Climate Change & Climate Disasters

Print ISSN: 2783-0551

University Zanjan

Wind of Manjil

Nima Farid Mojtahedi ✉ [1] | Gasem Azizi [1] | Hossein Abed [1] | Mohammad Hashemzadeh [1] | Samaneh Negah[1]

1.PhD student Climatology University of Tehran. Exert of Research Grroup of Guilan Meteorological Department
2.Associate Professor Climatology, University of Tehran.
3.Mastrers Sciences Climatology. Head of Research Grroup of Guilan Meteorological Department
4.PhD student Climatology University of Tehran.
5.PhD Climatology. Exert of Research Grroup of Guilan Meteorological Department

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:
2024/3/20
Received:
2024/5/2
Accepted:
2024/6/22
Published:
2024/8/5

Keywords:

Manjil Wind, Synoptic meteorology, Caspian Sea-Iranian Plateau index, Seasonal wind patterns, Iranian plateau microclimates, Localized wind systems.

Abstract: The Manjil Wind (MW), a significant local wind system in Iran, has been subject to limited research concerning its genesis, characteristics, and spatial impact. To address this gap, the present study utilizes synoptic stations data, alongside 2.5° NCEP/NCAR and 0.25° ECMWF reanalysis datasets, to meticulously dissect the behavior patterns of the MW. Observational analysis reveals distinct monthly and seasonal rhythms, with the MW initiating at approximately 9 a.m. local time and reaching peak velocity between 3 p.m. and 4 p.m. Noticeably, the highest frequency of MW occurrence is documented during June and July. Investigating the statistical behavior indicates a direct influence of diurnal and seasonal thermal shifts on the MW. The wind's genesis is traced to localized barometric gradients generated by the altitudinal disparity between the Caspian Sea's Iranian coastline and the Iranian Plateau. Additionally, the progression of synoptic systems is noted to play a secondary yet integral role. The morphology of the Sefidroud Valley, combined with the geographical placement of the Manjil Strait at its terminus and subsequent breach into the Manjil Plain, is instrumental in facilitating the inception and propagation of the MW across the Iranian plateau, extending from the Qazvin to the Zanjan Plain. An analysis of wind direction and velocity in the southern Alborz elucidates that the swath of the MW spans westward to the Zanjan Plain, eastward to Tehran, and southward to Buin Zahra during its peak periods. The investigation posits that diurnal and seasonal wind behaviors, particularly the velocity in correlation with bimodal barometric patterns, are significantly modulated by the thermal properties of the lower troposphere. Introduction of the Caspian Sea-Iranian Plateau (CSIP) index in this study affirms the identified underpinnings of the MW. Novel findings from this research include the recognition that Jirandeh, located at an altitude of 1500 meters on the southern slopes, is subjected to a wind regime analogous to the MW.

Cite this article: Farid Mojtahedi,N, Azizi, G. Abed, H. Hashemzadeh, M. Negah, S (2024). Wind of Manjil. Climat Chenge and Climat Disasters, 3(5), 86-111.
© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan

CC BY

دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی
شاپا چاپی: ۲۷۸۳-۰۵۵۱
دانشگاه زنجان

باد منجیل

نیما فریدمجتهدی [۱] | قاسم‌عزیزی [۲] | حسین عابد [۳] | محمد هاشم‌زاده [۴] | سمانه نگاه [۵]

۱. دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی دانشگاه تهران. کارشناس گروه تحقیقات اداره کل هواشناسی گیلان
۲. استاد آب‌وهواشناسی دانشگاه تهران
۳. کارشناس‌ارشد آب‌وهواشناسی. رئیس گروه تحقیقات اداره کل هواشناسی گیلان
۴. دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی دانشگاه تهران
۵. دکتری هواشناسی. کارشناس گروه تحقیقات اداره کل هواشناسی گیلان

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

بازنگری: ۱۴۰۳/۲/۱۲

پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲

انتشار: ۱۴۰۳/۵/۱۵

واژگان کلیدی:

باد منجیل، پرفشار حرارتی کاسپین، کم فشار حرارتی فلات ایران، شاخص CSIP.

چکیده: باد منجیل یکی از مهم‌ترین سامانه‌های باد محلی ایران است ولی انجام پژوهش در زمینه سازوکار شکل‌گیری، رفتار و گستره مکانی باد منجیل بسیار محدود است. در این مطالعه از داده‌های ایستگاه‌های همدید منطقه و ۲.۵ درجه NCEP/NCAR و ۰.۲۵ درجه (ECMWF) جهت تحلیل رفتار این پدیده استفاده شد. مطالعه رفتار باد منجیل نشان از الگوهای مشخص ماهانه و رزوانه دارد. باد منجیل از حوالی ۹ صبح به وقت محلی شروع به وزیدن می‌کند و اوج فعالیت آن در ساعات ۱۵ تا ۱۶ محلی است. بیشینه فراوانی باد در طی ماه‌های خرداد و تیر است. رفتار آماری پدیده نشان از تاثیرپذیری آن از رژیم حرارتی روزانه و فصلی دارد. سازکار شکل‌گیری این باد ماحصل تفاوت فشار محلی ناشی از اختلاف ارتفاع میان دریای کاسپین و جلگه گیلان و فلات ایران، در مرحله اول و تاثیر سامانه‌های همدید در رتبه بعدی است. کشیدگی درهٔ سفیدرود و قرارگیری تنگه منجیل در خروجی آن و ورود یکباره آن به دشت منجیل، شرایط وزش و گسترش بادبزنی شکل باد منجیل را در گستره فلات ایران از دشت قزوین تا دشت زنجان فراهم کرده‌است. بررسی همبستگی فراوانی سمت و تندی باد در جنوب البرز نشان می‌دهد که گستره باد منجیل از غرب به غرب دشت زنجان، از شرق در تهران و از جنوب تا بوئین‌زهرا در طی ماه‌های اوج فعالیت کشیده می‌شود رفتارهای روزانه و فصلی باد منجیل به ویژه از لحاظ تندی و فراوانی رخداد تابع دو سامانه‌ی فشاری، مقیاس منطقه‌ای است که به شدت از ویژگی‌های حرارتی سطوح زیرین جو متاثر هستند. در این مطالعه برای شناسایی عامل به وجود آورنده باد منجیل شاخص CSIP معرفی شد که تایید‌کننده عامل به وجود آورنده باد منجیل است. این مطالعه برای اولین‌بار نشان داد که جیرنده در ارتفاع ۱۵۰۰ متری در دامنه‌های جنوبی بادی، مشابه منجیل دارد.

استناد: فریدمجتهدی، نیما. عزیزی، قاسم.عابد، حسین. هاشم زاده، محمد. نگاه، سمانه (۱۴۰۳). باد منجیل. دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی, ۳(۵), ۸۶-۱۱۱.

© نویسندگان .

ناشر: دانشگاه زنجان.

Homepage: cccd.znu.ac.ir

CC BY

مقدمه

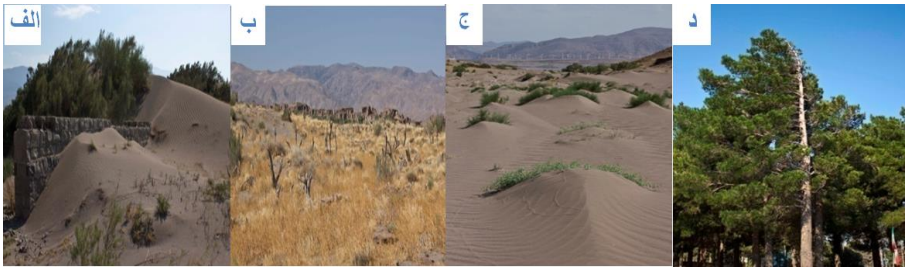
متغیر باد به عنوان یکی از متغیرهای ملموس هواشناسی، اثرهای عمیقی بر روی آب‌وهوای هر منطقه دارد. اثرهای مثبت آن را می‌توان در تامین انرژی، تهویه هوا، کاهش آلودگی، تعدیل بیشتر و اثرهای زیستی متفاوت دانست. علاوه‌براین افزایش تندی باد می‌تواند به دلایل مختلفی سبب خسارت‌های زیاد به ابنیه، محصول‌های کشاورزی، گسترش آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی، انتقال بیماری‌ها و غیره شود. تمامی ویژگی‌های بالا وقتی که پدیدهٔ باد، جزو رژیم غالب یک منطقه باشد و رفتار آن از بعد مکانی و بازهٔ زمانی مشخص، اهمیت‌اش در ابعاد انسانی منطقه بیشتر مشخص می‌شود. باد منجیل یکی از بادهای مشهور ایران است. جهت مشخص، تندی زیاد و رفتار روزانهٔ مداوم، سبب شده این باد یکی از معدود پدیدهای هواشناسی شاخص و شناخته شده حتی برای بیشتر عموم مردم ایران باشد. بااین‌حال علی‌رغم اهمیت این باد، به دلایل زیادی هنوز شناخت کافی از سازوکار شکل‌گیری و رفتار روزانه و فصلی این باد وجود ندارد و معدود مطالعه‌های انجام شده نیز به دلیل نبود داده در گسترهٔ مکانی مناسب و طول دورهٔ آماری ناکافی، ذاتاً ناقص هستند. این باد اثرهای زیادی بر نحوهٔ زیست انسان، معماری، شهرسازی، کشاورزی، پوشش گیاهی در منطقه دارد. علاوه بر این‌ها، اثرهای ژئوموفولوژیکی و آب‌وهوایی آن، گاهی سبب به وجود آمدن مخاطره‌های محیطی نیز می‌شود (شکل ۱). از طرفی از لحاظ تأمین برق از نیروی باد و احداث اولین و نیروگاه بادی کشور دارای اهمیت است. در زمینهٔ بادهای منطقه‌ای و محلی و سازوکار ایجادشان در جهان مطالعه‌های فراوانی انجام شده است. ازجمله می‌توان به مطالعه‌ها در زمینهٔ نحوهٔ شکل‌گیری باد گرم در سامانه‌های کوهستانی عمدهٔ دنیا اشاره داشت که بیشترین آن‌ها مربوط به منطقهٔ آلپ (فون) و راکی (چینوک) است. در این مورد می‌توان از مطالعه در کوه‌های اسموگی و آپالاش (Gaffin;2002,908 و 2007,145;)، آلپ‌های استرالیا (sharples; ۲۰۱۰1068,) و زوندا در آند (Seluchi 2002;,481) نام برد. مطالعه باد در ادبیات علمی آب‌وهواشناسی و هواشناسی ایران معدود است. معدود مطالعه‌های انجام

پذیرفته در این زمینه بیشتر در دهۀ ۸۰ خورشیدی صورت گرفته است. بیشتر مطالعه‌های صورت پذیرفته در زمینۀ تحلیل آماری و شناسائی توان و استعداد استفاده از انرژی باد و همچنین مباحث مرتبط با معماری بوده‌است (عباس‌زاده و همکاران،۱۳۹۳:۵۳). از آن جمله مطالعه‌ها در زمینۀ انرژی بادی می‌توان از پژوهش گندمکار (۱۳۸۸:۸۵) در کشور ایران نام برد که از این لحاظ پهنۀ ایران را به چهار بخش متمایز طبقه‌بندی کرد. وی در مطالعه دیگری شرایط پتانسیل انرژی بادی را در فیروزکوه مطالعه کرد (گندمکار، ۱۳۸۸: ۷۸). از دیگر این نوع مطالعه‌ها می‌توان از اسدی و همکاران(۱۳۹۲:۱۱) در شمال‌شرق کشور، محمدی و همکاران در استان کرمانشاه (۱۳۹۱: ۱۹)، صلاحی در استان اردبیل (صالحی، ۱۳۸۳: ۸۷) و... نام برد. مطالعه‌های از نوع تحلیل سازوکار تنها محدود به دو باد عمدۀ و مشهور ایران، باد ۱۲۰روزه و باد منجیل است. حسین‌زاده اولین پژوهش در زمینۀ باد ۱۲۰روزۀ سیستان را انجام داد. گندمکار در مطالعۀ خود در زمینۀ باد ۱۲۰روزۀ سیستان دریافت که گسترش مرکز کم‌فشار پاکستان در سطح زمین و مرکز کم‌ارتفاع گنگ و پاکستان در لایه‌های پائین و میانی جو، در واقع الگوی حاکم بر وزش بادهای ۱۲۰روزه سیستان است (۱۳۸۹:۱۱۴). پژوهش مفیدی و همکاران (۱۳۹۲: ۸۷) در زمینۀ تعیین زمان آغاز، خاتمه و طول مدت وزش باد سیستان نشان داد که متوسط طول دورۀ وزش باد سیستان ۱۶۵ روز در سال است و زمان آغازگری، زمان خاتمه، شدت و طول مدت وزش باد سیستان تغییرهای قابل ملاحظه‌ای را از سالی به سال دیگر نشان می‌دهد. مسعودیان مطالعه مروری و با استفاده از داده‌های ساعتی جهت و تندی باد، سازوکار شکل‌گیری باد ۱۲۰ روزه سیستان را تشریح کرد. به نظر وی کم‌فشار پاکستان و پیکربندی ناهمواری نقشی اساسی در پیدایش و ویژگی باد ۱۲۰روزه دارند. بررسی فشار تراز دریا آشکار ساخت که تفاوت فشار تراز دریا از شمال‌شرقی کشور با فشار تراز دریا بر روی جنوب پاکستان با تندی باد صدوبیست روزه در پیوند است. مطالعه‌های صورت گرفته در زمینه باد منجیل مطالعۀ آن نسبت به باد سیستان بسیار معدودتر است. اولین اشاره‌های علمی در زمینۀ باد

منجیل در ایران مرتبط با گنجی(۱۳۷۴)، علیجانی(۱۳۷۴)، عظیمی (۱۳۸۵)، رضائی (۱۳۸۱)، مسعودیان (۱۳۹۳)، صداقت‌کردار (۲۰۰۹) است. باد منجیل را شاید بتوان تنها مطالعهٔ در زمینهٔ بادهای کوهستانی از نوع باد تنگه دانست (صداقت‌کردار و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۳۲). با تمام اهمیتی که این باد داشته است، مطالعهٔ علمی در زمینهٔ آن تا سال ۱۳۸۱ که اولین مطالعه در زمینهٔ آن صورت پذیرفت به تاخیر افتاده است. علت اصلی این تاخیر، نبود ایستگاه همدید کافی در سطح منطقه بوده‌است. با توجه به اینکه تنها مطالعهٔ صورت پذیرفته نیز با استفاده از داده‌های یک سال بوده نمی‌توانسته از لحاظ آب‌وهوایی کفایت لازم را داشته باشد. احداث چندین ایستگاه همدید در گسترهٔ مکانی احتمالی وزش این باد در طی ۱۵ سال اخیر و ایجاد بانک اطلاعاتی به نسبه مناسب شرایط را برای بررسی دوباره و جامع در زمینهٔ سازوکار، رفتار، گسترهٔ مکانی این باد ایجاد کرده‌است. فرضیه‌های موجود در زمینهٔ سازوکار رخ‌داد این باد اشاره به اختلاف دمای بین جلگهٔ گیلان و فلات ایران (دشت قزوین) و برخی دیگر به همگرایی و کانالیزه شدن جریان در درهٔ سفیدرود و نقش آن در تندی و جهت باد منجیل اشاره دارد. هدف از انجام این مطالعه، به دست آوردن شناخت صحیح و کامل از وضعیت باد منجیل از جنبه‌های گوناگون ویژگی‌های هواشناسی است. در این مطالعه سعی شده‌است به برخی از سوال‌های بنیادی و کاربردی موجود در این زمینه پاسخ داده‌شود. باتوجه‌به اثرهای مهم باد منجیل به ویژه از لحاظ مسائل مربوط به معماری، کشاورزی و آسایش-زیستی، به دست‌آوردن شناخت در این زمینه کمک موثری به برنامه‌ریزی‌های مرتبط با آب‌وهوا می‌کند. پرسش‌های اصلی این پژوهش عبارتنداز:

۱. در میان عوامل به وجود آورنده باد منجیل، عوامل همدید و نقش ناهمواری، کدام یک در رفتار این باد نقش موثرتری دارند؟

۲.گسترهٔ مکانی باد منجیل تا چه مناطقی از ایران را دربر می‌گیرد؟



شکل۱: الف) تجمع ماسه‌های بادی در پشت دیوارهای رسوب‌گیر و درختان تاغ. ب) از بین رفتن باغ‌های زیتون در جنوب دریاچهٔ سد سفیدرود. ج) نبکاهای شکل‌گرفته در راستای درهٔ سفیدرود در جنوب دریاچهٔ سد، در پس زمینه نیروگاه بادی منجیل مشخص است. د) درخت پرچمی ناشی از باد منجیل در شهر منجیل

۱. داده ها و روش‌ها

۱.۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بر بخش شمالی فلات ایران منطبق است. نیمرخ منطقه از شمال تا جنوب، چند واحد جغرافیایی عمده ازجمله دریای کاسپین، رشته‌کوه البرز، فلات ایران را شامل می‌شود. علاوه بر این منطقه چندین واحد ژئوموفولوژیک مشخص را دربر می‌گیرد که در مباحثی چون جهت باد و دامنهٔ گسترش باد اهمیت زیادی دارد. این واحدها عبارت‌اند از جلگهٔ مرکزی گیلان، درهٔ سفیدرود، تنگهٔ منجیل، دشت منجیل، دره‌های شاهرود و قزل‌اوزن، دشت قزوین، رشته‌کوه قافلان‌کوه، دشت تهران (شکل.۲). در شکل‌گیری باد منجیل، مجاورت سامانه‌هایی چون دریای کاسپین، رشته‌کوه البرز، درهٔ سفیدرود و فلات ایران، در کنار هم و در همسویی با هم موثرند.

شکل۲: محدودهٔ مورد مطالعه به همراه ایستگاه‌های همدیدی مورد استفاده (منبع: نگارندگان)

۲-۱. داده‌ها

در این مطالعه از داده‌های ساعتی ایستگاه‌های همدید منجیل، کشاورزی رشت، لاهیجان و جیرنده جهت بررسی سازوکار باد منجیل و شناخت رفتار روزانه، ماهانه و فصلی این باد استفاده شد. علاوه‌براین جهت شناسائی گسترهٔ مکانی باد منجیل در فلات ایران از داده‌های ساعتی ایستگاه‌های رازمیان و معلم‌کلایه (دره شاهرود)، قزوین، آبیک، بوئین‌زهرا، تاکستان (دشت قزوین)، ایستگاه‌های همدید خرم‌دره، خیرآباد و زنجان (دشت زنجان)، آب‌بر (درهٔ طارم)، کرج، شهریار، فرودگاه مهرآباد، فرودگاه امام در منتهی‌الیه شرقی محدوده مورد مطالعه استفاده شد. تعداد کل داده‌ها مورد بررسی در این پژوهش برابر با ۴۴۱۵۰۴۰ داده دیدبانی است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این پژوهش(منبع هواشناسی گیلان)

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع(متر)	دوره آماری	موقعیت زمین‌ریخت‌شناسی
منجیل	۴۹° ۲۴′ ۳۵″	۳۶° ۴۳′ ۴۵″	۳۳۸/۳	۱۳۷۱	دشت منجیل
کشاورزی رشت	۴۹° ۳۸′ ۴۲″	۳۷° ۱۲′ ۰۹″	25	۱۳۶۴	جلگه گیلان
لاهیجان	۵۰° ۰۰′ ۵۸″	۳۷° ۱۱′ ۴۰″	۳۴/۲	۱۳۸۱	جلگه گیلان
جیرنده	۴۹° ۴۸′ ۰۶″	۳۶° ۴۲′ ۲۹″	۱۵۸۱/۴	۱۳۸۴	دامنه جنوبی البرز
رازمیان	۵۰° ۱۲′ ۴۱″	۳۶° ۳۲′ ۲۸″	۹۸۲	۹۹۴	دره شاهرود
معلم‌کلایه	۵۰° ۲۹′ ۱۵″	۳۶° ۲۶′ ۵۰″	۱۶۲۹	۱۳۷۹	دره شاهرود
قزوین	۵۰° ۰۳′ ۴۱″	۳۶° ۱۵′ ۴۲″	۱۲۷۹	۱۳۳۴	دشت قزوین
آبیک	۵۰° ۳۲′ ۱۸″	۳۶° ۰۱′ ۱۰″	۱۲۲۶	۱۲۳۴	دشت قزوین
تاکستان	۴۹° ۴۰′ ۴۱″	۳۶° ۰۳′ ۰۹″	۱۲۸۳	۱۳۸۲	دشت قزوین
بوئین زهرا	۵۰° ۰۴′ ۰۲″	۳۵° ۴۶′ ۲۵″	۱۲۸۲	۱۳۸۶	دشت قزوین

خرم‌دره	۱۲′ ۳۹″ ۴۹°	۳۶° ۱۱′ ۴۵″	۱۵۷۵	۱۳۶۲	دشت زنجان
خیرآباد	۴۵′ ۳۴″ ۴۸°	۳۶° ۳۱′ ۵۱″	۱۷۶۷	۱۳۸۴	دشت زنجان
زنجان	۲۲′ ۱۷″ ۴۸°	۳۶° ۴۶′ ۲۰″	۱۶۴۰	۱۳۳۵	دشت زنجان
آب‌بر	۵۶′ ۲۸″ ۴۸°	۳۶° ۵۶′ ۰۲″	۶۲۵	۱۳۸۱	درهٔ طارم
کرج	۵۷′ ۱۴″ ۵۰°	۴۸′ ۲۵″ ۳۵°	۱۲۹۲	۱۳۵۲	دشت تهران
شهریار	۰۱′ ۰۰″ ۵۱°	۴۰′ ۰۰″ ۳۵°	۱۱۶۳	۱۳۸۵	دشت تهران
فرودگاه مهرآباد	۱۸′ ۳۴″ ۵۱°	۳۵° ۴۱′ ۳۶″	۱۱۹۱	۱۳۲۱	دشت تهران
فرودگاه امام	۱۰′ ۰۰″ ۵۱°	۲۵′ ۰۰″ ۳۵°	۹۹۰	۱۳۸۱	دشت تهران

۳-۱. روش ها

داده‌های ساعتی این ایستگاه‌ها برای ساعت‌های ۰۳، ۰۹ و ۱۵ گرینویچ استخراج و گلبادهای مورد نیاز به شکل ماهانه و فصلی در ساعت‌های موردِ نظر ترسیم شدند که جهت ترسیم گلباد از نرم‌افزار WRplot استفاده شد. جهت بررسی گرادیان فشار بین دریای کاسپین و ایران مرکزی از داده‌های ۲/۵ درجه طولانی‌مدت (۱۹۸۸-۲۰۱۸) مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا NCEP/NCAR و داده‌ی ۰/۲۵ درجه سال ۲۰۱۰ مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی (ECMWF) استفاده شد.

ابتدا با استفاده از داده‌های NCEP/NCAR شرایط میانگین شیو فشار برای ساعت‌های مختلف همدید ترسیم شد تا علاوه بر بررسی تغییرهای شیو فشار در طول سال، ساعت بیشینه شیو نیز مشخص شود، سپس با استفاده از داده‌های ECMWF تغییرهای شیو سال ۲۰۱۰ با تغییرهای شدت باد مقایسه شدند تا مشخص شود زمان بیشینه شیو فشار و بیشینه باد بر هم منطبق می‌باشند یا خیر. شرایط توپوگرافی با بهره‌گیری از لایه رستری DEM ۹۰ متری ماهواره ASTER و تصاویر ماهواره‌ای گوگل مورد تفسیر قرار گرفت. جهت تحلیل آماری از بسته نرم‌افزاری SPSS استفاده شد. فرضیه‌های موجود در زمینه باد منجیل اشاره به وجود تفاوت‌های فشار و ارتفاع ترازهای پایین جو در شکل‌گیری این باد دارد (رضایی،۱۳۸۱، عظیمی، علیجانی،۱۳۷۴، مسعودیان،۱۳۹۱). اختلاف عرض‌جغرافیایی سه درجه‌ای، تفاوت خصایص فیزیکی محیط جغرافیایی فلات ایران با پهنهٔ آبی دریای کاسپین، سبب شکل‌گیری سامانه‌های فشاری متفاوت در دو منطقه و شیو شدید فشار شده‌است. هرچند با تمامی این مسائل، وجود درهٔ سفیدرود و تنگهٔ منجیل به عنوانِ یک عامل زمینه‌ساز مهم در تشدید سرعت این باد قلمداد می‌شوند. بدون شک شکل‌گیری باد منجیل در صورت عدم وجود درهٔ سفیدرود به عنوانِ تنها مسیر ارتباطی موجود در رشته‌کوه البرز غیرممکن بود. جهت بررسی تاثیر تفاوت فشار و شرایط دمایی میان این دو پهنهٔ جغرافیایی اقدام به بررسی داده‌های فشار و دما در طی دورهٔ ۳۰ ساله در دو منطقه شده است. جهت تبیین این مسئله شاخصی به عنوانِ شاخص تفاوت فشار میان دریای کاسپین و فلات ایران تهیه شد.این شاخص در این پژوهش CSIP (Caspian sea-Iran plateau) نام‌گذاری شد.

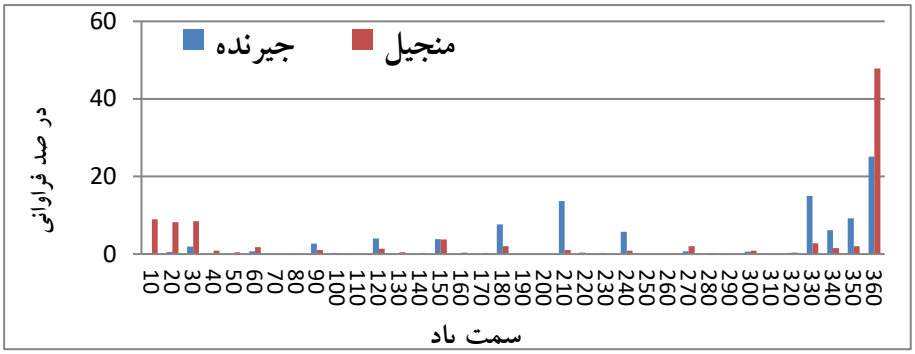
(۱)

$$CSIP=hgt_{1000}(R1)-hgt_{1000}(R2)$$

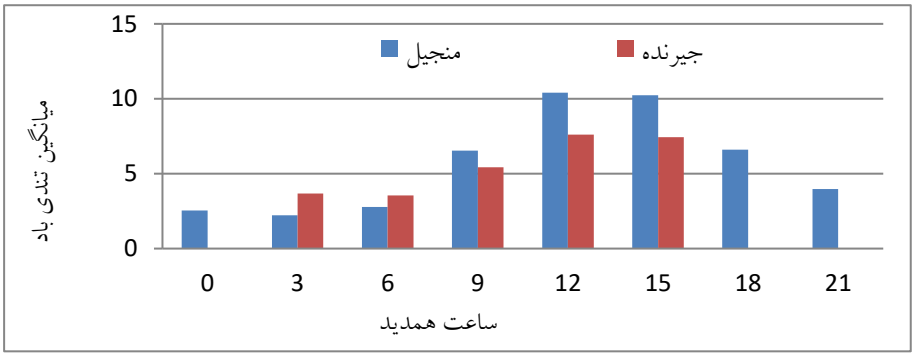
۲.یافته ها و نتایج

جهت تحلیل آماری روزانه، ماهانه و فصلی باد منجیل در جهت شناسائی رفتار باد، از تحلیل ساعتی باد ایستگاه منجیل و جیرنده بهره گرفته شد. ایستگاه جیرنده در شمال‌شرقی تنگ

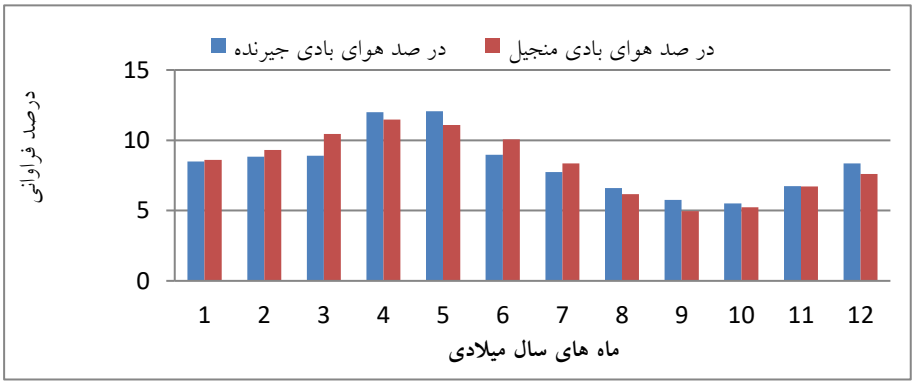
منجیل، در ارتفاع ۱۵۰۰ متری در دامنهٔ جنوبی رشته‌کوه‌های البرز واقع شده است. باتوجه‌به قرارگیری این ایستگاه در موقعیت مساعد، بررسی اطلاعات ساعتی باد آن می‌تواند افق جدیدی در زمینهٔ باد منجیل به ویژه در موردِ نیمرخ قائم آن بگشاید. مطابق آمارها، بیشینهٔ فراوانی بادها در منجیل، با جهت شمالی است (شکل.۳). جهت باد نائب‌غالب در داده‌های جهت باد در این ایستگاه باد جنوبی است که منطبق بر فصل سرد و ناشی از سازوکار باد گرمش است (مومن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴و عابد و همکاران، ۱۳۹۴). این مسئله در داده‌های سمت باد جیرنده نیز به طرز قابلِ توجه‌ای مشابه است. باد منجیل بادی است که در طول سال به طور دائمی می‌وزد. این باد دارای رفتار مشخص روزانه است. بدین‌صورت که تندی باد در طی روز از ۹ گرینویچ فرازش می‌یابد و کانون اوج آن در ساعت‌های ۱۲ و ۱۵ گرینویچ است. هرچند در ساعت ۱۲ گرینویچ سرعت میانگین باد اندکی از ساعت ۱۵ گرینویچ بیشتر است. میانگین بلندمدت تندی باد منجیل در ساعت اوج وزش در ساعت‌های ۱۲ و ۱۵ گرینویچ در طی دورهٔ آماری برابر با ۱۰ متربرثانیه است(شکل.۴). بررسی داده‌های ایستگاه همدید جیرنده در دامنه‌های جنوبی، نشان از مشابهت رفتار باد در دو ایستگاه دارد (شکل‌های ۵ و۸). رفتار روزانهٔ باد جیرنده مشابهٔ باد منجیل در ساعت۱۲گرینویچ است. با این تفاوت که میزان تندی بلند مدت آن برابر با ۷ متربرثانیه است. نگاهی به فراوانی هوای بادی در میان فصول مختلف سال نشان می‌دهد که در تابستان ۸۰ درصد اوقات هوا بادی بوده و پاییز و زمستان این فراوانی به ۵۰ درصد اوقات سال می‌رسد (شکل.۴و۵).



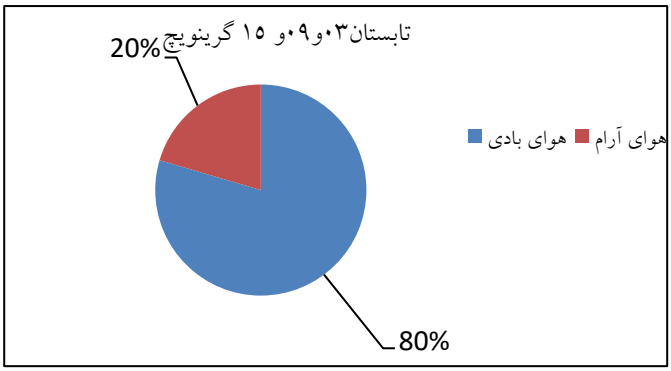
شکل ۳: درصد فراوانی سمت باد منجیل و جیرنده مستخرج از داده‌های روزانه در طی دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۷۱ برای منجیل و دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۸۴ برای جیرنده (منبع: نگارنده)



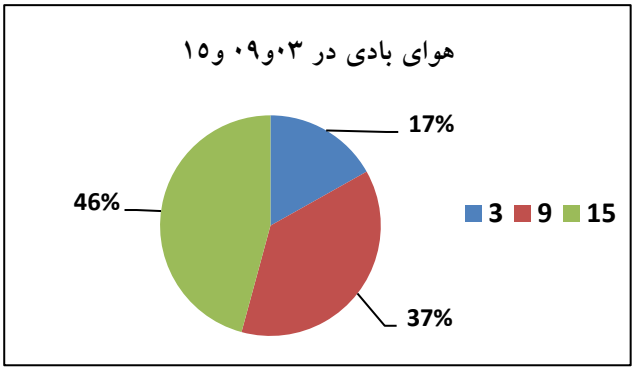
شکل۴: میانگین تندی بلندمدت باد منجیل و جیرنده برگرفته از داده‌های ساعتی همدید در طی دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۷۱ برای منجیل و دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۸۴ برای جیرنده (منبع: نگارنده)



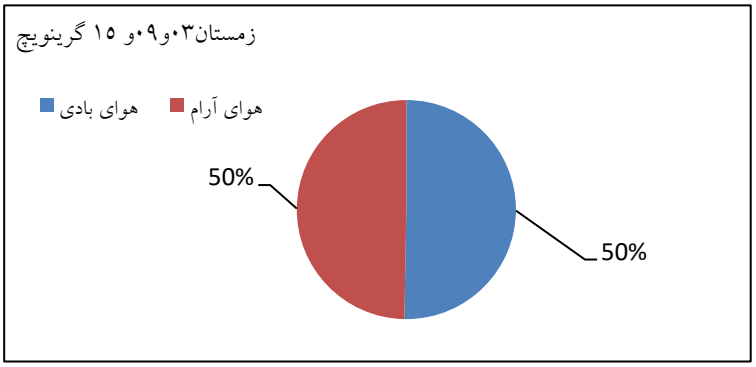
شکل۵: درصد فراوانی هوای بادی در ماه در طی دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۷۱ برای منجیل و دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۸۴ برای جیرنده (منبع: نگارنده)



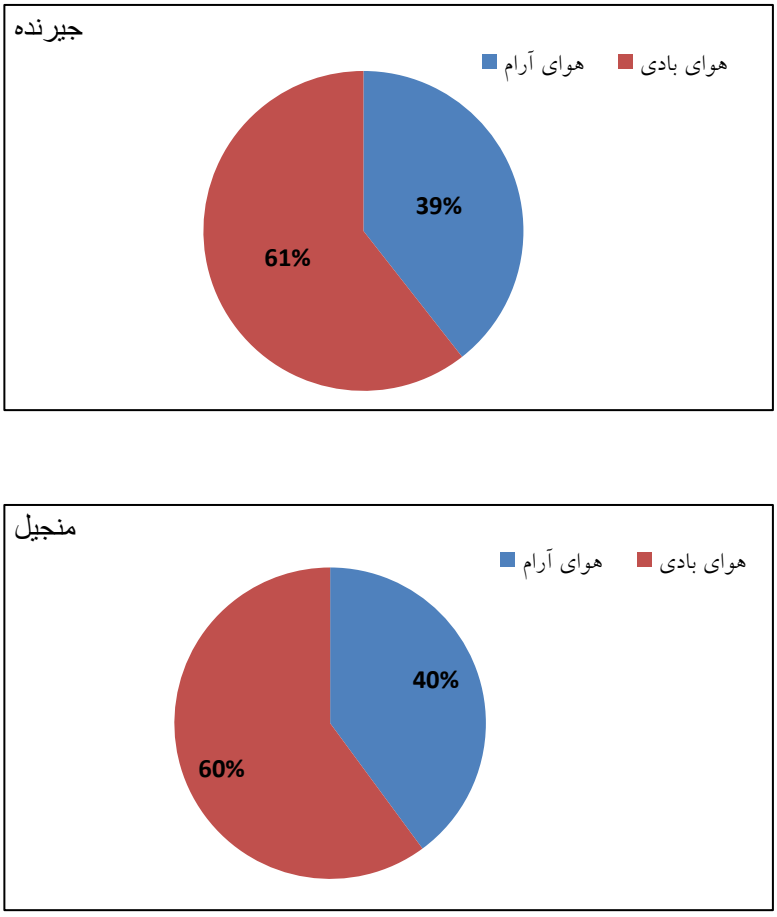
شکل ۶: درصد هوای بادی ایستگاه همدید منجیل، تابستان دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۷۱ (منبع: نگارنده)



شکل ۷: درصد هوای بادی ایستگاه همدید منجیل، زمستان دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۷۱ (منبع: نگارنده)



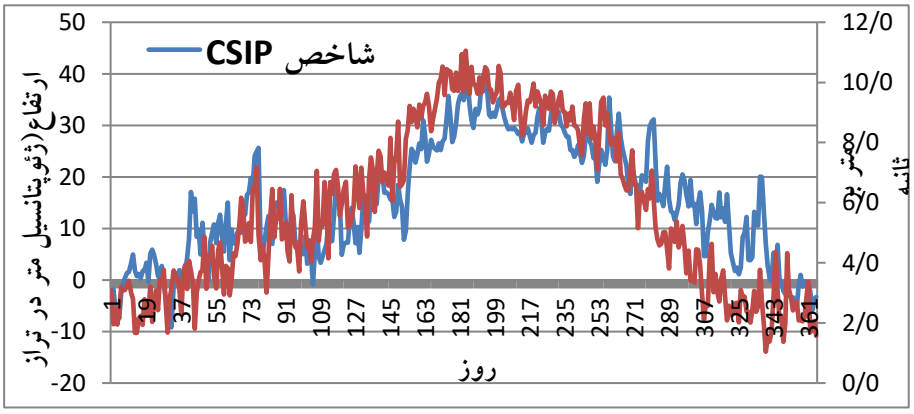
شکل۸: درصد هوای بادی در طی ساعت‌های گرینویچ در ایستگاه همدید منجیل دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۷۱(منبع: نگارنده)



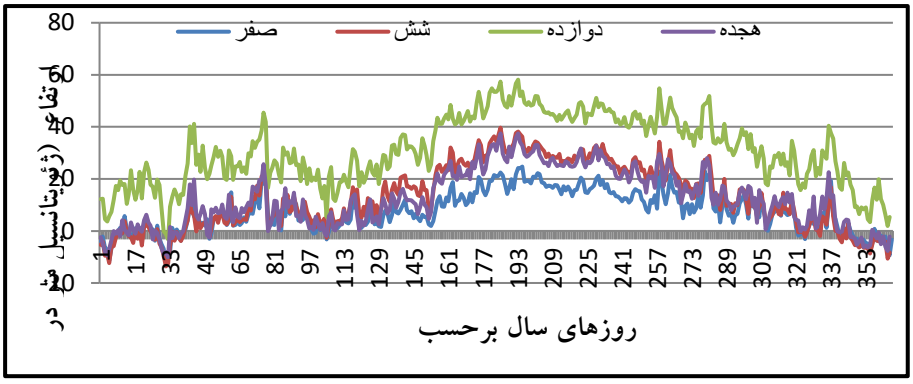
شکل ۹: مشابهت رژیم وضعیت هوای آرام و بادی ایستگاه‌های همدید جیرنده و منجیل برگرفته از داده‌های ساعتی در طی دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۷۱ برای منجیل و دورهٔ آماری ۱۳۹۷-۱۳۸۴ برای جیرنده(منبع: نگارنده)

مطالعهٔ رفتار شاخص CSIP در بلندمدت نشان از انطباق مناسب آن با رفتار باد منجیل دارد. با افزایش تفاضل این شاخص، فراوانی تندی این باد به شکل مشخصی در فصول گرم افزایش می‌یابد (شکل۹). محاسبهٔ این شاخص برای ساعت‌های صفر، ۰۹، ۱۲ و ۱۵ گرینویچ به شکل مشخصی رفتار روزانه باد منجیل را توجیه می‌کند (شکل.۱۰). همان‌گونه‌که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود هم‌زمان با فرازش تندی باد منجیل در ساعت ۱۲ در ایستگاه، شاهد

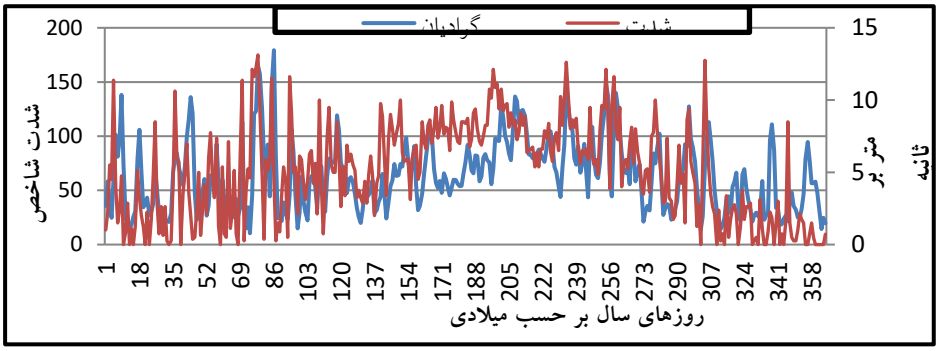
افزایش شاخص CSIP می‌باشیم. کمترین میزان شاخص در ساعت صفر است که دقیقاً مطابق با زمان کاهش مشخص تندی باد و همچنین پائین بودن فراوانی ساعتی باد است (شکل۴و۱۰). آنچه که مشخص است شرایط جغرافیایی و تابشی در شکل‌گیری پرفشار حرارتی کاسپین و کم‌فشار حرارتی فلات ایران نقشی اساسی دارد. با توجه به ذات حرارتی این دو سامانه، تفاضل دمای میانگین روزانه ۳۰ ساله این دو واحد جغرافیایی محاسبه شد. این مسئله به شناخت و آشکارسازی پرفشار حرارتی در پهنهٔ جنوبی دریای کاسپین کمک می‌کند. رفتار تفاضل دمای ۲ متری میان پهنهٔ جنوبی دریای کاسپین و فلات ایران، تطابق معنی‌دار و مشخصی با رفتار فصلی و روزانه باد منجیل دارد (شکل۱۲ و ۱۳). به‌گونه‌ای‌که می‌توان مشاهده کرد که در ساعت شش گرینویچ شدت باد پایین بوده، با طلوع آفتاب بر شدت باد افزوده شده و در بعدازظهر سرعت باد در نتیجهٔ بیشینهٔ تفاضل شاخص به بیشترین مقدار خود رسیده‌است. مجدداً با کاهش مقادیر شاخص شدت باد نیز کاهش یافته و این چرخهٔ روزانهٔ کاملاً تحتِ تاثیر تغییرهای فشار روزانه به‌صورت تناوبی تکرار شده است. همچنین بیشینهٔ فصلی تفاضل شاخص و باد کاملاً بر هم منطبق می‌باشند.



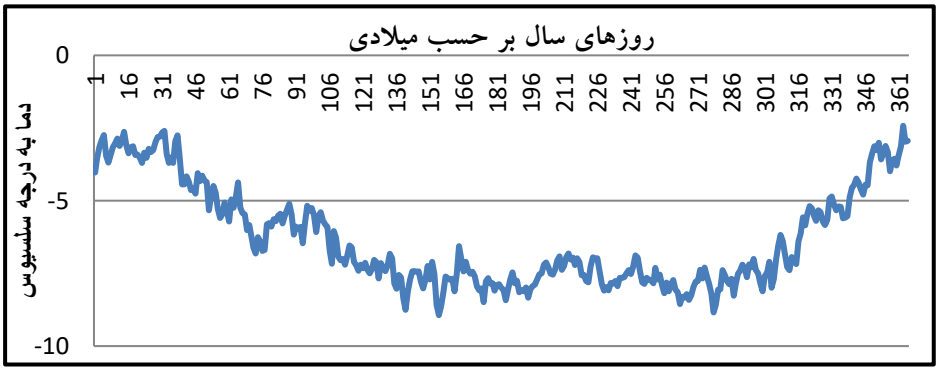
شکل۱۰: میانگین تفاضل روزانه میان فشار تراز ۱۰۰۰ میلی‌باری بر روی منطقه دریای کاسپین جنوبی و فلات ایران(دشت قزوین-زنجان) در طی دورهٔ آماری ۳۰ ساله-شاخص CSIP در مقایسه با داده‌های میانگین تندی باد ایستگاه همدید منجیل(منبع: نگارنده)



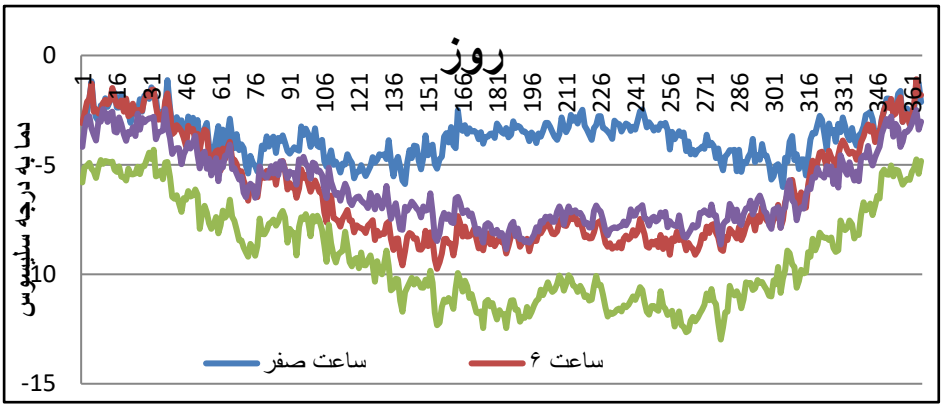
شکل ۱۱: شاخص CSIP برای ساعت‌های صفر، شش، دوازده و هیجده گرینویچ در طی دورهٔ ۳۰ ساله(منبع: نگارنده)



شکل۱۲: انطباق تندی باد ایستگاه همدید منجیل با مقدار شاخص CSIP در سال ۲۰۱۰ برگرفته از داده‌های ECMWF (منبع: نگارنده)



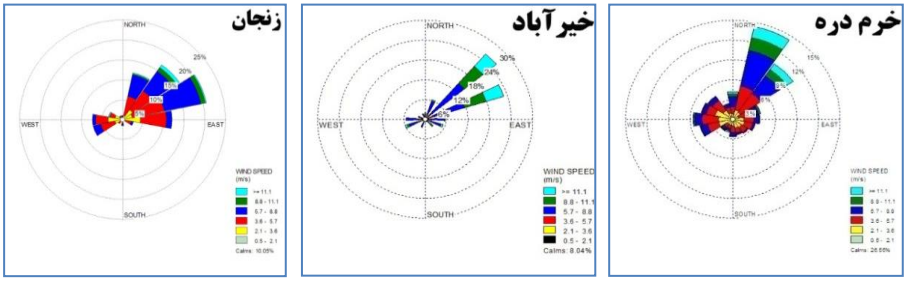
شکل۱۳: تفاضل دمای روزانه ۲متری در طی دوره آماری میان پهنه کاسپین جنوبی و فلات ایران(دشت قزوین)(منبع: دمای ۲ متری از بانک اطلاعاتی ncep ncar).



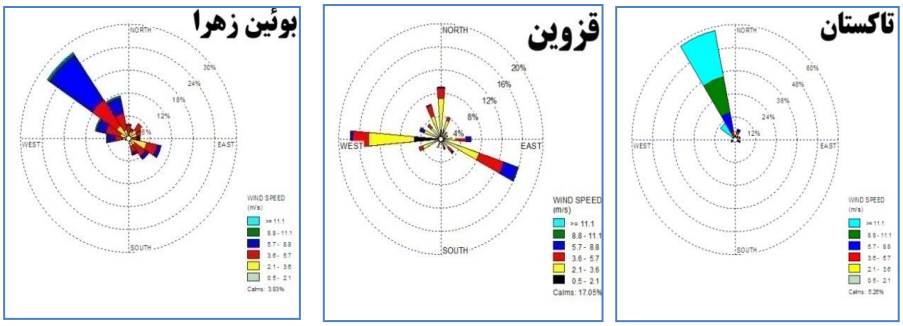
شکل۱۴: تفاضل دمای روزانه ۲متری در طی دوره آماری در ساعت‌های همدید میان پهنه کاسپین جنوبی و فلات ایران(دشت قزوین)(منبع: دمای ۲ متری از بانک اطلاعاتی ncep ncar).

در زمینهٔ گسترهٔ مکانی باد منجیل گمانه‌های زیادی وجود دارد. مطالعه‌ای که به شکل جامع به این مسئله پرداخته باشد انجام نشده‌است. در این مطالعه، سعی شده که با روش گام‌به‌گام، از محل درهٔ تنگهٔ منجیل به عنوان محلِ ورودی باد منجیل به پهنهٔ فلات ایران، داده‌های جهت و تندی باد در ساعت‌های ۱۵ گرینویچ در ماه‌های ۶ و ۷ میلادی پایش شود. علت انتخاب این بازهٔ زمانی برای مطالعه داده‌های تندی و جهت باد، رفتار غالب باد منجیل است. طبق این بررسی، بیشینهٔ گسترهٔ مکانی باد منجیل نشان از این دارد که مطابق مبانی نظری پس از خروج باد منجیل از تنگهٔ منجیل، باد به شکل قیفی با جهت‌های مختلف به مناطق مختلفی در فلات ایران، در مجاورت با این منطقه گسیل می‌شود. در درهٔ قزل‌اوزن باد با خمشی شمال‌غربی‌سو، در طول دره می‌وزد. باد منجیل با گذر از درهٔ طارم و گذر از رشته‌کوه قافلان‌کوه، به کرانهٔ جنوب‌غربی این رشته‌کوه می‌رسد. شاهد این مسئله، شکلِ گلباد در تمامی ایستگاه‌های موجود در منطقه است که در یک راستا واقع شده‌اند. تمامی ایستگاه‌های منطقه از زنجان، خرم‌دره و خیرآباد دارای سوی باد شمال‌شرقی با تندی به نسبت مشابه هستند (شکل.۱۴). در سمت شرق، باد منجیل با دو عارضهٔ متفاوت جغرافیایی مواجه است که بر رفتار و جهت آن دارد که یکی درهٔ شاهرود و دیگری دشت قزوین است. داده‌های استحصال شده از

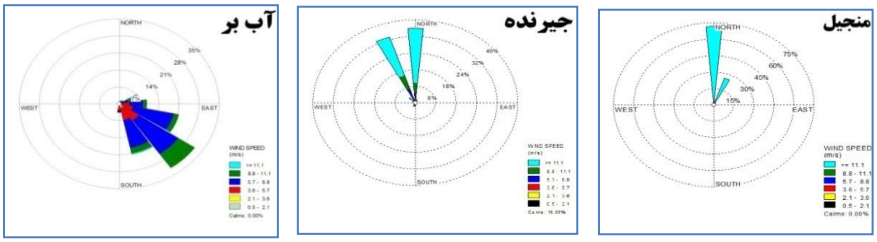
ایستگاه‌های دشت قزوین، مانند ایستگاه قزوین، تاکستان و بوئین‌زهرا، جهتِ باد انطباق مناسبی با نحوهٔ انتشار باد گسیل شده، ناشی از تاثیر ناهمواری دارد (شکل.۱۵). داده‌های موجود حداکثر گسترش باد منجیل را در دشت قزوین، را در منتهی‌الیه این دشت در ایستگاه بوئین‌زهرا می‌نمایاند. مقدار تندی باد منجیل جزء در ایستگاه منجیل در هیچ ایستگاه دیگری قابلِ مشاهده نیست که علت این امر هم اثر زمین‌ریخت‌شناسی متفاوت درهٔ سفیدرود و تنگ‌شدگی آن قبل از رسیدن به دشت منجیل و اثر باریک شدن تنگه بر همگرایی و تندی باد در این منطقه است. این تاثیر در راستای درهٔ سفیدرود در جنوب دریاچه سد نیز قابلِ مشاهده است. ایجاد درخت‌های پرچمی به عنوانِ نمادهای شناسایی بادهای غالب شدید، به طرز جالبی فقط در دو منطقهٔ کوچک، یکی در منجیل و دیگری در حوالی روستای سیاه‌پوش قزوین در جنوبِ دریاچه سد قابل مشاهده‌است (شکل.۱). در نتیجه گسترش مکانی باد منجیل از غرب در درهٔ قزل‌اوزن در کرانهٔ غربی کوه‌های تالش، تا دامنه‌های پشت به باد رشته‌کوه قافلان‌کوه در دشت زنجان-ابهر، در سمت شرق در درهٔ شاهرود، و در سوی دشتِ قزوین تا منتهی‌الیه جنوبی دشت قزوین را متاثر می‌سازد.



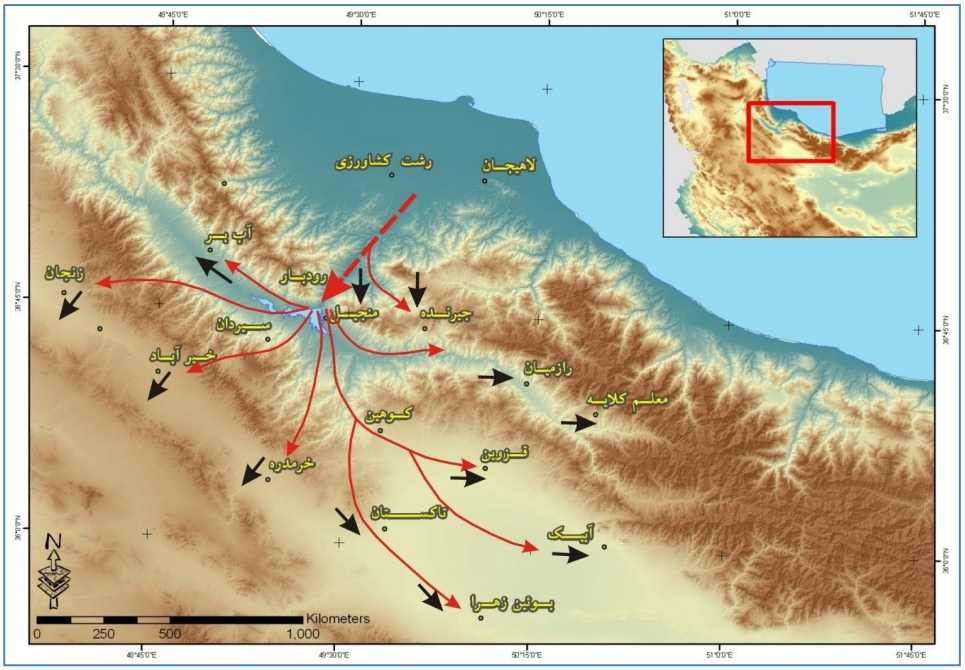
شکل۱۵: گلباد ایستگاه‌های خرم‌دره، خیر آباد و زنجان در کرانهٔ جنوب‌غربی رشته‌کوه قافلان‌کوه متاثر از جریان شمال‌شرق سوی باد منجیل



شکل۱۶: گلبادِ ایستگاه‌های تاکستان، قزوین، بوئین‌زهرا در دشت قزوین متاثر از جریان شمال‌غرب سوی باد منجیل



شکل ۱۷: گلبادِ ایستگاه‌های منجیل، جیرنده و آب‌بر



شکل۱۸: محدودهٔ گسترش باد منجیل برگرفته از داده‌های سمت باد ایستگاه‌های همدید درگیر. پیکان مشکی نشان‌دهنده جهت باد غالب در ساعت ۱۵ گرینویچ مربوط به ماه‌های ۶ و ۷ و پیکان قرمز جهت فرضی با توجه به ناهمواری‌های منطقه و سمت وزش باد منجیل است(منبع: نگارنده)

نتیجه‌گیری

رفتار باد منجیل در دیگر ایستگاه‌های متأثر از این باد به نسبت متفاوت است. باد منجیل در ایستگاه‌های فلات ایران بادی فصلی محسوب می‌شود. فصلی بودن باد منجیل در ایستگاه‌های فلات ایران (در مناطقی از استان‌های قزوین، زنجان و البرز)، به موقعیتِ جغرافیایی ایستگاه‌ها، دوری از کانونِ گسیل از تنگهٔ منجیل، شرایط ناهمواری، شرایط همدید فصول، اغتشاش‌های عرض‌های میانی در فصول سرد و همچنین تغییرهای فصلی قدرت این سامانه که به شرایط همدید–حرارتی وابسته است، بستگی دارد. درمجموع نتیجه مطالعه سازکار باد منجیل شامل موارد ذیل است:

الف. برآیند تحلیل آماری از رفتار روزانه، ماهانه ایستگاه منجیل و همچنین تحلیل همدیدی، باد منجیل بادی است که با توجه به تفاوت دمایی و به دنبال آن اختلاف فشار دو پهنهٔ جغرافیایی در بیشتر طول سال می‌وزد. این باد دارای رفتار مشخص روزانه است. بدین‌صورت‌که تندی باد در طی روز از ۹ گرینویچ فرازش می‌یابد. این افزایش به اوج خود در ساعت‌های ۱۲ و ۱۵ گرینویچ می‌رسد. تندی باد منجیل در ساعت اوجِ وزش در ساعت‌های ۱۲ و ۱۵ گرینویچ در طی دورهٔ آماری برابر با ۱۰ متربرثانیه است. بررسی داده‌های ایستگاه همدید جیرنده در شمال‌شرقی تنگهٔ منجیل (دامنه‌های جنوبی) نشان از مشابهت رفتار باد در دو ایستگاه دارد. رفتار روزانهٔ باد جیرنده و اوجِ وزشِ آن، مشابه باد منجیل در ساعت ۱۲ گرینویچ است. با این تفاوت که میانگین میزان تندی آن برابر با ۷ متربرثانیه است. بررسی رفتار ساعتی، روزانه، ماهانه و فصلی باد منجیل در ایستگاه نماینده (منجیل) نشان‌دهندهٔ تاثیر شرایط تابشی (حرارتی) بر این باد است. در طی روز با گذشت زمان و تاثیر تابش خورشید به دو محیط جغرافیایی گوناگون در دریای کاسپین و فلات ایران (دشت قزوین)، سببِ تباین دمایی و ویژگی‌های فیزیکی جو می‌شود. اوج این تضاد حرارتی در ساعات‌های بعدظهر است که دقیقاً منطبق بر افزایش تندی باد منجیل است. رفتار ماهانه و فصلی باد منجیل هم مبین همین مسئله است. رفتار ماهانه تندی این باد نشان می‌دهد این باد به ویژه در ماه‌های گرم که شرایط همدید و تابشی در

فلات ایران به گونه‌ای است که کم‌فشار محلی فلات ایران به اوج فعالیت و گسترش خود می‌رسد، بیشتر است. امری که با توجه به وجود دریا در شمال و دمای متفاوت آن و وجود شرایط پرفشاری حرارتی کاسپین ملموس‌تر است.

ب. مشابهت رفتار روزانه باد منجیل با ارتفاع ۳۳۰ متر در دشت منجیل در خروجی تنگهٔ منجیل با ایستگاه جیرنده در دامنهٔ جنوبی البرز با ارتفاع ۱۵۰۰متر مبین چند مسئله است. اول اینکه سازوکار رخداد دو باد درمنشاء یکی است. دوم اینکه گسترهٔ عمودی باد دریا به فلات (منجیل) محدود به بخش‌های پایینی درهٔ سفیدورود و تنگهٔ منجیل نیست. بلکه این باد در راستای قائم در منطقه، حداقل ارتفاعی در حدود ۲۵۰۰ متری را تحتِ سیطره خود دارد. امری که با توجه به گسترهٔ وسیع مکانی وزش این باد در فلات ایران تا حوالی جنوب دشت قزوین و دشت گرماب استان زنجان خود نشانی از نیروی عظیمِ مولد این باد است. هرچند نباید فراموش کرد علت اصلی نفوذِ باد دریا-فلات به دامنهٔ جنوبی البرز در منطقهٔ جیرنده، وجود درهٔ بزرگ سیاهرود در کرانهٔ سمت چپ درهٔ سفیدرود به عنوان تنها درهٔ عظیم است که امکانِ نفوذ را به این باد می‌دهد. تنها تفاوت عمده در داده‌های باد منجیل با جیرنده، وجود تفاوت در میانگین تندی باد در طی ساعت‌های روز است که این امر را می‌توان به اثر همگرایی ناشی از وجودِ درهٔ سفیدرود بر جریان باد به ویژه در بازه‌ای از شهر رودبار تا تنگهٔ منجیل دانست. امری‌که در اختلاف ۳ متربر ثانیه‌ای باد در دو ایستگاه قابلِ رویت است و تایید کننده فرضیه‌های قبلی نقش درهٔ سفیدرود و تنگه منجیل بر تندی سرعت باد در منطقه منجیل دارد. متاسفانه به دلیل نبود تعداد قابلِ توجه ایستگاه در دشتِ منجیل امکان بررسی میدان باد در این منطقه وجود ندارد. بااین‌حال بازدید میدانی و استفاده از شواهدی محیطی زیستی و ژئوموفولوژیک در منطقه نشان از این دارد که از تندی باد منجیل بعد از پهنهٔ دشتِ منجیل به شدت کاسته می‌شود. یعنی این که باد منجیل بعد از کانالیزه شدن و همگرا شدن که خاص ویژگی درهٔ سفیدرود است، به دلیلِ وجود شرایط تنگهٔ خروجی به شکل انفجاری باد وارد محوطه‌ای وسیع می‌شود. نکته جالب توجه که از مطالعه زمین‌شکل‌ها منطقه اطرافِ دشتِ منجیل و بازدید میدانی به دست آمده این است که باد منجیل در راستای تنگهٔ منجیل در آن‌سوی دریاچه سدِ سفیدرود با شدت زیاد به منطقه می‌وزد این امر سبب شکل‌گیری درختان پرچمی به

شکلی بسیار محدود در اطراف آبادی‌های میرخواند پایین، سیاه‌پوش، گورخانه و کَلَج، شده است. علاوه‌براین فقط در یک محدوده چندین کیلومترمربع دقیقاً در راستای تنگهٔ منجیل خسارت‌های ناشی از وزش باد منجیل به همراه حرکت ماسه‌های روان قابلِ مشاهده است (شکل۱).

ج. از داده‌های محیطی و ایستگاهی می‌توان نتیجه گرفت که درهٔ سفیدرود بر همگرایی و کانالیزه شدن جریان باد دریا-فلات تاثیر دارد. این امر سبب شکل‌گیری جهت جریان شمالی در ایستگاه منجیل می‌شود علاوه‌براین این وضعیت سبب تندی باد منجیل شده که وجه مشخصه آن در داده‌های ایستگاه منجیل است. وجودِ تنگهٔ منجیل در ورودی شهر منجیل سبب شده که بادی که در طی درهٔ سفیدرود کانالیزه شده است به شکلی ناگهانی و انفجاری در منطقهٔ منجیل نمود پیدا کند بااین‌حال با توجه به اثر این تنگه، این حالت با دور شدن از تنگه منجیل به سمتِ اطراف شدیداً کاهش می‌یابد. درختان پرچمی که نشانگرهای طبیعی وجود بادهای غالب در هر منطقه هستند فقط درحوالیِ تنگهٔ منجیل و تنها در یک جا، آن هم درست در سمت بادگیر دریاچهٔ منجیل و دقیقاً در راستای تنگهٔ منجیل در منطقهٔ سیاه‌پوش قرار دارند. امری‌که سبب شده در کل منطقهٔ، سیاه‌پوش استان زنجان، تنها منطقه‌ای است که از ماسه‌های روان متاثر است و درختان پرچمی در آن شکل گرفته‌اند

د. در شکل‌گیری سمت باد غالب ایستگاهای متاثر از باد دریا-فلات (منجیل) ایستگاه‌های فلات ایران، ابتداً نحوهٔ وزش بادبزنی باد منجیل، سپس موقعیت جغرافیایی قرارگیری این ایستگاه‌های نسبت به کانون خروج باد (دشت منجیل) و در مرحلهٔ سوم ناهمواری نیز در جهت‌دهی به سمت باد غالب موثر بوده است. این امر به ویژه در داده‌های ایستگاه‌های آب‌بر در درهٔ طارم با جهت باد غالب جنوب‌شرقی، معلم‌کلایه در درهٔ شاهرود با جهت باد غربی، بیشتر محرز است. بااین‌حال نقش نزدیکی فضایی به کانونِ خروجِ باد (منجیل) در داده‌های باد غالب ایستگاه‌های همدیدی متأثر فلات ایران خود را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که ایستگاه‌های خرم‌دره و خیرآباد که در نزدیک‌ترین فاصله با دشت منجیل در آن‌سوی قافلان‌کوه هستند نسبت به ایستگاه زنجان دارای تندی بیشتری در داده‌های باد هستند.

ه. معرفی شاخص تفاوت فشاری و همچنین بررسی تفاضل دمایی جهت تبیین رفتار سالانه، فصلی و روزانه باد منجیل نتایج جالبی را هویدا کرد. پیشنهاد شاخص تفاوت

فشار میان دریای کاسپین و فلات ایران CSIP و محاسبهٔ آن برای منطقه مورد مطالعه نشان از تطابق زمانی و همبستگی این شاخص چه در مقیاس سالانه به‌طور بلندمدت و چه مقیاس روزانه با فراوانی و تندی و جهت باد منجیل دارد. به طوری که مطابق با افزایش تندی وزش باد منجیل، شاخص فشاری و دمایی به اوج خود می‌رسد. علاوه بر اینکه مطالعهٔ این شاخص‌های فشاری و دمایی در زمان‌های همدید، تطابق نزدیک افزایش مقدار این شاخص‌ها و افزایش تندی باد منجیل را نمایان می‌سازد. بنابراین یکی از نتایج این مطالعه معرفی شاخص مذکور به‌عنوانِ شاخص جوی باد منجیل است. بررسی رفتار فصلی این شاخص در طی فصول نیز نشان‌دهندهٔ جهت غالب شمالی باد منجیل است امری که گاهی (به ویژه فصل‌های سرد سال) با شکل‌گیری شرایط وزش باد گرمش در البرز که منطبق بر جفت‌شدگی دو توده هوای پرفشار و کم‌فشار در دو سوی رشته‌کوه‌های البرز است، به هم می‌خورد. این شرایط ماحصل نفوذِ هم‌زمان زبانه فشاری چرخندهای دینامیکی قوی با منشاهای کم‌فشارجنب قطبی وکم‌فشار مدیترانه‌ای در شمال رشته کوه‌های البرز و هم‌چنین حاکمیت کمربند هوای پرفشار ناشی از زبانه پرفشارسیبری و یا پرفشار جنب‌حاره روی مرکز و جنوب فلات ایران است (عابد و همکاران، ۱۳۹۴ و عابد و همکاران، ۱۳۹۴).

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تأمین مالی دریافت نکرده است.

تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

- اسدی، مهدی، انتظاری، علیرضا، اکبری، الهه.(۱۳۹۲). مکان‌یابی نیروگاه‌های بادی در شمال شرقی کشور با استفاده از روش AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. سال چهارم. شماره چهاردهم. صص ۲۹-۱۱.سبزوار.
- حسین زاده، سیدرضا.(۱۳۷۶). بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۴۶.صص ۱۲۷-۱۰۳.اصفهان.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، توتکابن 5963 lv، جواهرده 6063l، جیرنده 5963 ll، دیلمان 5963 l، رامسر 6163 lv، رودبار 5863 l، سنگر 5964 lll، سیاهکل5964 ll، فومن 5864 ll، کلور 5764 lv، گیلوان 5863 lv، لوشان 5963 lll، ماسوله 5764 ll، ملکوت 6063 lv.
- رازجویان، محمود.(۱۳۷۹). آسایش در پناه باد. چاپ. تهران: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهیدبهشتی.
- رضایی، پرویز.(۱۳۸۲). بررسی اقلیمی باد منجیل. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۶۸. صص ۱۱۳-۱۰۱.
- گندمکار، امیر.(۱۳۸۸). ارزیابی انرژی باد در کشور ایران. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال بیستم. شماره پیاپی ۳۶. صص ۱۰۰-۸۵. اصفهان.
- صالحی، برومند.(۱۳۸۳). پتانسیل‌سنجی انرژی باد و برازش احتمالات واقعی وقوع باد با استفاده از تابع توزیع چگالی احتمال ویبول در ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل. مجله‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۲. صص ۱۰۴-۸۷. اصفهان.
- عابد، حسین، صحراییان، فاطمه، رضایی، پرویز.(۱۳۹۴). اثرات باد گرمش بر وضعیت جوی ایستگاه همدیدی رشت. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۱۴. صص. مشهد.
- عابد، حسین، نگاه، سمانه، فریدمجتهدی، نیما، هادی‌نژادصبوری، شبنم، مومن‌پور، فروغ.(۱۳۹۴). تحلیل همدیدی-دینامیکی مخاطره باد گرمش در حاشیه جنوب‌غربی دریای خزر. مجله پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. پذیرفته شده.
- عباس‌زاده، شهاب، ذوالفقاری، قاسم، پژوهان‌کیا، محمدعلی.(۱۳۹۳). بررسی

نقش باد در آرایش ساختار فضایی-کالبدی شهرهای مناطق گرم و خشک-گرم و مرطوب (نمونه موردی: شهرهای زابل و بوشهر). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. سال چهارم. شماره پانزدهم. صص ۹۶-۵۳. سبزوار.

- عظیمی، ناصر.(۱۳۸۹). جغرافیای طبیعی گیلان. چاپ.رشت: نشر فرهنگ ایلیا.
- گندمکار، امیر.(۱۳۸۸). توسعه پایدار در شهرستان فیروزکوه با استفاده از انرژی باد، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی. سال دوم، شماره ۶. صص۸۰-۷۳. لرستان.
- گنجی،محمدحسن.(۱۳۷۴). آب‌وهوای گیلان-کتاب گیلان. چاپ.تهران:گروه پژوهشگران ایران.
- مفیدی، عباس، حمیدیان‌پور، محسن، سلیقه، محمد، علیجانی، بهلول.(۱۳۹۲). تعیین زمان آغاز، خاتمه و طول مدت وزش باد سیستان با بهره‌گیری از روش‌های تخمین نقطه تغییر. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هشتم، صص ۱۱۲-۸۷. مشهد.
- محمدی، حسین، رستمی جلیلیان، شیما، تقوی، فرحناز، شمسی‌پور، علی اکبر.(۱۳۹۱). پتانسیل‌سنجی انرژی باد در استان کرمانشاه. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. سال ۴۴. شماره ۸۰. صص ۳۲-۱۹. تهران.
- مسعودیان، سیدابوالفضل.(۱۳۸۱). آب‌وهوای ایران. چاپ.اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان.
- Gaffin, david, M. .2002. Unexpected warning induced by Foehn wind in the lee of the smoky mountains. *Weather and forecasting*, volume 17. PP: 907-918.
- Gaffin, David M. .2007. Foehn wind that produced large temperature differences near the southern Appalachian mountain, Weather and Forecasting, Volume 22, pp: 158-145.
- Sharples, Jason, J., Graham A Mills, Richard H. d. Mcrae Rodney H D and Weber Rodney, O.. 2010. Foehn-like Wind and Elevated fire danger conditions in southeastern Australia, journal applied meteorology and climatology, volume 49,pp: 1067-1095.
- Sedaghat kerdar,Abdollah ,

sehatkashani,Saviz, Aliakbar Bidokhti. 2009. study the Gap wind in the Sepeed-rood valley of Iran USING A Hydraulic model. Research Journal of Environmental Sciences. 3. Pp.239-232.

- Seluchi, Marcelo E. , Norte, Fedrico, A. , Satyamurty, Prakki ,Chou sin chan. .2002. Analysis of Three Situation of the Foehn Effect over the Andes (Zonda Wind) Using the Eta-CPTEC Regional Model, Weather and Forecasting, Volume 18, pp: 481-501.