

## تحلیل الگوی فضایی توزیع نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون در شهر رشت

غلامرضا نوروزی گوهری<sup>۱</sup>، پرویز رضایی<sup>۲\*</sup>، نصراله مولایی هشجین<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت

۲- دانشیار رشته آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت

۳- استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت

### چکیده

شرایط جوی عامل اصلی گسترش و شدت آتش‌سوزی در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی است، که گاهی اوقات باعث آتش‌سوزی وسیع در نواحی جنگلی و غیر جنگلی در هنگام رخداد باد فون می‌شوند. همچنین توزیع نقاط آتش‌سوزی می‌تواند در احداث ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی جهت اطفاء حریق و جلوگیری از گسترش آتش موثر باشد. از این رو 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 ایستگاه رشت شناسایی گردید. سپس برحسب دمای حداکثر روزانه، دمای حداکثر روزانه دوره و انحراف معیار  $1\sigma$ ،  $2\sigma$  و  $3\sigma$  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. توزیع مکانی نقاط آتش‌سوزی هر سه نوع فون به روش میانگین نزدیکترین همسایه (ANN) و تابع  $K$  ریپلی بررسی و مشخص شد که الگوی خوشه‌ای بر کل توزیع نقاط آتش‌سوزی حاکم است. اما توزیع ماهانه الگوی مکانی نقاط آتش‌سوزی در ماه‌های سرد سال (اکتبر تا آوریل) از هر سه نوع تصادفی، خوشه‌ای و پراکنده بوده و بیشترین تعداد نقاط آتش‌سوزی در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس نسبت به ماه‌های دیگر اتفاق افتاده است. رابطه بین شدت دما و فراوانی نقاط آتش‌سوزی در شهر رشت نشان داد که رابطه معکوس بین این دو متغیر وجود داشته و وجود رابطه مستقیم بین فراوانی نقاط آتش‌سوزی و شدت دما نیز در این ناحیه رد گردید. در مجموع توزیع نقاط آتش‌سوزی در شهر رشت و شکل‌گیری خوشه‌های مختلف در گستره این شهر می‌تواند در انتخاب موقعیت ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی در راستای سرعت دسترسی به نقاط آتش‌سوزی و اطفاء حریق موثر باشد.

کلید واژه‌ها: باد فون، آتش‌سوزی، میانگین نزدیکترین همسایه، تابع  $K$  ریپلی، شهر رشت.

## مقدمه

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 (Whiteman & Whiteman, 1974; Westerling et al, 2004; Gedalof et al, 2005). در کالیفرنیا، باد سانتا‌انا 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 بیلیون دلار آمریکا به اموال و دارایی‌ها صدمه زده است (Ahrens, 2012). پیش‌بینی دقیق پدیده فون برای ارزیابی و مدیریت خطر نیز یک چالش محسوب می‌شود، چالشی که به دلیل عدم درک کمی از دلایل گرم شدن فون بسیار دشوارتر خواهد شد.

بدون شک جنگل‌های شمال کشور یکی از مهم‌ترین منابع جنگلی کشور از نظر تنوع گونه‌های درختی و گونه‌های منحصر به فردی است که امروزه با توسعه استفاده بی‌رویه از این جنگل‌ها در بخش‌های مختلف از جمله بهره‌برداری چوب، استفاده‌های گردشگری و ... تحت تأثیر تهدیدهای بالقوه‌ای از جمله وقوع سیلاب، آفات و بیماری‌ها و آتش‌سوزی‌ها قرار گرفته است. آتش یک نیروی طبیعی است که جوامع گیاهی را در طول زمان تحت تأثیر قرار می‌دهد و به عنوان یک فرایند طبیعی نقش مهمی در حفظ سلامتی اکوسیستم‌های خاص دارد. از قرن بیستم، افزایش آتش‌سوزی‌ها با عامل انسانی وضعیتی ایجاد کرده که آتش تبدیل به تهدیدی بزرگ برای جنگل‌ها شده است. هر ساله آتش‌سوزی جنگل هزاران هکتار از جنگل‌ها را نابود می‌کند. هر آتش‌سوزی در جنگل دو علت می‌تواند داشته باشد: طبیعی و غیرطبیعی، که بروز آتش‌سوزی‌های طبیعی به حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش تخمین زده می‌شود. جنگل‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تجدید شونده نقش حیاتی در استمرار حیات و حفظ و پایداری زیست‌بوم‌ها ایفا می‌کنند. این مسئله به ویژه در ایران که در زمره کشورهای خشک و کم آب جهان بشمار می‌رود و از محدودیت شدید پوشش گیاهی رنج می‌برد بسیار حائز اهمیت است. سالانه در کشور ما صدها مورد آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع اتفاق می‌افتد و هزاران هکتار از درختان، درختچه‌ها و گیاهان را طعمه خود می‌سازد (سلامتی و همکاران، ۲۰۱۱). به دلیل قرار گرفتن

از بین عوامل متعدد انسانی و بیوفیزیکی در آتش‌سوزی، اقلیم و هوا نیز از محرک‌های اصلی شروع و گسترش آتش هستند. اما تفکیک فرآیندهای جوی موثر بر آتش‌سوزی، امکان مدل‌سازی آتش‌سوزی را پیچیده کرده و مدیریت آن را با مشکل مواجه می‌کند. اقلیم و هوا فعالیت آتش را از طریق چهار فرایند اصلی مداخله‌گر در مقیاس‌های مختلف زمانی کنترل می‌کنند (Swetnam and Betancourt, 1990). در مقیاس زمانی ده‌ساله، آب و هوا بر ترکیب و ساختار سوخت تأثیر می‌گذارد. در مقیاس‌های زمانی سالانه تا فصلی، شرایط جوی پیشین، رشد سوخت‌های خوب را محدود یا تقویت می‌کنند. بنابراین تغییرپذیری روزانه و ماهانه جو، تغییرات مقدار رطوبت سوخت را در طی فصل آتش‌سوزی و ماقبل آن کنترل می‌کند. در نهایت نوسانات کوتاه‌مدت (ساعتی و روزانه) رطوبت نسبی، سرعت باد و دما می‌تواند در اشتعال آتش، شدت و انتشار آن تأثیر بگذارد. بحث‌های زیادی در مورد رابطه عوامل محرکه مسلط بر تغییرپذیری بین سالانه فعالیت آتش‌سوزی با مقدار سوخت یا رطوبت سوخت وجود دارد. اما وقتی شرایط سوخت برای تداوم آتش‌سوزی مناسب باشد، آنگاه شرایط لحظه‌ای جو نیز رفتار و میزان گسترش آتش‌سوزی جنگل‌ها را تعیین می‌کند. از اینرو شرایط روزانه جو نه تنها بر آتش‌سوزی‌های بزرگ تأثیر می‌گذارد بلکه با فصول آتش‌سوزی استثنایی مرتبط هستند (Trigo et al, 2006).

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 (Richner and Hächler, 2013). باد فون با اصطلاحات محلی مختلف در سراسر دنیا از جمله چینوک و سانتا‌انا در آمریکای شمالی و زوندا در آرژانتین شناخته می‌شود. گرمای ناشی از باد فون بر روی کشاورزی، اکوسیستم‌ها و سیستم‌های اقلیمی تأثیر می‌گذارد. این پدیده می‌تواند خطر بهمین یا سیلاب را افزایش داده (Barry, 2008)، باعث ذوب یخچال‌ها شده و در تخریب و ذوب صفحات یخی نقش بسزایی ایفا کند (Cook et al, 2006).

جنگل‌های شمالی چین بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۲۰۰۵ نشان داد که الگوی مکانی آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌های شمالی چین از نوع نقاط داغ است. همچنین ناهمگنی مکانی و تغییرات فصلی قابل توجهی در توزیع این آتش‌سوزی‌ها در کوه‌های داسینگان وجود دارد و ناهمگنی مکانی در این ناحیه نیز از ارتفاع، فاصله تا نزدیکترین راه آهن، نوع جنگل و دما ناشی می‌شود (Guo et al, 2015). مدل‌سازی مکانی آتش‌سوزی‌های جنگلی در مکزیک با آماره G و تجزیه و تحلیل نقاط داغ، بیانگر الگوهای خوشه‌ای بوده و آتش‌سوزی‌های جنگلی در این کشور از یک روند خوشه‌ای مکانی پیروی می‌کند (Zúñiga-Vásquez et al, 2017). تراکم نقاط آتش‌سوزی مرتع با استفاده تخمین تراکم کرنل (KDE) و تابع K ریپلی نشان داد که تابع K ریپلی بهترین روش انتخاب پهنای باند برای تحلیل خطر وقوع آتش‌سوزی مرتع با متغیر نقطه وابسته و در نظر گرفتن ویژگی‌های توزیع مکانی است. همچنین الگوی توزیع مکانی رخداد آتش‌سوزی مرتع در فصول بهار، پاییز و تابستان به دلیل بزرگتر بودن مقادیر K مورد انتظار از K مشاهده شده از نوع خوشه‌ای و معنی‌دار هستند (Shuo et al, 2021). تجزیه و تحلیل نقاط داغ و خوشه‌بندی مکانی نقاط آتش‌سوزی در منطقه ذخیره‌گاه زیست‌کره لوکی (کنگو) به روش نقاط داغ گتیس-ورد (G) و تابع K نشان داد که منطقه نقاط داغ آتش‌سوزی در قسمت جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه قرار داشته و از لحاظ مکانی-زمانی الگوی خوشه‌ای معنی‌دار است. این مسئله با نوع پوشش گیاهی رابطه دارد، بطوریکه پوشش گیاهی محدوده لوکی بیشتر جنگلی است، و بخش جنوب غربی نیز از پوشش گیاهی ساوانا تشکیل شده است (Cizungu et al, 2021). بررسی ویژگی‌های توزیع مکانی نقاط آتش‌سوزی با استفاده از تابع K ریپلی در شمال چین بیانگر آن است که نقاط آتش‌سوزی جنگل‌ها در چهار استان هی‌لونگجیانگ، جیلین، لیائونینگ، و هی بی حالت تجمع شده داشته و دارای الگوی خوشه‌ای هستند (Tian et al, 2022). برای پیشگیری و کنترل آتش‌سوزی جنگل‌ها از تابع K(d) ریپلی جهت تعیین الگوی مکانی آتش‌سوزی‌های جنگلی در چهار استان مختلف هی‌لونگجیانگ، جیلین، لیائونینگ و هی‌بی در چین استفاده شد. نتایج نشان داد که آتش‌سوزی‌های جنگلی از نظر مکانی خوشه‌ای بوده و

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 و همکاران، ۲۰۱۲).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در زمینه الگوی مکانی نقاط آتش‌سوزی در سطح کشور مطالعات زیادی انجام نشده و از شاخص‌های میانگین نزدیکترین همسایه (ANN) و تابع K ریپلی اصلاً استفاده نشده است. از جمله این پژوهش‌ها نیز تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی در سه حوضه جنگلی استان گیلان بوده است که ۶۶ درصد از کل نقاط بحرانی حریق با مناطق دارای خطر آتش‌سوزی زیاد و خیلی زیاد همپوشانی دارند که این امر بیانگر قابلیت بالای روش مطالعاتی جهت برآورد قابلیت آتش‌سوزی جنگل است. با توجه به نتایج، مجاورت با جاده‌ها و مناطق مسکونی از عوامل اصلی هستند که حتی عوامل توپوگرافیک را تحت تاثیر قرار می‌دهند و نقش بارزی در وقوع حریق و در نتیجه تخریب جنگل‌ها دارند (زرع کار و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین مطالعه هواشناختی پدیده گرمباد در استان گیلان نشان می‌دهد که این پدیده در ماه‌های سرد سال رخ داده و در ماه‌های دسامبر و ژانویه بیشترین فراوانی را دارد. از نظر توزیع مکانی، ایستگاه رشت بیشترین بسامد و شدت را دارا می‌باشد. در تمامی حالت‌های مورد بررسی، استقرار سامانه پرفشار در جنوب البرز و سامانه کم‌فشار در نواحی جنوبی دریای مازندران از عوامل اصلی رخداد گرمباد در گیلان است (رنجبر سعادت‌آبادی و پورمیرزا، ۱۳۹۴).

اما در زمینه الگوی مکانی نقاط آتش‌سوزی در سایر نقاط جهان مطالعات گسترده‌ای انجام شده است که در ادامه آورده می‌شود. توزیع تاریخی نقاط آتش‌سوزی‌های انسان‌ساخت در

نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون در شهر رشت از جایگاه مناسبی جهت مطالعه بیشتر برخوردار باشد. بدین ترتیب در این پژوهش سعی خواهد شد تحلیلی درست از الگوی مکانی رخداد آتش‌سوزی‌ها در شهر رشت ارائه شود. همچنین با بررسی چگونگی توزیع نقاط آتش‌سوزی در این شهر می‌توان مناطق پرخطر را از لحاظ وقوع رخداد آتش‌سوزی مشخص کرد تا مدیریت بهتری برای مقابله با حوادث احتمالی و اطفای آتش‌سوزی در هنگام وقوع باد فون در این شهر انجام داد.

### مواد و روش‌ها

شهر رشت در مختصات جغرافیایی  $37^{\circ}$ ،  $09'$  و  $21''$  تا  $37^{\circ}$ ،  $19'$  و  $29''$  عرض شمالی و  $49^{\circ}$ ،  $30'$  و  $49''$  و  $28''$  طول شرقی در استان گیلان قرار گرفته است (شکل ۱). به منظور شناسایی روزهای باد فون در شهر رشت از داده‌های دمای حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت و جهت وزش باد بمدت ۸ سال (۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰) استفاده شد. برای این کار ابتدا از تارنمای مرکز اروپایی پیش‌بینی میان مدت جو، داده‌های یاخته‌ای مربوط به دمای حداکثر روزانه دوره بمدت ۴۰ سال (ERA5) با تفکیک مکانی  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$  برای استان گیلان دریافت گردید. داده‌های شبکه‌ای برای استان گیلان بین  $36/5$  تا  $38/5$  درجه عرض شمالی و  $48/5$  تا  $50/75$  درجه طول شرقی واقع بوده و در هر بار اندازه‌گیری داده‌های ماتریسی به ابعاد  $10 \times 10$  سطر و ستون که ۱۰۰ یاخته پوشش می‌دهد قابل دریافت است.

اهمیت عوامل در بین اکوسیستم‌های جنگلی متفاوت می‌باشد. بطوریکه عوامل انسانی در استان‌های هی‌لونگیانگ و لیائونینگ، عوامل هواشناسی در استان جیلین و عوامل توپوگرافی و پوشش گیاهی در استان هی بی بیشترین اهمیت را در آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها داشتند (Wu et al, 2022). استفاده از شاخص I موران جهانی نشان داد که توزیع مکانی خطر آتش‌سوزی در ژوهای با همبستگی فضایی مثبت نسبتاً معنی‌دار مشخص می‌شود (حالت خوشه‌ای و پرخطر). همچنین توزیع خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها در ژوهای را می‌توان به مناطق پرخطر یعنی ناحیه شیانگزو و گاوکسین و مناطق کم‌خطر یعنی ناحیه جینوان و هنگ‌قین تقسیم کرد (Yang, 2023).

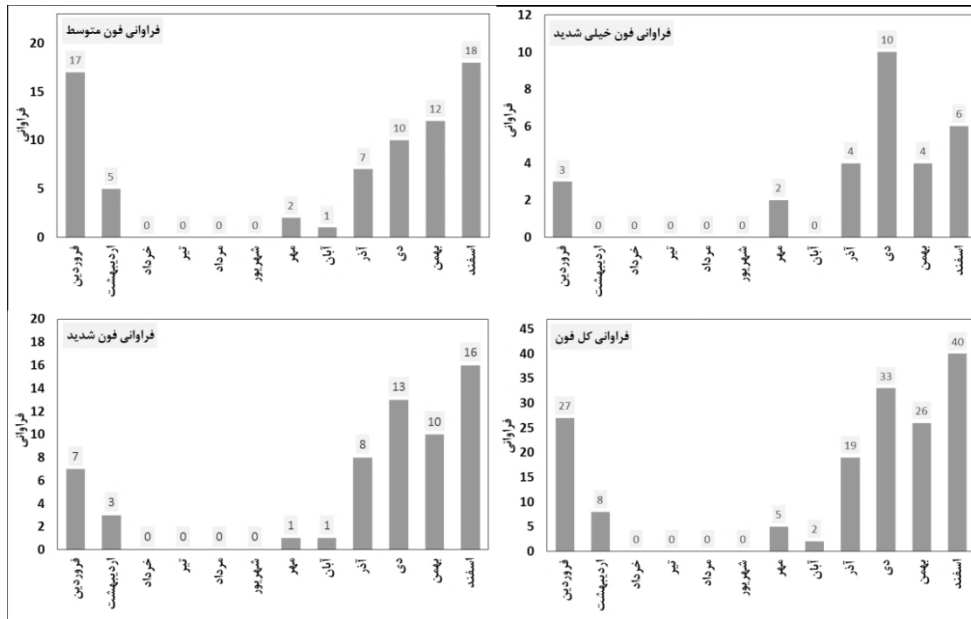
جنگل‌های گیلان بعنوان بخشی از جنگل‌های هیرکانی شمال کشور بازمانده دوران سوم زمین‌شناسی هستند، گونه‌های پهن برگ از جمله بلوط، افرا، ون، راش و انجیلی از عمده درختان ساکن این جنگل‌ها در فصل زمستان خزان می‌کنند. از حدود دو میلیون هکتار جنگل‌های هیرکانی حدود ۵۶۵ هزار هکتار در استان گیلان واقع است. جنگل‌های 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، به طور کلی پوشش گیاهی در حفظ و پایداری خاک و افزایش قابلیت نفوذپذیری آب و جلوگیری از بروز سیلاب نقش موثری دارند. این جنگل‌ها زیستگاه گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی هستند. 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 با بروز پدیده فون یا «باد گرم» و کاهش رطوبت و خشک شدن برگ‌های فرو افتاده در پای درختان، شرایط برای وقوع حریق در جنگل‌های گیلان مهیا می‌شود 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.

با توجه به اهمیت آتش‌سوزی و رابطه تنگاتنگ آن با شرایط آب و هوایی بنظر می‌رسد تحلیلی جامع از توزیع مکانی





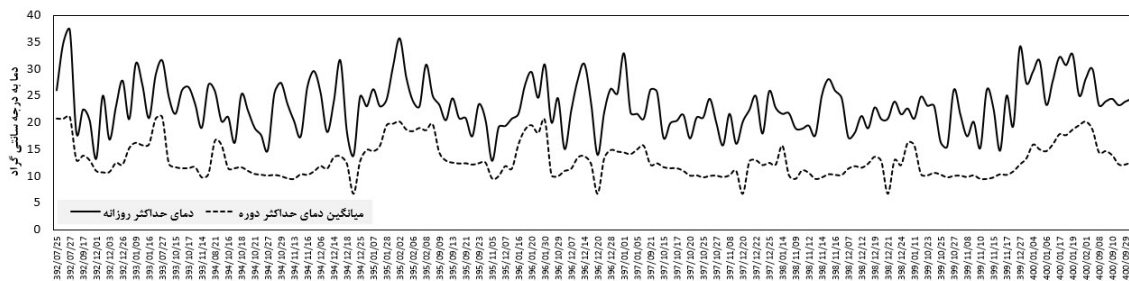




شکل ۲- فرآوانی رخداد روزهای باد فون و برحسب شدت متوسط، شدید، خیلی شدید و کل آن

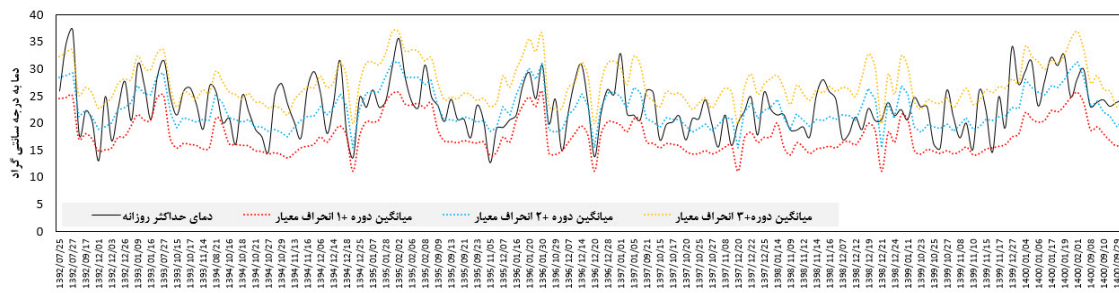
درصد هم رسیده است. این موضوع نیز تاثیر و نقش باد فون در کاهش رطوبت دامنه بادپناه را بازگو می‌کند. جهت وزش باد در بیشتر روزهای باد فون بین ۱۵۰ تا ۲۷۰ درجه بوده و با توجه به محور ارتفاعات این ناحیه که بصورت دو محور شرقی- غربی و شمال غربی- جنوب شرقی هستند، احتمال صعود هوای ورودی از دامنه‌های رو به باد جنوبی، جنوب شرق، جنوب غرب و غرب ارتفاعات ناحیه وجود داشته و در دامنه بادپناه شمالی ارتفاعات شرقی- غربی و شرقی ارتفاعات شمال غرب- جنوب شرق باد گرم فون رخ می‌دهد که به سمت جلگه استان گیلان می‌وزند.

در اشکال ۳ تا ۸ تغییرات متغیرهای اقلیمی نشان می‌دهد که تفاضل دمای حداکثر روزانه از میانگین طولانی مدت دمای حداکثر آن روز نسبتا بیشتر است. این موضوع نشان‌دهنده وقوع شرایط نابهنجار جوی در این ناحیه از کشور است، که بسته به مدت، زمان و همچنین میزان افزایش دمای ناشی از آن مشکلات عدیده‌ای را بوجود می‌آورد. بعنوان مثال رخداد باد فون در اسفند ماه باعث گل‌دهی زودهنگام برخی از گیاهان خزان کننده و همچنین افزایش تعداد آتش‌سوزی‌ها و وسعت آنها می‌شود. در شکل ۳ تغییرات دمای حداکثر روزهای همراه با باد فون و حداقل رطوبت نسبی نشان می‌دهد که در این روزها افت رطوبت در بیشتر مواقع رخ داده است، و در برخی مواقع افت رطوبت نسبی به زیر ۲۰

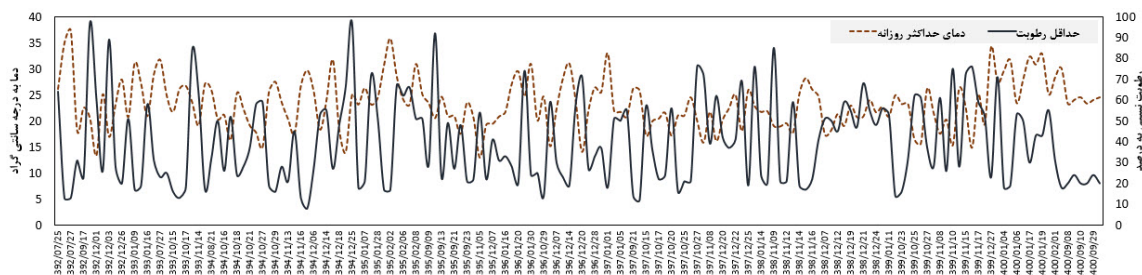


شکل ۳- دمای حداکثر روزانه همراه با باد فون و میانگین دمای حداکثر دوره ۴۰ ساله همان روزها

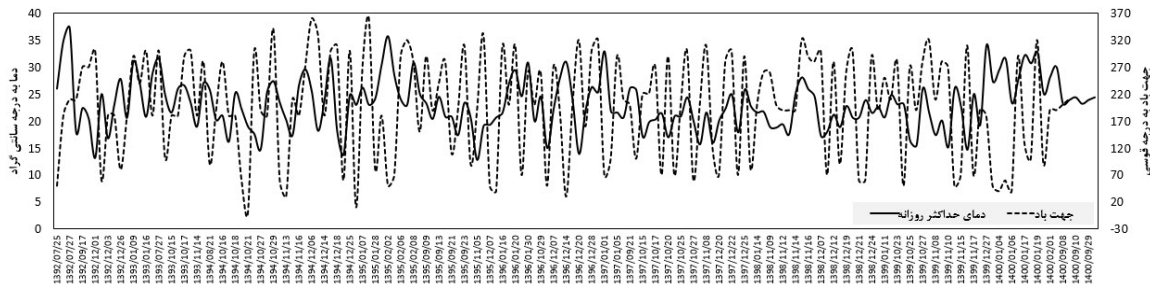




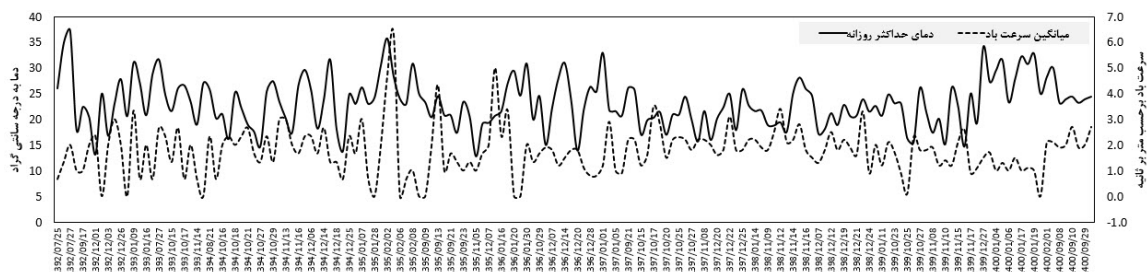
شکل ۴- دمای حداکثر روزانه همراه باد فون و میانگین دمای حداکثر دوره ۱، ۲ و ۳ انحراف معیار دمای حداکثر دوره



شکل ۵- دمای حداکثر و حداقل رطوبت نسبی روزهای همراه باد فون در ایستگاه رشت



شکل ۶- دمای حداکثر و جهت باد روزهای همراه باد فون در ایستگاه رشت



شکل ۷- دمای حداکثر و میانگین سرعت باد روزهای همراه باد فون در ایستگاه رشت

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. در همین راستا از مدل رگرسیون چندجانبه برای تعیین مقدار تاثیر هر یک از متغیرهای اقلیمی بالا بر روی دمای حداکثر 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

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  $0.608$  رابطه داشته و از نوع رابطه مستقیم بوده و در هر دو سطح  $\alpha = 0.05$  و  $\alpha = 0.01$  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

به  $R^2$  از کارآیی 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 که مدل رگرسیونی مناسب بوده و بیشتر تغییرات متغیر وابسته در مدل رگرسیونی دیده شده است. با توجه به مدل رگرسیونی چندجانبه کاملاً واضح است که دو متغیر میانگین دمای حداکثر دوره و حداقل رطوبت نسبی با متغیر دمای حداکثر روزانه رابطه داشته و تاثیر اولی مستقیم و دومی نیز معکوس می‌باشد. در نتیجه با افزایش دمای ناشی از باد فون، رطوبت نسبی بشدت کاهش می‌یابد. دو متغیر جهت باد و میانگین سرعت باد اثرات معنی‌داری بر دمای حداکثر روزانه ناشی از باد فون ندارند. با اثبات رابطه معکوس بین باد گرم فون و کاهش رطوبت نسبی می‌توان گفت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های باد فون در این ناحیه به اثبات می‌رسد.

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 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

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).

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

R= 0.759 R <sup>2</sup> = 0.577, Adjusted R <sup>2</sup> = 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
ثابت معادله (Constant)	۱۶/۴۴۱	۱/۴۸۷	-	۱۱/۰۵۹	۰/۰۰۰	-	-
میانگین دمای حداکثر دوره	۰/۸۳۶	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

متغیر وابسته: دمای حداکثر روزانه

بادهای فون متوسط، شدید و خیلی شدید نشان داد که میزان رابطه به ترتیب برابر با ۰/۵۸۷، -۰/۶۶۲ و -۰/۴۴۹ است. بعبارت دیگر بین شدت دما و فراوانی نقاط آتش‌سوزی رابطه معکوس برقرار است و با افزایش دما از تعداد فراوانی نقاط آتش‌سوزی کاسته می‌شود. در نتیجه فرض صفر مبنی بر عدم وجود رابطه معنی‌دار بین شدت دما و فراوانی حوادث آتش‌سوزی در هنگام وقوع باد فون در شهر رشت رد و فرض خلاف آن تایید می‌شود (جدول ۴).

به منظور تحلیل دقیق‌تر دما و فراوانی باد فون، رابطه بین تعداد روزهای بادهای فون متوسط، شدید و خیلی شدید با دمای حد وسط دامنه‌های مختلف دمایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که این رابطه برای باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید برابر با ۰/۴۸۳، -۰/۶۳۶ و -۰/۳۹۰ است. رابطه معکوس بیانگر آن است که با افزایش شدت دما از فراوانی تعداد باد فون اعم از متوسط، شدید و خیلی شدید کاسته می‌شود (جدول ۳). همچنین نتایج بدست آمده از رابطه بین فراوانی نقاط آتش‌سوزی و دمای همراه با

جدول ۳- تعداد روزهای همراه با باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید در دامنه‌های مختلف دمایی

ردیف	فون متوسط			فون شدید			فون خیلی شدید		
	دامنه دمایی	حد وسط	تعداد	دامنه دمایی	حد وسط	تعداد	دامنه دمایی	حد وسط	تعداد
۱	۱۳-۱۶	۱۴/۵	۸	۱۸-۲۱	۱۹/۵	۸	۲۰-۲۳	۲۱/۵	۲
۲	۱۶-۱۹	۱۷/۵	۲۰	۲۱-۲۴	۲۲/۵	۲۲	۲۳-۲۶	۲۴/۵	۱۱
۳	۱۹-۲۲	۲۰/۵	۲۳	۲۴-۲۷	۲۵/۵	۱۷	۲۶-۲۹	۲۷/۵	۸
۴	۲۲-۲۵	۲۳/۵	۱۲	۲۷-۳۰	۲۸/۵	۵	۲۹-۳۲	۳۰/۵	۲
۵	۲۵-۲۸	۲۶/۵	۳	۳۰-۳۳	۳۱/۵	۶	۳۲-۳۵	۳۳/۵	۵
۶	۲۸-۳۱	۲۹/۵	۶	۳۳-۳۶	۳۴/۵	۱	۳۵-۳۸	۳۶/۵	۱
مجموع			Σ=۷۲			Σ=۵۹			Σ=۲۹
همبستگی	-۰/۴۸۳			-۰/۶۳۶			-۰/۳۹۰		

جدول ۴- فراوانی نقاط آتش‌سوزی بادهای فون متوسط، شدید و خیلی شدید در دامنه‌های مختلف دمایی

ردیف	فون متوسط			فون شدید			فون خیلی شدید		
	دامنه دمایی	حد وسط	فراوانی نقاط آتش‌سوزی	دامنه دمایی	حد وسط	فراوانی نقاط آتش‌سوزی	دامنه دمایی	حد وسط	فراوانی نقاط آتش‌سوزی
۱	۱۳-۱۶	۱۴/۵	۳۵	۱۸-۲۱	۱۹/۵	۳۷	۲۰-۲۳	۲۱/۵	۷
۲	۱۶-۱۹	۱۷/۵	۵۰	۲۱-۲۴	۲۲/۵	۶۲	۲۳-۲۶	۲۴/۵	۵۲
۳	۱۹-۲۲	۲۰/۵	۷۲	۲۴-۲۷	۲۵/۵	۷۳	۲۶-۲۹	۲۷/۵	۳۳
۴	۲۲-۲۵	۲۳/۵	۴۸	۲۷-۳۰	۲۸/۵	۲۰	۲۹-۳۲	۳۰/۵	۸
۵	۲۵-۲۸	۲۶/۵	۶	۳۰-۳۳	۳۱/۵	۲۶	۳۲-۳۵	۳۳/۵	۱۶
۶	۲۸-۳۱	۲۹/۵	۱۱	۳۳-۳۶	۳۴/۵	۵	۳۵-۳۸	۳۶/۵	۱
مجموع			Σ=۲۲۲			Σ=۲۲۳			Σ=۱۱۷
همبستگی	-۰/۵۸۷			-۰/۶۶۲			-۰/۴۴۹		

بخش جلگه‌ای، در مناطق کوهپایه‌ای و بالاتر از آن که پوشش جنگلی انبوه قرار دارد آتش‌سوزی‌های عمدی باعث سوخته شدن پهنه زیادی از جنگل‌های این منطقه که از بقایای جنگلی هیرکانی است شده و ضررهای اقتصادی زیادی را به بار می‌آورد.

در جدول ۷ محاسبه شاخص میانگین نزدیکترین همسایه (ANN) توزیع نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون خیلی شدید به همراه سایر محاسبات مربوط به این شاخص یعنی متوسط فاصله مشاهده شده (OMD)، متوسط فاصله مورد انتظار (EMD)، نسبت نزدیکترین همسایه (NNR)، نمره Z، مقدار P value و نوع الگوی مشاهده شده ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، دسامبر آورده شده است. مقدار شاخص ANN در زمانی که نسبت متوسط فاصله مشاهده شده به متوسط فاصله مورد انتظار در حول و حوش عدد یک یا مساوی آن باشد بیانگر تصادفی بودن الگوی پراکنش نقاط آتش‌سوزی است. در غیر اینصورت نسبت فوق به سمت عدد صفر یا بسمت عدد بزرگتر از ۲ و بیشتر متمایل می‌شود. حال اگر به سمت صفر برود نشان‌دهنده خوشه‌ای بودن و در صورتیکه به سمت اعداد بزرگتر از ۲ میل کند بیانگر پراکنده بودن توزیع نقاط آتش‌سوزی خواهد بود. از این رو مقدار نمره Z توزیع نقاط آتش‌سوزی به روش ANN نشان می‌دهد که در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، دسامبر به ترتیب الگوی خوشه‌ای، پراکنده، پراکنده، پراکنده، پراکنده و تصادفی با مقدار ۳/۶۲۷۷-، ۲/۳۰۳۲، ۲/۸۵۶۱، ۵/۲۸۴۲، ۳۰۲/۴۰۴، ۱/۱۲۲- و ۸/۳۳۳- حاکم بوده است. در نتیجه هر سه الگوی شاخص ANN در توزیع نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون خیلی شدید در ماه‌های مختلف قابل مشاهده است.

برای تحلیل توزیع مکانی نقاط آتش‌سوزی در روزهای باد فون متوسط از شاخص میانگین نزدیکترین همسایه (ANN) استفاده شد. نتایج محاسبه این شاخص برای ماه‌های همراه با باد فون متوسط در جدول ۵ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، باد فون متوسط در شش ماه از سال یعنی ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر رخ داده و نتایج محاسبه شاخص ANN ماه‌های مورد نظر به ترتیب بیانگر آن است که هر سه نوع الگوی تصادفی، خوشه‌ای و پراکنده بر توزیع مکانی رخداد باد فون متوسط حاکم بوده است. در این شاخص، معیار بررسی الگوی تصادفی، خوشه‌ای و پراکنده نیز مقدار نمره Z است، که دامنه تعریف شده برای تصادفی بوده نقاط آتش‌سوزی برابر با  $\pm 1.65$  بدست آمده است. اگر مقدار نمره Z از  $+1/65$  بیشتر باشد بیانگر پراکنده بودن توزیع نقاط آتش‌سوزی و در صورتی که مقدار نمره Z از  $-1/65$  کمتر باشد نشان‌دهنده خوشه‌ای بودن توزیع نقاط آتش‌سوزی است. در نتیجه توزیع نقاط آتش‌سوزی در ماه ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر با نمره Z برابر با  $2/0416-$ ،  $2/2458-$ ،  $2/8984-$ ،  $2/0161-$ ،  $6/2684$  و  $8/5639$  به ترتیب از نوع خوشه، تصادفی، خوشه، خوشه، پراکنده و پراکنده هستند. از اینرو هر سه الگوی تصادفی، خوشه‌ای و پراکنده در توزیع نقاط آتش‌سوزی بادهای فون متوسط قابل مشاهده است.

در همین راستا، در جدول ۶ نتایج محاسبه شاخص میانگین نزدیکترین همسایه (ANN) توزیع مکانی نقاط آتش‌سوزی ناشی از باد فون شدید در شهر رشت محاسبه و همانگونه که از جدول پیداست هر سه الگوی تصادفی، خوشه‌ای و پراکنده بر توزیع نقاط آتش‌سوزی در ماه‌های همراه با رخداد باد فون شدید حاکم است. بطوریکه مقدار نمره Z ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر برابر با  $2/4795-$ ،  $1/1027$ ،  $0/4461-$ ،  $0/4264$ ،  $2/0978$  و  $5/537$  و  $0/571$  محاسبه شده و به ترتیب از الگوی خوشه‌ای، تصادفی، تصادفی، تصادفی، پراکنده، پراکنده و تصادفی پیروی می‌کنند. باد فون از جمله بادهایی هستند که در ماه‌های سرد سال در جلگه ساحلی استان گیلان رخ می‌دهد. در زمان وقوع باد فون علاوه بر آتش‌سوزی در

جدول ۵- نتایج محاسبه شاخص ANN آتش‌سوزی‌های رخ داده به همراه باد فون متوسط

ماه	متوسط فاصله مشاهده شده	متوسط فاصله مورد انتظار	نسبت نزدیکترین همسایه	نمره Z	P value	نوع الگو
ژانویه	۹۷۴/۴۴	۱۱۲۰/۵۴	۰/۸۶۹۶	-۲/۰۴۱۶	۰/۰۴۱۲	خوشه
فوریه	۱۰۹۴/۲۰	۱۲۳۴/۰۹	۰/۸۸۶۶	-۱/۲۴۵۸	۰/۲۱۲۸	تصادفی
مارس	۱۲۴۸/۸۲	۱۵۲۷/۴۰	۰/۸۱۷۶	-۲/۸۹۸۴	۰/۰۰۳۷	خوشه
آوریل	۹۱۹/۷۴	۱۱۱۵/۷۱	۰/۸۲۴۳	-۲/۰۱۶۱	۰/۰۴۳۸	خوشه
نوامبر	۲۰۱۷/۵۷	۸۶۳/۰۶۹	۰/۳۳۷۷	۶/۲۶۸۴	۰/۰۰۰۰	پراکنده
دسامبر	۳۸۲۴/۴۳	۱۴۸۰/۷۸	۰/۵۸۲۷	۸/۵۶۳۹	۰/۰۰۰۰	پراکنده
کل	۶۳۵/۶۶	۱۲۶۰/۶۵	۰/۵۰۴۲	-۱۴/۰۳۵۴	۰/۰۰۰۰	خوشه

جدول ۶- نتایج محاسبه شاخص ANN آتش‌سوزی‌های رخ داده به همراه باد فون شدید

ماه	متوسط فاصله مشاهده شده	متوسط فاصله مورد انتظار	نسبت نزدیکترین همسایه	نمره Z	P value	نوع الگو
ژانویه	۷۹۰/۳۳	۹۳۹/۰۲۵	۰/۸۴۱۶	-۲/۴۷۹۵	۰/۰۱۳۱	خوشه
فوریه	۱۵۱۱/۲۳	۱۳۵۵/۰۲۳	۱/۱۱۵۳	۱/۱۰۲۷	۰/۲۷۰۱	تصادفی
مارس	۸۸۲/۸۸	۹۰۹/۱۸	۰/۹۷۱۱	-۰/۴۴۶۱	۰/۶۵۵۵	تصادفی
آوریل	۱۰۴۸/۲۵	۹۹۹/۶۳	۱/۰۴۸۶	۰/۴۲۶۴	۰/۶۶۹۸	تصادفی
اکتبر	۱۴۵۰/۸۶	۱۸/۴۷	۷۸/۵۳۸۶	۲۰۹/۷۸	۰/۰۰۰۰	پراکنده
نوامبر	۳۳۷۰/۴۳	۱۴۶۸/۹۸	۲/۲۹۴۴	۵/۵۳۷	۰/۰۰۰۰	پراکنده
دسامبر	۱۱۲۴/۷۶	۱۰۷۲/۱۴	۱/۰۴۹۱	۰/۵۷۱	۰/۵۶۷۹	تصادفی
کل	۳۱۵/۹۴	۵۶۶/۲۷	۰/۵۵۷۹	-۱۲/۶	۰/۰۰۰۰	خوشه

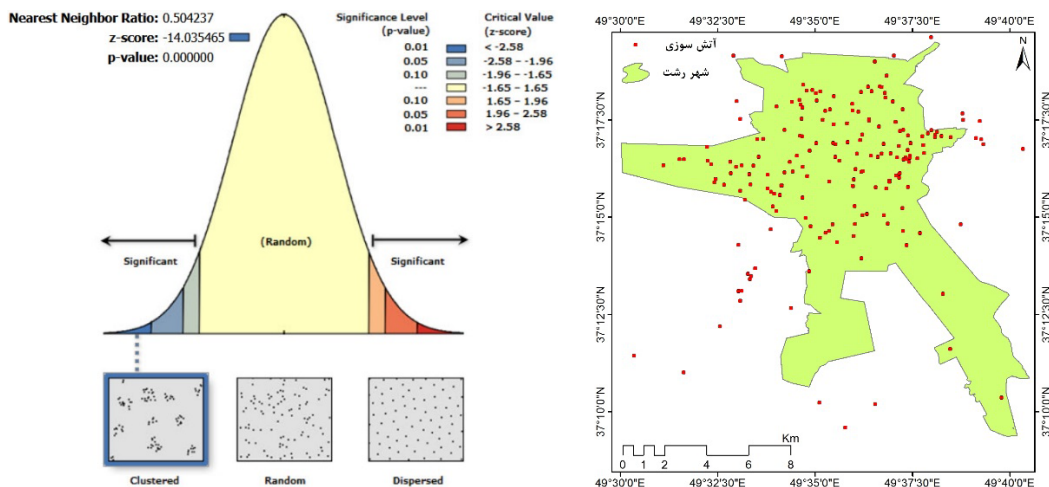
جدول ۷- نتایج محاسبه شاخص ANN آتش‌سوزی‌های رخ داده به همراه باد فون خیلی شدید

ماه	متوسط فاصله مشاهده شده	متوسط فاصله مورد انتظار	نسبت نزدیکترین همسایه	نمره Z	P value	نوع الگو
ژانویه	۶۹۸/۴۴	۹۶۹/۶۶	۰/۷۲۰۴	-۳/۶۲۷۷	۰/۰۰۰۲۸۶	خوشه
فوریه	۱۹۳۱/۴۴	۱۴۷۳/۴۳	۱/۳۱۰۸	۲/۳۰۳۲	۰/۰۲۱۲۶۸	پراکنده
مارس	۱۳۷۲/۳۳	۱۰۰۷/۵۲	۱/۳۶۲۱	۲/۸۵۶۱	۰/۰۰۴۲۸۹	پراکنده
آوریل	۳۳۴۲/۷۳	۱۷۸۴/۲۵	۱/۸۷۳۴	۵/۲۸۴۲	۰/۰۰۰۰۰۰	پراکنده
اکتبر	۳۱۶۴/۳۳	۲۸/۰۵۹	۱۱۲/۷۷	۳۰۲/۴۰۴	۰/۰۰۰۰۰۰	پراکنده
دسامبر	۱۳۴۰/۷۶	۱۵۱۵/۰۹	۰/۸۸۴۹	-۱/۱۲۲	۰/۲۶۱۶۸۳	تصادفی
کل	۴۷۲/۲۵	۷۹۲/۹۵	۰/۵۹۵۵	-۸/۳۳۳	۰/۰۰۰۰۰۰	خوشه

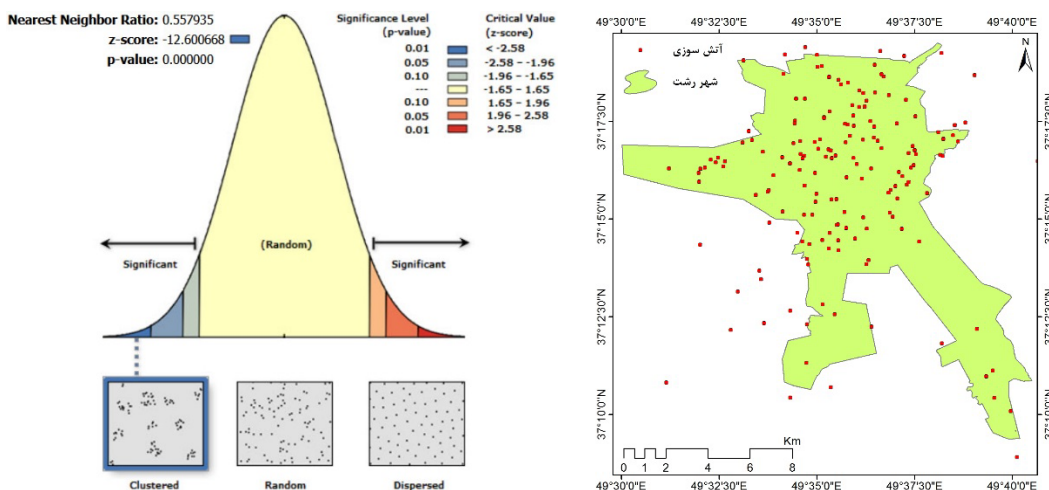
مقدار این شاخص کمتر از ۱ بدست آمد. این مهم نیز توسط مقدار نمره Z مورد تایید قرار می‌گیرد زیرا مقدار نمره Z محاسبه شده برای سه مورد به ترتیب برابر با  $-۱۴/۰۳۵۴$ ،  $-۱۲/۶$  و  $-۸/۳۳۳$  بدست آمده و چون مقدار نمره Z هر سه مورد از  $-۱/۶۵$  کمتر هستند، در نتیجه الگوی حاکم بر توزیع نقاط نیز نوع خوشه‌ای است. همچنین در شکل ۸ شاخص ANN و توزیع کل نقاط آتش‌سوزی هر یک از

در سطر آخر جداول ۵ تا ۷ شاخص میانگین نزدیکترین همسایه توزیع کل نقاط آتش‌سوزی باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید محاسبه و درج شده است. مقدار نسبت نزدیکترین همسایه (NNR) برای توزیع نقاط آتش‌سوزی همراه باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید به ترتیب برابر با  $۰/۵۰۴۲$ ،  $۰/۵۵۷۹$  و  $۰/۵۹۵۵$  بدست آمده و اعداد فوق بیانگر آن هستند که الگوی کلی حاکم بر توزیع نقاط آتش‌سوزی برای هر سه مورد نیز از نوع خوشه‌ای است، زیرا

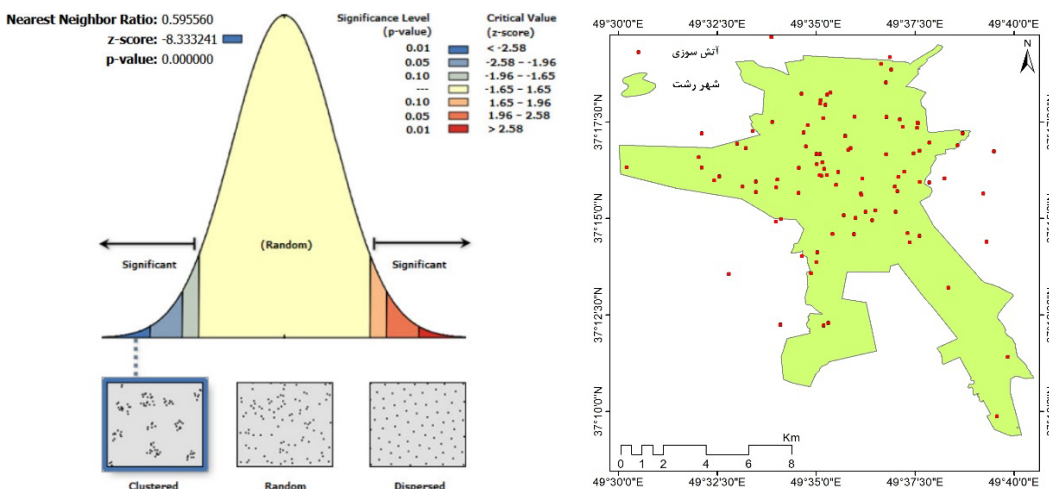
بادهای فون متوسط، شدید و خیلی شدید نشان داده شده است.



متوسط

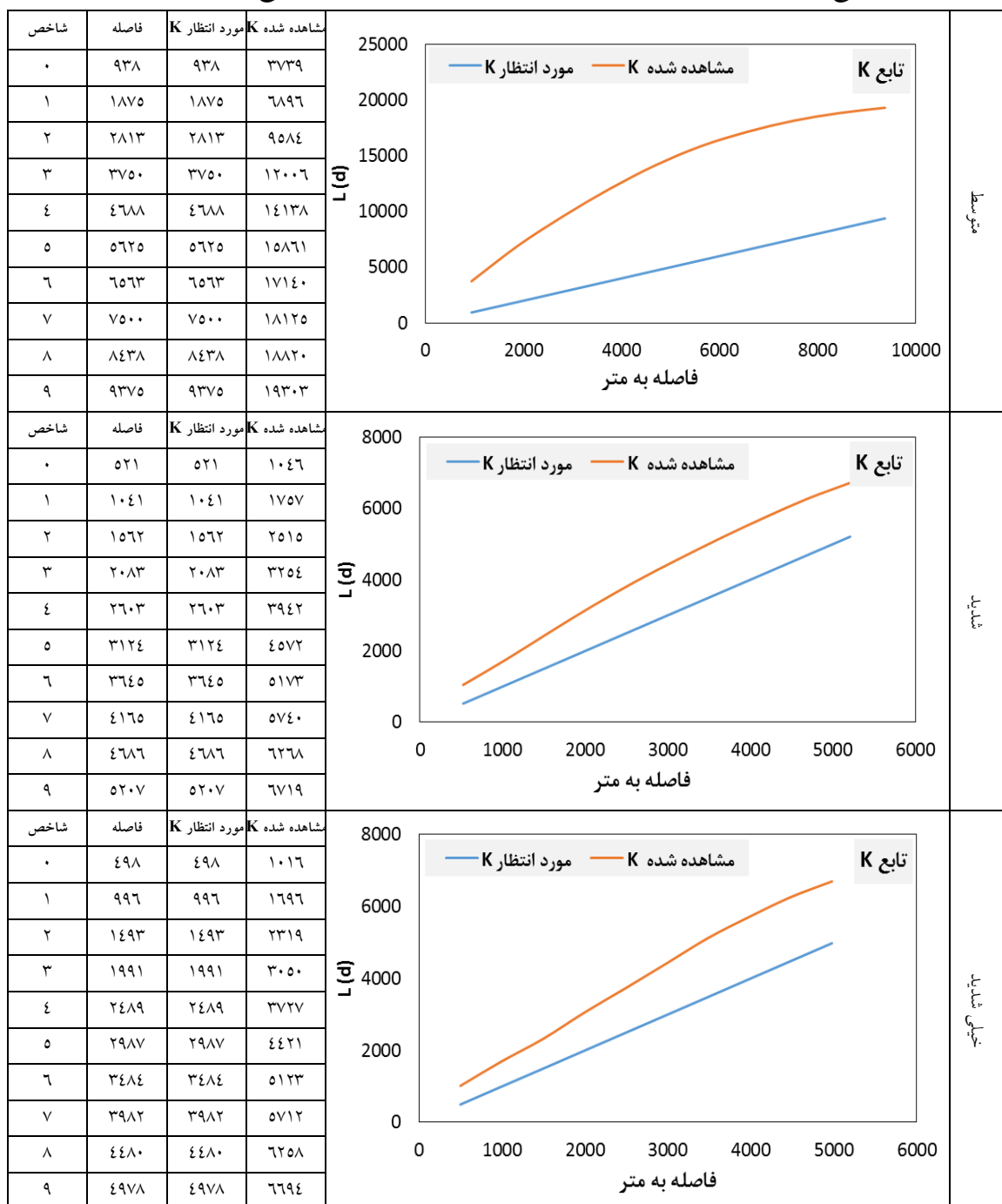


شدید



خیلی شدید

شکل ۸. توزیع نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید و نتایج محاسبه آماره ANN



شکل ۹- نمودار تابع ریپلی (K) توزیع نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید در استان گیلان

در شکل ۹ نتایج حاصل از محاسبات و نمودار تابع  $K$  ریپلی نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید نمایش داده شده است. در این شکل کاملاً مشخص است که الگوی حاکم بر توزیع نقاط از نوع خوشه‌ای است و این موضوع در تحلیل مکانی چندفاصله‌ای

(۱۰ گام) به اثبات رسید. زیرا مقدار  $L(d)$  مشاهده شده از مقدار مورد انتظار آن در تمامی گام‌ها بزرگتر است. این بدان معنی است که نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون در طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ از توزیع مکانی خوشه‌ای پیروی می‌کنند.

در شکل ۹ نتایج حاصل از محاسبات و نمودار تابع  $K$  ریپلی نقاط آتش‌سوزی همراه با باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید نمایش داده شده است. در این شکل کاملاً مشخص است که الگوی حاکم بر توزیع نقاط از نوع خوشه‌ای است و این موضوع در تحلیل مکانی چندفاصله‌ای

## 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. در این پژوهش به منظور تحلیل مکانی باد گرم فون در شهر رشت و تاثیر آن بر پراکنش نقاط آتش‌سوزی، با در نظر گرفتن چهار معیار، افزایش ناگهانی دما در دامنه بادپناه، افت شدید رطوبت نسبی، افزایش سرعت باد و تغییر جهت آن، 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 ۴۰ساله، 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 ۴۰ساله 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. در این راستا از روش میانگین نزدیکترین همسایه (ANN) و تابع K ریبلی برای تعیین الگوی توزیع نقاط آتش‌سوزی استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوی حاکم بر توزیع مکانی نقاط آتش‌سوزی در شهر رشت و اطراف آن در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر از هر سه نوع الگوی تصادفی، خوشه‌ای و پراکنده است. اما الگوی فراوانی کل توزیع نقاط آتش‌سوزی برای باد فون متوسط، شدید و خیلی شدید از نوع خوشه‌ای بدست آمد. بعبارت دیگر، خوشه‌ای بودن توزیع فراوانی کل نشان‌دهنده آن است که در محدوده شهر

رشت و اطراف آن، کانون‌های مختلف آتش‌سوزی وجود دارد که بصورت خوشه‌های مختلف جدا از هم قابل شناسایی هستند. این ویژگی نقاط آتش‌سوزی تاثیر بسزایی در احداث مراکز جدید آتش‌نشانی داشته و از آن می‌توان در مکانیابی ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی جهت سرعت حضور آتش‌نشانان به موقعیت‌های آتش‌سوزی استفاده کرد. همچنین بیشترین تعداد آتش‌سوزی در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس نسبت به ماه‌های دیگر به ثبت رسید. در این راستا رابطه بین شدت دما و فراوانی نقاط آتش‌سوزی در شهر رشت نشان داد که رابطه معکوس بین این دو متغیر وجود دارد. بنابراین وجود رابطه مستقیم بین فراوانی نقاط آتش‌سوزی و شدت دما نیز در این ناحیه منتفی است.

نکته مهم در این پژوهش نیز استفاده از مدل آماری است که برای تعیین روزهای همراه با باد فون براساس معیار دما انتخاب شده است. بعبارت دیگر، طبقه‌بندی بادهای فون به شدت‌های مختلف براساس این روش انجام گردید. در نهایت اطلاعات مکانی-زمانی توزیع بادهای فون می‌تواند به درک انواع تأثیرات آن در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی کمک کند. مطالعات قبلی اهمیت بادهای فون را در پتانسیل آتش‌سوزی نشان داده‌اند. چنین حوادثی نه تنها باعث خشک شدن سریع سوخت 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 باد ایجاد کرده و باعث رژیم‌های آتش‌سوزی منطقه‌ای متمایز می‌شوند (مثل، وسترلینگ و همکاران، ۲۰۰۴؛ فاکس هیوز، ۲۰۱۲؛ کولدن و آباتزوگلو، ۲۰۱۸). 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 آتش-سوزی آشیانه‌های اکولوژیک کمک می‌کنند. همچنین بادهای فون نیز بر کیفیت هوا تأثیر می‌گذارند (لی و همکاران، ۲۰۱۵؛ آگیلرا و همکاران، ۲۰۱۹) و مجموعه‌ای از اثرات نامطلوب بر سلامت انسان از طریق انتقال گرد و غبار (ایوان، ۲۰۱۹)، انتقال رو به پایین دود ناشی از آتش‌سوزی‌های جنگلی (دلفینو و همکاران، ۲۰۰۹؛ لیبیل و



6. Delfino, R. J., Brummel, S., Wu, J., Stern, H., Ostro, B., Lipsett, M., Winer, A., Street, D.H., Zhang, L., Tjoa, T. and Gillen, D.L., 2009. The relationship of respiratory and cardiovascular hospital admissions to the southern California wildfires of 2003. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(3), 189–197.
7. Evan, A. T., 2019. Downslope winds and dust storms in the Salton Basin. *Monthly Weather Review*, 147 (7), 2387–2402.
8. Fox-Hughes, P., 2012. Springtime fire weather in Tasmania, Australia: two case studies. *Weather and Forecasting*, 27(2), 379–395.
9. 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.
10. Guo, F., Innes, J L., Wang, G., Ma, X., Sun, L., Hu, H., and Su, Z., 2015. Historic distribution and driving factors of human-caused fires in the Chinese boreal forest between 1972 and 2005. *Journal of Plant Ecology*, 8 (5), 480–490, doi:10.1093/jpe/rtu041.
11. Kolden, C. A., and Abatzoglou, J. T., 2018. Spatial distribution of wildfires ignited under katabatic versus non-katabatic winds in Mediterranean Southern California USA. *Fire*, 1, 19.
12. 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.
13. Leibel, S., Nguyen, M., Brick, W., Parker, J., Ilango, S., Aguilera, R., Gershunov, A. and Benmarhnia, T., 2019. Increase in pediatric respiratory visits associated with Santa Ana wind-driven wildfire and PM 2.5 levels in San Diego County. *Annals of the American Thoracic Society*, 17, 313–320. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201902-150OC>.
14. Li, X., Xia, X., Wang, L., CAI, R., Zhao, L., Feng, Z., Ren, Q. and Zhao, K. 2015. The role of foehn in the formation of heavy air pollution events in Urumqi, China. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 120(11), 5371–5384.
15. 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.
- همکاران، (۲۰۱۹) و اثرات گرما بر جمعیت ساکن در دره و ساحل (شوارتز و همکاران، ۲۰۲۰) می‌شوند.
- ### منابع
۱. ادب. ح، ۱۳۸۷، پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در مناطق جنگلی استان مازندران براساس شاخص پیش آگاهی Molgan با بهره گیری از تکنیک GIS، اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گیاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ساری، ۲۵ تا ۲۸.
۲. دیوید دلبو اس وانگ، جی لی، (۱۴۰۰). تحلیل‌های آماری اطلاعات جغرافیایی با ArcView GIS و ArcGIS. ترجمه: محمود روشنی، پرویز رضایی و صدیقه گنجی گوفلی، انتشارات جهاد دانشگاهی (پژوهشکده محیط زیست).
۳. رنجبر سعادت آبادی. عباس؛ و پورمیرزا. جمیله، (۱۳۹۴). مطالعه‌ی هواشناختی پدیده‌ی گرمباد در استان گیلان، جغرافیا و توسعه، ۱۳ (۴۰)، ۶۹ تا ۹۰.
۴. زرغ‌کار. آزاده؛ کاظمی زمانی. بهاره؛ قربانی. ساره؛ عاشق معلا. مریم؛ و جعفری. حمیدرضا، (۱۳۹۲). تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوضه جنگلی در استان گیلان). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۲)، ۲۱۸ تا ۲۳۰.
1. Aguilera, R., Gershunov, A., Ilango, S. D., Guzman Morales, J. and Benmarhnia, T., 2019. Santa Ana winds of Southern California impact PM2.5 with and without smoke from wildfires. *GeoHealth*, 4, e2019GH000225. <https://doi.org/10.1029/2019GH000225>.
2. Ahrens, C. D., 2012, *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, Cengage Learning, 640 pp.
3. Barry, R. G., 2008, *Mountain Weather and Climate*, 3rd ed. Cambridge University Press, 506 pp.
4. Cizungu, N C., Tshibusu, E., Lutete, E., Mushagalusa, C A., Mugumaarhahama, Y., Ganza, D., Karume, K., Michel, B., Lumbuenamo, R., Bogaert, J., 2021. Fire risk assessment, spatiotemporal clustering and hotspot analysis in the Luki biosphere reserve region, western DR Congo. *Trees, Forests and People*, 5, 100104. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100104>.
5. 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.

22. Westerling, A. L., Cayan, D. R., Brown, T. J., Hall, B. L., & Riddle, L. G., 2004. Climate, Santa Ana winds and autumn wildfires in southern California. *Eos, Trans. Amer. Geophys. Union*, 85, 289–296, doi: 10.1029/2004EO310001.
23. Whiteman, C. D., & Whiteman, J. G., 1974. A historical climatology of damaging downslope windstorms at Boulder, Colorado. NOAA Tech. Rep. ERL 336-APCL 35, 62 pp.
24. Wu, Z., Li, M., Wang, B., Tian, Y., Quan, Y., and Liu, J., 2022. Analysis of Factors Related to Forest Fires in Different Forest Ecosystems in China. *Forests*, 13, 1021. <https://doi.org/10.3390/f13071021>.
25. Yang, J., Guo, K., Dai, Y., Tian, Sh., Wang, W., Jiang, Z., Dai, Z., 2023. Spatial layout siting method for fire stations based on comprehensive forest fire risk distribution. *Case Studies in Thermal Engineering*, 49, 103243. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103243>.
26. Zúñiga-Vásquez, J M., Cisneros-González, D., Pompa-García, M., Rodríguez-Trejo, D A., Pérez-Verdín, G., 2017. Spatial modeling of forest fires in Mexico: an integration of two data sources. *BOSQUE*, 38 (3): 563-574. DOI: 10.4067/S0717-92002017000300014.
16. Salamati, H., Mostafa Lou, H., Mastroori, A., & Honardoust, F., 2011. Assessment and mapping forest fire risk using GIS in Golestan province forests. Abstracts of 1<sup>st</sup> International Conference on Wildfire in Natural Resources Lands, Iran, 26-28. Oct. 2011, 10p.
17. Schwartz, L., Malig, B. J., Guzman Morales, J., Guirguis, K., Gershunov, A., Basu, R. and Benmarhnia, T., 2020. The health burden of fall, winter and spring heat waves in Southern California and contribution of Santa Ana winds. *Environmental Research Letters*, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7f0e>.
18. Shuo, Z., Jingyu, Z., Zhengxiang, Z., and Jianjun, Z., 2021. Identifying the density of grassland fire points with kernel density estimation based on spatial distribution characteristics. *Open Geosciences*, 13: 796–806.
19. Swetnam, T., Betancourt, J., 1990. Fire-Southern oscillation relations in the southwestern United States. *Science*, 249, 1017–1120.
20. Tian, Y., Wu, Z., Bian, Sh., Zhang, X., Wang, B., and Li, M., 2022. Study on Spatial-Distribution Characteristics Based on Fire-Spot Data in Northern China. *Sustainability*, 14, 6872. <https://doi.org/10.3390/su14116872>.
21. Trigo, R. M., Pereira, J., Pereira, M. G., Mota, B., Calado, T. J., Dacamara, C. C., Santo, F. E., 2006. Atmospheric conditions associated with the exceptional fire season of 2003 in Portugal. *International Journal of Climatology*. 26:1741–1757.