

طبقه‌بندی الگوهای همدید بادفون با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های مبنا در شهرستان رشت

غلامرضا نوروزی‌گوهری^۱، پرویز رضایی^{۲*}، نصرالله مولایی‌هشجین^۳

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

۲. دانشیار گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

۳. استاد گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: rezaei@iaurasht.ac.ir

تاریخ دریافت: ۰۵ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۲۷ شهریور ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: باد فون از جمله پدیده‌های جوی کوهستانی در مقیاس متوسط است، که باعث افزایش دما و اثرات اجتماعی و محیطی متعدد از جمله آتش‌سوزی می‌شود. رخداد این پدیده علاوه بر آلودگی هوا و تخریب محیط زیست، ضررهای اقتصادی هنگفتی را به همراه دارد.

هدف: هدف این پژوهش طبقه‌بندی الگوی همدیدی ایجاد کننده بادهای فون و کمک به پیش‌بینی و هشدارهای لازم جهت مراقبه از ایجاد آتش و گسترش آنها در آینده است.

روش‌شناسی: در این پژوهش روزهای همراه باد فون از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ براساس معیار افزایش دما نسبت به دوره ۴۰ ساله (۱۹۸۱ تا ۲۰۲۰) در شهرستان رشت شناسایی گردید. سپس بر حسب دمای حداکثر روزانه، دمای حداکثر روزانه دوره و انحراف معیار **1sd** و **2sd** و **3sd** به سه طبقه باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید تقسیم شد. در مجموع از ۱۶۰ روز همراه با باد فون، ۷۲ مورد از نوع متوسط، ۵۹ مورد از نوع شدید و ۲۹ مورد از نوع خیلی شدید بودند. در این راستا، برای شناسایی الگوهای همدیدی باد فون از تحلیل عاملی به روش مولفه‌های مبنا (PCA) استفاده شد.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان رشت در استان گیلان است.

یافته‌ها و بحث: نتایج طبقه‌بندی مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال روزهای همراه با باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید نشان داد که ۴، ۳ و ۱ مولفه به ترتیب ۹۵/۰۸۴، ۹۴/۷۳۲ و ۸۹/۸۰۳ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین کرده‌اند، بطوریکه مولفه اول تا چهارم باد فون متوسط به ترتیب ۳۵/۶۳، ۳۳/۴۸ و ۱۳/۷۷۶ و ۱۲/۱۹۸ درصد واریانس، مولفه اول تا سوم باد فون شدید به ترتیب ۳۹/۵۰۵، ۳۰/۰۴۲ و ۲۵/۱۸۵ درصد واریانس و تنها مولفه باد فون خیلی شدید در حدود ۸۹/۸۰۳ درصد واریانس را در بر می‌گیرند. همچنین الگوهای همدیدی چهار مولفه باد فون متوسط نیز "پشته بادهای غربی"، "نفوذ زبانه پرفشار"، "الگوی کم‌فشار سودانی" و "موج کوتاه و چرخند بادپناهی زاگرس"، سه الگوی همدیدی باد فون شدید نیز "پشته غرب ایران"، "زبانه پرفشار مدیترانه‌ای" و "جریانان شدید مداری" و تنها الگوی همدید باد فون خیلی شدید نیز "الگوی پرفشار عراق" شناسایی شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به اثرات نامطلوب باد فون از قبیل انتقال گردوغبار، دود ناشی از آتش‌سوزی‌ها و گرما بر جمعیت ساکن در شهرها و نواحی جلگه‌ای لازم است علاوه بر هشدار لازم هواشناسی، افراد ساکن در مناطق کوهپایه‌ای، جنگلی و غلزارهای نزدیک حوزه شهری در روزهای باد فون از آتش‌زدن مواد پرهیز کرده و احتیاطات لازم را جهت ممانعت از آتش‌سوزی بکار گیرند.

کلیدواژه‌ها: باد فون، معیار، تحلیل مولفه‌های مبنا، الگوی سودانی، شهرستان رشت.

مقدمه

اثرات اجتماعی و زیست محیطی گرمای تجربه شده در دامنه بادپناه کوهستان‌ها که به اثر گرم شدن فون معروف است قابل توجه و متنوع است. گرم شدن در اثر پدیده فون بسیار جالب بوده و معمولاً با کاهش رطوبت و افزایش سرعت باد در دامنه بادپناه همراه است (۲۵ درجه سانتی‌گراد در یک ساعت) (ریچنر و هاچلر^۱، ۲۰۱۳). باد فون با اصطلاحات محلی مختلف در سراسر دنیا از جمله چینوک^۲ و سانتا‌آنا^۳ در آمریکای شمالی و زوندا^۴ در آرژانتین شناخته می‌شود. گرمای ناشی از باد فون بر روی کشاورزی، اکوسیستم‌ها و سیستم‌های اقلیمی تاثیر می‌گذارد. این پدیده می‌تواند خطر بهمن یا سیلاب را افزایش داده (باری^۵، ۲۰۰۸)، باعث ذوب یخچال‌ها شده و در تخریب و ذوب صفحات یخی نقش بسزایی ایفا کند (کوک^۶ و همکاران، ۲۰۰۵؛ کواپرز مونکه^۷ و همکاران، ۲۰۱۲). توفان‌های باد فون دائماً به اموال و زیرساخت‌ها آسیب می‌رسانند و ترکیب هوای گرم و خشک با سرعت زیاد باعث شعله‌ور شدن و گسترش سریع آتش‌سوزی می‌شود (ویتمن و ویتمن^۸، ۱۹۷۴؛ وسترلینگ^۹ و همکاران، ۲۰۰۴؛ گدالوف^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۵). در کالیفرنیا، باد سانتا‌آنا عامل اصلی اکثر آتش‌سوزی‌های مهم (۱۲ آتش‌سوزی در اکتبر ۲۰۰۳ با مساحت ناحیه سوخته شده بیش از ۳۰۰۰۰۰ هکتار) بوده است که در حدود ۱ میلیارد دلار آمریکا به اموال و دارایی‌ها صدمه زده است (ارنس^{۱۱}، ۲۰۱۳).

به دلیل قرارگیری کشور ایران در کمربند خشک کره زمین و ناحیه پرفشار جنب حاره‌ای، شرایط جوی لازم برای وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع فراهم می‌باشد. از طرف دیگر، عوامل انسانی از قبیل بی‌احتیاطی مسافران یا آتش‌سوزی‌های عمدی جهت تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی، باعث ایجاد حریق در پهنه‌های جنگلی ایران شده است (سرکارگر اردکانی، ۲۰۰۷). با توجه به از بین رفتن مراتع و جنگل‌ها در قسمت‌های مختلف ایران، به خصوص در رشته کوه‌های البرز، پیش‌بینی تمهیدات لازم به منظور مقابله با آن ضروری است. در بین کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا، کشور ایران در رتبه چهارم از لحاظ وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها قرار دارد (ادب، ۲۰۱۲). در ناحیه زاگرس آتش‌سوزی‌های مکرر در چند سال اخیر صدمات بسیاری به پوشش گیاهی و محیط‌زیست جنگل‌ها و مراتع وارد کرده است. با توجه به اهمیت جنگل‌ها در معیشت جنگل‌نشینان و همچنین نقشی که جنگل‌ها در حفاظت از آب و خاک دارند لزوم توجه به مشخصه‌های مختلف آتش جهت مدیریت هر چه بهتر آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی این مناطق بیش از پیش خود را نشان می‌دهد. از حدود دو میلیون هکتار جنگل‌های هیرکانی حدود ۵۶۵ هزار هکتار در استان گیلان واقع است. جنگل‌های شمال با ۹۰ گونه درختی، ۲۱۱ گونه درختچه‌ای و یک هزار و ۵۵۸ گونه علفی از نظر تعداد، گونه درختی و درختچه‌ای جزو جنگل‌های غنی از لحاظ گونه محسوب می‌شود. با وجود این هر ساله بخشی از آنها به اشکال مختلف از جمله آتش‌سوزی‌های عمدی و سهوی آسیب می‌بینند. چنانکه همه ساله در فصل پاییز و زمستان بروز پدیده فون یا «باد گرم» و کاهش رطوبت و خشک شدن برگ‌های فرو افتاده در پای درختان شرایط را برای وقوع حریق در جنگل‌های گیلان مهیا می‌کند و کافی است در این زمان دستی از سر سهل‌انگاری و ناآگاهی در جایی که نباید آتش بیافروزد. به گفته کارشناسان جنگل و دست‌اندرکاران منابع طبیعی و آبخیزداری، علت اصلی وقوع آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها و مراتع عامل انسانی است که با سهل‌انگاری و بی‌اطلاعی آتش را به جان جنگل‌ها و مراتع می‌اندازند.

1. Richner and Hächler

2. Chinook

3. Santa Ana

4. Zonda

5. Barry

6. Cook

7. Kuipers Munneke

8. Whiteman and Whiteman

9. Westerling

10. Gedalof 0

11. Ahrens 1

در راستای شناسایی الگوهای جوی موجد باد فون مطالعات گسترده‌ای در سطح کشور و جهان انجام شده است که به برخی از آنها در ادامه اشاره خواهد شد. گلوانی و لشکری (۱۳۹۰: ۳۱) با تحلیل و پیش‌بینی نقش باد فون بر آتش-سوزی جنگل‌های استان گیلان نشان دادند که دو الگوی سیکلون شمال اروپا و پرفشار مهاجر در ایجاد پدیده فون دامنه‌های جنوب البرز تاثیر دارند. همچنین با بررسی روش اول پیش‌بینی آتش‌سوزی (B فاکتور ریسک آنگستروم) در اثر پدیده فون، این نتیجه بدست آمده است که سیستم پرفشار مهاجر عامل اصلی ایجاد فون و آتش‌سوزی در منطقه می‌باشد. عزیزی و همکاران (۱۳۹۱: ۷۹) با واکاوی همدید آتش‌سوزی در جنگل‌های گیلان و گلستان نشان دادند که وقوع پدیده آتش‌سوزی هم زمان با حضور کم‌ارتفاع در سطوح میانی جو است که محور آن در شرق دریای مدیترانه روی کشورهای ترکیه و عراق قرار دارد. این سامانه در غرب دامنه‌های تالش و جنوب رشته کوه‌های البرز بارش ایجاد کرده و در دامنه‌های شرقی تالش و شمال البرز موجب باد گرم و خشک شده که می‌تواند توجیه کننده آتش‌سوزی‌های منطقه باشد. محمدی و یلمه (۱۳۹۲: ۶۳) با تحلیل آماری-همدیدی آتش‌سوزی جنگل در استان گلستان در روزهای ۲۵ آذر و ۱۸ بهمن سال ۱۳۸۴ نشان دادند که در سطح زمین با شکل‌گیری یک مرکز کم‌فشار بر روی خزر و یک مرکز پرفشار بر روی زاگرس بین مرکز و شمال ایران گرادیان فشار ایجاد می‌شود. قرارگیری پشته بر روی ایران و در جلوی ناوه عمیق شرق اروپا در سطح ۵۰۰ هکتوپاسگال، به همراه جهت و سرعت باد در سطوح مختلف جو باعث ایجاد جریانات جنوب غرب به شمال شرق و فرارفت هوای گرم عرض‌های پایین‌تر (بویژه شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان) به نواحی مرکزی و شمال کشور می‌شود. عابد و همکاران (۱۳۹۴: ۱۱۱) با تحلیل همدیدی-دینامیکی مخاطره باد گرمش در حاشیه جنوب غربی دریای خزر نتیجه گرفتند که این پدیده عمدتاً در فصول سرد سال به وقوع می‌پیوندد و شرط لازم برای شکل‌گیری باد گرمش در استان گیلان، جفت‌شدگی دو توده هوای پرفشار و کم‌فشار در دو سوی رشته کوه‌های البرز است. این شرایط ماحصل نفوذ هم‌زمان زبانه فشاری چرخندهای دینامیکی قوی با منشاءهای کم‌فشار جنب قطبی و کم‌فشار مدیترانه‌ای در شمال رشته کوه‌های البرز و همچنین حاکمیت کمربند هوای پرفشار ناشی از زبانه پرفشار سیبری و یا پرفشاره جنب حاره روی مرکز و جنوب فلات ایران است که موجب شکل‌گیری جریان‌های جنوبی به سمت سواحل جنوبی دریای خزر و افزایش سرعت باد در ترازهای زیرین وردسپهر می‌گردد. حاجی محمدی و همکاران (۱۳۹۶: ۱۸۷) با بررسی ساختار جو در زمان رخداد آتش‌سوزی در شمال ایران نشان دادند که استقرار یک پشته در جو بالا با محور شمال-جنوب یا شمال شرقی-جنوب غرب شرایط همدیدی مطلوب را جهت عبور جریان‌های غربی از ارتفاعات و وقوع پدیده گرمباد فراهم می‌سازد. بررسی نقشه فشار سطح زمین و استقرار هم‌فشار ۱۰۰۲ در جنوب و ۱۰۰۵ هکتوپاسکال در شمال البرز حاکی از تاثیر شرایط همدید جو بالا بر توزیع فشار سطح زمین است. به وجود آمدن هسته همگرایی قوی در دامنه جنوبی البرز در سطح زمین و واگرایی فوقانی در بالای کوهستان و افزایش رطوبت نسبی سبب شده تا ابرهای حاصل از این پدیده در دو سمت رشته کوه تشکیل گردد. رحیمی و خادمی (۱۳۹۷: ۱۹) با تحلیل الگوهای همدید خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گلستان با رویکرد محیطی به گردشی به این نتیجه رسیدند که ۳۸٪ آتش‌سوزی‌ها در فصل تابستان و ۲۹٪ آتش‌سوزی‌ها در فصل پاییز رخ داده و بیشتر آتش-سوزی‌ها در دامنه‌های شمالی و شمال غربی البرز و در شیب ۰ تا ۳ درصد و ارتفاع ۰ تا ۷۲۹ متر از سطح دریا اتفاق افتاده است. تحلیل اقلیمی این پدیده نیز افزایش ۲ تا ۶ درجه سانتی‌گراد، عدم ریزش بارش، کاهش رطوبت، افزایش سرعت باد در روز آتش‌سوزی نسبت به روز قبل و در جو بالا وجود موج گرمایی، افزایش ضخامت جو در تراز ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسگال را نشان می‌دهد. همچنین در فصل سرد سال حاکمیت جریان‌های جنوبی با ایجاد گرمباد و در فصل گرم سال تسلط زبانه پرفشار آזור در ایران و یک کم‌فشار حرارتی در بیابان‌های ترکمنستان شرایط مناسبی جهت وزش‌های شمالی ایجاد نموده و باعث رخداد آتش‌سوزی یا گسترش آن می‌گردد. کیخسروی و همکاران (۱۳۹۹: ۷۸) با بررسی سازوکار پدیده گرمباد در رشته کوه‌های البرز غربی مشخص کردند که سه گروه از مراکز واچرخندی یا پرفشار در روزهای درگیر پدیده فون بر الگوی همدیدی منطقه موثر هستند. گروه اول زبانه‌های پرفشار سیبری که هسته‌های آن با توجه به فصل و شرایط همدیدی در محدوده‌ای بین دریاچه بایکال و بالخاش و شمال پاکستان مستقر هستند.

گروه دوم واچرخند عربستان تا شمال غرب ایران و وجود کم‌فشار جنب قطبی در منطقه دریای خزر با تشدید شیو فشاری باعث گردیده جریان‌ات با راستای جنوب غربی عمود بر ارتفاعات بوزد. گروه سوم ترکیبی از واچرخندهای آفریقا، مهاجر، پرفشار سبیری و زبانه‌های آن عامل ایجاد شیو حرارتی و فشاری بر روی منطقه مطالعاتی و غرب ارتفاعات البرز می‌شوند و زمینه شکل‌گیری پدیده گرمباد را فراهم می‌کنند. جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۹: ۱۹) با بررسی الگوهای همدیدی آتش‌سوزی جنگل‌های استان گلستان نشان دادند که در زمان آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه ۴ الگو حاکمیت دارند. الگوی اول بن‌دال امگایی شکل مابین طول‌های ۴۰ تا ۷۰ درجه شرقی و عرض‌های ۳۰ تا ۷۰ درجه شمالی، الگوی دوم ناوه بسیار عمیقی بر جانب غرب روسیه و خاورمیانه، الگوی سوم تشکیل ناوه نسبتاً عمیق در غرب دریای سیاه و کشیدن شدن آن به عرض‌های پایین‌تر و الگوی چهارم یک مانع با ارتفاع مرکزی ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی ایران است.

پیرا^۱ و همکاران (۲۰۰۵) الگوهای همدید همراه با آتش‌سوزی‌های گسترده تابستانه جنگل‌های پرتغال را بررسی و نتیجه گرفتند که نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تروپوسفر میانی (۵۰۰ hPa) و پایینی (۸۵۰ hPa) نیز رخداد آتش-سوزی‌های وسیع جنگل‌های پرتغال را در مواقعی که گردش جوی یک پشته غالب بر روی شبه جزیره ایبری به همراه جریان غالب مولفه نصف‌النهاری قوی ایجاد می‌کند نشان می‌دهد. همچنین آنومالی‌های باد و فشار سطح دریا در طی این روزها با شرایط مناطق جنوب شرقی و همرفت قوی از شمال آفریقا همراه است که هنگام عبور از شبه جزیره ایبری مرکزی باعث گرمای بیشتر آن می‌شود. گافین^۲ (۲۰۰۷) با بررسی بادهای فون در کوه‌های آپالاشی جنوبی نشان داد که باد فون در سمت غربی این ارتفاعات معمولاً در اثر بادهای جنوب شرقی در جلوی یک سیستم کم‌فشار بر روی دره رودخانه می‌سی‌سی‌پی و بادهای فون در سمت شرقی آن معمولاً نتیجه بادهای شمال غربی بعد از عبور یک جبهه سرد کم‌عمق ایجاد می‌شوند. اسپیرز^۳ و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله «بادهای فون در دره خشک مک مورد و قطب جنوب: منشاء رخدادهای گرم فرین» نتیجه گرفتند که بادهای فون در این دره ناشی از تغییر توپوگرافی جریان هوای جنوب-جنوب غربی است که از سطوح بالاتر به دره‌ها هدایت می‌شود. همچنین رخدادهای فوق در اثر گردان قوی فشار بر روی سلسله جبال مک مورد که با سیکلون‌های مقیاس همدید واقع بر اراضی ساحلی ماری برد مرتبط است بوجود می‌آید. پولینا^۴ و همکاران (۲۰۱۳) با ارزیابی اقلیم‌شناختی و هواشناختی رخدادهای بزرگ آتش‌سوزی در شمال شرق ایالات متحده مشخص کردند که مهم‌ترین الگوهای همدید منطقه نیز سیستم‌های فشار زیاد سطحی واقع بر روی آپالاش شمالی و الگوی آنتی‌سیکلونی است که از جنوب شرقی کانادا و دریاچه‌های بزرگ تا شمال شرقی ایالات متحده کشیده می‌شود. مفیدی و همکاران (۲۰۱۴) با مدل‌سازی رخداد استثنایی فون جنوب بر روی ارتفاعات البرز در طی آتش‌سوزی جنگلی شدید دسامبر ۲۰۰۵ نشان دادند که در مقیاس همدید، باد فون به دلیل حاکمیت فشار زیاد بر مناطق داخلی ایران و سیکلون بادپناهی بر روی جنوب دریای خزر با یک شیب فشار قوی جنوب-شمال در کوه‌های البرز رخ داده است. در مقیاس متوسط نیز امواج کوهستانی ایجاد شده در دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های البرز، منشاء اصلی حداکثر سرعت باد محلی جنوبی در دامنه بادپناه این رشته کوه هستند. گروس^۵ و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تغییرات عوامل هوای منجر به آتش‌سوزی در جنوب شرقی تاسمانی نشان دادند که مدل آب و هوای منطقه‌ای، افزایش فراوانی پیش‌بینی شده را کمتر از مدل‌های آب و هوایی جهانی که به عنوان ورودی با دامنه زیاد مدل و تغییرپذیری طبیعی استفاده می‌شود، بدست می‌دهند. همچنین مشخص شد که چگونه اثر بلاکینگ فون و کانال‌های توپوگرافیک به شرایط فرین روز آتش‌سوزی شدید تاسمانی^۸ در ژانویه ۲۰۱۳ کمک کردند. بنابراین چنین اثراتی احتمالاً در خطر

1. Pereira
2. Gaffin
3. Speirs
4. McMurdo
5. Marie Byrd
6. Pollina
7. Grose
8. Tasmania

آتش‌سوزی شدید در طول قرن نقش داشته‌اند. روفلا^۱ و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی شرایط همدید روزانه مرتبط با وقوع آتش‌سوزی گسترده در فرانسه مدیترانه‌ای نشان دادند که بیشتر آتش‌سوزی‌های بزرگ که در زیر «پشته آتلانتیک» رخ می‌دهند ترکیبی از پشته آنتی‌سیکلونی در آتلانتیک شرقی و یک ناهنجاری سیکلونی است که از دریای شمال تا اروپای مرکزی/شرقی و حوضه مدیترانه کشیده می‌شوند. دوان^۲ و بروتونز^۳ (۲۰۱۸) با بررسی شرایط همدید جوی و تغییر رژیم‌های آتش‌سوزی در ناحیه مدیترانه‌ای، ۶ تیپ همدید جوی^۴ را پیشنهاد کردند که سه مورد آن باعث شرایط همدید منجر به بادهای قوی در منطقه می‌شوند، دو مورد دیگر منجر به محیط‌های «گرم و خشک» شده، و تیپ ششم با هیچ کدام از عوامل قوی جوی قابل تشخیص نیست. در شرایط «گرم و خشک»، مانند تیپ‌های همدید جوی نفوذی از جنوب، بخش عمده‌ای از آتش‌سوزی‌ها را در منطقه ایجاد می‌کنند. بروئر و کلمنتس^۵ (۲۰۲۰) با تحلیل هواشناختی مشاهدات و شبیه‌سازی عددی نشان دادند که رخداد آتش‌سوزی ۲۰۱۸ کالیفرنیا ناشی از شکست موج راسبی آنتی‌سیکلونی تراز میانی بوده و باعث همرفت هوای سرد فوقانی می‌شود. همچنین با ایجاد تراف سطحی وارونه بر روی کالیفرنیا مرکزی باعث ایجاد گرادیان فشار شده و تقویت بادهای کوه‌دشت را به همراه داشته است. آباتزگلو^۶ و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی آتش‌سوزی‌های اورگان غربی در سپتامبر ۲۰۲۰ نشان دادند که الگوی بلوکی‌نگ قوی منجر به نفوذ هوای خشک و بادهای شدید شرقی در سراسری ارتفاعات اورگان پس از یک دوره خشک گرم ۶۰ روزه و اشتعال‌پذیری گسترده مواد سوختنی شده است. همچنین بیشتر آتش‌سوزی‌های بزرگ جنگلی در غرب اورگان از سال ۱۹۰۰ به طور مشابه با تابستان‌های گرم و خشک در طی حداقل رخداد‌های بادهای شرقی معتدله همزمان بوده‌اند. پورفیکاکائو^۷ و همکاران (۲۰۲۲) با مدل‌سازی محیط جوی همراه با رخداد بزرگترین آتش‌سوزی ناشی از باد در پرتغال نشان دادند که آتش در شرایط معمولی تابستان، تحت تأثیر واچرخند آזור و حضور فروبار حرارتی ایبری توسعه می‌یابد. و در نهایت شین^۸ و همکاران (۲۰۲۲) با طبقه‌بندی الگوهای همدید طوفان‌های بادی در دامنه‌های بادپناه کره زمین نیز سه الگوی همدید: (۱) الگوی جنوب-فرابار و شمال-فروبار در بهار، (۲) الگوی غرب-فرابار و شرق-فروبار در زمستان، و (۳) سامانه قوی کم‌فشار قوی که از قسمت شمالی کره می‌گذرد را شناسایی کردند.

با توجه به اهمیت موضوع آتش‌سوزی در استان گیلان و رابطه تنگاتنگ آن با شرایط آب و هوایی (دما، رطوبت، سرعت و جهت باد) بنظر می‌رسد تحلیلی جامع از الگوهای همدید همراه با باد فون در شهرستان رشت و تأثیر آن بر حوادث و آتش‌سوزی‌های رخ داده در این ناحیه برای پیش‌بینی و هشدار به ساکنان این ناحیه جهت پرهیز از بکارگیری مواد اشتعال‌زا بسیار مفید باشد. بدین ترتیب در این پژوهش سعی خواهد شد تحلیلی درست از الگوهای جوی منجر به رخداد آتش‌سوزی‌ها در این ناحیه ارائه گردد، تا بتوان مدیریت بهتری برای مقابله با حوادث احتمالی و اطفای آتش-سوزی در هنگام وقوع باد فون در این شهرستان انجام داد.

روش شناسایی

به منظور شناسایی الگوهای همدید آتش‌سوزی‌های شهرستان رشت از داده‌های دمای حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت و جهت وزش باد بمدت ۸ سال (۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰) برای روزهای رخداد آتش‌سوزی از سایت مرکز اروپایی پیش‌بینی میان مدت جو^۹ استفاده شد (ERA5). بعد از تعیین روزهای باد فون، اطلاعات یاخته‌ای مربوط به عناصر جوی مرتبط با باد فون در استان گیلان از سایت ECMWF با تفکیک مکانی $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ دریافت گردید. با توجه به طول و عرض جغرافیایی استان گیلان، داده‌های شبکه بین $36/5$ تا $38/5$ درجه عرض شمالی و $48/5$ تا $50/75$ درجه طول شرقی

1. Ruffault
2. Duane
3. Brotons
4. Synoptic Weather Type
5. Brewer & Clements
6. Abatzoglou
7. Purificacao
8. Shin
9. European Center For Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF)

انتخاب گردید تا کل استان و تا حدودی خارج از آن را پوشش دهد. بنابراین ماتریسی به ابعاد 10×10 سطر و ستون تشکیل شد که ۱۰۰ یاخته را در هر بار اندازه‌گیری پوشش می‌دهد. سپس دمای حداکثر روزانه بیشتر از $+1sd$ ، $+2sd$ و $+3sd$ میانگین دمای حداکثر آن روز در طی دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۲۰ بعنوان دمای معرف باد گرم یا فون تعریف گردید، بشرطی که شرایط فون از قبیل باد بادپناهی بودن را دارا باشد. برای شناسایی الگوهای همدید روزهای همراه با باد فون، از نقشه‌های همدیدی ارتفاع ژئوپتانسیل، ۹۵۰، ۸۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسگال، نقشه فشار سطح دریا (Slp) و همچنین نقشه دمای سطح زمین و تاوایی نیز استفاده شد. داده‌های لازم برای تولید این نقشه‌ها از سایت NOAA با نام NCEP/NCAR Reanalysis data 1 با پسوند PSD دریافت و در محیط نرم‌افزار Grads پردازش و تولید نقشه در این نرم‌افزار انجام شد. همچنین برای انجام تحلیل عاملی روزهای همراه با باد فون، در ابتدا روزهای باد فون براساس روز، ماه و سال به فایل txt تبدیل گردید تا از طریق Notepad قابل خواندن باشد. سپس با اجرای اسکریپتی که برای تبدیل داده‌های NCEP به داده‌های txt نوشته شده است. مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگالی برای طول جغرافیایی ۱۰ تا ۷۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی با ۵۲۵ یاخته برای هر روز از روزهای باد فون متوسط (foehn.m)، فون شدید (foehn.s) و فون خیلی شدید (foehn.vs) بصورت فایل عددی جدا گردید. در نهایت ماتریس ورودی برای تحلیل عاملی روزهای همراه با باد فون بصورت زیر تنظیم گردید.

$$R_{foehn.m} = \begin{bmatrix} c_1 & v_1 & v_2 & \dots & v_{72} \\ c_2 & v_1 & v_2 & \dots & v_{72} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{525} & v_1 & v_2 & \dots & v_{72} \end{bmatrix}, R_{foehn.s} = \begin{bmatrix} c_1 & v_1 & v_2 & \dots & v_{59} \\ c_2 & v_1 & v_2 & \dots & v_{59} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{525} & v_1 & v_2 & \dots & v_{59} \end{bmatrix}, R_{foehn.vs} = \begin{bmatrix} c_1 & v_1 & v_2 & \dots & v_{29} \\ c_2 & v_1 & v_2 & \dots & v_{29} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{525} & v_1 & v_2 & \dots & v_{29} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

در اینجا v و c به ترتیب بیانگر متغیر و یاخته هستند. همانگونه که مشاهده می‌شود سطرهای ماتریس داده‌های ورودی بیانگر یاخته‌ها و ستون آن نشان‌دهنده ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال یا همان متغیر در روزهای مختلف است. بعد از تنظیم ماتریس داده‌ها، ماتریس همبستگی متغیر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال روزهای مختلف برای ۵۲۵ یاخته براساس فرمول ذیل محاسبه می‌گردد.

$$r_{v_1,2} = \frac{\sum_{i=1}^n (v_1 - \bar{v}_1)(v_2 - \bar{v}_2)}{NS_{v_1} \cdot S_{v_2}} \quad (۲)$$

ماتریس ضریب همبستگی $n \times m$ متغیر ارتفاع ژئوپتانسیل روزهای همراه با باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید برابر با 525×72 ، 525×59 و 525×29 بدست می‌آید. ماتریس حاصل، یک ماتریس متقارن بوده و ضرایب همبستگی واقع در قطر ماتریس ۱ است، زیرا همبستگی هر متغیر را با خودش بیان می‌کند. با توجه به رابطه متغیرها می‌توان شدت و ضعف رابطه متغیر ارتفاع ژئوپتانسیل را در روزهای مختلف مشخص کرد.

$$R_{foehn.m} = \begin{bmatrix} v_1 & v_1 & v_2 & \dots & v_{72} \\ v_2 & v_1 & v_2 & \dots & v_{72} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{72} & v_1 & v_2 & \dots & v_{72} \end{bmatrix}, R_{foehn.s} = \begin{bmatrix} v_1 & v_1 & v_2 & \dots & v_{59} \\ v_2 & v_1 & v_2 & \dots & v_{59} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{59} & v_1 & v_2 & \dots & v_{59} \end{bmatrix}, R_{foehn.vs} = \begin{bmatrix} v_1 & v_1 & v_2 & \dots & v_{29} \\ v_2 & v_1 & v_2 & \dots & v_{29} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{29} & v_1 & v_2 & \dots & v_{29} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

استفاده از ماتریس همبستگی برای طبقه‌بندی تیپ‌های هوا مناسب‌تر از ماتریس کوواریانس است (علیچانی، ۱۳۸۱). بدین ترتیب ماتریس همبستگی میزان هماهنگی متغیر ژئوپتانسیل یاخته‌های مختلف یک روز با روز دیگر را در حالت استاندارد شده نشان می‌دهد. ماتریس بارگویه‌ها یا بارهای عاملی در واقع ارتباط بین متغیر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ با عامل‌ها است. در واقع بارگویه‌ها همان همبستگی بین متغیرها با عامل‌های تعیین شده است. عبارت دیگر بارهای عاملی کوسینوس زاویه بین متغیر با هر یک از عامل‌های مورد نظر است. در ماتریس بارگویه‌ها بعد از دوران متعامد، ستون‌ها نشان‌دهنده عامل‌ها و سطرها بیانگر متغیرها هستند. در این ماتریس نقش و تاثیر هر عامل در متغیر مربوطه نشان داده می‌شود. در واقع بار عاملی متغیر X_i و عامل F_1 نشان‌دهنده وزنی است که عامل F_1 در تبیین واریانس کل متغیر مورد نظر دارد. سایر مولفه‌ها نیز به همین ترتیب بروی متغیر X_i تاثیر دارند. و مجموع مجذور همبستگی هر متغیر با مجموعه‌ای از عامل‌ها نیز واریانس مشترک آن متغیر نامیده می‌شود، که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$h_i^2 = \sum_{j=1}^n r_{ij}^2 = r_{i1}^2 + r_{i2}^2 + \dots + r_{ik}^2 \quad (۴)$$

در این رابطه h_i^2 بیانگر اشتراک متغیر i ام با k عامل است (نایی، ۱۳۹۳). در تحلیل عاملی کل واریانس تبیین شده توسط عامل‌ها برابر ۱ یا ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود. از این رو اگر درصد واریانس تبیین شده توسط عامل‌ها را از واریانس کل یا صد درصد کم کنیم، باقیمانده نیز واریانس خطا یا باقیمانده یا ویژه نامیده می‌شود. عبارت دیگر درصدی از واریانس کل که توسط عامل‌های تعیین شده قابل تبیین نیست. مقدار ویژه هر عامل، نسبتی از واریانس کل متغیرها است که توسط آن عامل تبیین می‌شود. مقدار ویژه از طریق مجموع مجذورات بارهای عاملی مربوط به تمام متغیرهای آن عامل بدست می‌آید. عبارتی مجموع مجذورات بارهای عاملی هر عامل را مقدار ویژه آن عامل می‌نامند. مقدار ویژه با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$\lambda_1 = \sum_{j=1}^m b_{j1}^2 \quad (5)$$

در واقع، λ_1 عبارت از مجموع مجذورات ستون ۱ام از ماتریس **B** است. مقدار ویژه هر عامل گویای این است که چند درصد از واریانس کل متغیرها مربوط به هر عامل است. هر قدر ضریب عاملی بزرگتر باشد اهمیت و تاثیر آن عامل نیز بیشتر است. از تقسیم مقدار ارزش ویژه هر مولفه بر مجموع واریانس متغیرها سهم درصدی هر مولفه بدست می‌آید.

$$pev_j = \frac{ev_j}{k} \times 100 \quad (6)$$

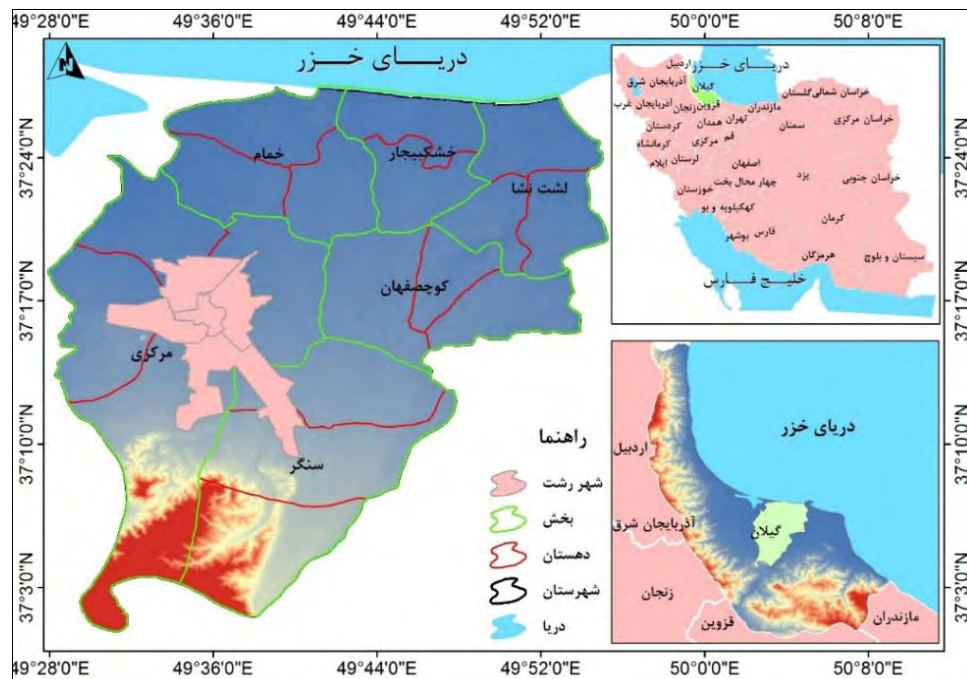
که در آن pev_j درصد مقدار ویژه عامل j ام از کل واریانس متغیرهاست و ev_j نیز مقدار ویژه عامل j ام و k هم مقدار ویژه کل متغیرها که معادل تعداد متغیرهاست. برای تعیین برازندگی و مناسب بودن متغیرها جهت تحلیل عاملی از شاخص اندازه کفایت نمونه‌گیری کایزر مایر آلکین^۱ یا KMO استفاده می‌شود. که نسبت مجموع مجذور همبستگی متغیرها به حاصل جمع این کمیت با مجموع مجذور همبستگی جزئی متغیرها است. مقدار کلی KMO از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_j r_{ij}^2}{\sum_i \sum_j r_{ij}^2 + \sum_i \sum_j q_{ij}^2} \quad (7)$$

که در آن، r_{ij}^2 مجذور همبستگی ساده پیرسون بین دو متغیر x_i و x_j است و q_{ij}^2 نیز مجذور ضریب همبستگی جزئی بین دو متغیر فوق می‌باشد. با توجه به فرمول بالا، اگر $\sum \sum q_{ij}^2$ کوچک باشد، آنگاه KMO به یک نزدیک می‌شود. این مطلب بیانگر آنست که داده‌ها برای تحلیل عاملی کافی و مناسب هستند. در غیر اینصورت نمی‌توان بر روی داده‌ها تحلیل عاملی را انجام داد (نایی، ۱۳۹۳).

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهرستان رشت در مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳ دقیقه طول جغرافیایی از نصف‌النهار مبدا در بین ارتفاعات تالش و دریای خزر واقع شده است. از نظر سیاسی این شهرستان از شمال به دریای خزر و شهرستان بندر انزلی، از جنوب به شهرستان رودبار، از شرق به شهرستان‌های سیاهکل و آستانه اشرفیه و از غرب به شهرستان‌های فومن، صومعه‌سرا و شفت منتهی می‌شود. این شهرستان با مساحت ۱۲۱۵ کیلومترمربع شامل ۶ بخش بنام‌های مرکزی، خمام، خشک بیجار، سنگر، کوچصفهان و لشت‌نشاء و ۱۸ دهستان و ۲۹۴ آبادی که ۲۹۲ آبادی آن دارای سکنه و ۲ آبادی خالی از سکنه است. جمعیت این شهرستان طبق سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ برابر با ۹۵۶۹۷۱ نفر بوده و شهرهای آن عبارتند از: رشت، سنگر، کوچصفهان، لشت‌نشاء، خشکبیجار و خمام است (سالنامه آماری استان گیلان، ۱۳۹۷: ۱۲۰).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در استان گیلان

یافته‌ها و بحث

معیار تعیین روز فون

در این پژوهش، برای شناسایی باد فون از متغیر دمای حداکثر روزانه استفاده شده است. بطوریکه معیار شناسایی باد فون نیز براساس مقایسه دمای حداکثر روزانه یاخته‌های شهرستان رشت با میانگین طولانی مدت دمای حداکثر آن انجام گرفت. بدین ترتیب میانگین دمای حداکثر روزانه بمدت ۴۰ سال (۱۹۸۱ تا ۲۰۲۰) برای تمامی روزهای سال محاسبه و سپس تفاضل دمای حداکثر روزانه یاخته‌ها از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ از میانگین طولانی مدت همان روز محاسبه و در ۱ انحراف معیار، ۲ انحراف معیار و ۳ انحراف معیار طولانی مدت آن روز ضرب گردید. رابطه ۸ تا ۹ چگونگی محاسبه آن را نشان می‌دهد.

$$Fohn_{Medium} = T_{max,d} - (T_{max,\bar{x}} + 1sd) \quad (8)$$

$$Fohn_{severe} = T_{max,d} - (T_{max,\bar{x}} + 2sd) \quad (9)$$

$$Fohn_{very.severe} = T_{max,d} - (T_{max,\bar{x}} + 3sd) \quad (10)$$

در این روابط $Fohn_{severe}$ و $Fohn_{very.severe}$ بیانگر باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید در هر یاخته است که از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ شناسایی شده است. $T_{max,d}$ نیز دمای حداکثر روزانه، $T_{max,\bar{x}}$ میانگین دمای حداکثر روزانه در طی دوره و $1sd$ ، $2sd$ و $3sd$ به ترتیب نشان‌دهنده ۱ انحراف معیار، ۲ انحراف معیار و ۳ انحراف معیار دمای حداکثر روزانه طولانی مدت ۴۰ ساله است. با لحاظ کردن معیار فوق بر روی دمای حداکثر روزانه ایستگاه رشت، روزهای گرمی که تفاضل مقدار دمای حداکثر آنها از حاصل جمع میانگین طولانی مدت همان روز به اضافه ۱ انحراف معیار مثبت باشد بعنوان روز همراه با باد فون در نظر گرفته می‌شود. شدت باد فون نیز مستلزم آن است که تفاضل مورد نظر برای ۲ انحراف معیار یا ۳ انحراف معیار مثبت باشد. بنابراین با توجه به مثبت بودن تفاضل فوق برای $1sd$ ، $2sd$ و $3sd$ ، باد فون به سه گروه متوسط، شدید و خیلی شدید طبقه‌بندی شد. برای بررسی دقیق‌تر رابطه بین دمای حداکثر روزانه در هنگام وقوع باد فون با سایر متغیرهای اقلیمی، ضریب همبستگی بین آنها محاسبه و در جدول ۱ آورده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود دمای حداکثر روزانه با میانگین دمای حداکثر دوره (۴۰ ساله) به میزان ۰/۶۰۸ رابطه داشته و از نوع رابطه مستقیم بوده و در هر دو سطح $\alpha = 0.01$ و $\alpha = 0.05$ معنی‌دار است. این

مهم نیز بین دمای حداکثر روزانه و حداقل رطوبت نسبی که در هنگام ظهر اتفاق می‌افتد از نوع منفی، معکوس و به میزان $-0/504$ بوده و بیانگر آن است که در هنگام وقوع باد فون در این ناحیه از رطوبت نسبی هوا کاسته می‌شود. بین دمای حداکثر روزانه و سایر متغیرهای مورد بررسی یعنی جهت و میانگین سرعت باد رابطه معنی‌دار در هر دو سطح مورد بررسی شناسایی نشد.

جدول ۱. رابطه بین متغیرهای مختلف در هنگام وقوع باد فون

متغیر	ضریب همبستگی	دمای حداکثر روزانه	میانگین دمای حداکثر دوره	حداقل رطوبت	جهت باد	میانگین سرعت باد
دمای حداکثر روزانه	پیرسون	۱	$**0/608$	$**0/504$	$-0/041$	$0/031$
	معنی‌داری دو طرفه		$0/000$	$0/000$	$0/603$	$0/693$
	تعداد	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
میانگین دمای حداکثر دوره	پیرسون	$**0/608$	۱	$-0/092$	$-0/009$	$-0/116$
	معنی‌داری دو طرفه	$0/000$		$0/242$	$0/908$	$0/14$
	تعداد	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
حداقل رطوبت	پیرسون	$**0/504$	$-0/092$	۱	$-0/007$	$-0/129$
	معنی‌داری دو طرفه	$0/000$	$0/242$		$0/931$	$0/1$
	تعداد	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
جهت باد	پیرسون	$-0/041$	$-0/009$	$-0/007$	۱	$-0/112$
	معنی‌داری دو طرفه	$0/603$	$0/908$	$0/931$		$0/16$
	تعداد	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
میانگین سرعت باد	پیرسون	$0/031$	$-0/116$	$-0/129$	$-0/112$	۱
	معنی‌داری دو طرفه	$0/693$	$0/14$	$0/1$	$0/16$	
	تعداد	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	$0/16$	۱۶۰

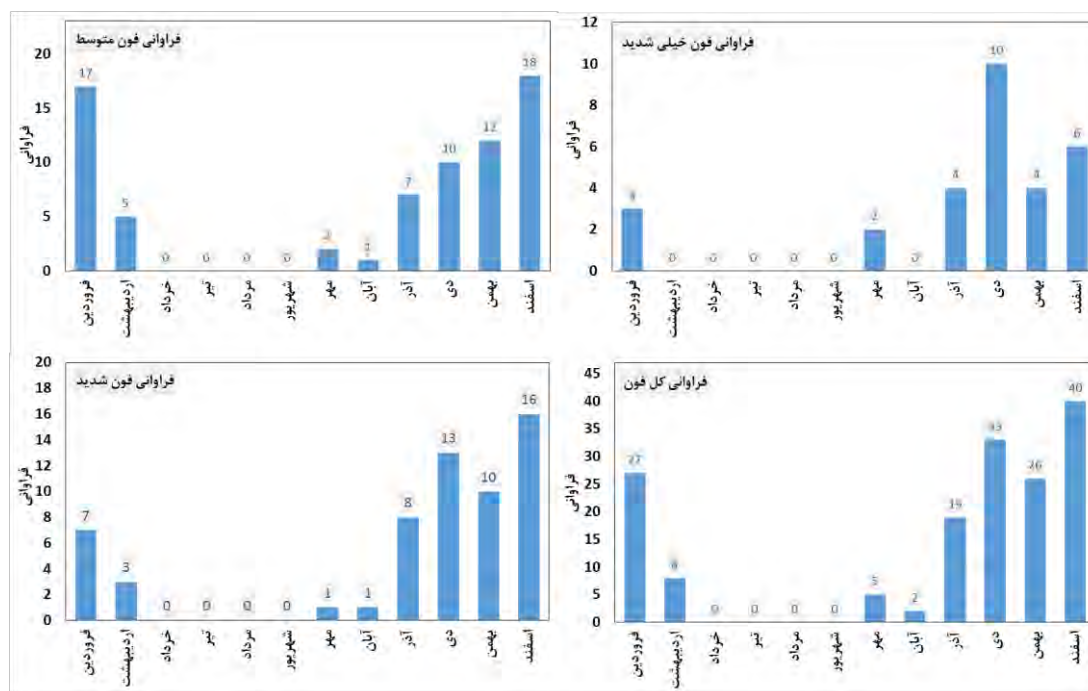
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

در همین راستا از مدل رگرسیون چندجانبه برای تعیین مقدار تاثیر هر یک از متغیرهای اقلیمی بالا بر روی دمای حد اکثر روزانه استفاده شد. در این مدل دمای حداکثر روزانه بعنوان متغیر وابسته و متغیرهای میانگین دمای حداکثر روزانه دوره، حداقل رطوبت نسبی، جهت و میانگین سرعت باد بعنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. در جدول ۲ نتایج مدل رگرسیونی چندجانبه آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در این جدول میزان ضریب همبستگی چندجانبه (R)، ضریب تبیین (R^2)، $Adj.R^2$ (ضریب تبیین تنظیم شده)، آزمون دوربین-واتسون، مقدار F، معنی‌داری (Sig.)، مقدار ثابت معادله رگرسیونی (Constant) و همچنین ضرایب آن برای متغیرهای مستقل درگیر در معادله رگرسیونی ($\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$) قرار داده شده است. میزان R بین متغیرهای مورد بررسی برابر با $0/759$ بدست آمد، این در حالی است ضریب تبیین این رابطه برای فوق برابر با $0/577$ محاسبه شد. ضریب تبیین محاسبه شده نشان‌دهنده آن است که $57/7$ درصد تغییرات متغیر وابسته (حداکثر دمای روزانه) توسط متغیرهای مستقل مورد بررسی قابل تبیین است. به عبارت دیگر این مقدار نسبت تغییر در نظر گرفته شده مدل رگرسیونی در بالا و پایین میانگین است. اما تفاوت بین R^2 و $Adj.R^2$ را باید در نظر داشت زیرا R^2 نشان می‌دهد چه تعداد نقاط داده با خط رگرسیون با فرض اینکه هر تک متغیر، تغییر در متغیر وابسته را تبیین می‌کند متناسب است، این در حالی است $Adj.R^2$ می‌گوید که نقاط داده تا چه اندازه متناسب با یک خط رگرسیون هستند که در واقع درصد تغییرات را فقط با متغیرهای مستقلی که بر متغیر وابسته تاثیر می‌گذارد نشان می‌دهد. بنابراین $Adj.R^2$ نسبت به R^2 از کارایی بیشتری برخوردار بوده و از ورود متغیرهای غیر موثر در رابطه جلوگیری می‌کند. با این وصف مقدار $Adj.R^2$ نسبت به R^2 کوچکتر خواهد شد. بدین ترتیب مقدار $Adj.R^2$ رابطه رگرسیونی چندجانبه برابر با $0/566$ محاسبه شد. آزمون دوربین-واتسون (جدول ۲) نشان‌دهنده استقلال باقی‌مانده‌ها است، زیرا مقدار این آزمون نزدیک به ۲ باشد استقلال باقی‌مانده‌ها از آن مستفاد می‌شود. با توجه به بزرگ بودن مقدار F و مقدار $Sig = 0.000 < 0.05$ نتیجه می‌گیریم

جدول ۲. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه جهت تعیین متغیرهای مؤثر بر دمای حداکثر روزانه در هنگام وقوع باد فون

R= 0.759 R ² = 0.577, Adjusted R ² = 0.566, Durbin-Watson=1.708, F= 52.765 Sig.= 0.00							
ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	p-value	Collinearity Statistics	
	B	SE	Beta			Tolerance	VIF
ثابت معادله (Constant)	۱۶/۴۴۱	۱/۴۸۷	-	۱۱/۰۵۹	۰/۰۰۰	-	-
میانگین دمای حداکثر دوره	۰/۸۲۶	۰/۰۷۸	۰/۵۷۱	۱۰/۷۸۲	۰/۰۰۰	۰/۹۷۴	۱/۰۲۷
حداقل رطوبت نسبی	-۰/۱۰۳	۰/۰۱۲	-۰/۴۴۸	-۸/۵-۴	۰/۰۰۰	۰/۹۷۴	۱/۰۲۷
جهت باد	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	-۰/۰۳۵	-۰/۶۶۵	۰/۵۰۷	۰/۹۸۷	۱/۰۱۴
میانگین سرعت باد	۰/۱۹۵	۰/۲۷۲	۰/۰۳۸	۰/۷۱۶	۰/۴۷۵	۰/۹۵۷	۱/۰۴۵

در شکل ۲ فراوانی و درصد رخداد باد فون بر اساس شدت آن در طی ماه‌های مختلف سال نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود در مجموع بیشترین رخداد باد فون در ماه اسفند اتفاق می‌افتد. این مهم نیز در مورد باد فون متوسط و خیلی شدید صدق کرده و بیشترین فراوانی باد فون شدید در ماه دی رخ می‌دهد. در ۴ ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور در طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ هیچ گونه باد فونی مشاهده نشده و تعداد باد فون از ماه مهر به سمت ماه‌های سرد سال افزایش یافته و باد فوق در دو ماه فروردین و اردیبهشت نیز هم از فراوانی قابل توجهی برخوردار است. بطور کلی ۱۶۰ باد فون رخ داده در این ناحیه، ۷۲ مورد از نوع فون متوسط، ۵۹ مورد از نوع شدید و ۲۹ مورد از نوع خیلی شدید بودند. از ۱۰۰ درصد باد فون متوسط، ۲۳/۶، ۶/۹، ۰، ۰، ۰، ۲/۸، ۱/۴، ۹/۷، ۱۳/۹، ۱۶/۷ و ۲۵ درصد آن به ترتیب از فروردین ماه تا اسفندماه بوقوع پیوسته‌اند. در همین راستا از کل باد فون شدید، ۱۱/۹، ۵/۱، ۰، ۰، ۰، ۱/۷، ۱/۷، ۱۳/۶، ۲۲، ۱۶/۹ و ۲۷/۱ درصد و از کل باد فون خیلی شدید، ۱۰/۳، ۰، ۰، ۰، ۰، ۰، ۶/۹، ۰، ۱۳/۸، ۳۴/۵ و ۱۳/۸ درصد آن نیز از ماه فروردین تا اسفند رخ داده‌اند. در شکل ۲ نیز کاملاً مشخص است که تمرکز باد فون در استان گیلان از نوع زمستانه است.



شکل ۲. فراوانی رخداد روزهای باد فون و برحسب شدت متوسط، شدید، خیلی شدید و کل آن

به منظور تعیین برازندگی و مناسب بودن متغیرها جهت تحلیل عاملی از شاخص اندازه کفایت نمونه کایزر مایر آلکین استفاده شد. نتایج شاخص فوق بروی ماتریس داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسگال برای بادهای فون با شدت‌های مختلف در جدول ۳ آورده شده است. مقادیر جدول ۳ نسبت مجموع مجذور همبستگی متغیرها به حاصل جمع این کمیت با مجموع مجذور همبستگی متغیرها است. مقادیر بدست آمده از شاخص KMO نشان می‌دهد که ضریب فوق در حد عالی بوده و مناسب تحلیل عاملی هستند. همچنین در آزمون کرویت بارتلت فرض H_0 مبنی بر عدم همبستگی متغیرها بوده و متغیرها را ناهمبسته فرض می‌کند. در حالیکه فرض مخالف آن بیانگر وجود رابطه بین متغیرها است. نتایج بدست آمده از این آزمون و شاخص KMO نشان‌دهنده همبسته بودن و مناسب بودن متغیرها جهت تحلیل عاملی است.

جدول ۳. آزمون سنجش کفایت نمونه ماتریس ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگالی برای تحلیل عاملی باد فون

نوع باد فون	متوسط	شدید	خیلی شدید
اندازه‌گیری کفایت نمونه کایزر-میر-آلکین	۰/۹۳۳	۰/۹۴۱	۰/۹۰۶
تقریب خرد	۱۹۷۴۱۳/۱۴	۱۵۱۷۸۲/۹۹	۵۷۶۷۳/۹
آزمون کرویت بارتلت	۲۵۵۶	۱۷۱۱	۴۰۶
معنی‌داری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

در جدول ۴ مقدار ویژه اولیه، مجموع مجذور بارهای مستخرج و مجموع مجذور بارهای دوران‌یافته هر عامل برای بادهای فون با شدت متوسط آورده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد عامل اول تا چهارم به ترتیب دارای واریانس اولیه برابر با ۸۷/۰۰۱، ۴/۳۲۷، ۲/۰۱ و ۱/۷۴۶ درصد هستند. در جدول ۴، مقدار ویژه برای ۷۲ متغیر یا روز محاسبه شده است، اما فقط چهار عامل اول که در مجموع ۹۵/۰۸۴ درصد واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند برای بررسی انتخاب شدند و از روزهایی که مقدار ویژه آنها کمتر از ۱ بود، بدلیل بی‌اهمیت بودن آنها از مطالعه حذف شده است. چهار عامل فوق نیز قبل از هر گونه دوران در محورهای متعامد، بعنوان مجموع مجذور بارهای مستخرج مشخص می‌شوند که میزان واریانس تبیین شده توسط چهار عامل اول آن با مقدار ویژه اولیه یکی است. اما بعد از دوران متعامد

حول مرکز مختصات، سهم یا درصد اختصاص یافته به هر عامل تغییر کرده، اما در درصد کل یا ۹۰/۵۳۹ تغییری حاصل نمی‌شود. چرخش عامل‌ها به منظور ساده کردن ساختار عامل‌ها و تفسیرپذیر کردن آنها انجام می‌گیرد. بنابراین عامل اول، دوم، سوم و چهارم، بعد از چرخش به ترتیب ۳۵/۶۳، ۳۳/۴۸، ۱۳/۷۷۶ و ۱۲/۱۹۸ واریانس داده‌ها و در مجموع ۹۵/۰۸۴ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کنند.

جدول ۴. مولفه‌ها، مقدار ویژه اولیه و مجموع مربع بارهای مستخرج غیردورانی و دورانی روزهای با باد فون متوسط

مولفه-ها	مقدار ویژه اولیه			مجموع مجذور بارهای مستخرج			مجموع مجذور بارهای دوران یافته		
	کل	درصد	درصد	کل	درصد	درصد	کل	درصد	درصد
		واریانس	تجمعی		واریانس	تجمعی		واریانس	تجمعی
۱	۶۲/۶۴۱	۸۷/۰۰۱	۸۷/۰۰۱	۶۲/۶۴۱	۸۷/۰۰۱	۸۷/۰۰۱	۲۵/۶۵۴	۳۵/۶۳	۳۵/۶۳
۲	۳/۱۱۵	۴/۳۲۷	۹۱/۳۲۸	۳/۱۱۵	۴/۳۲۷	۹۱/۳۲۸	۲۴/۱۰۶	۳۳/۴۸	۶۹/۱۱
۳	۱/۴۴۷	۲/۰۱	۹۳/۳۳۸	۱/۴۴۷	۲/۰۱	۹۳/۳۳۸	۹/۹۱۸	۱۳/۷۷۶	۸۲/۸۸۶
۴	۱/۲۵۷	۱/۷۴۶	۹۵/۰۸۴	۱/۲۵۷	۱/۷۴۶	۹۵/۰۸۴	۸/۷۸۲	۱۲/۱۹۸	۹۵/۰۸۴

مقدار ویژه اولیه، مجموع مجذور بارهای مستخرج و مجموع مجذور بارهای دوران یافته هر عامل برای روزهای باد فون شدید در جدول ۵ آورده شده است. در بخش اول جدول، یعنی ستون‌های اول تا سوم مقدار ویژه اولیه ۵۹ روز ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال محاسبه و نشان می‌دهد که ۳ مولفه اول در حدود ۹۴/۷۳۲ درصد واریانس داده‌های مورد بررسی را تبیین می‌کنند. همانگونه که مشاهده می‌شود قبل از دوران محور، درصد واریانس تبیین شده توسط عامل اول با ۸۸/۷۱۲ درصد دارای بالاترین مقدار و عامل سوم با ۲/۳۶۲ درصد از کمترین مقدار برخوردار هستند. مولفه سوم نیز ۳/۶۵۷ درصد واریانس کل را تبیین می‌کند. در ستون‌های ششم تا هشتم مجموع مجذور بارهای مستخرج قبل از دوران محورها آورده شده است. در اینجا سه مولفه اول، رویهم‌رفته ۹۴/۷۳۲ درصد واریانس داده‌ها را تبیین و درصد واریانس باقیمانده توسط عامل‌های دیگر که از اهمیت بسیار کمی برخوردار هستند قابل تبیین است. بعد از دوران محورهای متعامد یا عامل‌ها و محاسبه مجموع مجذور بارهای استخراج شده می‌توان گفت، توزیع درصد تبیین واریانس هر مولفه نسبت به مقدار ویژه اولیه تغییر می‌کند بطوریکه مولفه اول با ۳۹/۵۰۵، مولفه دوم با ۳۰/۰۴۲ و مولفه سوم با ۲۵/۱۸۵ درصد، رویهم‌رفته سه مولفه بعد از دوران ۹۴/۷۳۲ درصد واریانس کل را تبیین می‌کنند. همانگونه که مشاهده می‌شود در واریانس کل مقدار ویژه اولیه، مجموع مجذور بارهای مستخرج و مجموع مجذور بارهای دوران یافته هیچ تفاوتی مشاهده نمی‌شود. اما با چرخش محورها نوعی توزیع واریانس مولفه‌ها به هم نزدیکتر می‌شود. البته لازم به ذکر است که تفاوت‌های برون‌گروهي و حداکثر تجانس درون‌گروهي نیز حفظ می‌گردد. بنابراین عامل اول، دوم و سوم بعد از چرخش قادرند ۹۴/۷۳۲ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین کنند.

جدول ۵. مولفه‌ها، مقدار ویژه اولیه و مجموع مربع بارهای مستخرج غیردورانی و دورانی روزهای با باد فون شدید

مولفه-ها	مقدار ویژه اولیه			مجموع مجذور بارهای مستخرج			مجموع مجذور بارهای دوران یافته		
	کل	درصد	درصد	کل	درصد	درصد	کل	درصد	درصد
		واریانس	تجمعی		واریانس	تجمعی		واریانس	تجمعی
۱	۵۲/۳۴	۸۸/۷۱۲	۸۸/۷۱۲	۵۲/۳۴	۸۸/۷۱۲	۸۸/۷۱۲	۲۳/۳۰۸	۳۹/۵۰۵	۳۹/۵۰۵
۲	۲/۱۵۸	۳/۶۵۷	۹۲/۳۷	۲/۱۵۸	۳/۶۵۷	۹۲/۳۷	۱۷/۷۲۵	۳۰/۰۴۲	۶۹/۵۴۷
۳	۱/۳۹۴	۲/۳۶۲	۹۴/۷۳۲	۱/۳۹۴	۲/۳۶۲	۹۴/۷۳۲	۱۴/۸۵۹	۲۵/۱۸۵	۹۴/۷۳۲

در جدول ۶ مقدار ویژه اولیه، مجموع مجذور بارهای مستخرج و مجموع مجذور بارهای دوران یافته تنها عامل باد فون خیلی شدید محاسبه و درج شده است. نتایج نشان می‌دهد که یک مولفه ۸۹/۸۰۳ درصد واریانس داده‌های مورد نظر را تبیین می‌کنند. سایر مولفه‌ها با مقدار ویژه کمتر از ۱ تاثیر چندانی در باد فون شدید نداشته و از مطالعه حذف شده‌اند.

جدول ۶. مولفه‌ها، مقدار ویژه اولیه و مجموع مربع بارهای مستخرج غیردورانی و دورانی روزهای با باد فون خیلی شدید

مولفه‌ها	مقدار ویژه اولیه			مجموع مجذور بارهای مستخرج		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۲۶/۰۴۳	۸۹/۸۰۳	۸۹/۸۰۳	۲۶/۰۴۳	۸۹/۸۰۳	۸۹/۸۰۳

در جدول ۷ و ۸ تعداد مولفه‌ها و روزهای نماینده هر یک از آنها برای بادهای فون متوسط، شدید و خیلی شدید آورده شده است. این مولفه بعد از تحلیل عاملی ماتریسی به ابعاد 72×525 ، 59×525 و 29×525 به ترتیب برای بادهای فون متوسط، شدید و خیلی شدید بدست آمده است. ابعاد هر یاخته ماتریس برابر با $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ درجه طول و عرض جغرافیایی است که بین طول جغرافیایی ۱۰ تا ۷۰ درجه شرقی و ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی در حدود ۵۲۵ یاخته با توجه به پدیده همدیدی مورد مطالعه (باد فون) انتخاب شده است.

جدول ۷. تعداد مولفه‌ها و روزهای مربوط به هر مولفه

نوع باد فون	تعداد روزهای هر مولفه				جمع
	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم	مولفه چهارم	
متوسط	۳۷	۲۹	۵	۱	۷۲
شدید	۳۲	۱۸	۹	-	۵۹
خیلی شدید	۲۹	-	-	-	۲۹
جمع					۱۶۰

جدول ۸. تاریخ روزهای نماینده الگوهای گردشی مولفه‌های مختلف باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید

مولفه‌ها	نوع باد فون								
	متوسط			شدید			خیلی شدید		
	روز	ماه	سال	روز	ماه	سال	روز	ماه	سال
اول	۰۹	۰۴	۲۰۲۱	۲۹	۱۱	۲۰۲۱	۰۴	۰۳	۲۰۱۸
دوم	۱۸	۱۰	۲۰۱۴	۱۲	۱۱	۲۰۱۵	-	-	-
سوم	۰۶	۰۱	۲۰۱۹	۱۵	۰۳	۲۰۱۶	-	-	-
چهارم	۱۱	۰۳	۲۰۱۶	-	-	-	-	-	-

در همین راستا بعد از تحلیل عاملی و شناسایی روزهای نماینده هر عامل شناسایی شده برای باد فون، در این مرحله از پژوهش نیز الگوهای همدیدی منجر به ایجاد باد فون، ساختار و چگونگی عملکرد آن به تفکیک باد فون با شدت متوسط، شدید و خیلی شدید مورد بررسی قرار می‌گیرند.

الگوهای باد فون متوسط

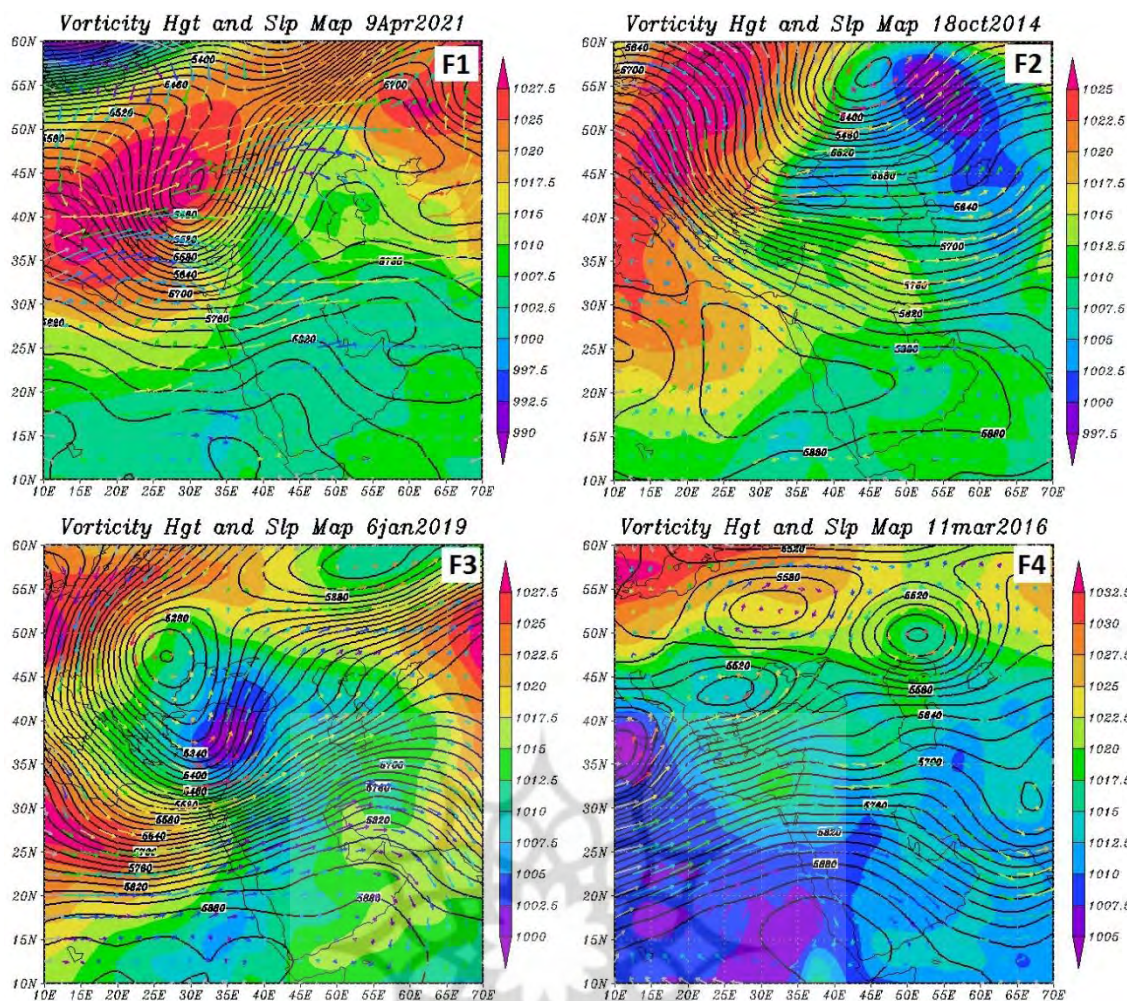
در شکل ۳ نقشه تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال و فشار سطح دریا (Slp) مورخ ۹ آوریل ۲۰۲۱ نمایش داده شده است. روز نماینده مولفه اول باد فون متوسط (F1) نیز مورخ ۹ آوریل ۲۰۲۱ با استفاده از تحلیل عاملی به روش مولفه‌های مبنا انتخاب شد. به منظور تحلیل همدیدی مولفه اول باد فون متوسط، شرایط همدیدی روز رخداد باد فون مورد بررسی قرار گرفته است. در روز ۹ آوریل محور فراز باد غربی از مرکز دریای خزر عبور کرده و فاصله خطوط ارتفاع ژئوپتانسیل نسبت به روزهای قبل در راستای محور پشته افزایش یافته است. در این روز نیز بردار محاسبه شده از مولفه مداری و نصف‌النهاری جریان هوا در سطح زمین نیز عمود بر ارتفاعات غربی استان گیلان در حال وزش است. با توجه به فرآیند تشکیل باد فون، جریان هوا در اثر برخورد با مانع کوهستانی غرب استان گیلان،

بناچار در دامنه غربی یا رو به باد صعود کرده و در اثر نزول هوا در طرف بادپناه این مانع و ناحیه جلگه‌ای پست جنوب غربی دریای خزر هوای گرم را ایجاد می‌کند. این شرایط در اثر قرارگیری «پشته بادهای غربی» در شمال غرب ایران و جابجایی شرق‌سوی آن در روزهای آینده تا دریای خزر ایجاد می‌شود (شکل ۳).

در همین شکل نقشه روز نماینده مولفه دوم منجر به باد فون متوسط (F2) یعنی مورخ ۱۸ اکتبر ۲۰۱۴ آورده شده است. در این نقشه‌ها، اطلاعات مربوط به تاوایی، فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو وجود دارد. در این روز پراارتفاع جنب حاره در راستای طول جغرافیایی در امتداد غربی-شرقی گسترش پیدا کرده است. این پراارتفاع به صورت دو هسته کاملاً مشخص بر روی عربستان و شمال آفریقا مشاهده می‌شود. در زیر هسته آفریقایی پراارتفاع در سطح زمین هسته پرفشار قوی با فشار مرکزی ۱۰۲۵ میلی‌بار تشکیل شده و زبانه‌های آن تا غرب ایران گسترش یافته است. علاوه بر این زبانه‌های کم‌فشار واقع بر روی اراضی شمالی دریای خزر در راستای شمالی-جنوبی از روی دریای خزر عبور و تا جنوب شرق ایران نفوذ کرده است. محور فرود بادهای غربی در این روز کج شده و از جهت شمال شرق به سمت جنوب غرب تا دریای مدیترانه شرقی واقع بر روی یونان کشیده می‌شود. محدوده مورد مطالعه در قسمت جلوی ناوه امواج بادهای غربی واقع بوده و خطوط هم ارتفاع در جلوی ناوه به دلیل کجی محور در راستای غربی-شرقی از روی منطقه عبور می‌کنند. در سطح زمین جریان هوا از زبانه پرفشار غرب ایران در راستای ساعتگرد به سمت کم-فشار واقع بر روی دریای خزر و شرق آن در حال وزش است. وزش جریان هوا در راستای غربی-شرقی از پرفشار به کم-فشار باعث صعود اجباری هوا در ارتفاعات غربی و جنوب غربی استان گیلان در دامنه رو به باد شده و در دامنه مقابل (بادپناه) نیز جریان هوا در اثر فرونشینی و از دست دادن رطوبت به صورت افت آهنگ بی‌دروی خشک و در برخی موارد فوق خشک گرم شده و باد گرم فون را ایجاد می‌کند. این شرایط جوی در اثر "نفوذ زبانه پرفشار" در جلوی محور فرود بادهای غربی در هماهنگی با زبانه کم‌فشار شرق دریای خزر ایجاد می‌شود (شکل ۳).

نقشه مولفه سوم باد فون متوسط (F3) مورخ ۶ ژانویه ۲۰۱۹ نشان می‌دهد که محور فراز بادهای غربی در شرق ایران قرار دارد. در همین زمان فرود عمیقی در شرق دریای مدیترانه شکل گرفته است که در بخش جلوی فرود، چندین هسته کم‌فشار در راستای شمالی-جنوبی با تاوایی مثبت قابل شناسایی هستند. زبانه کم‌فشارهای فوق در بخش جلویی فرود بادهای غربی و در راستای جنوب غرب-شمال شرق به نواحی جنوب غربی، غربی و شمال ایران نفوذ می‌کنند. با نفوذ کم‌فشار سودانی در جلوی فرود بادهای غربی به سمت ایران، در بیشتر مواقع در جنوب غرب، غرب، مرکز و گاهی اوقات تا شمال شرق ایران بارش ایجاد می‌کند. اما نتیجه عملکرد این سامانه با عبور از ارتفاعات البرز، باعث ریزش بارش در دامنه‌های جنوبی و ایجاد باد گرم در دامنه‌های شمالی ارتفاعات البرز و جلگه ساحلی جنوب غربی دریای خزر می‌شود. در نتیجه الگوی سوم ایجاد باد فون متوسط نیز «کم‌فشار سودانی» است (شکل ۳).

نماینده مولفه چهارم باد فون متوسط (F4) نیز روز ۱۱ مارس ۲۰۱۶ انتخاب شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در روز ۱۱ مارس ۲۰۱۶ در اثر عملکرد چرخند واقع در شرق دریای خزر و همچنین گسترش زبانه پرفشار شرق ترکیه در پشت فراز موج کوتاه که محور آن از مرکز دریای خزر در راستای شمالی-جنوبی عبور می‌کند، باد فون را در دامنه شمالی ارتفاعات استان گیلان بوجود می‌آورد. بعبارت دیگر، صعود اوروگرافیکی در دامنه غربی این ارتفاعات همراه با نزول جریان هوا در دامنه بادپناه بوده و گرم شدن هوا را باعث می‌شود. این شرایط در اثر عملکرد همزمان «موج کوتاه و چرخند بادپناهی زاگرس» بر استان گیلان حاکم می‌شود (شکل ۳).



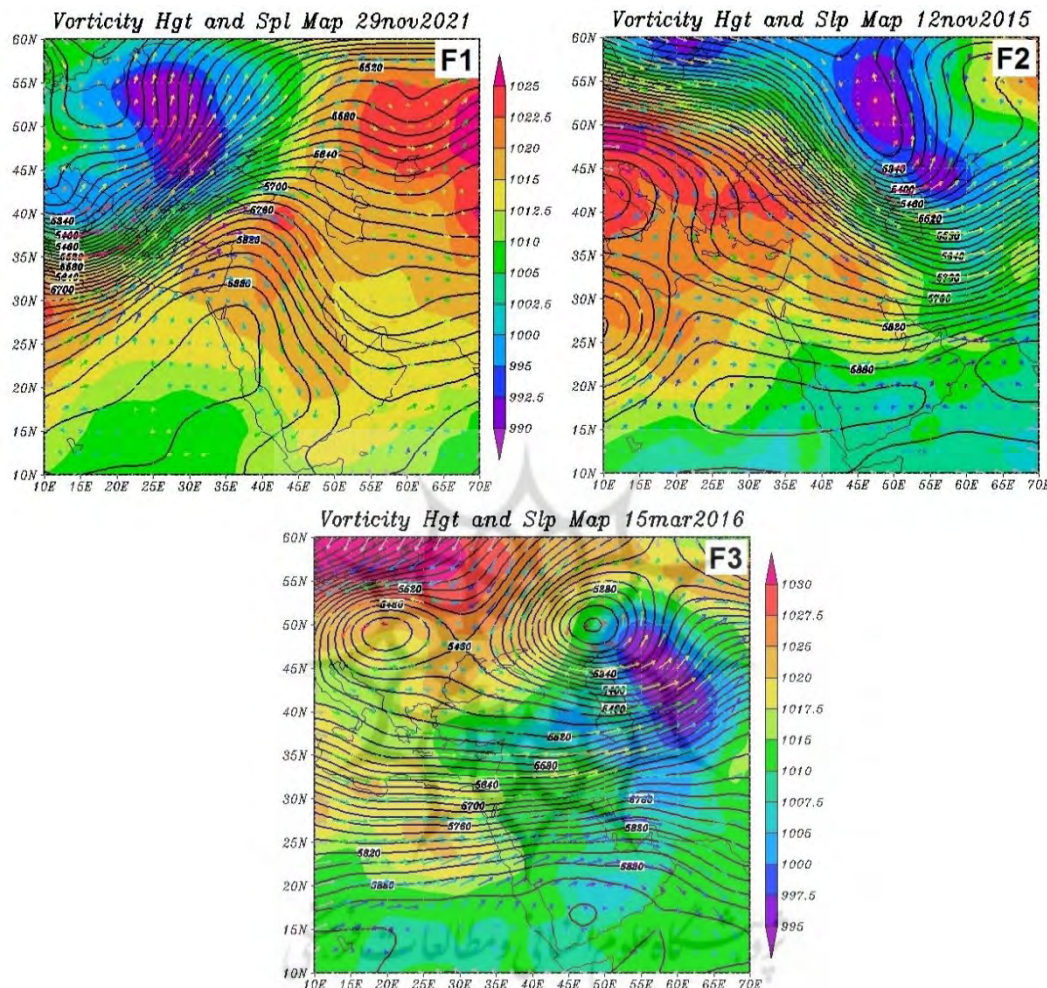
شکل ۳. نقشه تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال و فشار سطح دریا مولفه اول باد فون متوسط مورخ ۹ آوریل ۲۰۲۱ (F1)، مولفه دوم باد فون متوسط مورخ ۱۸ اکتبر ۲۰۱۴ (F2)، مولفه سوم باد فون متوسط مورخ ۶ ژانویه ۲۰۱۹ (F3) و مولفه چهارم باد فون متوسط مورخ ۱۱ مارس ۲۰۱۶ (F4).

الگوهای باد فون شدید

در شکل ۴ نقشه تاوایی سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسگالی، فشار سطح دریا (Slp) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال (Hgt) روز نماینده مولفه اول باد فون شدید (F1) یعنی ۲۹ نوامبر ۲۰۲۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در روز وقوع باد فون میزان فشار هسته پرفشار واقع در شمال غرب ایران در اثر عمیق‌تر شدن پشته واقع بر روی آن افزایش یافته و پرفشار سیبری هم فعال است. در این روز محدوده مورد مطالعه نسبت به دو پرفشار پیرامونی نیز از فشار کمتری برخوردار بوده و بعلاوه نزدیکی پرفشار شمال غرب ایران، جریان هوا مانند روز قبل از حاشیه شمال شرقی آن عمود بر ارتفاعات غربی استان گیلان می‌وزد. در نتیجه صعود اجباری هوا در دامنه رو به باد و نزول آن در دامنه بادپناه ارتفاعات غربی استان گیلان باعث گرم شدن هوا در دامنه شرقی این ارتفاعات و ناحیه جلگه‌ای می‌شود. شرایط فوق در اثر قرارگیری فراز بادهای غربی در شمال غرب ایران بوجود می‌آید که در این حالت جریان هوا از شمال شرق «پشته غرب ایران» به سمت استان گیلان برقرار می‌شود.

الگوهای جوی روز نماینده مولفه دوم باد فون شدید (F2) مورخ ۱۲ نوامبر ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که محور عمیق بادهای غربی به شرق دریای خزر جابه‌جا شده و منطقه مورد مطالعه در عقب محور فرود تحت تاثیر زبانه شرقی پرفشار شکل گرفته بر روی دریای مدیترانه است. زبانه کم‌فشار شمال اروپا در این روز در راستای محور فرود (شمال غرب- جنوب شرق) از بخش شمالی دریای خزر به سمت شرق تا نواحی شرقی ایران نفوذ کرده است. در این روز خطوط هم-

ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسگالی در تراز میانی جو بر روی محدوده مورد مطالعه بهم فشرده شده و اندازه بردار جریان هوا نشان‌دهنده افزایش سرعت هوا در بخش میانی جو است. در سطح زمین جریان هوا در راستای غربی-شرقی از بخش شرقی زبانه پرفشار واقع بر روی مدیترانه به سمت استان گیلان و عمود بر ارتفاعات غربی آن می‌وزد و عرض دریای خزر را در بخش جنوبی آن طی می‌کند. نزول هوا در دامنه شرقی ارتفاعات استان گیلان باعث ایجاد باد گرم فون می‌شود. این شرایط در اثر قرارگیری استان گیلان در عقب محور فرود بادهای غربی و نفوذ «زبانه پرفشار مدیترانه‌ای» به این ناحیه ایجاد گردد.



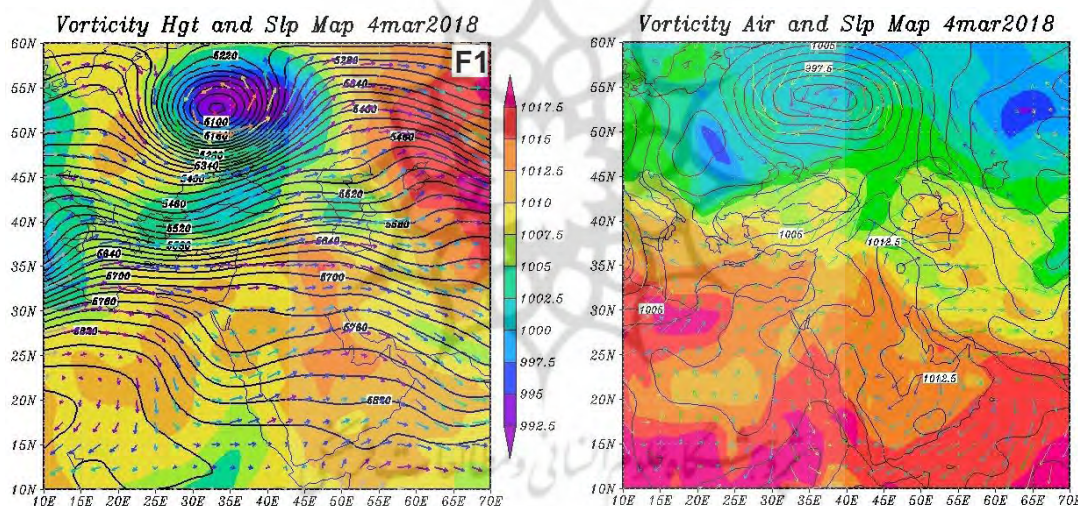
شکل ۴. نقشه تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال و فشار سطح دریا مولفه اول باد فون شدید مورخ ۲۹ نوامبر ۲۰۲۱ (F1)، مولفه دوم باد فون متوسط شدید مورخ ۱۲ نوامبر ۲۰۱۵ (F2)، مولفه سوم باد فون متوسط شدید مورخ ۱۵ مارس ۲۰۱۶ (F3).

روز نماینده مولفه سوم باد فون شدید نیز ۱۵ مارس ۲۰۱۶ انتخاب شده است. در این روز چرخند مدیترانه‌ای در داخل موج کوتاه بادهای غربی و با سرعت زیاد به شرق دریای خزر جابه‌جا شده است. در این هنگام با وجود اینکه جریانات سمت غربی چرخند از روی دریای خزر بسمت مناطق جنوبی دریای خزر در راستای شمال غرب-جنوب شرق می‌وزد، اما جریان ورودی به بخش جنوب غربی این دریا از سمت غرب و جنوب بوده و متاثر از جریانات مداری شدیدی است که از شرق دریای مدیترانه شروع شده و تا ناحیه مورد مطالعه ادامه دارد. هماهنگی بین جهت و اندازه جریانات در تراز میانی و سطح زمین و همچنین وزش مداری آنها در راستای خطوط هم‌ارتفاع این موضوع را تایید می‌کند. در این شرایط «جریانات شدید مداری» در سطح زمین و هماهنگی آن با جریانات تراز میانی جو باعث می‌شود تا جریانات غربی در دامنه رو به باد ارتفاعات غربی و جنوب غربی استان صعود و در دامنه بادپناه نزول کنند. این فرآیند

باعث گرم شدن بیشتر هوا در دامنه بادپناه نسبت به دامنه رو به باد شده و باد گرم فون را در اراضی جلگه‌ای استان ایجاد می‌کند.

الگوی باد فون خیلی شدید

به منظور واکاوی همدیدی تنها الگوی همدیدی منجر به باد فون شدید (F1)، روز ۴ مارس ۲۰۱۸ انتخاب شده است. از این رو نقشه‌های ترکیبی تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسگال و فشار سطح دریا (Slp) به همراه نقشه ترکیبی فشار سطح دریا، نقشه تاوایی، دمای سطح زمین در شکل ۵ نمایش داده شده است. در این روز مرکز پرفشار روی عراق به غرب ایران جابه‌جا شده و در راستای شمالی-جنوبی، کل ناحیه غربی ایران را پوشش می‌دهد. جریان هوا از واکرخند مورد نظر به سمت سواحل جنوب غربی دریای خزر با شدت زیاد در راستای مداری در حال وزیدن است. بنابراین در اثر برخورد جریان هوای مداری به ارتفاعات غربی استان گیلان، هوا در دامنه رو به باد صعود و در دامنه بادپناه نزول می‌کند. این فرآیند باعث گرم شدن هوا در اثر نزول بی‌دررویی خشک شده و باد فون گرم خیلی شدید را ایجاد می‌کند. میزان افزایش دما در باد فون گرم خیلی شدید در حدود ۳ انحراف معیار بیشتر از میانگین دمای حداکثر روزانه آن روز در طی دوره ۴۰ ساله است (۱۹۸۱ تا ۲۰۲۰). علاوه بر این جریان مداری شدید باعث افزایش سرعت باد فون در چنین شرایطی می‌شود. در نتیجه بادهای فون خیلی شدید در اثر شکل‌گیری «الگوی پرفشار عراق» و شکل-گیری الگوی کم‌فشار بر روی دریای خزر و برقراری جریان هوا بین این دو مرکز و صعود اجباری هوا از روی ارتفاعات غربی استان گیلان بوجود می‌آید.



شکل ۵. نقشه تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسگال و فشار سطح دریا تنها مولفه باد فون خیلی شدید مورخ ۴ مارس ۲۰۱۸ (F1) به همراه تاوایی، دما و فشار سطح دریا در سطح زمین

نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی‌ها تهدید بالقوه قابل توجهی برای انسان‌ها، جنگل‌ها، حیوانات و محیط‌زیست هستند. اگرچه آتش یک عنصر جدایی‌ناپذیر برای بسیاری از اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی آنها است، اما آتش‌سوزی‌ها ممکن است عواقب عظیمی برای جوامع محلی داشته باشند. اغلب استدلال می‌شود که آتش‌سوزی با وقوع شرایط آب و هوایی استثنایی، به عنوان مثال، خشکسالی یا امواج گرم مرتبط است. علاوه بر این، در مناطق کوهستانی با توجه به شرایط آب و هوایی محلی‌تر، بادهای فون تأثیر بیشتری بر آتش‌سوزی جنگل‌ها دارند. در این پژوهش الگوهای همدید باد فون با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های مبنا در شهرستان رشت با در نظر گرفتن چهار معیار، افزایش ناگهانی دما در دامنه بادپناه، افت شدید رطوبت نسبی، افزایش سرعت باد، روزهای همراه باد فون شناسایی شد. معیار دما نیز نسبت به یک دوره ۴۰ ساله برای

هر روز فون بررسی و با توجه به میزان انحراف معیار دمای حداکثر آن روز از میانگین حداکثر دمای روزانه دوره ۴۰ ساله، شدت باد فون مشخص شد. بطوریکه اگر دمای حداکثر روزانه باد فون بیشتر از یک انحراف معیار و کوچکتر از دو انحراف معیار دوره بود، آن روز باد فون متوسط نامگذاری شد. در همین راستا دمای حداکثر روزانه سایر روزهای همراه با باد فون که بیشتر از دو انحراف معیار و کمتر از سه انحراف معیار بودند بعنوان روز باد فون شدید و روزهایی که دمای حداکثر روزانه آنها نسبت به دوره ۴۰ ساله بیشتر از سه انحراف معیار بود بعنوان روز باد فون خیلی شدید در نظر گرفته شدند. بدین ترتیب از مجموع ۱۶۰ روز همراه باد فون، ۷۲ روز باد فون متوسط، ۵۹ روز باد فون شدید و ۲۹ روز باد فون خیلی شدید در استان گیلان وزیده است. تمامی الگوهای منجر به باد فون در محدوده استان گیلان اعم از متوسط، شدید و خیلی شدید با استفاده از تحلیل عاملی به روش مولفه‌های مینا تحت عناوین «پشته بادهای غربی»، «نفوذ زبانه پرفشار»، «الگوی کم‌فشار سودانی» و «موج کوتاه و چرخند بادپناهی زاگرس» برای فون متوسط، «پشته غرب ایران»، «زبانه پرفشار مدیترانه‌ای» و «جریان‌ات شدید مداری» برای فون شدید و «الگوی پرفشار عراق» برای فون خیلی شدید شناخته می‌شوند. چنین الگوهایی نه تنها باعث خشک شدن سریع مواد سوختنی می‌شوند، بلکه بادهای قوی لحظه‌ای خشک نیز سرعت گسترش آتش‌سوزی‌های را در مناطق جنگلی و غیر جنگلی تسهیل می‌کنند که خطرات شدیدی را برای جوامع واقع در دامنه بادپناه ایجاد کرده و باعث رژیم‌های آتش‌سوزی منطقه‌ای می‌شوند. از منظر اجتماعی، توزیع فصلی و جغرافیایی بادهای فون به شناسایی خطرات بالقوه برای زیرساخت‌ها و سایر خطرات مربوط به باد، از جمله خطرات مرتبط با انرژی باد، قطع برق، حمل و نقل و آتش‌سوزی آشیانه‌های اکولوژیک کمک می‌کنند. همچنین بادهای فون نیز بر کیفیت هوا تأثیر می‌گذارند و مجموعه‌ای از اثرات نامطلوب بر سلامت انسان از طریق انتقال گرد و غبار، انتقال رو به پایین دود ناشی از آتش‌سوزی‌های جنگلی و اثرات گرما بر جمعیت ساکن در دره و ساحل می‌شوند.

منابع

- Abatzoglou, J. T., Rupp, D. E., O'Neill, L. W., & Sadegh, M., (2021). Compound Extremes Drive the Western Oregon Wildfires of September 2020. *Geophysical Research Letters*, 48, e2021GL092520. <https://doi.org/10.1029/2021GL092520>.
- Abed, H., Negah, S., Farid Mojtahedi, N., Hadinejad Sabouri, Sh., & Momenpour, F., 2017. Synoptic - dynamic analysis of Garmesh Wind hazard in the Southwestern coastal zone of the Caspian Sea. *Journal of climate research*, 7 (25), 111-126. [In Persian]
- Adab, H., 2008. Fire risk zoning in the forest areas of Mazandaran province based on the Molgan early warning index using GIS technique. *The first international conference on climate change and arboreal botany in Caspian ecosystems*, Sari, 25-28. [In Persian]
- Ahrens, C. D., 2012, *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, Cengage Learning, 640 pp.
- Alijani, B., 1381. *Synoptic Climatology*, Samet Publications, first edition, spring 1381, pages 5 to 11. [In Persian]
- Azizi, Q., Borzou, F., Alijani, B., 2012. A synoptic survey of fires in the northern forests of Iran, case: Guilan and Golestan provinces. *The Journal of Spatial Planning*. 16 (3), 80-98. [In Persian]
- Barry, R. G., 2008, *Mountain Weather and Climate*, 3rd ed. Cambridge University Press, 506 pp.
- Brewer, M. J., & Clements, C. B., 2020, The 2018 Camp Fire: Meteorological Analysis Using In Situ Observations and Numerical Simulations, *Atmosphere*, 11 (1), 1-19. Doi: 10.3390/atmos11010047.
- Cook, A. J., Fox, A. J., Vaughan, D. G., & Ferrigno, J. G., 2005, Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century, *Science*, 308, 541-544, doi:10.1126/science.1104235.
- Duane, A., Brotons, L., (2018). Synoptic weather conditions and changing fire regimes in a Mediterranean environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253-254, 190-202. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.014>.
- Gaffin, D. M., (2007). Foehn Winds That Produced Large Temperature Differences near the Southern Appalachian Mountains. *Weather and Forecasting*, 22 (1), 145-159. DOI: <https://doi.org/10.1175/WAF970.1>.

- Gedalof. Z., Peterson. D. L., & Mantua. N. J., 2005, Atmospheric, climatic, and ecological controls on extreme wildfire years in the northwestern United States, *Ecol. Appl.*, 15, 154–174, doi:10.1890/03-5116.
- Golvani. F., & Lashkari. H., 2011. The analysis and prediction of the role of Foehn wind on the forest fires in Guilan province. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 20(79), 31-36. [In Persian]
- Grose, M R., Fox-Hughes, P., & Harris, R M B., & Bindoff, N L., (2014). Changes to the drivers of fire weather with a warming climate – a case study of southeast Tasmania. *Climatic Change*, 124 (1), 255-269. DOI: 10.1007/s10584-014-1070-y.
- Haji Mohammadi. H., Baaqedah. M., Fallah Qalhari. G A., (2017). The structure of the atmosphere, in the event of a fire in northern Iran. *Geographical Planning of Space*, 7(25), 187-206. [In Persian]
- Jahanbakhsh- Asl, S., Asadi. M., & Haj Mohammadi. H., 2019. Examining the synoptic patterns of forest fire (case study: forests of Golestan province). *Geospace*, 20 (70), 19-35. [In Persian]
- Keikhosravi. G., Khalidi. SH., & Yahiavi. A., 2020. Investigation of Foehn phenomena Mechanism in the western Alborz Mountains. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7 (3): 61-78. [In Persian]
- Kuipers Munneke. P., Van den Broeke. M. R., King. J. C., Gray. T., & Reijmer. C. H., 2012, Near-surface climate and surface energy budget of Larsen C Ice Shelf, Antarctic Peninsula, *Cryosphere*, 6, 353–363, doi: 10.5194/tc-6-353-2012.
- Mofidi. A., Soltanzadeh. I., Yousefi. Y., Zarrin. A., Soltani. M., Masoompour. J., Azizi. G., & Miller. S. T. K., 2014, Modeling the exceptional south Foehn event (Garmij) over the Alborz Mountains during the extreme forest fire of December 2005. *Nat Hazards*, 75, 2489–2518. DOI 10.1007/s11069-014-1440-9.
- Mohammadi. H., & Yolmeh. I., Statistical and Synoptic Analysis of Forest Fire in Golestan Province (Case Study: 16 December 2005 and 9 March 2006). *Journal of climate Research*, 4 (15), 63-80. [In Persian]
- Nayebi. H., 2014. Applied advanced Statistics by SPSS. University of Tehran press, 2nd Edition, 401 pages. [In Persian]
- Pereira. M. G., Trigo. R. M., Camara. C. C., Pereira. J. M. C., & Leite. S. M., 2005. Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal, *Agricultural and Forest Meteorology*, 125, 11-25.
- Pollina. J. B., Colle. B. A., Charney. J. J., 2013, Climatology and Meteorological Evolution of Major Wildfire Events over the Northeast United States, *Weather and Forecasting*, 28, 175-193.
- Purificação, C., Andrade, N., Potes, M., Salgueiro, V., Couto, F T., & Salgado, R., (2022). Modelling the Atmospheric Environment Associated with a Wind-Driven Fire Event in Portugal. *Atmosphere*, 13, 1124. <https://doi.org/10.3390/atmos13071124>.
- Rahimi, D., & Khademi, S., (2018). Analysis Synoptic Patterns for Forest Fires Risk in Northern of Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(17), 19-36. Doi: 10.22111/jneh.2017.3279. [In Persian]
- Richner. H., & Hächler. P., 2013, Understanding and forecasting Alpine foehn. *Mountain Weather Research and Forecasting: Recent Progress and Current Challenges*, F. K. Chow, S. F. J. De Wekker, and B. J. Snyder, Eds., Springer, 219–260.
- Ruffault. J., Moron. V., Trigo. R. M., & Curt. T., 2017, Daily synoptic conditions associated with fire occurrence in Mediterranean France: evidence for a wind-driven fire regime, *International Journal of Climatology*, 37, 524-533.