذف ارتفاعات روش دوم انتخاب گردیده است ( شکل ۳).




**شکل(۳). توپوگرافی منطقه در شرایط غیرمرجع**

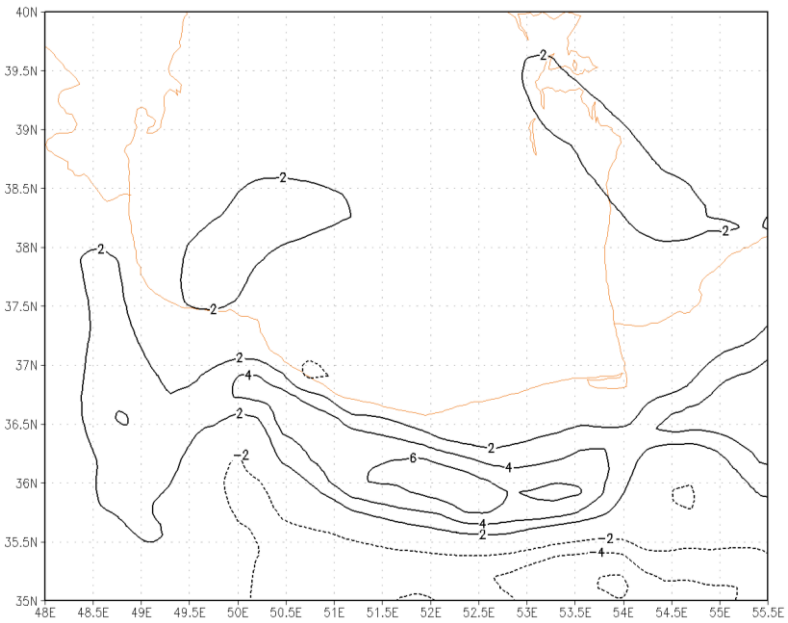
[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

**یافته‌ها و بحث**

به منظور مطالعه نقش ارتفاعات البرز در سازوکار نسیم‌دریای ناحیه خزری پارامترهای دما، رطوبت و باد حاصل از دو شرایط مرجع و غیرمرجع (حذف توپوگرافی) بررسی شده است.

شکل ۴ تفاوت ماهانه دما حاصل از تفاضل‌گیری بین شرایط مرجع و غیرمرجع را نشان می-دهد. در این شکل همخوانی دما و ارتفاع در محدوده مورد مطالعه به خوبی قابل مشاهده است. مناطقی که به دلیل ارتفاع زیاد دمای کمی دارند بعد از اجرای شبیه سازی در شرایط حذف توپوگرافی دما افزایش یافته است. در البرز مرکزی افزایش دما به دلیل ارتفاع بالاتر این منطقه نسبت به دیگر نقاط کوهستانی، بیشتر می باشد. اما مناطق جنوبی رشته کوه البرز به دلیل حفظ ارتفاع و از بین رفتن مانع کوهستانی برای وزش بادهای شمالی در شرایط غیرمرجع کاهش دما داشته است. تنها سواحل جنوبی دریای خزر به دلیل عدم تغییر ارتفاع شرایط دمایی تقریبا مشابه شرایط فعلی است و تغییراتی در دمای منطقه مشاهده نمی‌شود.

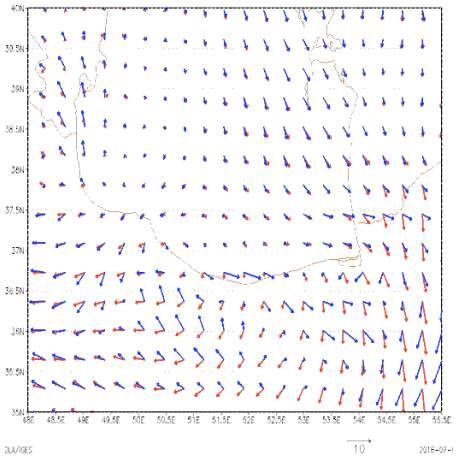



**شکل (۴). تفاوت ماهانه دما سطح زمین به درجه سانتی گراد حاصل از تفاضل‌گیری بین شرایط حذف توپوگرافی و شرایط مرجع در ساعت GMT۱۲**

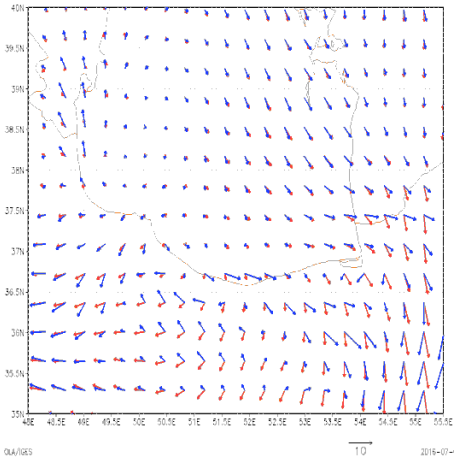
[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

شکل ۵ و ۶ شرایط وزش باد در دو شرایط مرجع و غیر مرجع را در ساعت ۱۲ و ۰۰ GMT در منطقه نشان می‌دهد. در اثر حذف ارتفاعات و کاهش تاثیر ارتفاعات بروی جریان باد، شدت و جهت باد بطور محسوسی بروی کل منطقه تغییر پیدا کرده است. بیشینه افزایش سرعت باد در سواحل شرقی و تغییر جهت باد در ناحیه مرکزی مشاهده گردیده است. ارتفاعات به مانند سدی جلوی نفوذ نسیم دریا را گرفته و باعث تقویت نسیم خشکی و تضعیف نسیم دریا می-شود، هر چه میزان ارتفاع بیشتر باشد، باعث تقویت و تضعیف بیشتر نسیم خشکی و نسیم دریا می‌شود. با حذف توپوگرافی به دلیل کاهش اثر ارتفاعات بروی منطقه میزان نفوذ نسیم دریا به شدت افزایش یافته است. همانگونه که از شکل ۵ و ۶ قابل استنباط است نسیم خشکی بخاطر برطرف شدن اثر ارتفاعات بسیار تضعیف و جای خود را به نسیم دریا داده است.



**شکل (۵). نقشه ماهانه بردار باد سطح زمین در ساعت GMT۱۲، شرایط مرجع(خطوط آبی) و شرایط حاصل از حذف توپوگرافی( خطوط قرمز)**



**شکل (۶). نقشه ماهانه بردار باد سطح زمین در ساعت GMT۰۰، شرایط مرجع(خطوط آبی) و شرایط حاصل از حذف توپوگرافی( خطوط قرمز)**

شکل ۷ تغییرات ضخامت نسیم دریا مربوط به مناطق بندر انزلی -رشت ($۴۹/۵^{o}$)، نوشهر ($۵۱/۵^{o}$) و ساری ($۵۳^{o}$) در شرایط مرجع و غیر مرجع را نشان می‌دهد که در هر سه منطقه بعد از حذف توپوگرافی میزان نفوذ باد شمالی (نسیم‌دریا) به داخل خشکی با ارتفاع بیشتری میسر شده است. میزان شدت نسیم‌دریا بعد از حذف توپوگرافی در مناطق انزلی-رشت و ساری افزایش چشمگیری داشته است در مقابل در منطقه نوشهر کاهش شدت نسیم‌دریا را در زمان حذف توپوگرافی را نمایش می‌دهد. طبق تحقیقات قبلی میزان ارتفاع نسیم‌دریا در سواحل جنوبی دریای خزر بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ متر برآورد شده است (معصوم‌پور، ۱۳۸۹). به منظور

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

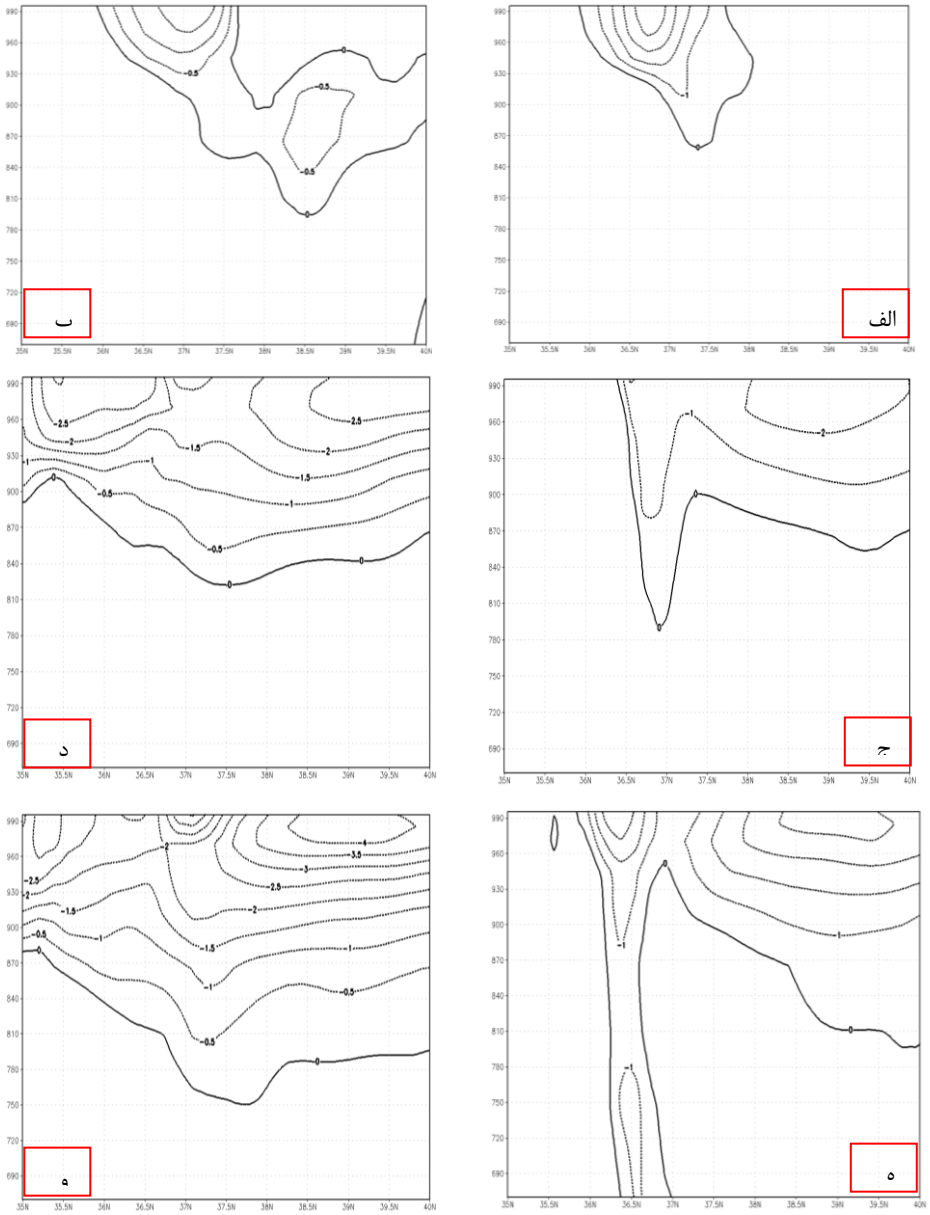
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

بررسی تغییر ضخامت نسیم دریا در نیمرخ قائم مؤلفه نصف‌النهاری باد در دو شرایط حذف توپوگرافی و شرایط مرجع با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج حاکی از این است که ضخامت و ارتفاع نسیم‌دریا در شرایط مرجع برای منطقه نوشهر تا سطح فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال می-باشد که با حذف ارتفاعات میزان ضخامت نسیم‌دریا به میزان کمی افزایش پیدا کرده و به ۸۲۰ هکتوپاسکال رسیده است. در مناطق انزلی-رشت و ساری در شرایط مرجع ارتفاع و ضخامت نسیم‌دریا به ترتیب برابر با ۸۶۰ و ۸۱۰ هکتوپاسکال می‌باشد که در زمان حذف توپوگرافی در این دو منطقه به ترتیب به ۸۰۰ و ۷۵۰ هکتوپاسکال ارتقا یافته است.

به منظور بررسی نقش ارتفاعات در وزش رطوبت بوسیله جریانات بویژه نسیم دریا، میانگین ماهانه فرارفت رطوبت در دو حالت وجود و عدم ارتفاعات محاسبه و ترسیم شده است (شکل ۸). این شکل نشان می‌دهد در شرایط مرجع، توپوگرافی مسیر جریان باد و به تبع آن انتقال رطوبت را سد کرده، اما پس از اجرای شرایط غیرمرجع و حذف توپوگرافی به دلیل برطرف شدن مانع توپوگرافی، باد نفوذ و پیشروی بیشتری داشته که این باعث کاهش رطوبت به شکل کمربند پیوسته ایی در کرانه جنوبی دریای خزر شده است. در این میان میزان کاهش رطوبت در سواحل شرقی به دلیل تاثیرپذیری بیشتر از حذف توپوگرافی چشمگیرتر از سواحل غربی است. در میزان رطوبت مناطق جنوبی رشته‌کوه البرز تغییری مشاهده نمی‌شود و رطوبت در راستای مناطق جنوب‌غربی انتقال پیدا کرده است.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

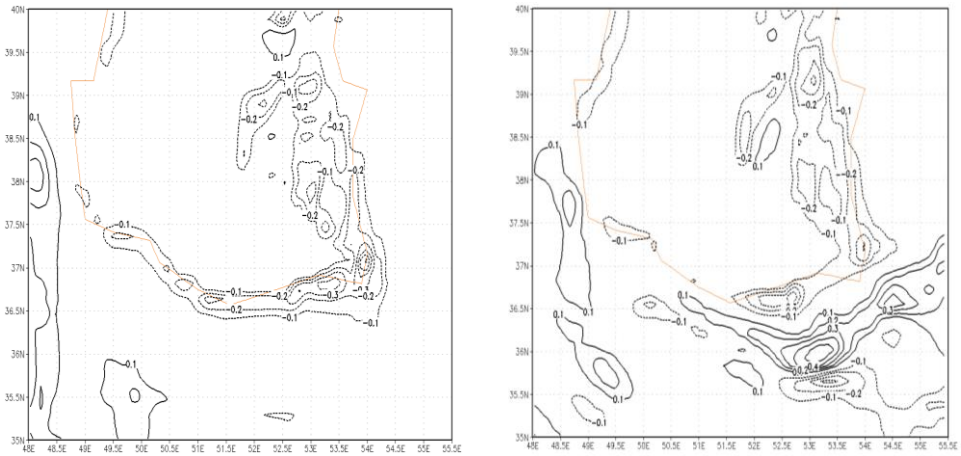
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]




**شکل (۷). نیمرخ قائم مؤلفه نصف‌النهاری باد در شرایط مرجع انزلی-رشت ( الف)، در شرایط غیر مرجع انزلی-رشت ( ب)، در شرایط مرجع نوشهر ( ج)، در شرایط غیرمرجع نوشهر ( د)، در شرایط مرجع ساری (ه)، در شرایط غیرمرجع ساری ( و).**

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

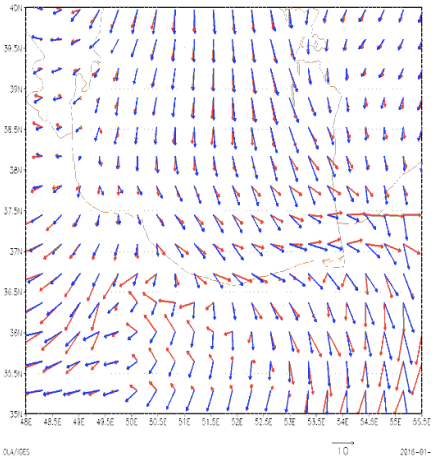


**شکل(۸). میزان ماهانه فرارفت رطوبت در شرایط مرجع(الف) و در شرایط غیر مرجع(ب) در ساعت GMT۱۲. اعداد مثبت( خطوط ممتد) نشان دهنده تجمع رطوبت و اعداد منفی( خطوط نقطه‌چین) نشان دهنده برداشت رطوبت می‌باشد.**

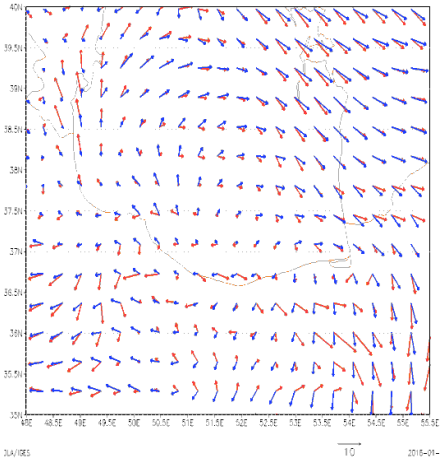
شکل ۹ و ۱۰ وضعیت ماهانه بردار باد را برای ساعت GMT ۱۲ روزهای ۶ و ۲۷ برای اختلاف شرایط حذف توپوگرافی با شرایط مرجع را نشان می‌دهد. با توجه به وضعیت قرارگیری سامانه های فشاری در روز ۶ و ۲۷ جولای به ترتیب به دلیل وجود سیستم پرفشاری در شمال دریای خزر باعث تشدید و وجود واگرایی جریان برروی دریای خزر باعث تضعیف نسیم‌دریا شده است. در زمان حدف توپوگرافی میزان نفوذ نسیم‌دریا به داخل خشکی با شدت بیشتری همراه شده است. اثر حذف ارتفاعات بروی نسیم دریا و خشکی ۶ جولای به دلیل تشدید نسیم دریا در این روز بیشتر از ۲۷ جولای می‌باشد. در روز ۶ جولای بعد از اجرای شرایط غیرمرجع نسیم خشکی بطور کامل از بین رفته است و نسیم دریا با شدت زیادی به سمت مناطق جنوبی جریان یافته است اما در روز ۲۷ جولای به دلیل وجود سامانه پرفشار بروی مناطق جنوبی دریای خزر و تضعیف نسیم دریا، در شرایط غیرمرجع شدت نسیم دریا افزایش قابل توجهی نداشته است و در بعضی از مناطق نسیم خشکی به چشم می خورد. در تمام منطقه جهت باد به شدت تغییر پیدا کرده است، بیشترین میزان تغییرات جهت باد در ناحیه مرکزی مشاهده می‌شود (شکل ۹ و ۱۰).

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]



شکل(۹). نقشه بردار باد سطح زمین در ساعت۱۲GMT روز ۶ جولای ۲۰۰۲، شرایط مرجع(خطوط قرمز) و شرایط حاصل از حذف توپوگرافی( خطوط آبی)



شکل(۱۰). نقشه بردار باد سطح زمین در ساعت۱۲GMT روز ۲۷ جولای ۲۰۰۲، شرایط مرجع(خطوط قرمز) و شرایط حاصل از حذف توپوگرافی( خطوط آبی)

در سواحل شرقی دریای خزر با حذف توپوگرافی بر شدت سرعت باد و به تبعیت از آن بر میزان نفوذ نسیم‌دریا افزوده می‌شود، بنابراین بیشترین میزان انتقال رطوبت نیز از این مناطق می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

جهت بررسی تاثیر عوامل جغرافیای محل در سازوکار و شرایط گردش نسیم‌دریا از مدل اقلیم منطقه ای RegCM.4 بهره گرفته شد. داده های مورد استفاده شامل: داده‌های ایستگاه‌های همدید و داده‌های شبکه بندی شده دوباره تحلیل مورد نیاز برای شبیه سازی در مدل اقلیمی شامل: داده‌های سطحی و همچنین داده‌های جوی بود. به این منظور شبیه‌سازی سیستم گردشی نسیم‌دریا در دو شرایط مرجع (وجود توپوگرافی) و غیرمرجع (حذف توپوگرافی) انجام پذیرفت.

نتایج پژوهش نشان داد در صورت حذف توپوگرافی در مناطق مرتفع به دلیل کاهش ارتفاع، افزایش دما و در مناطق جنوبی رشته‌کوه البرز، کاهش چشمگیر دما خودنمایی می‌کند. در عین حال، برخلاف انتظار در حاشیه سواحل جنوبی دریای خزر تفاوت محسوسی قابل مشاهده نمی‌باشد.

طبق نتایج تحقیقات قبلی در دیگر مناطق ارتفاعات به میزان قابل توجهی بر میزان نفوذ و شدت نسیم‌دریا اثرگذار بوده و باعث تضعیف نسیم‌دریا و تقویت نسیم‌خشکی می‌شوند. نتایج نشان داد با حذف توپوگرافی نسیم‌دریا تا مناطق جنوبی رشته‌کوه البرز (۳۵ شمالی) پیشروی

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

(بین ۱۰۰ تا ۱۶۰ کیلومتر) کرده و نسیم‌خشکی در منطقه از بین رفته است، در این رابطه بیشینه افزایش سرعت در سواحل شرقی و بیشترین تغییر جهت باد در ناحیه مرکزی مشاهده گردید. با توجه به اینکه نسیم‌دریا رطوبت دریا را منتقل می‌کند در زمان وجود توپوگرافی رطوبت با برخورد به ارتفاعات مسدود می‌شود اما در شرایط غیر مرجع رطوبت به شکل کمربند پیوسته‌ایی در سواحل جنوبی دریای خزر کاهش یافته که در این میان کاهش رطوبت سواحل شرقی چشمگیرتر از سواحل غربی بوده است.

در زمان حذف ارتفاعات البرز به دلیل برطرف شدن مانع ارتفاعات، ضخامت نسیم‌دریا در مناطق مختلف به طور قابل ملاحظه‌ایی افزایش پیدا کرده است. اما در منطقه نوشهر (طول $۵۱,۵^{o}$) به میزان اندکی با افزایش ضخامت نسیم دریا مواجه هستیم.

نسیم دریا گردش جوی محلی است که از شرایط جغرافیای محل و همچنین گردش های منطقه ای تاثیر می پذیرد. با تغییر در شرایط جغرافیایی محل (توپوگرافی)، سازوکار نسیم دریا در منطقه خزری منتج به تشدید نسیم دریا و تضعیف نسیم خشکی گردید. علاوه بر آن رشته ارتفاعات البرز و تالش باعث محدود شدن نسیم دریا در این منطقه شده است. در صورت نبود این ارتفاعات عمق نفوذ نسیم دریا درمنطقه بیشتر و به تبع آن شرایط دمایی و رطوبتی حاصل از آن در گستره بیشتری نفوذ می یابد. نتایج این تحقیق موید این است که تغییر در شرایط محل می‌تواند در شرایط اقلیمی منطقه تغییر ایجاد کند. پیشنهاد می شود تحقیق مشابهی در زمینه تغییرات پوشش سطح زمین، تغییر کاربری و رشد عمودی شهرها در این منطقه به هدف بررسی تاثیر آنها بر گردش جو در مقیاس محلی و خرد اقلیم انجام پذیرد.

## منابع و ماخذ

**۱.**بیدختی، علی اکبر و محمد مرادی (۱۳۸۳). **مطالعه ای مشاهداتی روی نسیم دریا در منطقه بوشهر**، بهار و تابستان ۱۳۸۴، صص ۳۱- ۷.

۲.بابائیان، ایمان؛ کریمیان، مریم و راحله مدیریان (۱۳۸۶). **شبیه سازی بارش ماههای سرد سالهای ۱۳۷۶و۱۳۷۹ بااستفاده ازمدل اقلیمی RegCM3**، جغرافیا و توسعه،شماره ۱۰،پاییز و زمستان ۱۳۸۶،صص ۷۲-۵۵.

۳.بابائیان، ایمان؛ مدیریان، راحله؛ کریمیان، مریم و شراره ملبوسی (۱۳۹۰). **بررسی توانمندسازی مدل اقلیمی PRECIS در شبیه‌سازی بارش‌های منطقه‌ایی در ایران**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، مقاله ۸ ، دوره ۴۳، شماره ۷۷، زمستان۱۳۹۰، صص ۱۴۰-۱۲۵.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

۴.حجازی‌زاده، زهرا؛ علیجانی، بهلول؛ ضیاییان، پرویز؛ کریمی، مصطفی و سمیه رفعتی (۱۳۹۱). **ارزیابی بارش ماهواره‌ای 43B3 و مقایسه آن با مقادیر حاصل از تکنیک درون یابی کریجینگ**،انجمن سنجش از دور و GIS ایران،سال چهارم،شماره سوم،پاییز ۱۳۹۱، صص ۶۴ – ۴۹ .

۵.شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ نجیب‌زاده، فهیمه و زهرا زارعی چقابلکی (۱۳۹۲). **مدل‌سازی عددی و شبیه-سازی بادهای روی حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه**،پژوهش‌های جغرافیای طبیعی،سال۴۵،شماره‌ی ۱، بهار ۱۳۹۲،صص ۱۳۵-۱۱۹.

۶.شمسی پور، علی اکبر، سمیه زارع و رضا رئیسی (۱۳۹۱). **سازو کار شکل گیری نسیم دریا در سواحل شمالی خلیج فارس**، هشتمین همایش ملی خلیج فارس، کیش، اردیبهشت۱۳۹۱، صص ۱۱-۱۲.

۷.عزیزی، قاسم؛ معصوم‌پور سماکوش، جعفر؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ رنجبر، عباس و پیمان زوار رضا (۱۳۸۹). **شبیه‌سازی عددی نسیم‌دریا در سواحل جنوبی دریای خزر بر مبنای مشخصه‌های اقلیمی**، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال اول، شماره اول و دوم، بهار و تابستان ۱۳۸۹، صص ۳۸ – ۲۱.

۸.عزیزی، قاسم؛ معصوم‌پور سماکوش، جعفر؛ خوش‌اخلاق، فرامرز و رنجبر، عباس (۱۳۹۳) **تأثیر شارشهای همدید بر روی نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر**، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال هفتم، شماره ۶۲، ۱۴۰-۱۲۱.

۹.کریمیان، مریم؛ بابائیان، ایمان و راحله مدیریان (۱۳۸۹). **بررسی توانمندی مدل اقلیمی RegCM.3 در مدل‌سازی بارش و دمای استان خراسان مطالعه موردی زمستانهای دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰**، تحقیقات جغرافیایی، تابستان۱۳۸۹، شماره ۹۷، صص ۱۸۶ – ۱۶۷.

۱۰. مشکواتی، امیرحسین؛ کردجزی، محمد و ایمان بابائیان (۱۳۸۹). **بررسی و ارزیابی مدل لارس در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳ میلادی**،نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۶،شماره ۱۹،زمستان ۱۳۸۹،صص ۹۶-۸۱.

۱۱. معصوم پور سماکوش، جعفر (۱۳۸۹). **مکانیسم شکل گیری نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر رساله دکتری به راهنمایی قاسم عزیزی**،دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

۱۲. مفیدی، عباس؛ کارخانه، میثم و آذر زرین (۱۳۹۲). **شبیه سازی نقش دریای خزر در وقوع بارش های منطقه ایی با استفاده از مدل اقلیمی مقیاس منطقه ایی RegCM4 پیوند خورده با مدل دریاچه**،نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته،۱۳ اردیبهشت و ۱ خرداد ۱۳۹۲.

Azorin-Molina, Cesar, Bernadette H. Connell, Rafael Baena-Calatrava, (2009). ***Sea-Breeze Convergence Zones from AVHRR over the Iberian Mediterranean Area and the Isle of Mallorca***, Spain. J. Appl. Meteor. Climatol. 48, 2069–2085.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

Bastin, Sophie, and Coauthors, (2006***). On the Interaction between Sea Breeze and Summer Mistral at the Exit of the Rhône Valley***. Mon. Wea. Rev., 134, 1647–1668.

Bowers, L., (2004). ***The Effect of Sea Surface Temperature on Sea Breeze Dynamics along the Coast of New Jersey, thesis, State University of New Jersey.***

Dalu, G. A., and R. A. Pielke, (1989). ***An analytical study of the sea breeze***. J. Atmos. Sci., 46, 1815–1825.

Papanastasiou, D. K., Melas, D., Lissaridis, l., (2010). ***Study of wind field under sea breeze conditions; an application of WRF model***, Atmospheric Research – ATMOS RES, vol. 98, no. 1, pp. 102–117.

Miao, J. F., L. J. M. Kroon, J. Vila-Guerau de Arellano, A. A. M. Holtslag, (2003). ***Impacts of topography and land degradation on the sea breeze over eastern Spain***, Meteorol Atmos Phys, 84, 157–170.

Miller, S. T. K., Keim, B. D., Talbot, R. W., and Mao, H., (2003). ***Sea breeze: Structure, forecasting, and impacts***, Rev. Geophys, 41(3) , 1-31, doi: 10.1029/2003RG000124.

Miller, Samuel T. K., Barry D. Keim, (2003). ***Synoptic-Scale Controls on the Sea Breeze of the Central New England Coast***. Wea. Forecasting, 18, 236–248.

Militello, Adele, Nicholas C. Kraus, (2001). ***Generation of Harmonics by Sea Breeze in Nontidal Water Bodies. J. Phys. Oceanogr***., 31, 1639–1647.

ZHU, M., B. W. Atkinson, (2004). ***Observed and Modelled Climatology of the Land-Sea Breeze Circlulation over the Persian Gulf***, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY Int. J. Climatol. 24: 883–905.

Orlić, M., B. Penzar, I. Penzar, (1988). ***Adriatic Sea and Land Breezes***, Clockwise Versus Anticlockwise Rotation. J. Appl. Meteor., 27, 675–679.

Rani SI, Ramachandran R, Subrahamanyam DB, Alappattu DP, Kunhikrishnan P (2010). ***Characterization of sea/land breeze circulation along the west coast of Indian sub-continent during pre-monsoon season***. Atmos Res 95:367–378.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]

Rao, P. Anil, Henry E. Fuelberg, (2000). ***An Investigation of Convection behind the Cape Canaveral Sea-Breeze Front***. Mon. Wea. Rev., 128, 3437–3458.

Roger A. Pielke, (1974). ***Three-Dimensional Numerical Model of the Sea Breazes Over South Florida***, Monthly weather Review,115-139

Qian, Tingting, Craig C. Epifanio, Fuqing Zhang, (2012). ***Topographic Effects on the Tropical Land and Sea Breeze***. J. Atmos. Sci., 69, 130–149.

Simpson, J. E., (1994). ***Sea breeze and local wind***, Cambridge university press, UK, 234 pp.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.41.7.0 ]