

واکاوی رابطه فراسنج‌های آب و هوایی بر ترابری هوایی در فرودگاه بین‌المللی اهواز

عباس قاسمی قاسموند

گروه اقلیم و آب و هواشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

فریده عظیمی^۱

گروه اقلیم و آب و هواشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

منیژه ظهوریان پردل

گروه اقلیم و آب و هواشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۱۶ تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۱

چکیده

آب و هوا بر اشکال صنعت حمل و نقل هوایی تاثیر گذار است، در مقاله حاضر در گام نخست به بررسی زمانی اختلالات پروازی در دو مقطع زمانی سالانه و ماهانه به تفکیک ۱۲ ماه با استفاده از روش همبستگی ارتباط میان تغییرات اختلالات پروازی فرودگاه بین‌المللی اهواز و فراسنج‌های آب و هوایی (دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، تبخیر، ساعت آفتابی، سرعت باد، سمت باد و دمای نقطه شبنم) در ایستگاه همدید اهواز در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۵) پرداخته شد. نتایج بدست آمده نشان که بالاترین میزان رخداد اختلالات سالانه در سال ۲۰۰۸ با ۴۷۱ و کمترین میزان در سال ۲۰۱۴ با ۴۲ بار ثبت شده است. همچنین بالاترین میزان رخداد اختلالات پروازی ماهانه ثبت شده مربوط به ماه ژوئن با ۵۲۴ بار و کمترین مربوط به ماه دسامبر با ۲۸ بار اختلالات پروازی در فرودگاه بین‌المللی اهواز گزارش شده است. در ادامه نتایج حاصله از محاسبه میزان ضریب همبستگی در بازه زمانی سالانه نشان داد که رابطه در همه فراسنج‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی دار می‌باشد. اما رابطه ضعیفی بین این پارامترها در بازه زمانی سالانه وجود دارد. فراسنج تبخیر با ضریب همبستگی ۰/۲۱۱ بالاترین میزان ضریب همبستگی بین فراسنج‌های محاسبه شده به خود اختصاص داده است. در بازه زمانی ماهانه میزان ضریب همبستگی متفاوت می‌باشد در این مقطع زمانی بجز فراسنج ساعت آفتابی که از رابطه منفی متوسطی در ماه‌های فوریه، آوریل، مه، ژوئن و اوت و رابطه منفی قوی در ماه‌های ژوئیه و سپتامبر برخوردار می‌باشند و سایر فراسنج‌ها دارای رابطه ضعیفی هستند.

کلمات کلیدی: فراسنج‌های آب و هوایی، اختلالات پرواز، همبستگی، فرودگاه اهواز، ترابری هوایی

مقدمه

گسترش روز افزون صنعت حمل و نقل هوایی در دهه اخیر در جهان، به عنوان یکی از مهم‌ترین محورهای توسعه و رشد کشورها به شمار آمده و در برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و تکنولوژیکی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. رشد فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی در کشورها، لزوم جا به جایی سریع مردم و کالاها و در نتیجه افزایش روز افزون تقاضا، بخش حمل و نقل هوایی را یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر ساخته است. با توجه به افزایش مسافرت‌های هوایی، انتظار مردم این است که در هر ماه و یا هر روز از سال و در شرایط مختلف جوی، امکان مسافرت هوایی به نقاط مختلف را داشته باشند. از این رو، انجام به موقع پروازها و به هدر نرفتن وقت مسافران در هر سامانه‌ی هوانوردی، از اولویت مهمی برخوردار است. در حال حاضر ضروری به نظر می‌رسد به نقش آب و هوا به عنوان مهم‌ترین عوامل دخیل در لغو یا تاخیر پروازها توجه شود. دانش‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی از هنگامی که انسان شروع به پرواز کرد، به مسائل هوانوردی و پروازی پرداخته‌اند؛ بر خلاف مسافرت‌هایی که در سطح زمین انجام می‌گیرد، جو یک واسطه کاملاً سه بعدی برای جا به جایی به شمار می‌رود و با پدیده‌های اقلیمی و جوی سر و کار دارد. دانش آب و هواشناسی می‌تواند به طور مستقیم یا غیر مستقیم، هم به افزایش امنیت هوایی و هم بهبود و کارآیی عملیات هوایی کمک کند. هواشناسی هوانوردی یکی از شاخه‌های کاربردی علم هواشناسی است. در واقع هواشناسی هوانوردی، در تامین سلامت پرواز نقش بسیار مهمی دارد. مطالعات فراوان انجام شده در هواشناسی هوانوردی، نمایانگر تأثیر چشمگیر پدیده‌های مخرب جوی در سلامت و ایمنی پرواز است. این مقاله به معرفی پارامترهای جوی بارز در رخدادهای و بعضاً پیش‌بینی برخی از مهم‌ترین پدیده‌های جوی و تأثیر آن بر عملیات پرواز می‌پردازد. برخی از مهم‌ترین مخاطرات جوی که می‌توانند شرایط سلامت پرواز را به خطر اندازند از مواردی مانند یخ‌زدگی هواپیما، تلاطم یا آشفتگی هوا، کاهش دید، چینش باد و توفان‌های تندری را شامل می‌شود. به طور مثال پیش‌بینی و تعیین مسیر پرواز که نقش مهمی در مخاطرات هوانوردی و میزان مصرف هواپیماها داشته و با مشخص کردن رودبادها با جت استریم در ارتفاع حدود ۸ تا ۱۲ کیلومتری از سطح دریا در تصمیم‌سازی مسیر پرواز و میزان سوخت مصرفی هواپیما نقش به‌سزایی ایفا می‌کند. همچنین می‌توان به این موضوع اشاره کرد که ارتفاع سنج هواپیما با سیستم فشار هوا تنظیم شده و با درجه حرارت و سرعت و جهت باد در مواقع نشست و برخاست هواپیما مورد احتیاج است و هواپیما همیشه باید در جهت مخالف وزش باد نشسته یا پرواز نماید.

افراد مختلفی به مطالعه مخاطرات آب و هوایی، نقش این عناصر در مکان‌یابی یا ارزیابی مکان پایه‌گذاری فرودگاه‌ها و مخاطرات فرودگاهی پرداخته‌اند. منابعی تحت عنوان انکس (۲۰۰۴-۲۰۱۰) چهارده سازمان هواپیمایی بین‌المللی در مورد هواشناسی هوانوردی و انکس پانزده در مورد اطلاعات هوانوردی و انکس چار در مورد چارتهای هوانوردی منتشر نموده که از منابع با ارزش در طرح و توسعه فرودگاه‌ها به شمار می‌روند. در این منابع مطالبی در مورد اطلاعات آماری مربوط به محاسبات اقلیم فرودگاهی، عوامل موثر در مکان‌یابی فرودگاه، جهت‌گیری و تعداد امتدادهای نشست و برخاست، از قبیل بادهای غالب، وزش بادهای جانبی عمود بر محور باند پرواز، درجه حرارت،

محاسبات مربوط به درجه حرارت مرجع فرودگاه و قابلیت دید بیان شده است؛ که به عنوان مرجع در مطالعات و بررسی اقلیم‌های فرودگاهی و طرح و توسعه فرودگاه‌ها مورد بهره برداری قرار می‌گیرد.

تورنس (۱۹۹۷) اقلیم هوانوردی و خطرات ناشی از اوضاع نامساعد جوی و محدودیت‌های اقلیمی از قبیل بادهای شدید، قابلیت یخبندان، دید ضعیف ناشی از باران و برف، ابرهای پایین و مه، مطالبی را مورد بحث قرار داده است. ماهاپاترا (۱۹۹۹) اختلاف سرعت باد، توربولانس و قابلیت دید ضعیف، عوامل به وجود آورنده و خطرات ناشی از آن‌ها را بحث و بررسی نموده است. مایر و راثو (۱۹۹۹) با استفاده از مدل‌های عددی، مه‌های تشعشی را مورد مطالعه قرار دادند، آن‌ها در تشریح وجود مه تشعشی و مدل‌بندی آن، از عناصر اقلیمی همچون دمای خشک، دمای نقطه‌ی شبنم، سرعت باد و برخی عوامل توپوگرافی استفاده کردند.

تکسرا و میراندا (۲۰۰۱) با استفاده از مدل تک بعدی لایه مرزی رخدادهشت پدیده‌ی مه در فرودگاه لیسبون را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مدل تک بعدی لایه مرزی می‌تواند رخداد مه را در آن فرودگاه به خوبی شبیه‌سازی کند. آن‌ها همچنین دریافتند که پدیده مه در فرودگاه لیسبون ارتباط زیادی با فرارفت هوا نداشته و بیشتر به تغییرات لایه مرزی وابسته است. فرایدلین (۲۰۰۴) میکروکلیمای فرودگاه بین‌المللی شیکاگو را بررسی کرده و در این مطالعه مه‌های غلیظ را از دیدگاه آماری تحلیل کردند. نیوهم (۲۰۰۴) با بهره‌گیری از عناصر اقلیمی و مدل‌های رگرسیونی چندگانه، گمانه‌رخدادهای مه و مدل‌های پیش‌بینی آن را در فرودگاه ملبورن ارائه کردند.

بندیکس (۲۰۰۶) انواع مه‌های روزانه را با استفاده از مدل‌های آماری مورد مطالعه قرار داد. سورینو و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از مقادیر رطوبت نسبی، ابرناکی آسمان و سرعت باد در ساعت ۰۳ گرینویچ فرودگاه مادرید اسپانیا، مه این فرودگاه را پیش‌بینی کردند، آن‌ها همچنین در تحلیل علل رخدادهای مه از نقشه‌های همدید روزانه استفاده کردند.

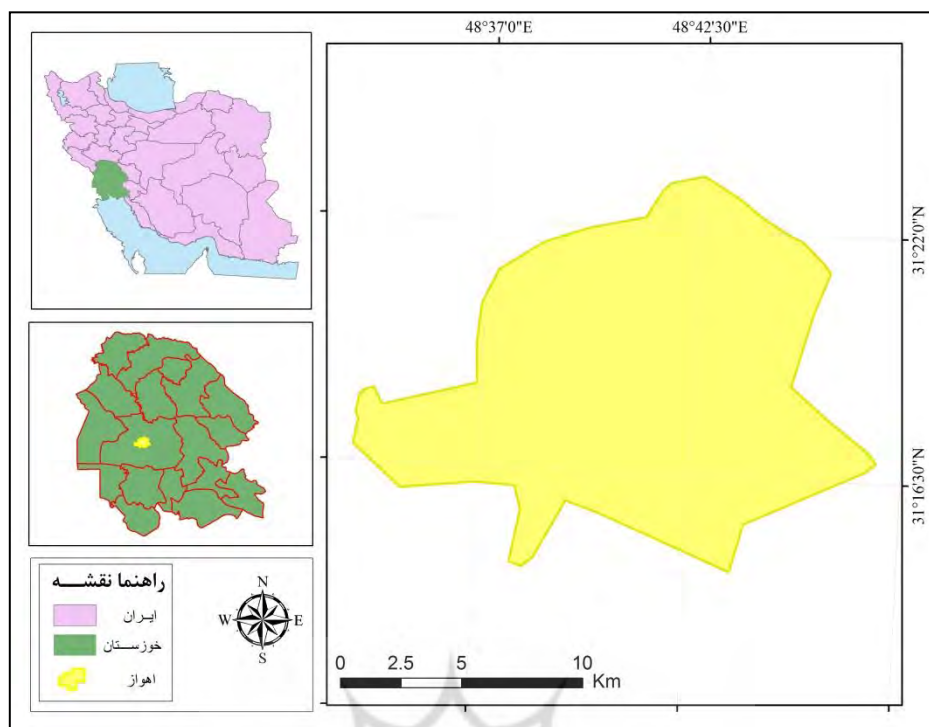
کاستا (۲۰۰۶) با استفاده از مدل‌های آماری، انواع مه را در اقلیم فرودگاهی ماکیو برزیل بررسی و گمانه‌رخدادهای آن را به دست آورده است. گولتپ (۲۰۰۷) نحوه‌ی تشکیل و از بین رفتن مه، آثار آن، تحلیل مشاهدات و مدل توسعه‌ای را مورد تحلیل قرار داد. زوو و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از داده‌های بلندمدت، رطوبت نسبی و ابرناکی آسمان در چند ایستگاه هواشناسی، مدل‌های پیش‌بینی کننده‌ی دید کافی را ارائه کردند. رانگجون و اکسل (۲۰۰۸) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی، پدیده مه و دید کم را در فرودگاه دانموانگ تایلند برای ساعت ۰۷ بامداد فصل زمستان مورد بررسی قرار دادند، آن‌ها در این بررسی از عناصر دمای هوا در ارتفاع دو متری، رطوبت نسبی، پوشش ابر، دمای نقطه‌ی شبنم، سمت و سرعت باد، دید کافی و اختلاف فشار در بیست و چهار ساعت گذشته استفاده کرده و ضمن ارائه‌ی مدل‌های رگرسیونی پیش‌بینی کننده‌ی توانایی دید دریافتند که در بین متغیرهای مورد بررسی، عناصر رطوبت نسبی و پوشش ابر، ارتباط بیشتری با عنصر توانایی دید دارد. استولاکی (۲۰۰۹) با استفاده از آمار سی و پنج ساله‌ی ۲۰۰۵-۱۹۷۱، عناصر اقلیمی رطوبت نسبی، ارتفاع نسبی، پوشش ابر، دمای نقطه شبنم، سرعت باد، دید کافی، دمای متوسط هوای ایستگاه هواشناسی فرودگاه تسالونیک یونان (در مقیاس روزانه و فصلی) و نیز مشاهدات ساعتی پانزده ساله ۲۰۰۵-۱۹۹۱ عناصر گفته شده، انواع مه در آن فرودگاه را دسته‌بندی کرد و دریافت که از کل مه-

های رخداد در این دوره‌ی آماری حدود ۶۴ درصد فصل زمستان و ۱۹ درصد در اواخر پاییز بوده است. همچنین وی دریافت که در این فرودگاه بیشترین فراوانی رخداد مه، در ۱ تا ۲ ساعت پیش از طلوع آفتاب است. در ایران نیز جهانبخش و حسینی (۱۳۸۱) با استفاده از داده‌های اقلیمی طی یک دوره‌ی یازده ساله، نقش عناصر دما، یخبندان، بارش، رطوبت نسبی، فشار، توانایی دید و باد را در مکان‌یابی فرودگاه میانه بررسی کرده و علاوه بر تحلیل آماری و محاسبه دوره‌ی برگشت دما با توزیع نرمال، درجه حرارت مرجع فرودگاه میانه را بر اساس میانگین و متوسط بیشینه‌های روزانه‌ی دما تعیین کردند. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۲) در رابطه با طراحی و برنامه‌ریزی فرودگاه و تاثیرپذیری آن‌ها از عناصر و عوامل اقلیمی، مطالعاتی انجام دادند. خدابخش (۱۳۸۳) رخداد مه، نحوه‌ی آثار سامانه‌های جوی بر این پدیده و دسته‌بندی انواع مه در فرودگاه شهید بهشتی اصفهان را طی دوره‌ی ده ساله ۱۹۹۲-۲۰۰۱ بررسی کرده و به این نتیجه رسیده است که در این فرودگاه حدود ۶۰ درصد از انواع مه‌ها، مربوط به مه تابشی، ۱۲ درصد مربوط به مه بارشی، ۱۵ درصد مربوط به مه فرارفتی، و ۱۱ درصد مربوط به سرمایش ناشی از حضور پرفشار است. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از آمار ۱۷ ساله‌ی سمت و سرعت بادهای ایستگاه همدید اردبیل و بررسی آن، امتداد باند پرواز فرودگاه اردبیل را ارزیابی کرده و به این نتیجه رسیدند که بر اساس عناصر اقلیمی منطقه، باندهای ۶-۲۴ و ۵-۲۳ به ترتیب برای جهت‌گیری باند پرواز در فرودگاه اردبیل، مناسب است. صلاحی و محمدی (۱۳۹۰) در پژوهشی به تحلیل همدید و آماری مه‌های فرودگاه اردبیل و ارائه‌ی ساعات مناسب پروازی پرداختند، نتایج پژوهش نشان داد در میان عناصر اقلیمی مورد بررسی، رطوبت نسبی، بیشترین همبستگی را با توانایی دید ایستگاه دارد. همچنین بهترین زمان برای انجام عملیات پروازی فرودگاه اردبیل در ماه‌های آوریل، می، سپتامبر و اکتبر از ساعت ۰۸ تا ۱۴ گرینویچ، در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس از ساعت ۰۹ تا ۱۲ گرینویچ و در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت از نیمروز تا نزدیکی‌های غروب است.

با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی اهواز و بروز رخداد‌های خاص آب و هوایی در این شهر، از جمله پدیده گرد و غبار، فرودگاه اهواز در طول سال با اختلالاتی در زمان و کیفیت پرواز هواپیماها در فرودگاه اهواز مواجه است و به دلیل موقعیت استراتژیکی که در منطقه دارد، از حساسیت و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرف دیگر وجود اطلاعات ذی‌قیمت هواشناسی در ایستگاه هواشناسی اهواز این امکان را به محققین می‌دهد تا بتوانند به تحلیل علمی دقیقی پرداخته و به همین دلیل در این پژوهش چالش‌های حمل و نقل هوایی فرودگاه اهواز را در ارتباط با مخاطرات اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از داده‌های هواشناسی در ایستگاه همدید به تحلیل آماری رابطه فراسنج‌های آب و هوایی بر ترابری هوایی در فرودگاه بین‌المللی شهر اهواز پرداخته شد. روزهایی برای این منظور انتخاب شد که اوج مخاطرات هوایی در فرودگاه اهواز به ثبت رسیده است.

داده‌ها و روش کار

شهر اهواز مرکز استان خوزستان و شهرستان اهواز با ارتفاع متوسط ۱۶ متر از سطح دریا بین عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی واقع، و شامل هشت منطقه شهرداری بوده و مساحت محدوده طرح جامع آن ۲۵۹ کیلومتر مربع می‌باشد (عظیمی، ۱۳۸۷: ۹۹). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این مقاله در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)، ابتدا به بررسی زمانی اختلالات پروازی در دو بازه زمانی سالانه و ماهانه به تفکیک ۱۲ ماه و همچنین با استفاده از روش همبستگی، ارتباط میان تغییرات اختلالات پروازی فرودگاه بین‌المللی اهواز و فراسنج‌های آب و هوایی (دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، تبخیر، ساعت افتابی، سرعت باد، سمت باد و دمای نقطه شبنم) در ایستگاه همدید اهواز و همچنین توزیع فراوانی اختلالات پروازی در ماه‌های مختلف و همچنین کدهای سینوپ هوای حاضر مرتبط با گرد و غبار در بازه زمانی مورد مطالعه قرار گرفت. برای بررسی ارتباط میان تغییرات اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی از روش همبستگی بهره گرفته شد. در تعریف ساختار همبستگی^۱ باید اشاره کرد که همبستگی قابل قبول بین ساختار حاکم بر درون‌داد^۲ و برون‌داد^۳‌های طبیعی باید از فرآیندهای جبری زیر پیروی نماید.

$$R \quad -0/5 \geq R \geq -1 \quad (۱) \text{ معادله}$$

$$R \quad 0/5 \leq R \leq 1 \quad (۲) \text{ معادله}$$

$$R \quad -0/5 \leq R \leq 0/5 \quad (۳) \text{ معادله}$$

نتایج و بحث

در این بخش از مقاله بر پایه نتایج حاصله در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)، به بررسی زمانی اختلالات پروازی در دو مقطع زمانی سالانه و ماهانه به تفکیک ۱۲ ماه و همچنین با استفاده از روش همبستگی، ارتباط میان تغییرات اختلالات پروازی فرودگاه بین‌المللی اهواز و فراسنج‌های آب و هوایی (دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، تبخیر،

^۱ - Correlation

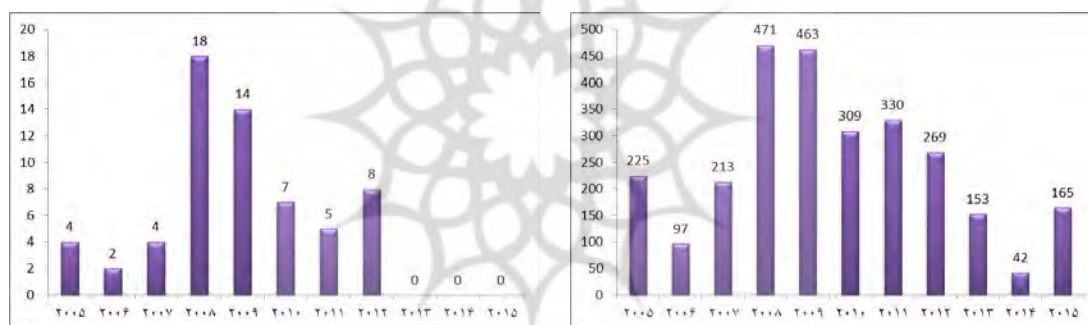
^۲ - input

^۳ - output

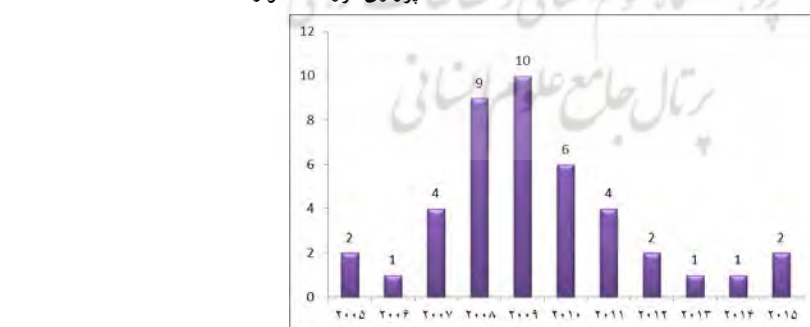
ساعت افتابی، سرعت باد، سمت باد و دمای نقطه شبنم) در ایستگاه همدید اهواز و همچنین توزیع فراوانی اختلالات پروازی در ماه‌های مختلف و همچنین کدهای سینوپ هوای حاضر مرتبط با گرد و غبار در بازه زمانی مورد مطالعه قرار گرفت.

الف: دوره زمانی سالانه

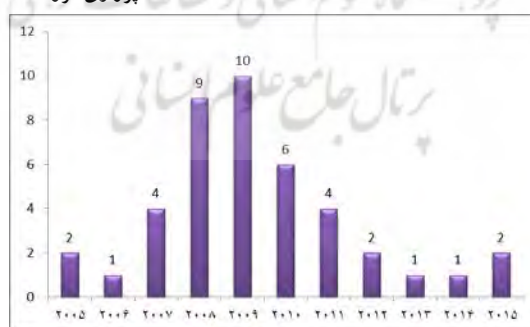
فراوانی رخداد اختلالات پروازی در قالب زمانی سالانه در فرودگاه اهواز در (شکل ۲) نشان داده شده است. بر اساس این شکل بالاترین میزان رخداد اختلالات سالانه در سال ۲۰۰۸ با ۴۷۱ و کمترین میزان در سال ۲۰۱۴ با ۴۲ بار ثبت شده است. همچنین به ترتیب سال ۲۰۰۹ با ۴۶۳ بار، سال ۲۰۱۱ با ۳۳۰، سال ۲۰۱۰ با ۳۰۹، سال ۲۰۱۲ با ۲۶۹، سال ۲۰۰۵ با ۲۲۵، سال ۲۰۱۷ با ۲۱۳، سال ۲۰۱۵ با ۱۶۵، سال ۲۰۱۳ با ۱۵۳ و سال ۲۰۰۶ با ۹۷ بار ثبت اختلالات پروازی در فرودگاه بین‌المللی اهواز مواجه بوده‌اند. نمودار فراوانی سالانه رخداد اختلالات پروازی ۸ بار در سال فرودگاه بین‌المللی اهواز (۲۰۱۵-۲۰۰۵) در (شکل ۳) نشان داده شده است. بر اساس این شکل سال ۲۰۰۸ با ۱۸ بار بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. همچنین نمودار فراوانی سالانه رخداد اختلالات پروازی ۷ بار در سال فرودگاه بین‌المللی اهواز (۲۰۱۵-۲۰۰۵) در (شکل ۴) نشان داده شده است. بر اساس این شکل سال ۲۰۰۹ با ۱۰ بار بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است.



شکل ۲: میزان سالانه پراکندگی فراوانی رخداد اختلالات پروازی فرودگاه اهواز (۲۰۱۵-۲۰۰۵) (پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات اجتماعی)



شکل ۳: میزان سالانه پراکندگی فراوانی ۸ بار رخداد اختلالات پروازی فرودگاه اهواز (۲۰۱۵-۲۰۰۵)



شکل ۴: میزان سالانه پراکندگی فراوانی ۷ بار رخداد اختلالات پروازی فرودگاه اهواز (۲۰۱۵-۲۰۰۵)

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی همبستگی:

با استفاده از روش همبستگی، ارتباط میان تغییرات اختلالات پروازی فرودگاه بین‌المللی اهواز و فراسنج‌های آب و هوایی در ایستگاه همدید اهواز در بازه زمانی سالانه مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین ضرایب همبستگی از نظر معنی‌دار بودن آزمون در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی گردید (جدول ۱) و اشکال (۲) الی (۹). میزان ضریب

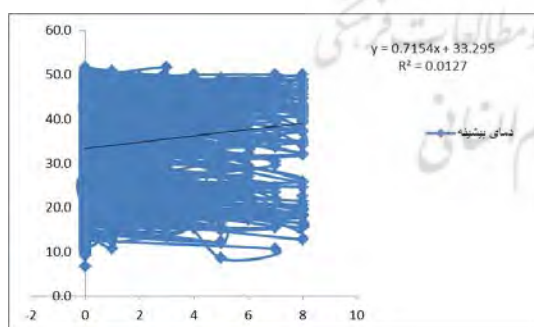
همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی (دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، تبخیر، ساعت افتابی، سرعت باد، سمت باد و دمای نقطه شبنم) در ایستگاه همدید اهواز در بازه زمانی سالانه در همه فراسنج‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). فراسنج تبخیر با ضریب همبستگی ۰/۲۱۱ بالاترین میزان ضریب همبستگی بین فراسنج‌های محاسبه شده به خود اختصاص داده است.

جدول ۱: ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)

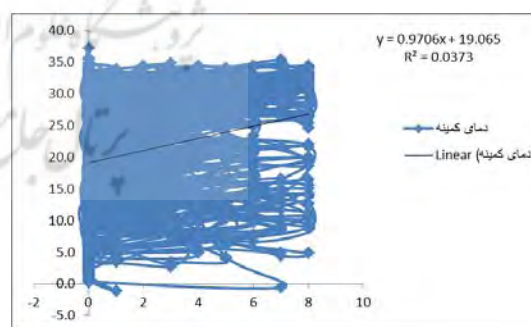
	فرآوانی اختلال	دمای کمینه	دمای بیشینه	بارش	تبخیر	ساعت افتابی	سرعت باد	سمت باد	نقطه شبنم
1	فرآوانی اختلال	.193**	.113**	-.052**	.211**	-.201**	.210**	.088**	-.080**

منبع: یافته‌های پژوهش

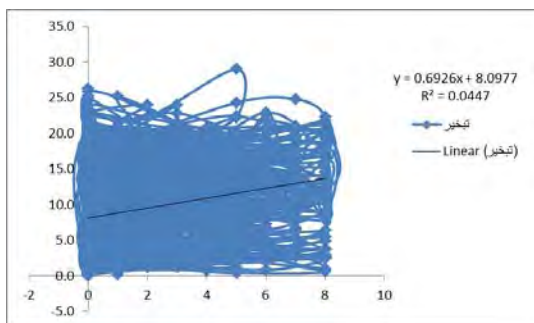
میزان ضریب تعیین (R^2) و ضریب همبستگی (R) میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی در بازه زمانی سالانه دمای کمینه به ترتیب برابر با ۰/۰۳۷۳ و ۰/۱۹۳ است. نمودار رابطه اختلالات پروازی با دمای کمینه در (شکل ۵) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی مثبت ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد. همچنین میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی در بازه زمانی سالانه دمای بیشینه به ترتیب برابر با ۰/۰۱۲۷ و ۰/۱۱۳ می‌باشد. نمودار رابطه اختلالات پروازی با دمای کمینه در (شکل ۶) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی مثبت ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی بارش به ترتیب برابر با ۰/۰۰۲۸ و ۰/۰۰۵۲ می‌باشد. نمودار رابطه اختلالات پروازی با بارش در (شکل ۶) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی منفی ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد. همچنین میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی تبخیر به ترتیب برابر با ۰/۲۱۱ و ۰/۰۴۴۷ است. نمودار رابطه اختلالات پروازی با تبخیر در (شکل ۷) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی مثبت ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد.



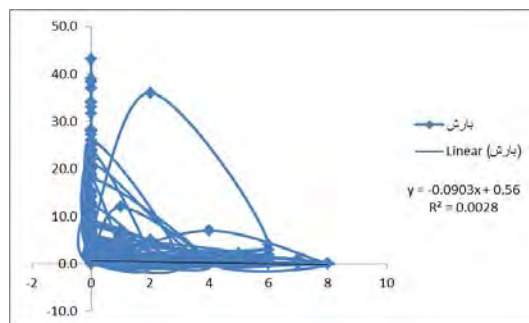
شکل ۶: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با دمای بیشینه در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)



شکل ۵: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با دمای کمینه در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)



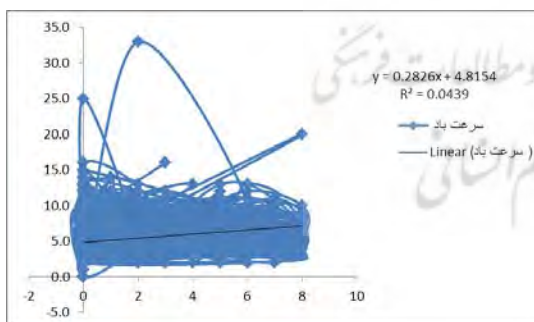
شکل ۸: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با تبخیر در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)



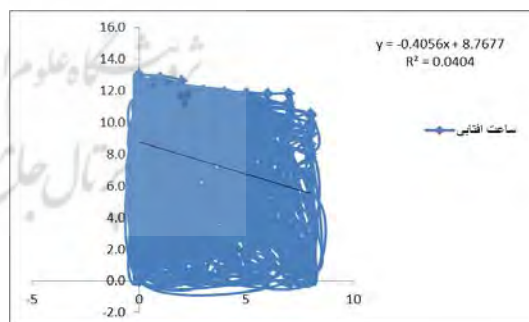
شکل ۷: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با بارش در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)

منبع: یافته‌های پژوهش

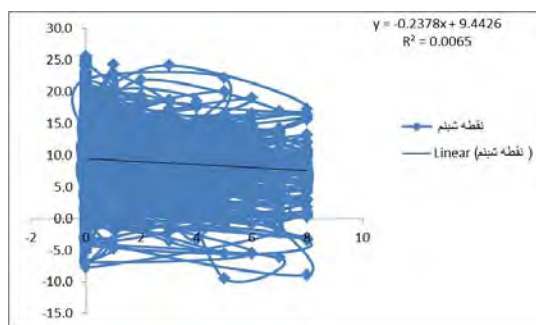
میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی ساعت آفتابی به ترتیب برابر با $0/201-$ و $0/0404$ می‌باشد. نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در (شکل ۹) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی منفی ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد. همچنین میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی سرعت باد به ترتیب برابر با $0/21$ و $0/0439$ می‌باشد. نمودار رابطه اختلالات پروازی با سرعت باد در (شکل ۱۰) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی مثبت ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی سمت باد به ترتیب برابر با $0/088$ و $0/0077$ می‌باشد. نمودار رابطه اختلالات پروازی با سمت باد در (شکل ۱۱) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی مثبت ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد. همچنین میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی دما نقطه شبنم به ترتیب برابر با $0/080-$ و $0/0065$ می‌باشد. نمودار رابطه اختلالات پروازی با دما نقطه شبنم در (شکل ۱۲) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی منفی ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد.



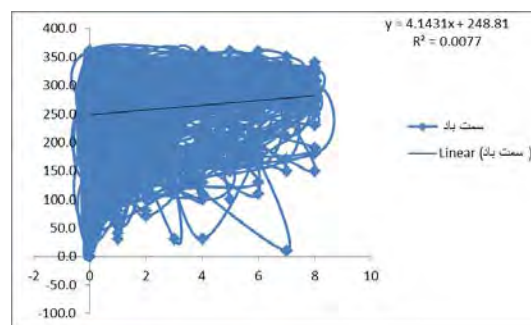
شکل ۱۰: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با سرعت باد در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)



شکل ۹: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)



شکل ۱۲: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با دما نقطه شبنم در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)



شکل ۱۱: نمودار رابطه سالانه اختلالات پروازی با سمت باد در بازه زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵)

منبع: یافته‌های پژوهش

ب: دوره زمانی ماهانه

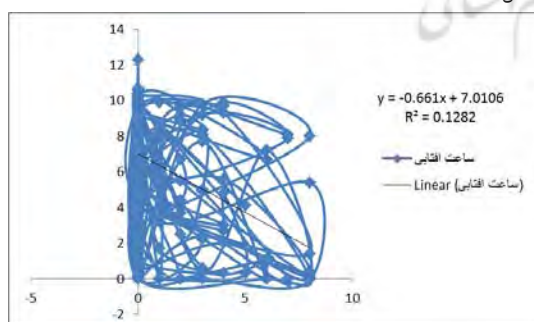
با بکارگیری روش همبستگی، ارتباط میان تغییرات اختلالات پروازی فرودگاه بین‌المللی اهواز و فراسنج‌های آب و هوایی در ایستگاه همدید اهواز در بازه زمانی ماهانه مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین ضرایب همبستگی از نظر معنی‌دار بودن آزمون در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی گردید (جدول ۲). میزان ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی در ایستگاه همدید اهواز در بازه زمانی ماهانه (ماه ژانویه) فقط در فراسنج دمای نقطه شبنم در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج دما بیشینه، ساعت آفتابی، سرعت باد و در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد؛ همچنین میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی دمای نقطه شبنم در ماه ژانویه به عنوان بالاترین میزان در بین فراسنج‌ها به ترتیب برابر با ۰/۰۲۶۸ و ۰/۱۶۳- می‌باشد که نمودار رابطه اختلالات پروازی با دمای نقطه شبنم در این ماه در (شکل ۱۳) نشان داده شده است. بر اساس این شکل همبستگی منفی ضعیفی میان این دو پارامتر وجود دارد. در ماه فوریه در چهار فراسنج دما کمینه، تبخیر، ساعت آفتابی (شکل ۱۴) و سمت باد در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج سرعت باد در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنج‌ها (دما بیشینه، بارش و نقطه شبنم) در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند؛ در ماه مارس در چهار فراسنج دما بیشینه (شکل ۱۵)، ساعت آفتابی و سرعت باد و دما نقطه شبنم در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج تبخیر در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنج‌ها (دما کمینه، بارش و سمت باد) در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند؛ در ماه آوریل در سه فراسنج دما کمینه، ساعت آفتابی (شکل ۱۶) و سرعت باد در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج دمای نقطه شبنم در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنج‌ها دما بیشینه، بارش، تبخیر و سمت باد در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند؛ در ماه مه در دو فراسنج دما کمینه و ساعت آفتابی (شکل ۱۷) در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج دمای بیشینه در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنج‌ها بارش، تبخیر، سرعت باد، سمت باد و دما نقطه شبنم در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند؛ در ماه ژوئن در چهار فراسنج دما کمینه، دمای بیشینه، سرعت باد و ساعت آفتابی (شکل ۱۸) در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج دما نقطه شبنم در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنج‌ها شامل بارش، تبخیر و سمت باد در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند؛ در ماه ژوئیه در پنج فراسنج دما کمینه، دمای بیشینه، ساعت آفتابی (شکل ۱۹)، سمت باد و دما نقطه شبنم در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است؛ و سایر فراسنج‌ها شامل بارش، تبخیر و سرعت باد در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند؛ در ماه اوت در سه

فراسنج دما کمینه، تبخیر و ساعت آفتابی (شکل ۲۰) در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج دما بیشینه و دما نقطه شب‌نم در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنجهای شامل بارش، سرعت باد و سمت باد در هیچ سطحی معنی‌دار نیستند؛ در ماه سپتامبر در دو فراسنج دما کمینه و ساعت آفتابی (شکل ۲۱) در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما سایر فراسنجهای شامل بارش، تبخیر، سرعت باد، سمت باد و دما نقطه شب‌نم در هیچ سطحی معنی‌دار نیستند؛ در ماه اکتبر در دو فراسنج دما کمینه (شکل ۲۲) و سرعت باد در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج تبخیر و ساعت آفتابی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنجهای شامل بارش، دما بیشینه و نقطه شب‌نم و سمت باد در هیچ سطحی معنی‌دار نیستند؛ میزان ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنجهای آب و هوایی در ایستگاه همدید اهواز در ماه نوامبر در هیچ سطحی معنی‌دار نیستند و سرانجام در ماه دسامبر تنها در یک فراسنج تبخیر (شکل ۲۳) در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است و سایر فراسنجهای شامل دما کمینه و بیشینه، بارش، ساعت آفتابی، سرعت و سمت باد و دما نقطه شب‌نم در هیچ سطحی معنی‌دار نیستند (جدول ۲).

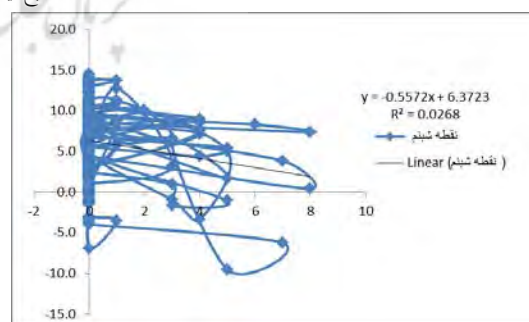
جدول ۲: ضریب همبستگی ماهانه میان اختلالات پروازی و فراسنجهای آب و هوایی

ماه	فراوانی اختلال	دمای کمینه	دمای بیشینه	بارش	تبخیر	ساعت آفتابی	سرعت باد	سمت باد	نقطه شب‌نم
ژانویه	1	-0.011	-0.122*	-0.069	0.081	-0.125*	0.122*	0.051	-0.163**
فوریه	1	0.224**	-0.069	-0.074	0.147**	-0.358**	0.116*	0.167**	-0.096
مارس	1	0.034	-0.258**	-0.064	0.114*	-0.191**	0.224**	0.064	-0.174**
آوریل	1	0.277**	-0.035	0.002	0.096	-0.399**	0.234**	0.074	-0.134*
مه	1	0.175**	-0.129*	-0.02	-0.046	-0.457**	0.083	0.085	-0.007
ژوئن	1	0.188**	-0.216**	-0.005	0.095	-0.587**	0.200**	-0.061	-0.126*
ژوئیه	1	0.185**	-0.298**	. ^a	0.046	-0.715**	0.069	0.147**	-0.256**
اوت	1	0.196**	-0.132*	. ^a	0.194**	-0.517**	0.092	0.083	-0.137*
سپتامبر	1	0.229**	-0.131*	-0.019	-0.047	-0.702**	0.045	-0.023	0.005
اکتبر	1	0.162**	0.019	-0.012	0.122*	-0.130*	0.149**	-0.016	-0.009
نوامبر	1	-0.050	-0.040	-0.042	0.071	-0.030	0.090	0.051	-0.105
دسامبر	1	0.030	0.006	-0.021	0.155**	-0.027	0.098	0.069	-0.041

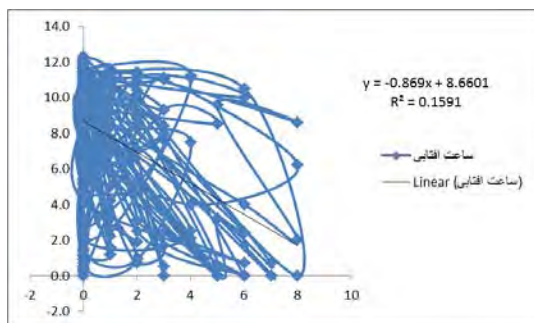
منبع: یافته‌های پژوهش



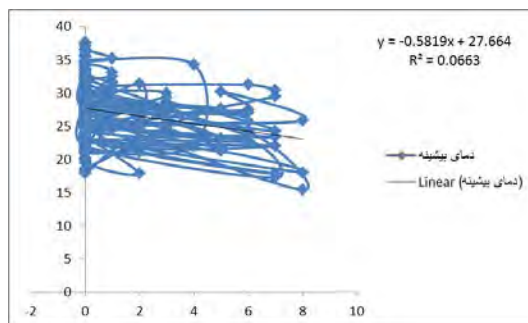
شکل ۱۴: نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی بیشینه در ماه فوریه



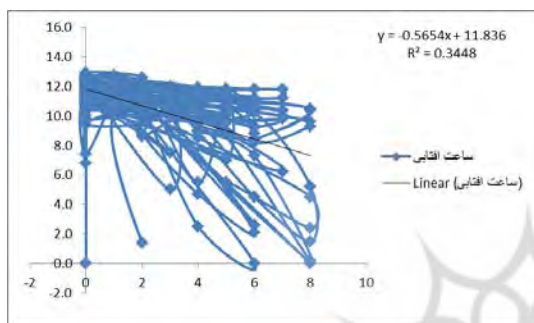
شکل ۱۳: نمودار رابطه اختلالات پروازی با دما نقطه شب‌نم در ماه ژانویه



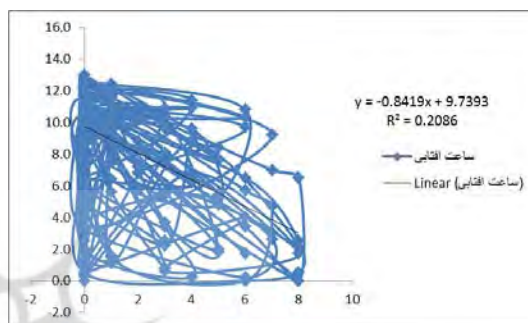
شکل ۱۶: نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در ماه آوریل



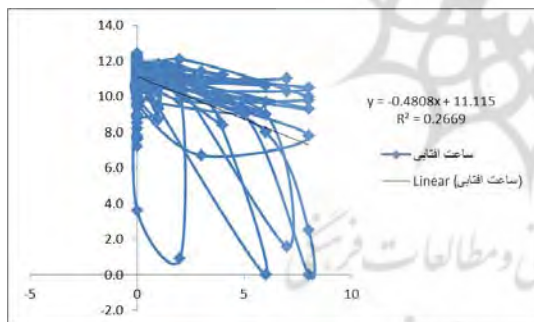
شکل ۱۵: نمودار رابطه اختلالات پروازی با دما بیشینه در ماه مارس



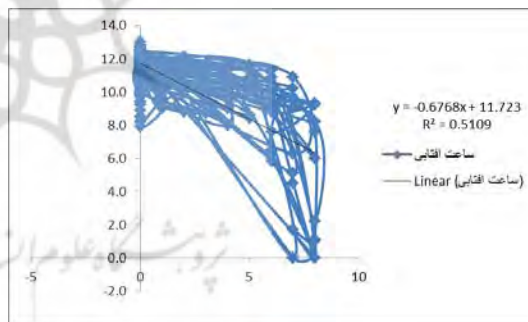
شکل ۱۸: نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در ماه ژوئن



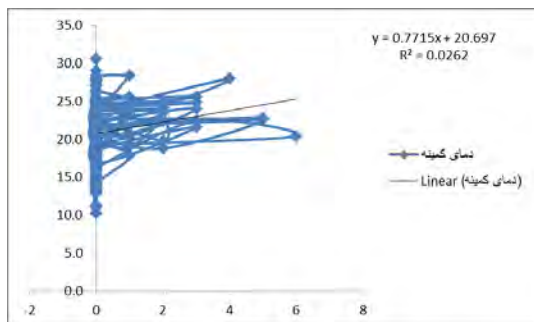
شکل ۱۷: نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در ماه مه



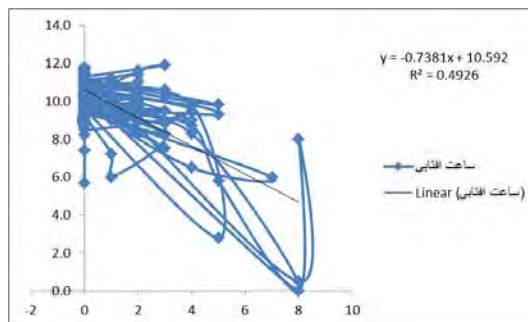
شکل ۲۰: نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در ماه اوت



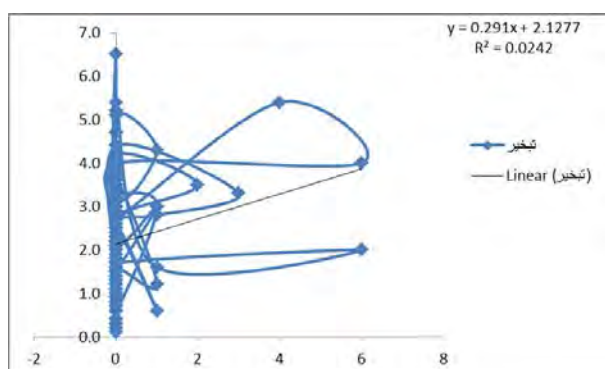
شکل ۱۹: نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در ماه ژوئیه



شکل ۲۲: نمودار رابطه اختلالات پروازی با دما کمینه در ماه اکتبر



شکل ۲۱: نمودار رابطه اختلالات پروازی با ساعت آفتابی در ماه سپتامبر



شکل ۲۳: نمودار رابطه اختلالات پروازی با تبخیر در ماه دسامبر

منبع: یافته‌های پژوهش

نتیجه گیری

بررسی‌های آماری نشان داد بالاترین میزان رخداد اختلالات سالانه در سال ۲۰۰۸ با ۴۷۱ و کمترین میزان در سال ۲۰۱۴ با ۴۲ بار ثبت شده است. سال ۲۰۰۸ با ۱۸ بار بیشترین فراوانی سالانه رخداد اختلالات پروازی ۸ بار در سال و سال ۲۰۰۹ با ۱۰ بار بیشترین فراوانی سالانه رخداد اختلالات پروازی ۷ بار در سال را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین بالاترین میزان رخداد اختلالات پروازی ماهانه ثبت شده مربوط به ماه ژوئن با ۵۲۴ بار و کمترین مربوط به ماه دسامبر با ۲۸ بار اختلالات پروازی در فرودگاه بین‌المللی اهواز گزارش شده است. ماه ژوئیه با ۱۵ بار فراوانی ماهانه رخداد اختلالات پروازی ۸ بار در ماه و ماه ژوئیه با ۱۱ بار فراوانی رخداد اختلالات پروازی ۷ بار در ماه بیشترین آمار ثبت شده را در فرودگاه بین‌المللی اهواز به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس آمار ثبت شده ماه‌های گرم سال با حدود ۶۲ درصد (مه، ژوئن، ژوئیه، آگوست و سپتامبر) با بیشترین میزان سوانح و اتفاقات هوایی همراه است و ماه‌های معتدل با حدود ۲۲ درصد (اکتبر، نوامبر، مارس و آوریل) با کاهش همراه است.

با استفاده از روش همبستگی، ارتباط میان تغییرات اختلالات پروازی فرودگاه بین‌المللی اهواز و فراسنج‌های آب و هوایی در ایستگاه همدید اهواز در بازه زمانی سالانه و ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله میزان ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی (دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، تبخیر، ساعت آفتابی، سرعت باد، سمت باد و دمای نقطه شبنم) در ایستگاه همدید اهواز در بازه زمانی سالانه در همه فراسنج‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد. اما رابطه ضعیفی بین این پارامترها در بازه زمانی سالانه وجود دارد. فراسنج تبخیر با ضریب همبستگی ۰/۲۱۱ بالاترین میزان ضریب همبستگی بین فراسنج‌های محاسبه شده به خود اختصاص داده است. همچنین بر اساس نتایج حاصله در بازه زمانی ماهانه میزان ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی در ایستگاه همدید اهواز در ماه ژانویه فقط در فراسنج دمای نقطه شبنم در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۰۲۶۸ و ۰/۱۶۳- که بیانگر همبستگی منفی ضعیفی میان این دو پارامتر در این ماه است. در ماه فوریه در چهار فراسنج دما کمینه، تبخیر، ساعت آفتابی و سمت باد در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج سرعت باد در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و سایر فراسنج‌ها (دما بیشینه، بارش و نقطه شبنم) در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی فراسنج‌ها بیانگر رابطه ضعیف میان این پارامترها در این ماه است. تنها فراسنج ساعت آفتابی در ماه فوریه

دارای همبستگی منفی متوسط می‌باشد. در ماه مارس در چهار فراسنج دما بیشینه، ساعت آفتابی و سرعت باد و دما نقطه شب‌نم در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج تبخیر در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی فراسنج‌ها بیانگر رابطه ضعیف میان هم فراسنج‌هاست. در ماه آوریل در سه فراسنج دما کمینه، ساعت آفتابی و سرعت باد در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج دمای نقطه شب‌نم در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد. تنها فراسنج ساعت آفتابی در این ماه دارای همبستگی منفی متوسط است. در ماه مه در دو فراسنج دما کمینه و ساعت آفتابی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اما فراسنج دمای بیشینه در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد. همچنان فراسنج ساعت آفتابی در این ماه دارای رابطه منفی متوسط است. در ماه ژوئن در چهار فراسنج دما کمینه، دمای بیشینه، سرعت باد و ساعت آفتابی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی ساعت آفتابی در ماه ژوئن به ترتیب برابر با ۰/۳۴۴۸ و ۰/۵۸۷- است. که بیانگر همبستگی منفی متوسط میان این دو پارامتر در این ماه است. در ماه ژوئیه در پنج فراسنج دما کمینه، دمای بیشینه، ساعت آفتابی، سمت باد و دما نقطه شب‌نم در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است؛ میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی ساعت آفتابی در ماه ژوئیه به ترتیب برابر با ۰/۵۱۰۹ و ۰/۷۱۵- است. که بیانگر همبستگی منفی قوی میان این دو پارامتر است. در ماه اوت در سه فراسنج دما کمینه، تبخیر و ساعت آفتابی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی ساعت آفتابی در ماه اوت به ترتیب برابر با ۰/۲۶۶۹ و ۰/۵۱۷- است. که بیانگر همبستگی منفی متوسط میان این دو پارامتر در این ماه می‌باشد. در ماه سپتامبر در دو فراسنج دما کمینه و ساعت آفتابی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. میزان ضریب تعیین و ضریب همبستگی میان اختلالات پروازی و فراسنج آب و هوایی ساعت آفتابی در ماه سپتامبر به ترتیب برابر با ۰/۴۹۲۶ و ۰/۷۰۲- است. که بیانگر همبستگی منفی قوی میان این دو پارامتر است. در ماه اکتبر در دو فراسنج دما کمینه و سرعت باد در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. میزان ضرایب تعیین و همبستگی بیانگر رابطه ضعیف میان این دو پارامتر در این ماه است. در ماه نوامبر در هیچ سطحی معنی‌دار نمی‌باشند و در ماه دسامبر تنها در یک فراسنج تبخیر در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

به طور خلاصه باید اشاره کرد اگرچه همبستگی معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد میان اختلالات پروازی و فراسنج‌های آب و هوایی دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، تبخیر، ساعت آفتابی، سرعت باد، سمت باد و دمای نقطه شب‌نم در ایستگاه همدید اهواز وجود دارد اما رابطه ضعیفی بین فراسنج‌های آب و هوایی با اختلالات پروازی در بازه زمانی سالانه مشاهده می‌شود. در بازه زمانی ماهانه بجز فراسنج ساعت آفتابی که از رابطه منفی متوسطی در ماه‌های فوریه، آوریل، مه، ژوئن و اوت و رابطه منفی قوی در ماه‌های ژوئیه و سپتامبر برخوردار می‌باشند و سایر فراسنج‌ها دارای رابطه ضعیفی هستند.

منابع

عظیمی، فریده (۱۳۸۷)، پهنه بندی دمای سطح شهر اهواز با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده ETM، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال پنجم، شماره ۱۷، صص ۹۷-۱۰۹.

- صلاحی، برومند و سیاوش محمدی (۱۳۹۰). تحلیل هم‌دید و آماری مه‌های فرودگاه اردبیل و ارائه‌ی ساعات مناسب پروازی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۷، صص ۶۹-۹۲.
- امیدوار، کمال، نارنگی فرد، مهدی و سیده مرضیه حقیقت ضیابری (۱۳۹۲). تحلیل الگوهای هم‌دید روزهای فرین آلوده به ذرات معلق در شیراز، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال دوم، شماره پنجم، صص ۴۹-۶۲.
- پناهی، علی (۱۳۹۵). بررسی الگوهای هم‌دید بر اساس دوره‌های بحرانی آلودگی هوا در وارونگی دمایی شدید شهر تبریز، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۸، شماره ۴، صص ۶۰۷-۶۲۵.
- سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۷)، مجموع دستورالعمل کدها و روش‌های دیده بانی سطح زمین (سینوپ)، معاونت فنی و عملیاتی، اداره کل شبکه، ویرایش اول.
- رضا حسین‌زاده، رضا دوستان، مرضیه حقیقت ضیابری و مریم حقیقت ضیابری (۱۳۹۲)، بررسی الگوهای هم‌دید مؤثر بر آلودگی هوا در کلانشهر مشهد، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۱۱، شماره ۲۱، صص ۸۱-۱۰۱.
- غلامعلی خمر، علی عالی، و الهام جلیلی جهرمی (۱۳۹۲). ارزیابی و تحلیل طوفان‌های شن بر پراکنش جغرافیایی بروز بیماری‌های تنفسی (سل) در سیستان با استفاده از مدل TOPSIS، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، یزد.
- خوش اخلاق، فرامرز نجفی، محمدسعید زمانزاده، سیدمحمدشیرازی، محمدحسن، صمدی مهدی (۱۳۹۲)، بررسی ترکیب اتبار گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۶، صص ۱۷-۳۶.
- خوش اخلاق، فرامرز، نجفی، محمد سعید و مهدی صمدی (۱۳۹۱). واکاوی هم‌دید رخداد گرد و غبار بهار در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲ (پیاپی ۸۰)، صص ۹۹-۱۲۴.
- رضائی مقدم، محمدحسین، مهدیان بروجنی، مجتبی (۱۳۹۴). منشأیابی ریزگردها با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA (مطالعه موردی: جنوب غرب ایران). جغرافیا و پایداری محیط، سال ۵، شماره ۱۷، صص ۱-۱۳.
- زبردست، اسفندیار و حسین ریاضی (۱۳۹۱). تحلیل ارتباط بین قابلیت پیاده مداری محلات و آلودگی هوا مطالعه موردی: نواحی پیرامون ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر تهران، مطالعات شهری، شماره ۵، صص ۳۵-۴۵.
- زنگنه، معصومه (۱۳۹۳). آب و هواشناسی توفان‌های گرد و غبار در ایران، دو فصلنامه آب و هواشناسی کاربردی، سال ۱، شماره ۱، صص ۱-۱۲.
- ساری صراف، بهروز، رسولی، علی اکبر، زرین، آذر، نجفی، محمد سعید (۱۳۹۶). شبیه‌سازی توزیع قائم سامانه‌های گرد و غبار زا در ارتباط با سامانه‌های هم‌دید و توپوگرافی در غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۹، شماره ۲، صص ۱۶۹-۱۸۹.
- شریفیان عطار، رضا، مظهری، علی، سعیدی رضوانی، محمد و حامد سعیدی رضوانی (۱۳۹۲). بررسی پیامدهای زیست محیطی آئروسول‌های معدنی در سلامت انسان، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، یزد.
- سحر شکوهی، حسن خسروی، و بهناز زهتابیان (۱۳۹۲). تاثیر ریزگردهای بیابانی بر سلامت انسان، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، یزد.
- علی اکبر شمسی پور و طاهر صفرزاد (۱۳۹۱). تحلیل ماهواره‌ای-هم‌دید پدیده‌ی گرد و غبار (گرد و غبار تیرماه ۱۳۸۸)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، صص ۱۱۱-۱۲۶.