

تحلیل هم‌دیدي عوامل جوی لغو پرواز در فرودگاه همدان

فرامرز خوش اخلاق^۱، حسن حاجی محمدی^۲، حسین کوشکی^{۳*}

^۱ دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده ی جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۲ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۳ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده ی جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۸

چکیده

تعیین وارانه درست و بموقع شرایط حال و آینده جوی به بخش های هوانوردی یکی از مهم ترین عوامل کاهش هزینه های جانی و مالی در حمل و نقل هوایی می باشد. هدف از این پژوهش تحلیل هم دیدی شرایط و عوامل جوی منجر به لغو پروازها در فرودگاه همدان می باشد. از میان پدیده های جوی مؤثر بر لغو پرواز برف، مه، باران، گردوغبار، بارش های رگباری، یخبندان و باد شدید در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی شرایط جوی در سطح ایستگاه از آمار روزانه پارامترهای هواشناسی ایستگاه هم دیدی فرودگاه همدان شامل سرعت باد، متوسط دمای روزانه، دمای خشک، دمای تر، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی، فشار سطح ایستگاه، فشار بخار آب و مقدار بارش برف در طول دوره اقلیمی (۲۰۲۱-۲۰۰۴) استفاده شد. برای بررسی هم دیدی شرایط لغو پرواز از داده های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، نم ویژه، دمای هوا، شاخص امگا، مؤلفه های مداری و نصف النهاری باد با قدرت تفکیک فضایی $2/5^*2/5$ درجه ای تارنمای مرکز پیش بینی محیطی/علوم جو (NCEP/NCAR) و تصویر ماهواره ای باند مرئی سنجنده ی MODIS استفاده شد. سپس به ترسیم نقشه های مورد نیاز با استفاده از نرم افزار GrADS پرداخته شد. نتایج نشان داد دو پدیده بارش برف و مه بیشترین نقش را در لغو پروازها دارا هستند که از نظر توزیع زمانی بارش برف بیشتر در بعدازظهرها و مه در ساعات اولیه صبح در فصل زمستان به وقوع پیوسته است. از الگوهای هم دیدی در روزهای برفی می توان به فرود عمیق در شرق خاورمیانه، شرق دریای سیاه و مدیترانه اشاره کرد که باعث بارش های سنگین برف در فصل سرد سال می شوند. الگوی هم دیدی غالب به وجود آورنده مه در منطقه قرارگیری پرفشار سطحی قوی در زاگرس می باشد که گاهی با الگوی فراز سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال همراه شده و شرایط تشکیل مه را در منطقه تشدید می کند.

کلمات کلیدی: برف، مه، فرود عمیق، پرفشار زاگرس، فرودگاه همدان

در دهه‌های گذشته یکی از مقوله‌های کاربردی اقلیم، پرداختن به برنامه‌ریزی در زمینه‌ی حمل‌ونقل هوایی بوده است. سامانه‌های حمل‌ونقل هوایی، بیش از سامانه‌های دیگر حمل‌ونقل با شرایط آب و هوایی ارتباط دارند و بخش بزرگی از خدمات پرهزینه‌ی بخش‌های اداری و ایستگاه‌های هواشناسی بر پایه‌ی کسب اطمینان و ایمنی این شاخه از ترافیک قرار گرفته است (خدابخش، ۱۳۸۳). با توجه به افزایش مسافرت‌های هوایی، انتظار مردم این است که در همراه و هرروز از سال و در شرایط مختلف جوی، امکان مسافرت هوایی به نقاط مختلف را داشته باشند. از این رو، انجام به‌موقع پروازها و هدر نشدن وقت مسافران در هر سامانه‌ی هوانوردی، از اولویت مهمی برخوردار است. برخی از عناصر اقلیمی در مناطق مختلف جغرافیایی همچون؛ بارندگی، تگرگ، مه، رعدوبرق، برف، گرد و غبار... می‌توانند ناوبری هوایی را دچار آشفتگی کنند. در این شرایط، نزدیک شدن به باند فرودگاه و انجام عملیات فرود برای خلبانان بسیار مشکل است و این در حالی است که کاهش توانایی دید ناشی از عوامل و عناصر اقلیمی و بررسی پارامترهای مؤثر در تشکیل آن‌ها، از جمله مواردی است که در مکان‌یابی بیشتر فرودگاه‌های کشورهای درحال توسعه، موردتوجه قرار نگرفته یا کمتر به آن پرداخته شده است (ویجوویک، ۲۰۰۸). در زمینه‌ی موضوع اقلیم فرودگاهی مطالعه عناصر آب‌وهوایی در ارتباط با مکان‌یابی یا ارزیابی مکان پایه‌گذاری فرودگاه‌ها موردتوجه پژوهشگران قرار داشته است. جهانبخش و حسینی (۱۳۸۱) با استفاده از داده‌های اقلیمی دما، یخبندان، بارش، رطوبت نسبی، فشار، توانایی دید و باد طی یک دوره‌ی یازده‌ساله، نقش عناصر اقلیمی در مکان‌یابی فرودگاه میانه را در نظر آورده و علاوه بر تحلیل آماری و محاسبه‌ی دوره‌ی برگشت دما با توزیع نرمال، دمای مرجع فرودگاه میانه را بر اساس میانگین و متوسط‌های بیشینه‌ی روزانه‌ی دما تعیین کردند. خدابخش (۱۳۸۳) رخداد مه، نحوه‌ی آثار سامانه‌های جوی بر این پدیده و دسته‌بندی انواع مه در فرودگاه شهید بهشتی اصفهان را طی دوره‌ی ده‌ساله (۲۰۰۱-۱۹۹۲) بررسی کرده و نتایج به‌گونه‌ای بود 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 فرا رفتی و ۱۱ درصد مربوط به سرمایش ناشی از حضور پرفشار است. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از آمار هفده‌ساله‌ی سمت و سرعت بادهای ایستگاه همدیدی اردبیل و بررسی آن، امتداد باند پرواز فرودگاه اردبیل را ارزیابی کرده و دریافتند که بر اساس عناصر اقلیمی منطقه، باندهای ۲۳-۵ و ۲۴-۶ درجه، به ترتیب برای جهت‌گیری باند پرواز در فرودگاه اردبیل، مناسب است. تاج‌بخش (۱۳۹۵) به مطالعه‌ی آماری و شناسایی نوع مه به کمک یک الگوریتم در مهم‌ترین فرودگاه‌های کشور پرداخت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد در فرودگاه‌های مهرآباد تهران و تبریز ضمن اینکه تعداد رخدادها کمتر از سایر فرودگاه‌ها می‌باشد، بیشترین رخداد به مه ناشی از پایین آمدن ارتفاع کف ابر برمی‌گردد. از طرفی وزش باد شدید در فرودگاه مشهد نیز از پدیده‌های غالب به شمار می‌رود. پروازی (۱۳۹۸) با بررسی مکان‌یابی فرودگاه امام خمینی با توجه به مطالعات اقلیمی بر اساس فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی به این نتیجه رسید که فرودگاه امام خمینی از لحاظ مؤلفه‌های دما، ویژگی‌های رطوبتی، لایه‌های فشار، دید افقی، باد، ساعات آفتابی شرایط مطلوب و مناسبی دارد و از لحاظ اقلیمی درست مکان‌گزینی شده است. خلیل نژاد و همکاران (۱۳۹۹) به مطالعه تأثیر تغییر اقلیم بر ضریب استفاده از باند فرودگاه زاهدان پرداختند. نتایج نشان داد در فرودگاه زاهدان جهت تأمین حداقل ضریب استفاده از باند، نیاز به احداث باند دیگری منطبق با جهت باد نایب غالب شناسایی شده وجود دارد.

تکسرا و میرندا^۱ (۲۰۰۱) با استفاده از مدل تک‌بعدی لایه‌ی مرزی، رخداد هشت پدیده‌ی مه در فرودگاه لیسبون^۲ را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که مدل تک‌بعدی لایه‌ی مرزی، می‌تواند رخداد مه در آن فرودگاه را به‌خوبی شبیه‌سازی کند. آن‌ها همچنین دریافتند که پدیده‌ی مه در فرودگاه لیسبون، ارتباط زیادی با فرا رفت هوا نداشته و بیشتر به تغییرات لایه‌ی مرزی وابسته است. فرایدلین^۳

1 - Teixeira & Miranda

2 - Lisbon

3 - Friedlein

سی و پنج ساله‌ی (۲۰۰۵-۱۹۷۱) عناصر اقلیمی رطوبت نسبی، ارتفاع و پوشش ابر، دمای نقطه‌ی شبنم، سمت و سرعت باد، دید کافی و دمای متوسط هوای ایستگاه هواشناسی فرودگاه تسالونیکی^{۱۷} یونان (در مقیاس روزانه و فصلی) و نیز مشاهدات ساعتی پانزده ساله‌ی (۲۰۰۵-۱۹۹۱) عناصر گفته شده، انواع مه در آن فرودگاه را دسته‌بندی کرد و دریافت که از کل مه‌های رخ داده در این دوره‌ی آماری، حدود ۶۴ درصد در فصل زمستان و ۱۹ درصد در اواخر پاییز بوده است. وی همچنین دریافت که در این فرودگاه، بیشترین فراوانی رخداد مه، در ۱ تا ۲ ساعت پیش از طلوع آفتاب است.

چان^{۱۸} (۲۰۲۲) به تحلیل برش باد و تلاطم در فرودگاه بین المللی هنگ کنگ پرداخت و به این نتیجه رسید که همگرایی شدید جریان‌های شمالی و جنوبی و افزایش و کاهش ناگهانی دما علت تلاطم^{۱۹} در فرودگاه هنگ کنگ می باشد.

کارملا^{۲۰} و همکاران (۲۰۲۲) با تحلیل و ارزیابی ریسک دماها و بارش‌های حدی و افزایش سطح آب دریا در فرودگاه‌های مدیترانه نشان دادند که در تجزیه و تحلیل مخاطرات آب و هوایی، استفاده از سری‌های زمانی قوی یا در مورد تحلیل‌های آینده، استفاده از مدل‌های آب و هوایی با وضوح بالا مهم است. شاخص‌های آسیب‌پذیری باید واضح و به خوبی تعریف شوند تا بحران‌های سیستم در نظر گرفته شده را توصیف کنند.

هان^{۲۱} و چان (۲۰۲۲) به تحلیل برش عمودی باد تراز پایین فرودگاه بین المللی هنگ کنگ در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۱ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اوج رخداد برش عمودی باد به عنوان مخاطره‌ی جوی برای پرواز در اواسط بهار و تابستان می باشد و همچنین دارای یک چرخه‌ی روزانه قوی در ساعات بعداز ظهر می باشد.

در مناطق مختلف جغرافیایی ایران نیز همواره شرایط اقلیم فرودگاهی از عوامل اصلی مؤثر بر کیفیت و کمیت پروازها بوده‌اند. فرودگاه‌های مختلف بسته به موقعیت جغرافیایی خود با پدیده‌های متنوع هواشناختی روبه‌رو بوده‌اند که گاهی عامل اصلی لغو یا تأخیرهای طولانی نوابری هوایی شناخته شده‌اند. در این میان

(۲۰۰۴) میکروکلیمای فرودگاه بین‌المللی شیکاگو^۴ را بررسی کرده و در این مطالعه، مه‌های غلیظ را از دیدگاه آماری مورد تحلیل قرار داد. نیوهم^۵ (۲۰۰۴) با بهره‌گیری از عناصر اقلیمی و مدل‌های رگرسیونی چندگانه، گمانه‌های رخداد مه و مدل‌های پیش‌بینی آن در فرودگاه ملبورن^۶ را ارائه کردند. بندیکس^۷ (۲۰۰۶) انواع مه‌های روزانه را با استفاده از مدل‌های آماری مورد مطالعه قرار داد. سورینو و همکاران^۸ (۲۰۰۶) با استفاده از مقادیر رطوبت نسبی، ابرناکی آسمان و سرعت باد در ساعت ۰۳ گرینویچ فرودگاه مادرید^۹ اسپانیا، مقادیر مه این فرودگاه را پیش‌بینی کردند، آنها همچنین در تحلیل علل رخدادهای مه آن فرودگاه، از نقشه‌های همدید روزانه‌ی سطح زمین استفاده کردند. کاستا^{۱۰} (۲۰۰۶) با استفاده از مدل‌های آماری، انواع مه را در اقلیم فرودگاهی ماکیو^{۱۱} برزیل بررسی و گمانه‌های رخداد آن را به دست آورده است. گولتپ^{۱۲} (۲۰۰۷) نحوه تشکیل و از بین رفتن مه، آثار آن، تحلیل مشاهدات و مدل‌های توسعه‌ی ای را مورد تحلیل قرار داده است. زوو^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از داده‌های بلندمدت رطوبت نسبی و ابرناکی آسمان در چند ایستگاه هواشناسی، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده‌ی دید کافی را ارائه کردند. رانگجون و اکسل^{۱۴} (۲۰۰۸) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی، پدیده‌ی مه و دید کم را در فرودگاه دانموانگ^{۱۵} تایلند برای ساعت ۰۷ بامداد فصل زمستان مورد بررسی قرار دادند. آنها در این بررسی، از عناصر دمای هوا در ارتفاع دومتری، 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 پیش‌بینی‌کننده‌ی توانایی دید، دریافتند که در بین متغیرهای مورد بررسی، عناصر رطوبت نسبی و پوشش ابر، ارتباط بیشتری با عنصر توانایی دید دارد. استولاکی^{۱۶} (۲۰۰۹) با استفاده از آمار

- 4 - Chicago
- 5 - Newham
- 6 - Melbourne
- 7 - Bendix
- 8 - Soriano
- 9 - Madrid
- 10 - Costa
- 11 - Maceio
- 12 - Gulpepe
- 13 - Zhou
- 14 - Ruangjun & Excell
- 15 - Donmuang
- 16 - Stolaki

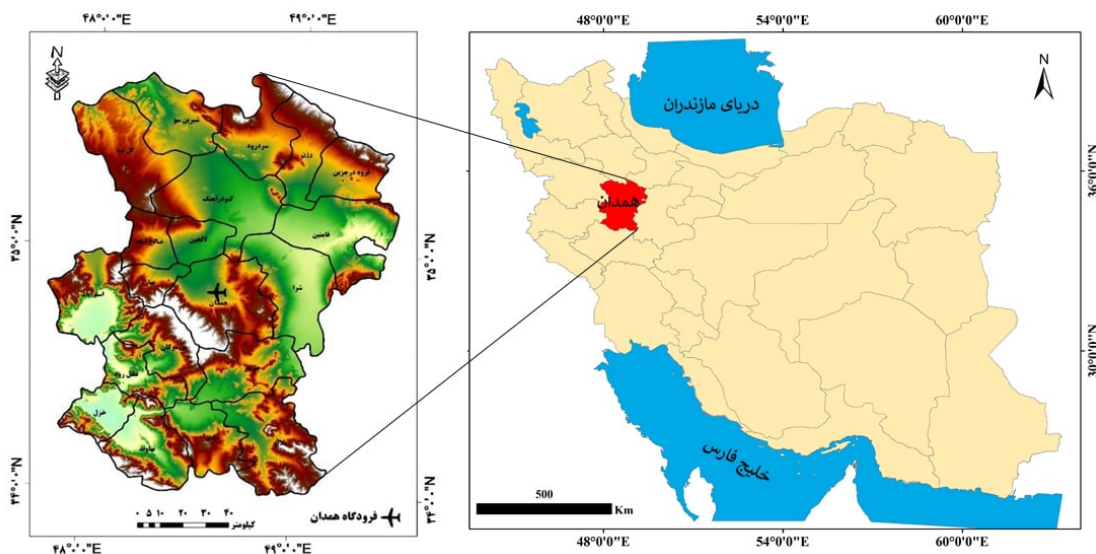
17 - Thessaloniki

18 - chan

19

20 - carmela

21 - han



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی آماری و همدیدی پدیده‌های اقلیمی منجر به لغو پرواز در فرودگاه همدان ابتدا در طول دوره اقلیمی (۲۰۲۱-۲۰۰۴) تمام موارد لغو پرواز از بخش خدمات ناوبری فرودگاه همدان اخذ گردید و در بررسی اولیه موارد لغو پرواز مرتبط با پدیده‌های جوی (برف، مه، بارندگی، گرد غبار و...) شناسایی و فراوانی آنها به صورت ماهانه ثبت شد. سپس مشخص شد که پدیده‌های برف، مه، گردوغبار و بارش‌های شدید بیشترین فراوانی وقوع را در طول دوره آماری دارا بودند. به دلیل اینکه پدیده‌ها برف و مه در طول چند ماه فراوانی بالایی داشتند جهت تحلیل همدیدی انتخاب شدند. لذا برای بررسی همدیدی این پدیده‌ها با مراجعه به تارنمای مرکز ملی پیش بینی محیطی (NCEP/NCAR) داده های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، نم و یخ، دمای هوا، امگا، مؤلفه‌های مداری و نصف النهاری باد با قدرت تفکیک فضایی ۲/۵*۲/۵ درجه اخذ و سپس در محیط نرم افزار GrADS نقشه های مربوطه تهیه گردید. در سطح ایستگاه برای روزهای برفی از پارامترهای متوسط دمای روزانه، دمای خشک، دمای تر، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی، فشار سطح ایستگاه و مقدار بارش برف و برای روزهای مه آلود متوسط سرعت باد، متوسط

در فرودگاه‌هایی مانند فرودگاه همدان که در مناطق کوهستانی زاگرس واقع شده است، شرایط بد جوی یکی از دلایل اصلی لغو، دیرکرد یا انحراف پروازها به فرودگاه‌های دیگر بوده است که این مسئله، افزون بر ایجاد هزینه‌های چشمگیر برای شرکت‌های مسافری هوایی، اسباب ناخرسندی مسافران را نیز فراهم می‌کند. در پژوهش حاضر با توجه به موقعیت شهر همدان در غرب کشور، فرودگاه همدان به عنوان نماینده واحد جغرافیایی غرب کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین هدف از این پژوهش شناسایی مهم‌ترین پدیده‌ها و عوامل جوی لغو پرواز در فرودگاه همدان، بررسی و تحلیل الگوهای جوی مرتبط با آنها می‌باشد.

محدوده‌ی مورد مطالعه

فرودگاه همدان از لحاظ جغرافیایی در نیمه‌ی غربی ایران قرار دارد که با توجه به موقعیت خاص توپوگرافیکی و قرارگیری در ارتفاعات زاگرس مرکزی، با داشتن ارتفاعی در حدود ۱۷۴۱ متر از سطح دریا، در پنج کیلومتری شمال شهر همدان واقع شده است (شکل ۱). موقعیت این فرودگاه در مسیر جریان بادهای غربی، موجب تأثیرپذیری بالا از پدیده‌های جوی شده است. در این پژوهش سعی شده است تا ضمن شناسایی مهم‌ترین پدیده های جوی لغو پرواز در فرودگاه همدان، الگوهای جوی مرتبط با آنها نیز بررسی گردد.

دمای روزانه، دمای خشک، دمای تر، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی، فشار سطح ایستگاه و فشار بخار آب استفاده گردید. همچنین برای تحلیل بهتر شرایط جوی از تصویر ماهواره ای باند مرئی سنجنده ی MODIS استفاده شد.

نتایج و بحث

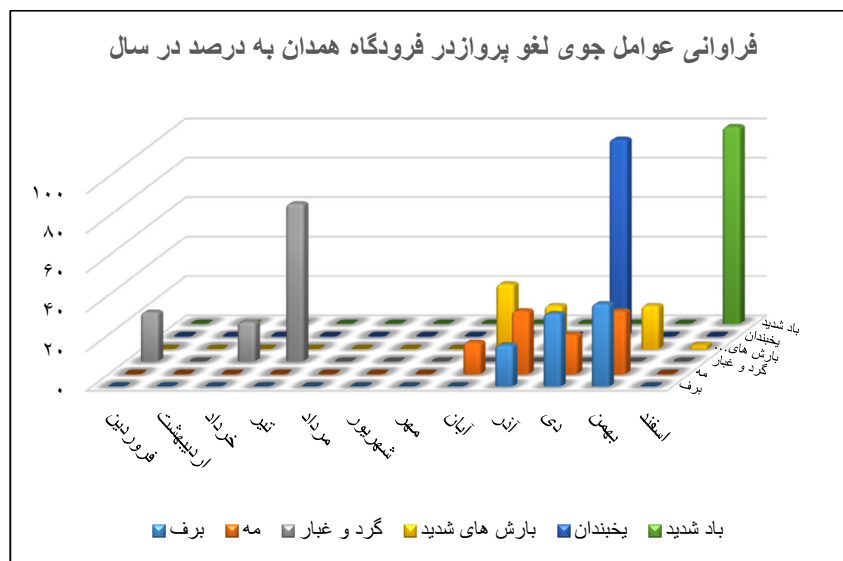
مقایسه آماری توزیع ماهانه پدیده ها و عوامل مختلف جوی منجر به لغو پرواز در فرودگاه همدان (شکل ۲ و جدول ۱) نشان داد که، پدیده مه با ۲۵ مورد و برف با ۱۹ مورد بیشترین سهم را در لغو پروازهای فرودگاه همدان در طول دوره آماری مورد مطالعه داشته اند. پس از آن باران های شدید با ۹ و پدیده گردوغبار با ۷ مورد قرار دارند. کمترین تأثیر را پدیده یخبندان با ۴ و باد شدید با ۱ مورد در لغو پروازها نقش داشته اند. از نظر توزیع زمانی، به جز پدیده گردوغبار سایر موارد در نیمه سرد سال (پاییز و زمستان) متمرکز شده اند. به گونه ای که ۲۱ درصد از فراوانی رخداد پدیده مه در آذرماه، ۳۷ درصد در دی ماه و ۴۲ درصد در بهمن ماه بوده است.

تحلیل همبندی عوامل منجر به لغو پرواز

نخستین گام در تحلیل های همبندی، شناسایی الگوهای گردشی روی نقشه های جوی می باشد. هر نقطه ای از سطح

زمین تحت تأثیر سامانه های کم فشار یا پرفشاری هستند که مراکز استقرار آنها به صورت روزانه، ماهانه یا سالانه تغییر می کند. به عبارت دیگر الگوهای گردشی مرتب حرکت می کنند و سامانه های فشاری موجود در یک مکان در روزی معین، در روز دیگر وجود ندارد، لذا از نظر محقق وضعیت جوی مکان مورد نظر در روزهای مختلف اهمیت دارد و در نتیجه حضور سامانه های جوی را در آن مکان بررسی می کند (علیجانی، ۱۳۸۱، ۱۰۰). به منظور شناسایی کامل الگوهای به وجود آورنده عوامل جوی منجر به لغو پرواز در فرودگاه همدان در محدوده مطالعاتی با استفاده از روش دستی اقدام به شناسایی الگوهای جوی شد. به گونه ای که الگوهای جوی در زمان وقوع پدیده مورد نظر شناسایی گردید و فراوانی آنها در مدت دوره آماری به عنوان یک تیپ هوا تعیین شد.

بررسی الگوهای جوی برای روزهای همراه با پدیده های مؤثر در لغو پروازهای فرودگاه همدان در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین در نهایت دستیابی به الگوی غالب در این سطح را ممکن ساخت، که در ادامه به این الگوها پرداخته شده است. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو در روزهای همراه با گردوغبار نشان می دهد که ناوهای بر روی شرق مدیترانه در تراز میانی جو تشکیل شده که با کشیده شدن شرق آن بر روی عراق و سوریه سبب ناپایداری جو این



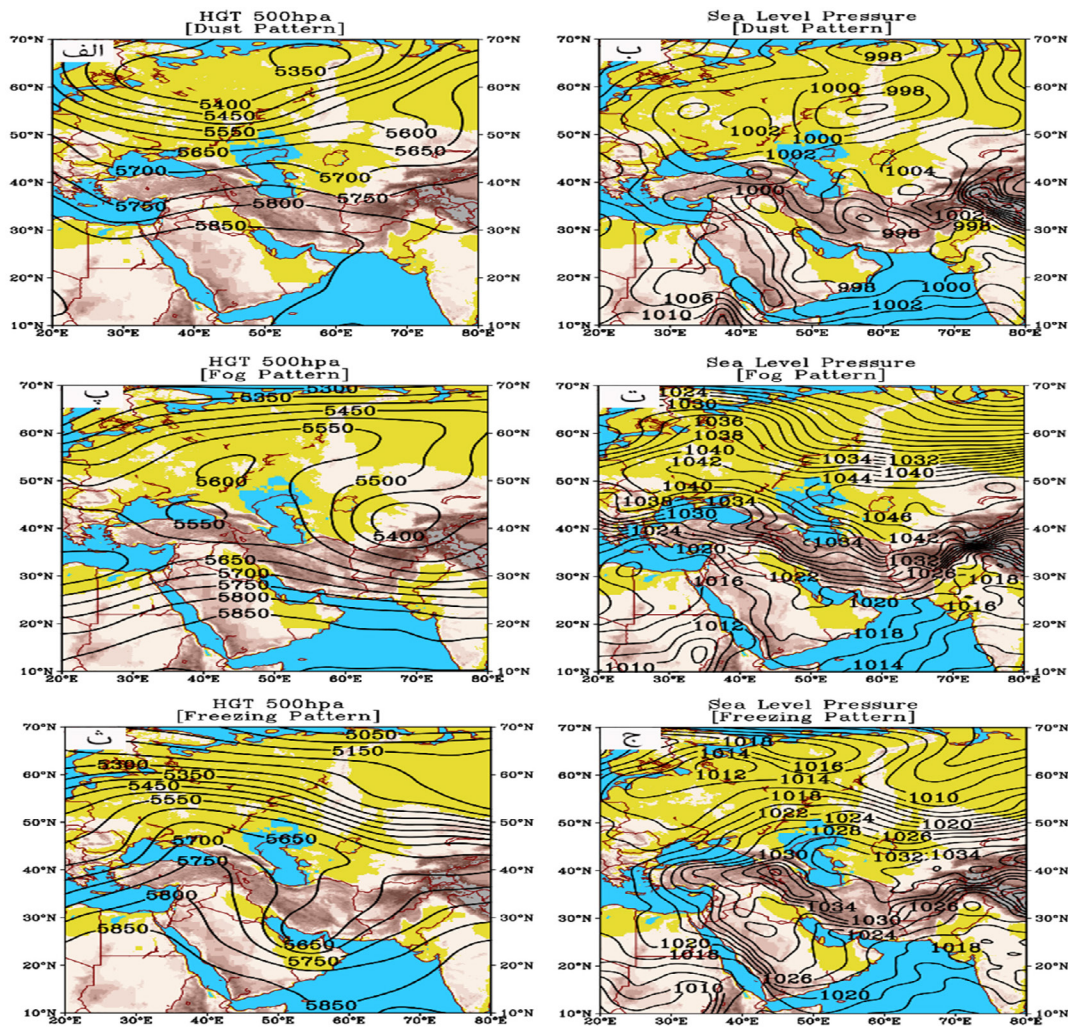
شکل ۲. فراوانی عوامل جوی لغو پرواز در فرودگاه همدان

جدول ۱. فراوانی و درصد عوامل جوی لغو پرواز در فرودگاه همدان

ماه پدیده	برف	مه	گرد و غبار	بارش های شدید	یخبندان	باد شدید
فروردین	۰	۰	۱	۰	۰	۰
اردیبهشت	۰	۰	۲۵	۰	۰	۰
خرداد	۰	۰	۱	۰	۰	۰
تیر	۰	۰	۲۰	۰	۰	۰
مرداد	۰	۰	۵	۰	۰	۰
شهریور	۰	۰	۸۰	۰	۰	۰
مهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آبان	۰	۴	۰	۳	۰	۰
آذر	۴	۸	۰	۳۳	۰	۰
دی	۲۱	۳۲	۰	۲۲	۰	۰
بهمن	۷	۵	۰	۰	۴	۰
اسفند	۳۷	۲۰	۰	۰	۱۰۰	۰
فراوانی کل	۸	۸	۰	۲	۰	۱
درصد	۴۲	۳۲	۰	۲۲	۰	۱۰۰
فراوانی کل	۱۹	۲۵	۷	۹	۴	۱

و شرق اروپا شکل گرفته است که با فرارگیری قطاع شرقی و منطقه چرخندگی منفی این پشته بر روی استان های غربی ایران از جمله منطقه مورد مطالعه ما (همدان) شرایط نزول و پایداری هوا را فراهم آورده است. همچنین ریزش های سرد از عرض های بالاتر بر روی منطقه مورد مطالعه ما یعنی همدان پایداری هوا تشدید شده است (شکل ۳، پ). در سطح زمین نیز ورود زبانه هایی از پرفشار حرارتی سیبری شرق استان همدان را متأثر ساخته و موجب کاهش شدید دما و تقویت شرایط تشکیل انواع مه (تابشی و سرمایشی) در منطقه شده است (شکل ۳، ت). در زمان رخداد یخبندان در فرودگاه مشاهده شد که در تراز میانی جو، پشته ای با ارتفاع ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی دریای سیاه ایجاد شده که منطقه مورد مطالعه ما

مناطق شده است (شکل ۳ الف). این وضعیت باعث شده تا در سطح زمین یک سلول بسته ی کم فشار با فشار مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی عراق و شرق سوریه تشکیل گردد. در مقابل در ایران مرکزی کم فشار حرارتی قوی تری، حاصل از تابش مستقیم خورشید و گرمایش سطحی در طول فصول گرم ایجاد شده است. این وضعیت سبب به وجود آمدن گرادیان فشار قوی بین نواحی شرقی و غربی ایران با عراق و سوریه شده است گردوغبار برخاسته از چشمه های گردوغباری (عراق و سوریه) را به مناطق غربی ایران وارد کند (شکل ۳، ب). در بررسی الگوهای جوی مرتبط با روزهای مه آلود مشاهده شد که یک سامانه ی پر ارتفاع با دو سلول بسته با ارتفاع ۵۵۵۰ و ۵۶۰۰ ژئوپتانسیل متری به ترتیب بر روی شرق دریای سیاه



شکل ۳. الگوی غالب فشار تراز دریا (راست)، خطوط کنتوری فشار سطح دریا به هکتوپاسکال) و الگوی غالب ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (چپ)، خطوط کنتوری ارتفاع ژئوپتانسیل به متر) هنگام رخداد پدیده‌های جوی منجر به لغو پرواز. شکل‌های الف، ب الگوی رخداد گردوغبار، شکل‌های پ، ت الگوی رخداد مه، شکل‌های ث، ج الگوی رخداد یخبندان را نمایش می‌دهند.

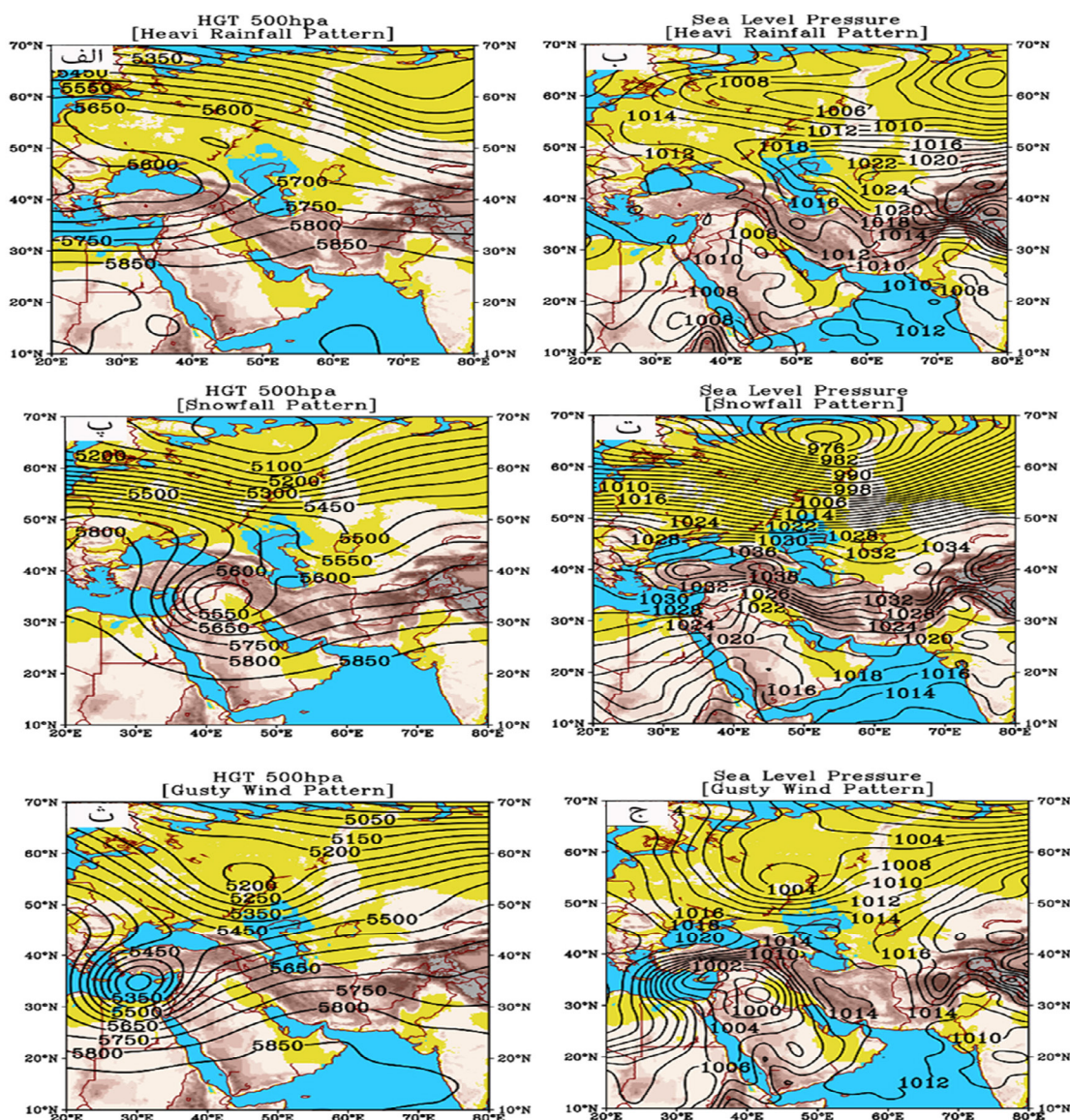
است که با حاکمیت هوای پایدار و صاف سبب تقویت سرماپاش حرارتی منطقه شده است (شکل ۳، ج).

در زمان رخداد بارش سنگین در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، پشته‌ای با ارتفاع ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر در راستای شمال غرب-جنوب شرق بر روی دریای خزر مستقر شده است. در غرب این سامانه ناوه موربی شکل گرفته است که محور این ناوه بر روی دریای سیاه و شرق مدیترانه مستقر می‌باشد. با قرارگیری مناطق شرقی ناوه همراه با تاوایی مثبت بر روی منطقه سبب ناپایداری و صعود شدید هوا در منطقه می‌شود (شکل ۴، الف). در

یعنی همدان در زیر قطاع شرقی این پشته قرار گرفته است. از طرفی در شرق این پشته و بر روی مناطق مرکزی، شرقی و جنوبی ایران ناوه‌ای عمیق با عمق ۲۰ درجه‌ای تشکیل شده که ریزش هوای سرد در غرب محور ناوه سبب شده تا مناطق غربی ایران کاملاً از این سامانه متأثر شوند (شکل ۳، ث). در سطح زمین نیز بر روی مناطق غربی کشور سلول پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکال شکل گرفته است که هسته‌ی آن سراسر مناطق شمال غربی و غربی کشور از جمله منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی ما یعنی همدان را تحت استیلای خود درآورده

سطح زمین نیز کم فشاری با فشار مرکزی ۱۰۰۸ هکتوپاسکال بر روی دریای سرخ شکل گرفته که تا عراق و جنوب غرب کشور کشیده شده است و با حرکت پادساعت گرد خودش سبب انتقال رطوبت از دریای سرخ و خلیج فارس به سمت منطقه شده است (شکل ۴، ب). هنگام رخداد بارش برف سنگین مشاهده شد که مؤثرترین پدیده مرتبط با بارش های برفی، یک فرود عمیق همراه با هسته سرد چال است که با محوری

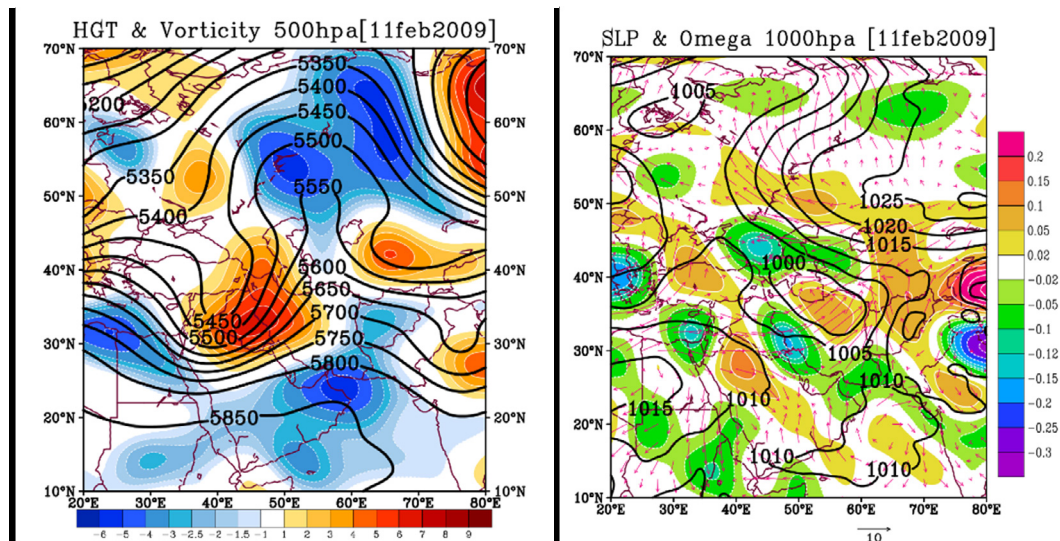
مورب بر روی عراق و شبه جزیره عربستان قرار گرفته است. ارتفاع هسته سرد چال این فرود ۵۵۵۰ متر بوده و با استقرار بر روی مرزهای غربی نقش مهمی در ناپایداری جو داشته است. ضمن آنکه قرارگیری محدوده‌ی مورد مطالعه (استان همدان) در جلوی فرود (محدوده‌ی وزش چرخندگی مثبت) شرایط ایده آلی برای صعود و تشدید ناپایداری جو فراهم آورده که از عوامل اصلی بارش های سنگین برف است (شکل ۴، پ).



شکل ۴. الگوی غالب فشار تراز دریا (راست)، خطوط کنتوری فشار سطح دریا را به هکتوپاسکال نمایش می دهند) و الگوی غالب ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (چپ)، خطوط کنتوری ارتفاع ژئوپتانسیل را به ژئوپتانسیل متر نمایش می دهند) هنگام رخداد پدیده های جوی منجر به لغو پرواز. شکل های ۴ الف، ب الگوی رخداد گردوغبار، شکل های ۴ پ، ت الگوی رخداد مه، شکل های ۴ ث، ج الگوی رخداد یخبندان را نمایش می دهند.

جدول ۲. شرایط جوی در ایستگاه فرودگاه همدان در تاریخ ۱۱ فوریه ۲۰۰۹

شرایط ایستگاهی روز نماینده برفی						
دمای روزانه	دمای خشک	دمای تر	نقطه شبنم	رطوبت نسبی	فشار تراز دریا	بارش برف
°C	°C	°C	°C	%	mb	Cm
۶.۶	۲.۶	۱	-۱.۷	۸۰	۱۰۰.۵	۲.۸

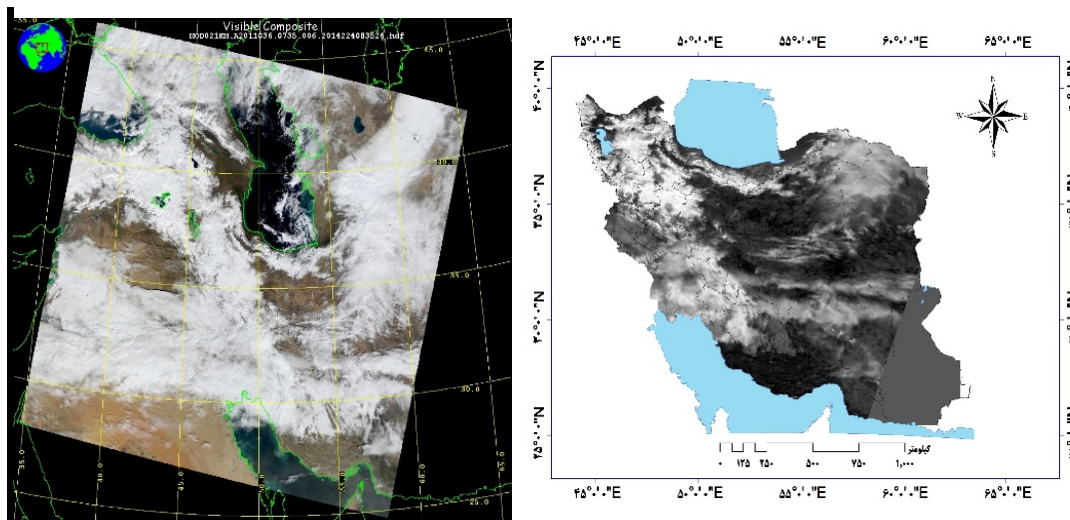


شکل ۵. نقشه ترکیبی فشار تراز دریا و امگا (راست) رنگها مقدار امگا و خطوط کنتوری فشار سطح دریا به هکتوپاسکال را نمایش می دهند. نقشه ترکیبی تاوایی و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (چپ) رنگها مقدار تاوایی و خطوط کنتوری ارتفاع ژئوپتانسیل به متر را نمایش می دهند.

کلی این شرایط در منطقه ایجاد تندبادهای قوی در منطقه می باشد. در ادامه یک روز از روزهای برفی و مه آلود به عنوان روز نماینده انتخاب و مورد بررسی دقیق تر قرار گرفتند. روز ۱۱ فوریه ۲۰۰۹ مصادف با ۱۳۸۷/۱۱/۲۳ شمسی، نماینده روزهای برفی مرتبط با لغو پرواز می باشد. برای بررسی شرایط سینوپتیکی در این روز ابتدا به تجزیه و تحلیل شرایط هوا در سطح زمین و در ایستگاه مورد نظر پرداخته شد (جدول ۲).

با توجه به جدول ۲، شرایط دمایی، به دلیل نزول مداوم بارش و آزاد شدن گرمای نهان برف هرگز به صفر درجه نرسیده و یخبندانی صورت نگرفته است که میانگین دمای روزانه نشان از این موضوع دارد. با توجه به دو پارامتر دمای نقطه شبنم و رطوبت نسبی می توان دریافت که در هنگام وقوع بارش برف دمای نقطه شبنم کاهش و رطوبت نسبی افزایش پیدا کرده است چنانچه این شرایط از سه روز قبل به گونه ای

مهم ترین سامانه جوی در الگو در سطح زمین، زبانه پرفشار تقویت شده دریای سیاه است که از مرزهای شمال غربی وارد ایران شده و نیمه شمالی کشور را متأثر ساخته است (شکل ۴). الگوی رخداد تندبادهای لحظه ای در منطقه با تشکیل سرد چال جوی در تراز میانی جو همراه شده است. ریزش هوای سرد شمالگان سبب شده تا بریده کم فشاری از جریانات اصلی جدا شده و بر روی دریای مدیترانه مستقر شود (شکل ۴). همچنین در سطح زمین دو سلول کم فشار قوی با فشار مرکزی ۹۹۸ و ۱۰۰۲ هکتوپاسکال به ترتیب بر روی عراق، شمال عربستان و شرق مدیترانه شکل گرفته است. بر روی ارتفاعات زاگرس نیز سلول پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۱۴ هکتوپاسکال در مجاورت این هسته های ناپایداری ایجاد شده، که با به حداکثر رسیدن شیو افقی فشار بین این دو سبب فشردگی خطوط هم فشار سطح دریای بر روی غرب کشور ایران و منطقه ای مورد مطالعه شده است (شکل ۴ ج). برآیند



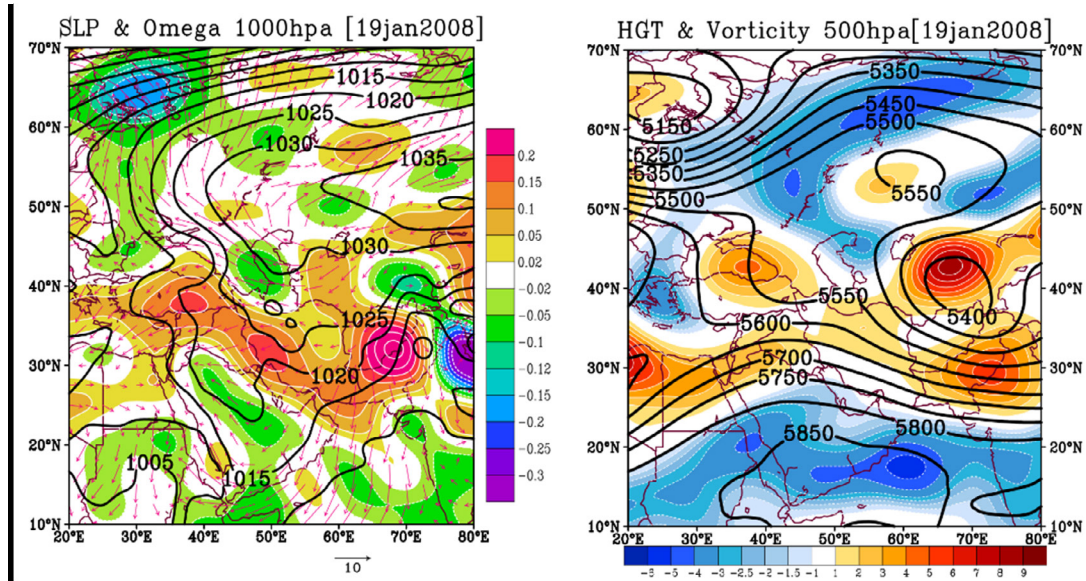
شکل ۶. تصاویر سنجنده ی MODIS در زمان رخداد بارش برف. شکل سمت چپ تصویر باند مرئی در شیت سنجنده و شکل سمت راست تصویر زمین مرجع شده برای محدوده ایران

جدول ۳. شرایط جوی در ایستگاه فرودگاه همدان در تاریخ ۱۹ ژانویه ۲۰۰۸

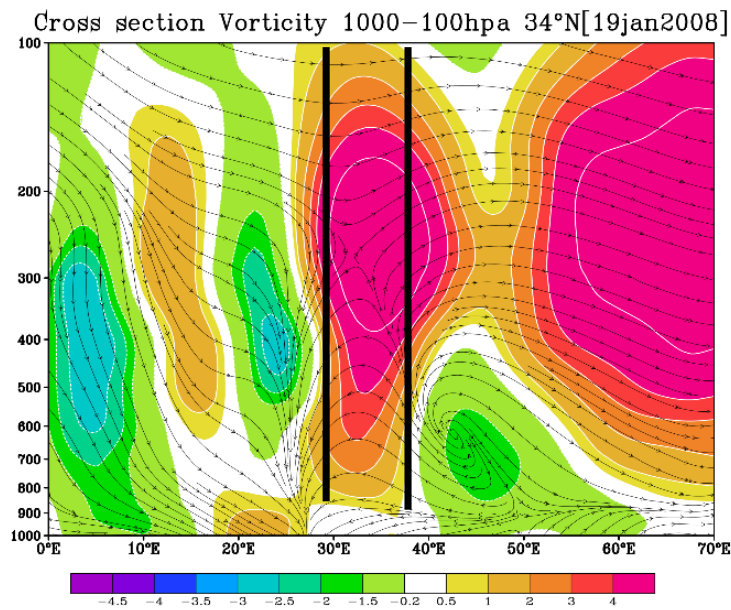
شرایط ایستگاهی روز نماینده مه‌آلود						
دمای روزانه	دمای خشک	دمای تر	نقطه شبنم	رطوبت نسبی	فشار تراز دریا	باد
°C	°C	°C	°C	%	mb	M/s
-۱۸.۵	-۲۰.۳	-۲۰.۸	-۲۳.۷	۹۷	۱۰۴۶.۱	۰

بالتر به درون فرود مذکور شده است (شکل ۵، چپ). در سطح زمین نیز به دلیل استقرار فرود در سطوح بالاتر، یک سیستم کم‌فشار با هسته مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی جنوب دریای خزر تشکیل شده که زبانه‌ای از آن وارد منطقه مورد مطالعه گشته و شرایط را برای ناپایداری فراهم نموده است. برای بررسی وضعیت ناپایداری در سطح زمین نیز از شاخص امگا استفاده شد. مشاهده می‌شود که در زمان وقوع بارش برف، مقادیر شاخص امگا نیز منفی گشته که تأییدی بر جریان صعودی هوا دارد (شکل ۴، راست). برای درک بهتر وضعیت شرایط جوی منجر به لغو پرواز در روز موردنظر از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در باندهای مختلف استفاده شد (شکل ۶). با توجه به این تصاویر مشخص شد که منطقه مورد مطالعه تحت سلطه ابرهای پوششی ضخیمی بوده که شرایط را برای پرواز سخت کرده است. از طرفی ریزش برف آن‌هم به صورت کولاک سبب شده تا دید کافی برای خلبان وجود نداشته باشد. این در حالی است که ریزش ۲۸ سانتی‌متر برف سبب شده تا

بوده که رطوبت نسبی تا حدود ۶۳ درصد کاهش و دمای نقطه شبنم به ۱.۴ رسیده است که با رسیدن به روز موردنظر شرایط تغییر یافته که در جدول ۲ به آن اشاره شده است. با بررسی فشار سطح ایستگاه از سه روز قبل تا روز برفی فشار حدود ۱۴ هکتوپاسکال بیشتر بوده ولی در روز موردنظر با کاهش ۱۰ هکتوپاسکالی روبرو بوده و شرایط کاملاً ناپایداری در منطقه به وجود آمده است. پدیده مؤثر در شرایط ویژه بارشی در روز موردنظر در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، یک سیستم مانع (بلا کینگ) امگایی شکل می‌باشد که ناوه‌ی بازوی چپ آن به صورت یک فرود عمیق با ارتفاع حدود ۵۵۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شرق ترکیه، عراق و شبه جزیره عربستان استقرار یافته است. قطاع شرقی این فرود بر روی غرب ایران قرار دارد که سبب شکل‌گیری بیشینه مقادیر مثبت تاوایی و در نتیجه‌ی ناپایداری شدید جو در منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی ما شده است. همچنین پشته‌ی مستقر بر روی غرب ترکیه، دریای سیاه و شمال دریای مدیترانه سبب تداوم ریزش هوای سرد عرض‌های



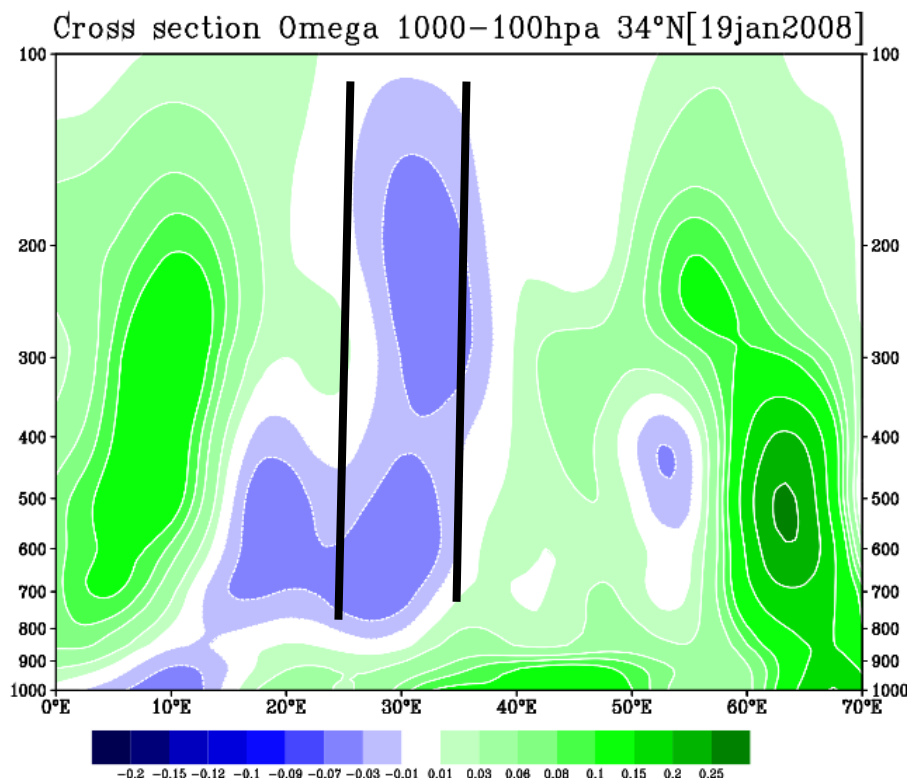
شکل ۷. نقشه ترکیبی فشار تراز دریا و امگا (چپ) و نقشه ترکیبی تاوایی و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ (راست)



شکل ۸. نیمرخ قائم تاوایی نسبی برای عرض ۳۴ درجه شمالی

زمین و در ایستگاه موردنظر پرداخته شد (جدول ۲). شرایط آرام و ساکن جوی، سرمای شدید و نبود حرکت در جو باعث بازتاب شدید انرژی در طول شب شده که موجب سرمایش در سطوح پایینی جو شده است به گونه‌ای که در روز نماینده و سایر روزها مه‌آلود باد وجود نداشته و میانگین

باند پرواز نیز برای تردد هواپیما نامناسب باشد. روز ۱۹ ژانویه ۲۰۰۸ مصادف با ۱۳۸۷/۱۰/۲۹ شمسی، نماینده روزهای مه‌آلود است که منجر به لغو پرواز در فرودگاه همدان شده است. برای بررسی شرایط همدیدی در این روز مشابه روز برفی ابتدا به تجزیه و تحلیل شرایط هوا در سطح



شکل ۹. نیمرخ قائم شاخص امگا (سرعت قائم) برای عرض ۳۴ درجه شمالی

در شمال غرب آسیا به وجود آمده است که محور آن شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد. از طرفی قرارگیری یک فرود بر روی دریای سیاه سبب قوی‌تر شدن سیستم مانع به وجود آمده شده است. تداوم حضور این سامانه و قرارگیری منطقه در زیر محور این فراز سبب شده تا جوی آرام حکم‌فرما شود. با منفی شدن چرخندگی و نزول هوا در سطح زمین نیز شرایط آنتی سیکلونی به وجود آمده است. به طوری که با تشکیل سلول پرفشار بر روی زاگرس پایداری هوا در لایه‌های پایینی جو صورت پذیرفته است. با ورود زبانه‌ای از پرفشار سیبری به منطقه زاگرس سبب تقویت سامانه واچرخندی در این منطقه گشته است. با بررسی شاخص امگا نزول شدید هوا در سامانه موردنظر مشاهده می‌شود. این نزول سبب شده تا اغتشاشات جوی به حداقل برسد (شکل ۶-چپ). درنهایت برای روشن‌تر شدن وضعیت صعود و نزول هوا در ترازهای مختلف جو، برای روز نماینده اقدام به تهیه نیمرخ قائم تاوایی از سطح زمین تا

دما هرگز به بیش از ۱۲- نرسیده است. در این روز افت دما باعث به وجود آمدن یخبندان شدیدی شده است. دمای نقطه شبنم که یکی از پارامترهای رطوبت نسبی در جو است دمای ۲۳٫۷- درجه سلسیوس را نشان می‌دهد. از طرفی پارامتر رطوبت نسبی که تابعی از شرایط دمایی هوا می‌باشد، تا حد اشباع در سطح زمین پیش رفته و باعث اشباع هوا در لایه نزدیک به سطح زمین شده و کاهش بسیار شدید دمای نقطه شبنم سبب به وجود آمدن مه غلیظی شده است. طی بررسی صورت گرفته مشخص شد که از عوامل دخیل در رخداد مه در منطقه می‌توان به بارش برف اشاره کرد. به طوریکه پس از نزول برف تازه، از طریق سرمایش تابشی زمین سطح زمین و لایه زیرین جو را به سرعت سرد کرده و به شرایط مه‌آلود شدن نزدیک می‌کند.

با توجه به نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶- راست) برای روز نماینده، یک پر ارتفاع

و به تقویت پرفشار سطحی در زاگرس می‌انجامد که شرایط پایداری، کاهش دما و تشکیل مه‌های تابشی و سرمایشی را در منطقه تقویت می‌کند. لذا پیشنهاد می‌شود بنا بر موقعیت کوهستانی خصوصاً در فصل سرد سال زمان مسافرت های هوایی بیشتر در اواسط روز باشد.

مراجع

۱. پروازی، مهناز. (۱۳۹۸). بررسی مکان یابی فرودگاه امام خمینی (ره) با توجه به مطالعات اقلیمی براساس فرایند تحلیلی سلسله مراتبی. AHP. علوم جغرافیایی (جغرافیای کاربردی)، 31(15): 128-139.
۲. تاجبخش، سحر. (۱۳۹۵). مطالعه ی آماری و شناسایی نوع مه به کمک یک الگوریتم در مهمترین فرودگاه های کشور. پژوهش های اقلیم شناسی، 56-43، (27).
۳. جهانبخش اصل، سعید، حسینی شمع چی، عباس (۱۳۸۱). تاثیر عامل باد بر روی طراحی فرودگاه؛ مطالعه موردی فرودگاه میانه. نشریه فضای جغرافیایی، شماره ۶، صص ۱۸-۱.
۴. جهانبخش اصل، سعید، زاهدی، حمید، حسینی، عباس. (۱۳۸۴). تجزیه و تحلیل دما و یخبندان در ارتباط با اقلیم فرودگاهی. پژوهش های جغرافیایی 36(-)، (1).
۵. خدابخشی، ح. ۱۳۸۲. بررسی الگوهای سینوپتیکی مه در فرودگاه شهید بهشتی اصفهان. تحقیقات کاربردی. گروه جغرافیای طبیعی. اداره کل هواشناسی استان اصفهان.
۶. خلیل نژاد، محمد، برنا، رضا، فرج زاده، منوچهر. (۱۳۹۹). مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر ضریب استفاده از باند فرودگاه به روش FAA. مورد مطالعه: فرودگاه زاهدان. پژوهش های تغییرات آب و هوایی، (۱۱)، ۶۲-۵۵.
۷. علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). اقلیم شناسی سینوپتیک، چاپ اول. انتشارات سمت. تهران
۸. کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۶). میکروکلیماتولوژی. چاپ سوم. انتشارات سمت. تهران
۹. پهلوان، راضیه؛ مرادی، محمد؛ تاجبخش، سحر؛ آزادی، مجید؛ رهنما، مهدی. (۱۴۰۱). بررسی اقلیمی مه در فرودگاه مشهد. پژوهش های اقلیم شناسی.
10. Achievements and Future Perspectives, Pure and Applied Geophysics, 164, PP. 1121– 1159.
11. Bendix, J., Thies, B., Nauss, T., Ermak, J., 2006, A Feasibility Study of Daytime Fog and Low Stratus Detection with TERRA/AQUA-MODIS Over Land, Meteorological Applications, Vol. 13, No. 2, PP. 111– 125.
12. Costa, S.B., Carvalho, F.O., Amorim, R.F.C, Campos, A.M.V., Ribeiro, J.C., Carvalho, V.N., Dos Santos, D.M.B., 2006, Fog Forecast for the International Airport of Maceio, Brazil Using Artificial Neural Network, Proc. 8th ICSHMO, Foz do Iguacu, Brazil, 24- 28 April, INPE, PP. 1741–1750.
13. Friedlein, M.T., 2004, Dense Fog Climatology, Chicago O'Hare International Airport, July 1996– April 2002, Bulletin of the American Meteorological Society, 85, PP. 515–517.
14. Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, P. 1.

تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در عرض ۳۴ درجه شمالی (مختصات فرودگاه همدان) شد. نتایج نشان داد که نزول هوا کاملاً با الگوهای گردشی ترازهای فوقانی جو مرتبط بوده و این نزول حاصل استقرار سیستم مانعی است که در شرق اروپا و غرب خاورمیانه مستقر شده است. نتایج نشان داد که به دلیل گردش چرخندی شکل گرفته در محدوده ی تراز ۹۰۰ تا ۱۰۰ هکتوپاسکال و طول های ۳۰ تا ۴۰ درجه شرقی (محدوده ی مشخص شده در شکل ۸). با توجه به نقشه نیمرخ قائم شاخص امگا (سرعت قائم) مقادیر شاخص امگا نیز منفی بوده و با صعود بستگی هوا همراه است. اما در لایه های زیرین جو بین طول های ۲۰ تا ۶۰ درجه شرقی مقادیر امگا مثبت بوده و جوی ساکن و بدون تلاطم را نشان می‌دهد. هسته اصلی جریان نزولی بین طول های ۴۰ تا ۵۰ درجه شرقی بوده که مقادیر آن به بیش از ۰.۲۵ پاسکال بر ثانیه رسیده است (شکل ۹).

جمع بندی

حمل و نقل هوایی بیش از سایر سامانه های حمل و نقل با شرایط آب و هوایی ارتباط دارد. در این پژوهش ارتباط عوامل جوی با موارد لغو پرواز در فرودگاه همدان بررسی گردید. از نظر توزیع فصلی به جز پدیده گردوغبار بقیه موارد در نیمه سرد سال فعالیت داشته اند (تاج بخش، ۱۳۹۵؛ پهلوان و همکاران، ۱۴۰۱) و در بین عناصر مورد بررسی برف و مه بیشترین سهم را در تأخیرها و لغو پروازها دارا بودند. از دیدگاه همدیدی مؤثرترین پدیده مرتبط با بارش های برفی منجر به لغو پرواز، استقرار یک فرود عمیق همراه با هسته سرد چال در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بوده است. فرارگیری منطقه ی بیشینه ی چرخندگی مثبت این فرود عامل اصلی ناپایداری های جوی تشخیص داده شد. مقادیر منفی شاخص امگا که از سطح زمین تا ترازهای فوقانی جو ادامه می‌یابد، وجود و شدت این ناپایداری ها را تأیید می‌کند. الگوی همدیدی غالب در تشکیل مه که به لغو پرواز منجر شود، در سطح زمین جوی آرام و ساکن همراه با سرمای سطحی بوده است ضمن اینکه نزول برف در روزهای قبل در ایجاد سرمایش تشعشعی و تشدید و تداوم این پدیده مؤثر بوده است. در سطوح فوقانی نیز استقرار فراز در محدوده غرب ایران شرایط پایداری را فراهم آورده

21. Thongphasuk, V., 2001, Forecasting Dense Fog Covering Donmuang Aerodrome, Thailand Meteorological Department, PP. 41-42.
22. Viojovic, D., Veljovic, K., 2008, Fog Analysis in Belgrade International Airport,
23. Zhou, B., Du1, J., Ferrier, B., Queen, J., Dimego, G., 2007, Numerical Forecast of Fogcentral Solutions, 18th Conference on Numerical Weather Prediction, AMS, Park City, UT, PP. 1-13.
24. De Vivo, C., Ellena, M., Capozzi, V. et al. Risk assessment framework for Mediterranean airports: a focus on extreme temperatures and precipitations and sea level rise. *Nat Hazards* 111, 547-566 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05066-0>.
25. Chan, P. W. (2022). Case study of a special event of low-level windshear and turbulence at the Hong Kong International Airport. *Atmospheric Science Letters*, e1143. <https://doi.org/10.1002/asl.1143>.
26. Hon, K.-K., Chan, P. (2022). Historical analysis (2001-2019) of low-level wind shear at the Hong Kong International Airport. *Meteorological Applications*, 29(2), e2063. <https://doi.org/10.1002/met.2063>.
15. Gultepe, I.R., Tardif, S., Michaelides, C., 2007, Fog Research: a Review of Past
16. Newham, P., 2004, Fog Forecasting for Melbourne Airport, 3rd Conference on Fog, Fog Collection and Dew, Cape Town, South Africa, P. 1.
17. Ruangjun, S., Exell. R. H. B., 2008, Regression Models for Forecasting Fog and Poor Visibility at Donmuang Airport in Winter, *Asian Journal of Energy Environment*, Vol. 9, No. 3-4, PP. 215-230.
18. Soriano, C., Cano, D., Terradellas, E., Physick, B., 2006, Prediction of Fog Episodes at the Airport of Madrid Barajas Using Different Modeling Approaches, 9th Int. Conf. on Harmonization Within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes, PP. 315-319.
19. Stolaki, S. N., Kazadzis, S.A., Foris, D.V., Karacostas, T, S., 2009, Fog Characteristics at the Airport of Thessaloniki, Greece, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, PP. 1541-1549.
20. Teixeira, J. and Miranda, P.M.A., 2001, Fog Prediction at Lisbon Airport Using a Onedimensional Boundary Layer Model, *Meteor. Applications* Vol. 8, No. 4, PP. 497-505.

Synoptic analysis of weather conditions related to flight cancellations in Hamedan Airport

Faramarz Khoshakhlag¹, Hasan Hajmohamadi², hosein koshky^{3}*

¹ Associate Professor of Climatology, Geography Department, Faculty of geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

² Hasan hajmoohamadi, PhD student of Synoptic Climatology, Faculty of Literature and Humanities Geography, University of tarbiat modares, Tehran, Iran

³ Hosein koshky, PhD student of Climatology, Geography Department, Faculty of geography University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: koshky_hosein@yahoo.com

Received: 18 September 2021, accepted: 16 December 2021

ABSTRACT

Determining weather conditions correctly is one of the most important factors in reducing life and financial costs in air transportation. The purpose of this research is to analyze the weather conditions and factors leading to flight cancellation in the Airport Hamedan. Among the atmospheric phenomena affecting flight cancellations, snow, fog, rain, dust, shower rains, frost and strong wind were investigated. In order to investigate the weather conditions at the station level, from the daily statistics of the meteorological parameters of the synoptic station of Hamedan Airport, including wind speed, mean daily temperature, dew point, wet-bulb temperature, relative humidity, water vapor pressure, pressure and the amount of snow and precipitation during the statistical period (2004-2021) were used. For synoptic investigation of flight cancellation conditions from the data of geopotential height, sea level pressure, specific humidity, air temperature, omega index, meridional wind and zonal wind components with spatial resolution of 2.5 x 2.5 degrees from the website of Environmental Prediction Center/ Science (NCAR / NCEP) and MODIS visible band satellite image was used. Then the required maps were drawn using GrADS software. The results showed that the two phenomena (snow and fog), have the most important role in the cancellation of flights. More in the winter the fog occurred in the early morning hours and snow occurred in the afternoon. Deep trough in the west of Middle East and East of Mediterranean Sea were the dominant synoptic pattern related to snow. A strong surface high pressure in the Zagros along with the ridge pattern at 500hp level, were identified such as dominant patterns related to fog.

Keywords: Snow, Fog, Deep trough, Zagros high pressure, Hamadan Airport

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

