

تحلیل همیدید و آماری مه‌های فرودگاه اردبیل و ارائه‌ی ساعات مناسب پروازی

برومند صلاحی* - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
سیاوش محمدی - کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی اردبیل

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۸/۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۹/۶

چکیده

در این مقاله، برای تحلیل آماری و همیدیدی مه‌های فرودگاه اردبیل، از آمار پنج ساله‌ی (۲۰۰۸-۲۰۰۴) ایستگاه هواشناسی همیدید فرودگاه اردبیل، شامل متوسط دمای هوا، دمای نقطه‌ی شبنم، رطوبت نسبی، سرعت باد، مقدار ابر و تغییرات بیست‌وچهار ساعته‌ی فشار جو برای روزهای مه‌آلود با بیست‌وچهار ساعت قرائت در شبانه‌روز استفاده شده است. برای مدل‌بندی پیش‌بینی مه و بررسی همبستگی آن با دیگر عناصر جوی، از مدل رگرسیون چندگانه و ضریب همبستگی رتبه‌ای پیرسون و داده‌های ساعات ۰۳ و ۱۵ گریجویج^۱ استفاده شد که بیشترین وقوع پدیده‌ی مه را داشتند و انواع مه از نظر توانایی دید، به رتبه‌های ۲ تا ۴ درجه‌بندی شدند. سپس، نقشه‌های هم‌فشار و هم‌رطوبت سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو و سرعت و جهت بادهای آن تراز برای روزهای همراه با مه استخراج و بررسی شدند. با بررسی نقشه‌های گفته‌شده برای ۵۰۰ روز مه‌آلود، الگوهای همیدید مولد مه، شناسایی و مناسب‌ترین ساعات پرواز برای ماه‌های مختلف سال، ارائه شد. در میان عناصر اقلیمی مورد بررسی، رطوبت نسبی، بیشترین همبستگی را با توانایی دید ایستگاه دارد. از کل مه‌های منطقه، ۴۰/۸ درصد تشعشعی، ۳۱/۴ درصد جبهه‌ای و ۲۷/۸ درصد فرارفتی هستند. الگوهای همیدید مؤثر در تشکیل مه، نفوذ زبانه‌های پرفشار شمالی و شمال‌غربی در سطح زمین و وجود جریان‌های کاهنده و فزاینده ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بودند. بهترین زمان برای انجام عملیات پروازی فرودگاه اردبیل در ماه‌های آوریل، می، سپتامبر و اکتبر از ساعت ۰۸ تا ۱۴ گریجویج، در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس از ساعت ۰۹ تا ۱۲ گریجویج و در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت از نیم‌روز تا نزدیکی‌های غروب است.

کلیدواژه‌ها: الگوهای همیدید، رگرسیون چندگانه، ساعات پروازی، فرودگاه اردبیل، مه، همبستگی.

مقدمه

تأثیر عوامل و عناصر اقلیمی هر منطقه و پدیده‌های جوئی فرامده از این عوامل و عناصر، به‌ویژه پدیده‌ی مه بر امر ناوبری هوایی، یکی از مقوله‌های کاربردی اقلیم است که در دهه‌های گذشته، همواره مدّ نظر برنامه‌ریزان حمل‌ونقل هوایی بوده است. سامانه‌های حمل‌ونقل هوایی، بیش از سامانه‌های دیگر حمل‌ونقل با شرایط آب‌وهوایی ارتباط دارند و بخش بزرگی از خدمات پُرهنه‌ی اداره‌ها و ایستگاه‌های هواشناسی بر پایه‌ی کسب اطمینان و ایمنی این شاخه از ترافیک قرار گرفته است (خدابخش، ۱۳۸۳). با توجّه به افزایش مسافرت‌های هوایی، انتظار مردم این است که در هر ماه و هر روز از سال و در شرایط مختلف جوئی، امکان مسافرت هوایی به نقاط مختلف را داشته باشند. از این رو، انجام به موقع پروازها و هدر نشدن وقت مسافران در هر سامانه‌ی هوانوردی، از اولویّت مهمّی برخوردار است.

برخی از عناصر اقلیمی مناطق مختلف جغرافیایی، می‌توانند ناوبری هوایی را دچار آشفتگی کنند. در بین پدیده‌های مختلف هواشناسی، مه یکی از دلایل اصلی لغو، دیرکرد یا انحراف پروازها به فرودگاه‌های دیگر است. این مسأله، افزون بر ایجاد هزینه‌های چشمگیر برای شرکت‌های مسافرت هوایی، اسباب ناخرسندی مسافران را نیز فراهم می‌کند. پدیده‌ی مه هنگامی تشکیل می‌شود که توانایی دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر برسد و رطوبت نسبی هوا به بالای ۹۵ درصد برسد، در این شرایط، نزدیکی به باند فرودگاه و انجام عملیات فرود، در مقایسه با رخداد پدیده‌های جوئی دیگر، مانند بارندگی، تگرگ، رعدوبرق و... برای خلبانان بسیار مشکل‌تر است (ویجوویک^۱، ۲۰۰۸، ۱). پدیده‌ی مه، کاهش توانایی دید ناشی از مه و عوامل و عناصر مؤثر در تشکیل آن، از جمله مواردی است که در مکان‌یابی بیشتر فرودگاه‌های کشورهای رو به پیشرفت، مورد توجّه قرار نگرفته یا کمتر به آن پرداخته شده است. عوامل و شرایط گوناگونی در تشکیل مه دخالت دارند با توجّه به این عوامل و شرایط، انواع مختلفی از مه‌ها در هر منطقه‌ای شکل می‌گیرد.

افراد مختلفی به مطالعه‌ی عناصر آب‌وهوایی، به‌ویژه پدیده‌ی مه و نقش این عناصر در مکان‌یابی یا ارزیابی مکان پایه‌گذاری فرودگاه‌ها پرداخته‌اند. جهانبخش و حسینی (۱۳۸۱) با استفاده از داده‌های اقلیمی دما، یخبندان، بارش، رطوبت نسبی، فشار، توانایی دید و باد طیّ 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، درجه حرارت مرجع فرودگاه میانه را بر اساس میانگین و متوسط‌های بیشینه‌ی روزانه‌ی دما تعیین کردند. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۲) در رابطه با طرّاحی و برنامه‌ریزی فرودگاه و تأثیرگذاری آنها از عناصر و عوامل اقلیمی، مطالعاتی را انجام داده‌اند. خدابخش (۱۳۸۳) رخداد مه، نحوه‌ی آثار سامانه‌های جوئی بر این پدیده و دسته‌بندی انواع مه در فرودگاه شهید بهشتی اصفهان را طیّ دوره‌ی ده‌ساله (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 پُر فشار است. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از آمار هفده‌ساله‌ی 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 ۲۳-۵ و ۲۴-۶ درجه، به ترتیب برای جهت‌گیری باند پرواز در فرودگاه اردبیل، مناسب است.

مایر و راتو^۱ (۱۹۹۹) با استفاده از مدل‌های عددی، مه‌های تشعشی را مورد مطالعه قرار دادند. آنها در تشریح دلایل 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 میرندا^۲ (۲۰۰۱) با استفاده از مدل تک‌بُعدی لایه‌ی مرزی، رخداد هشت پدیده‌ی مه در فرودگاه لیسبون^۳ را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که مدل تک‌بُعدی لایه‌ی مرزی، می‌تواند رخداد مه در آن فرودگاه را به‌خوبی شبیه‌سازی کند. آنها همچنین دریافتند که پدیده‌ی مه در فرودگاه لیسبون، ارتباط زیادی با فرارفت هوا نداشته و بیشتر به تغییرات لایه‌ی مرزی وابسته است. فرایدلین^۴ (۲۰۰۴) میکروکلیمای فرودگاه بین‌المللی شیکاگو^۵ را بررسی کرده و در این مطالعه، مه‌های غلیظ را از دیدگاه آماری مورد تحلیل قرار داد. نیوهم^۶ (۲۰۰۴) با بهره‌گیری از عناصر اقلیمی و مدل‌های رگرسیونی چندگانه، گمانه‌های رخداد مه و مدل‌های پیش‌بینی آن در فرودگاه ملبورن^۷ را ارائه کردند. بندیکس^۸ (۲۰۰۶) انواع مه‌های روزانه را با استفاده از مدل‌های آماری مورد مطالعه قرار داد. سورینو^۹ و همکاران (۲۰۰۶)، با استفاده از مقادیر رطوبت نسبی، ابرناکی آسمان و سرعت باد در ساعت ۰۳ گرینویچ فرودگاه مادرید^{۱۰} 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^{۱۱} (۲۰۰۶) با استفاده از مدل‌های آماری، انواع مه را در اقلیم فرودگاهی ماکيو^{۱۲} برزیل بررسی و گمانه‌های رخداد آن را به‌دست آورده است. گولتپ^{۱۳} (۲۰۰۷) نحوه‌ی تشکیل و از بین رفتن مه، آثار آن، تحلیل مشاهدات و مدل‌های توسعه‌ای را مورد تحلیل قرار داده است. زوو^{۱۴} 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^{۱۵} (۲۰۰۸) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی، پدیده‌ی مه و دید کم را در فرودگاه دانموانگ^{۱۶} 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 پیش‌بینی‌کننده‌ی توانایی دید، دریافتند که در بین متغیرهای مورد بررسی، عناصر رطوبت نسبی و پوشش ابر، ارتباط بیشتری با عنصر توانایی دید

1. Mey & Rao
2. Teixeira & Miranda
3. Lisbon
4. Friedlein
5. Chicago
6. Newham
7. Melbourne
8. Bendix
9. Soriano
10. Madrid
11. Costa
12. Maceio
13. Gultepe
14. Zhou
15. Ruangjun & Exell
16. Donmuang

دارد. استولاکی^۱ (۲۰۰۹) با استفاده از آمار سی‌وپنج 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 تسالونیک^۲ یونان (در مقیاس روزانه و فصلی) و نیز مشاهدات ساعتی پانزده‌ساله‌ی (۲۰۰۵ - ۱۹۹۱) عناصر گفته‌شده، 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.

در فرودگاه اردبیل، با توجه به موقعیت ویژه‌ی توپوگرافی، بیشتر عوامل و شرایط لازم برای رخداد پدیده‌ی مه آماده است و به همین دلیل، در بیشتر روزهای سال و ساعات مختلف روز، انواع گوناگونی از مه‌های غلیظ شکل می‌گیرد. این مسأله گاهی سبب لغو پروازها شده و زیان‌های مالی زیادی را متوجه شرکت‌های هواپیمایی می‌کند. با توجه به این موضوع که حمل‌ونقل هوایی، یکی از راه‌های توسعه در هر منطقه شمرده می‌شود، از این رو، فراهم آوردن شرایط بهینه برای انجام این پروازها، اعتمادسازی و همچنین تأمین ایمنی و سلامت پروازها، اهمیت پیش‌بینی دقیق وضعیت جوّی فرودگاه اردبیل با در نظر گرفتن شرایط خاص میکروکلیمایی و محلی حاکم بر آن، به‌ویژه علل و زمان شکل‌گیری پدیده‌ی مه در منطقه را آشکار می‌سازد، بنابراین، در این مقاله سعی بر آن است تا انواع مه‌های تشکیل‌شده در منطقه و مه‌های وارد شده به منطقه، عوامل به‌وجودآورنده و پیش‌بینی زمان تشکیل مه، دوره‌ی استمرار و زمان از بین رفتن آن و همچنین، تعیین ساعات مناسب پرواز، مورد بحث قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، برای تجزیه و تحلیل آماری مه فرودگاه اردبیل، از آمار اقلیمی پنج ساله‌ی (۲۰۰۴-۲۰۰۸) ایستگاه هواشناسی همدید فرودگاه اردبیل، با بیست‌وچهار ساعت قرائت در شبانه‌روز با فاصله‌ی زمانی یک‌ساعته استفاده شده است. پس از شناسایی روزهای همراه با مه و عناصر جوّی مرتبط و تأثیرگذار در شکل‌گیری مه، مانند متوسط دمای هوا، رطوبت نسبی، دمای نقطه‌ی شبنم، سمت و سرعت باد، فشار، دید افقی و تشعشع شبانه، نقشه‌های همدید سطح زمین، رطوبت نسبی سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جوّ و سرعت و جهت بادهای آن تراز برای همان روزها به‌دست آمد. با تجزیه و تحلیل نقشه‌ها و دیگر عناصر جوّی مؤثر در تشکیل مه، انواع مه‌ها جداسازی شده، فراوانی رخداد هر کدام برحسب ساعت، ماه و فصل تعیین شد. همچنین تداوم، پایایی و علت از بین رفتن مه نیز مورد بررسی قرار گرفت. از آنجاکه بادهای ارسالی به منطقه، در شکل‌گیری برخی مه‌ها، به‌ویژه مه‌های جبهه‌ای و فرارفتی نقش بسزایی دارند، بنابراین، سمت و سرعت بادهای محدوده‌ی مورد مطالعه، در مقیاس فصلی، مورد بررسی قرار گرفت. برای ارائه‌ی مدل مناسب برای پیش‌بینی مه و نیز بررسی همبستگی مه با دیگر عناصر جوّی، از داده‌های متوسط دمای هوا، دمای نقطه‌ی شبنم، رطوبت نسبی، سرعت باد، مقدار ابر و تغییرات بیست‌وچهار ساعته‌ی فشار جوّ برای روزهای همراه با

1. Stolaki

2. Thessaloniki

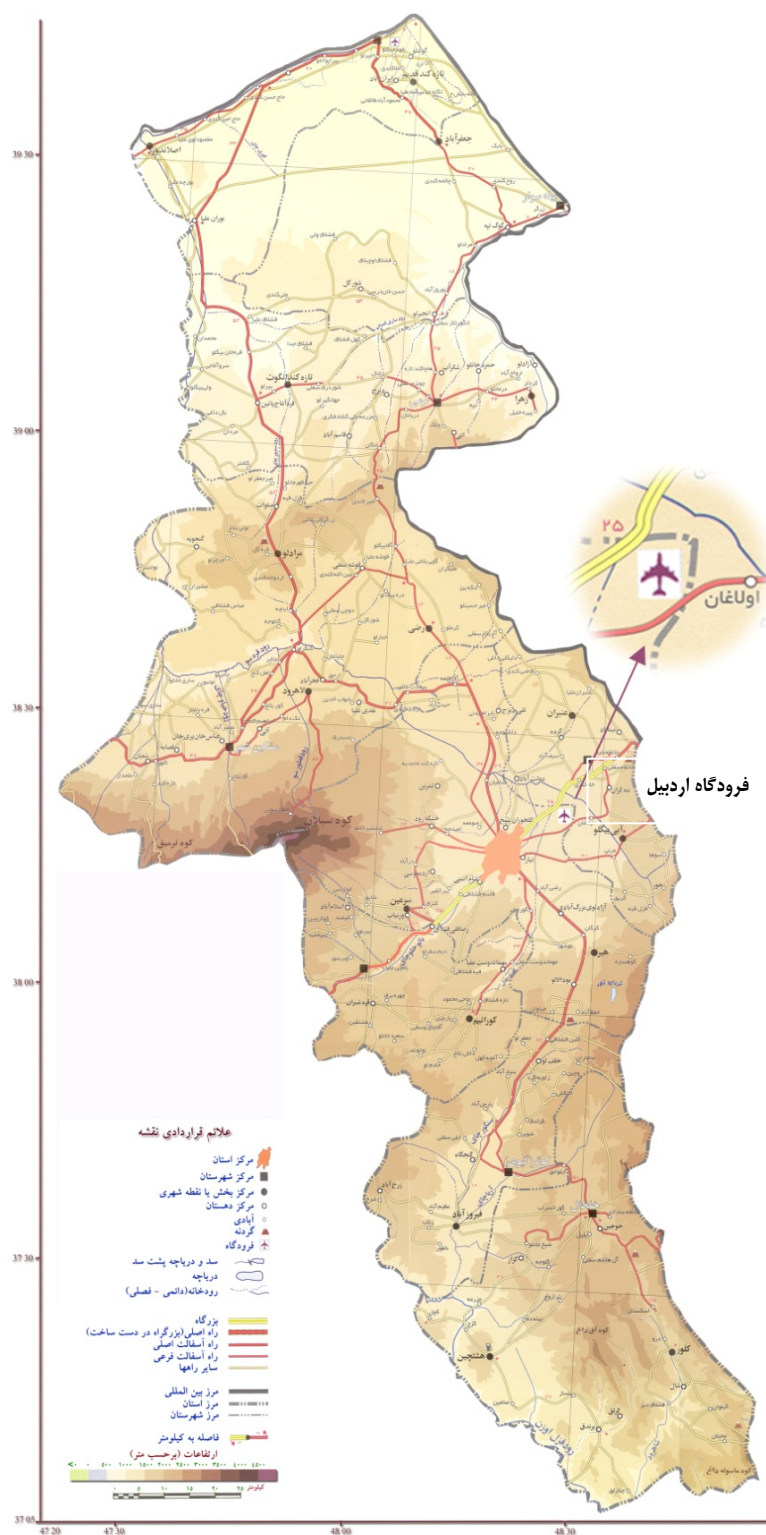
مه (ساعات ۰۳ و ۱۵ گرینویچ) که بیشترین رخداد پدیده‌ی مه را در میان ساعت‌های دیگر شبانه‌روز داشتند، استفاده شده است. پس از بررسی آماره‌های توصیفی عناصر مورد بررسی، با توجه به اینکه توانایی‌های دید موجود در قرائت‌های بیست‌و‌چهارگانه‌ی شبانه‌روز (به‌عنوان مهم‌ترین شاخص تعیین مه) به واحد متر بوده و هدف این پژوهش، بررسی ارتباط عناصر اثرگذار دیگر بر دید کافی و در پی آن، مه است، بنابراین، به مقادیر توانایی دید بر حسب اهمیت و مقدار، رتبه‌های ۲ تا ۴ اختصاص داده شده است (جدول شماره‌ی ۱). در ادامه، انواع مه از نظر دید کافی، بر اساس جدول شماره‌ی ۱، رتبه‌بندی و میزان همبستگی آن با عناصر دیگر جو‌ی با استفاده از روش همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن محاسبه شد. آن‌گاه، ضرایب معادله‌ی رگرسیون چندگانه برای پیش‌بینی دید کافی در ساعت ۰۳ و ۱۵ گرینویچ به‌دست آورده و معادله‌ی پیش‌بینی مه ارائه شد.

جدول ۱. توانایی دید در مه

نوع مه	اشیا در فاصله‌های زیر دیده نمی‌شوند	کد تخصیصی
مه غلیظ	۴۵ متر	۲
مه ضخیم	۱۸۰ متر	۲
مه معمولی	۴۵۰ متر	۳
مه متوسط	۹۰۰ متر	۴
مه رقیق	۱۸۰۰ متر	۴

منبع: علیزاده، ۱۳۸۴، ۱۳۳

برای تجزیه و تحلیل ارتباط عناصر اقلیمی مورد بررسی با تغییرات دید کافی در ساعات ۰۳ و ۱۵ گرینویچ، از معادله‌های رگرسیون چندگانه استفاده شد. نخست، توانایی دید در ساعات ۰۳ و ۱۵ ایستگاه مورد بررسی به‌صورت جداگانه به‌عنوان متغیر وابسته و عناصر اقلیمی مورد بررسی به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل رگرسیون شدند. در محاسبه‌ی معادله‌ی رگرسیون برای انتخاب متغیرهای مدل رگرسیونی، روش‌های مختلفی وجود دارد. برای تعیین متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر تغییرات توانایی دید ایستگاه مورد مطالعه، از مدل رگرسیون پیش‌رونده بهره گرفته شد. در این روش، نخست متغیر مستقلی که همبستگی‌اش با متغیر وابسته از همه قوی‌تر است، وارد تحلیل می‌شود. به‌گفته‌ی دیگر، در این روش، متغیرهای قرار گرفته در سطح خطای کمتر از ۵ درصد، شناسایی و وارد معادله می‌شوند (منصوف‌فر، ۱۳۸۵، ۱۷۴). برای آزمون مؤثر بودن متغیر مستقل معرفی‌شده‌ی مدل در رگرسیون چندگانه بر تغییرات توانایی دید، از تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد. با آگاهی از فراوانی مه‌های رخ داده در منطقه، نقشه‌های هم‌فشار و رطوبت نسبی سطح زمین و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو و سرعت و جهت بادهای آن تراز برای ۵۰۰ روز مه‌آلود، طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه، استخراج و تأثیرگذاری سامانه‌های همدید بر روی مه‌های شکل گرفته در منطقه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و الگوهای همدید منجر به تشکیل مه در منطقه، شناسایی شد. از آنجا که تعداد قرائت‌های عناصر اقلیمی مورد مطالعه، ۲۴ قرائت در شبانه‌روز بود، بنابراین، برای تحلیل همدید روزهای مه‌آلود، از نقشه‌های همدید متوسط روزانه استفاده شد. در این روش، نقشه‌های هم‌فشار و هم‌رطوبت سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰



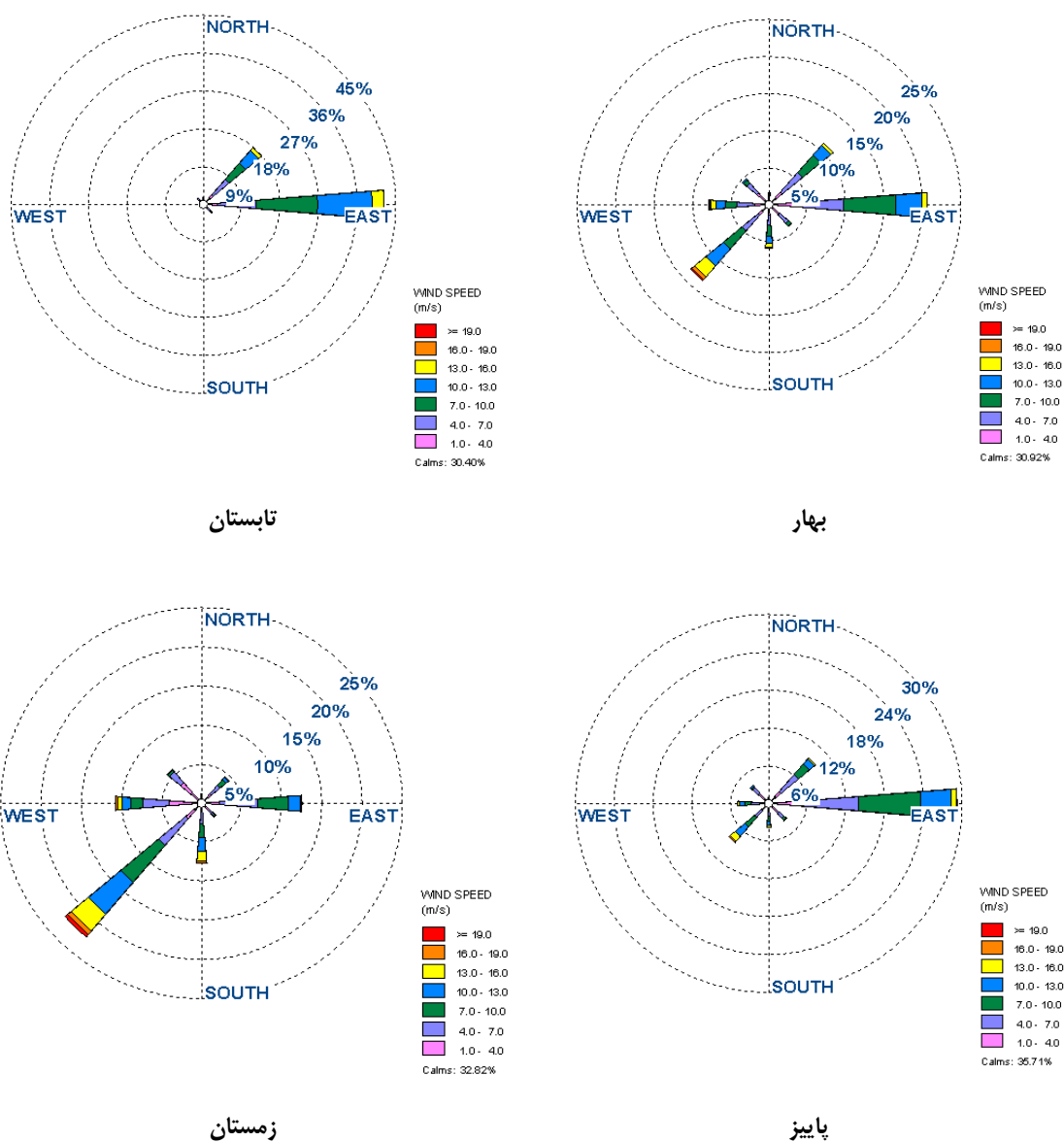
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان و فرودگاه اردبیل

منبع: نگارندگان

هکتوپاسکال جو و سرعت و جهت بادهای آن تراز برای هر روز مه‌آلود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بر اساس روش درصدبندی، مهم‌ترین الگوهای همدید مؤلّد مه در چارچوب الگوهای سطح زمین و بالا شناسایی شدند. ملاک انتخاب روزهای نماینده‌ی هر الگو برای تحلیل همدید، وجود بیشترین مقدار رطوبت نسبی، کمترین میزان دید، پایین‌ترین دما و بالاترین مقدار ابرناکی آسمان آن روز در میان روزهای دیگر آن الگو بود. با مقایسه‌ی تعداد روزهای همراه با مه در ایستگاه‌های هواشناسی فرودگاه اردبیل، پارس‌آباد، سراب و خلخال، نقش توپوگرافی منطقه در شکل‌گیری مه بیان شد و بر اساس تأثیر پدیده‌ی مه در کاهش میزان دید در ماه‌های مختلف سال، مناسب‌ترین ساعات پرواز در ماه‌های مختلف سال به‌دست آمد. شکل شماره‌ی ۱، موقعیت جغرافیایی استان و فرودگاه اردبیل را نشان می‌دهد.

یافته‌های تحقیق

شکل شماره ۲، گلبادهای فصلی ایستگاه هواشناسی همدید فرودگاه اردبیل را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، در فصول بهار، تابستان و پاییز، باد غالب در محدوده‌ی مورد مطالعه، شرقی و باد نایب غالب نیز شمال شرقی است که بیشتر ناشی از هجوم هوای ارسالی از روی دریای خزر و ارتفاعات شرقی و شمال شرقی منطقه است. در فصل زمستان، باد غالب منطقه‌ی مورد بررسی، جنوب غربی است که با ورود سامانه‌های غربی به منطقه و تغییر جزئی مسیر آن به واسطه‌ی توپوگرافی جنوب شرق منطقه‌ی اردبیل در ارتباط است.



شکل ۲. گلبادهای فصول سال در ایستگاه همدید فرودگاه اردبیل

منبع: نگارندگان

جداول شماره‌ی ۲ و ۳، ویژگی‌های آماری هفت عنصر مورد بررسی این مطالعه را در ساعات ۰۳ و ۱۵ گرینویچ نشان می‌دهد. مقادیر میانگین، میانه و مد توانایی دید (به ترتیب کدهای ۲/۴۶، ۲ و ۲ برای ساعت ۰۳ و کدهای ۲/۷۴، ۳ و ۳ برای ساعت ۱۵ گرینویچ) نشان از گرایش دید کافی اغلب روزهای مورد بررسی به سمت کم‌مه غلیظ را دارد. ضریب چولگی متغیرهای دمای خشک، دمای نقطه‌ی شبنم، رطوبت نسبی و میزان ابرناکی، منفی و ضریب چولگی عناصر توانایی دید، سرعت باد و تغییرات فشار، مثبت است. از آنجایی که وجود ضریب چولگی مثبت، نشان از گرایش داده‌های مورد بررسی به سمت ارقام با اندازه‌ی پایین و وجود ضریب چولگی منفی، حاکی از گرایش این داده‌ها به سمت ارقامی با اندازه‌ی بالا هستند، بنابراین می‌توان به رابطه‌ی نسبی دو دسته از عناصر مورد بررسی پی برد. هنگامی که دمای نقطه‌ی شبنم، دمای متوسط هوا و به پیروی از آن، رطوبت نسبی، مقادیر بالا را اختیار می‌کنند، توانایی دید، ارقام و کدهای پایین‌تر را به خود می‌گیرد. کاهش سرعت باد نیز با ایجاد شرایط ماندگاری هوا و بالا بردن رطوبت هوا، شرایط را برای کاهش دید کافی فراهم می‌کند. این مسأله در مورد مقدار ابرناکی آسمان نیز تا اندازه‌ای درست است. ضریب چولگی ابرناکی آسمان در ساعات ۰۳ و ۱۵ گرینویچ، به ترتیب برابر با $-۲/۲۸$ و $-۳/۱۶$ و ضریب چولگی توانایی دید در همان ساعت‌ها به ترتیب برابر با $۱/۱۲$ و $۰/۴۲$ است. این مسأله نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی معکوس این دو عنصر با هم است، به گونه‌ای که با افزایش ابرناکی آسمان و ایجاد شرایط لازم در سطح زمین، توانایی دید کاهش می‌یابد. تغییرات فشار با توجه به ضرایب مربوطه، نقش چندانی در تبیین توانایی دید ندارد.

جدول ۲. ویژگی‌های آمار توصیفی عناصر اقلیمی مورد بررسی در ساعت ۰۳ گرینویچ در ایستگاه همدید فرودگاه اردبیل

	Visibility (code)	Dry Temperature(c)	Dew point Temperature(c)	Relative Humidity (%)	Wind speed(m/s)	Wind direction	Cloud Amount (octas)	Pressure change(mb)
N Valid	234	234	234	234	234	234	234	234
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	2.4658	.9162	.7603	98.7650	1.2821	34.7863	7.0641	.2444
Std. Error of Mean	.04372	.62113	.63407	.19419	.17074	4.79398	.13283	.22904
Median	2.0000	2.1000	2.1000	100.0000	.0000	.0000	8.0000	-.1500
Mode	2.00	-.60	6.40	100.00	.00	.00	8.00	.50
Std. Deviation	.66882	9.50151	9.69943	2.97058	2.61178	73.33383	2.03197	3.50358
Variance	.447	90.279	94.079	8.824	6.821	5377.851	4.129	12.275
Skewness	1.124	-.839	-.892	-3.335	2.394	2.525	-2.280	.653
Std. Error of Skewness	.159	.159	.159	.159	.159	.159	.159	.159
Kurtosis	.032	.508	.602	11.533	5.849	5.881	5.221	.674
Std. Error of Kurtosis	.317	.317	.317	.317	.317	.317	.317	.317
Range	2.00	48.60	49.60	17.00	15.00	340.00	9.00	21.90
Minimum	2.00	-32.80	-34.00	83.00	.00	.00	.00	-8.40
Maximum	4.00	15.80	15.60	100.00	15.00	340.00	9.00	13.50
Sum	577.00	214.40	177.90	23111.00	300.00	8140.00	1653.00	57.20

جدول ۳. ویژگی‌های آمار توصیفی عناصر اقلیمی مورد بررسی در ساعت ۱۵ گرینویچ در ایستگاه همبستگی فرودگاه اردبیل

	Visibility (code)	Dry Temperature(c)	Dew point Temperature(c)	Relative Humidity (%)	Wind speed(m/s)	Wind direction	Cloud Amount (octas)	Pressure change(mb)
N Valid	118	118	118	118	118	118	118	118
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	2.7458	2.3983	2.3076	99.3051	6.3051	74.3220	7.2542	.8847
Std. Error of Mean	.06613	.57617	.57450	.14062	.27696	3.65362	.18653	.31301
Median	3.0000	1.6000	1.6000	100.0000	7.0000	70.0000	8.0000	.3000
Mode	3.00	2.80	2.80	100.00	8.00	70.00	8.00	-.30
Std. Deviation	.71834	6.25878	6.24062	1.52757	3.00856	39.68851	2.02627	3.40012
Variance	.516	39.172	38.945	2.333	9.051	1575.177	4.106	11.561
Skewness	.422	.283	.232	-3.164	-.178	3.648	-3.169	.373
Std. Error of Skewness	.223	.223	.223	.223	.223	.223	.223	.223
Kurtosis	-.971	-.610	-.601	11.530	-.436	25.018	8.777	-.043
Std. Error of Kurtosis	.442	.442	.442	.442	.442	.442	.442	.442
Range	2.00	26.60	27.00	9.00	13.00	360.00	8.00	16.80
Minimum	2.00	-9.60	-10.60	91.00	.00	.00	.00	-6.50
Maximum	4.00	17.00	16.40	100.00	13.00	360.00	8.00	10.30
Sum	324.00	283.00	272.30	11718.00	744.00	8770.00	856.00	104.40

منبع: نگارندگان

جدول شماره‌ی ۴ و ۵، ضرایب همبستگی، سطح معناداری و تعداد نمونه‌های معتبر دخیل در تعیین ضرایب همبستگی عناصر مورد مطالعه با همدیگر را با استفاده از روش همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن نشان می‌دهند. با نگاهی به مقادیر جدول شماره‌ی ۴ که برای داده‌های ساعت ۰۳ گرینویچ به دست آمده، مشاهده می‌شود که توانایی دید با رطوبت نسبی، ضریب همبستگی‌ای به مقدار $-0/164$ دارد. جهت منفی، نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی معکوس بین رطوبت نسبی و توانایی دید است. سطح معناداری بین دید کافی و رطوبت نسبی، مقدار $0/012$ بوده که مبین معنادار بودن همبستگی توانایی دید و رطوبت نسبی در سطح خطای $0/05$ است. پس می‌توان نتیجه گرفت که مهم‌ترین عنصر تأثیرگذار بر توانایی دید و تشکیل مه در بین عناصر جوئی منتخب برای داده‌های ساعت ۰۳ گرینویچ، رطوبت نسبی است. وجود ضرایب همبستگی معنادار بین عناصر دمای خشک، سرعت باد و مقدار ابر در ساعت ۰۳ گرینویچ، بیانگر این مطلب است که در ساعت گفته‌شده، در شرایط آسمان صاف و هوای آرام، بیشینه‌ی تشعشع زمینی و افت دما در منطقه رخ خواهد داد، ولی افزایش سرعت باد شمالی و شرقی، سبب افزایش رطوبت در منطقه می‌شود. این افزایش رطوبت، با ایجاد شرایط ابرناکی و تشکیل مه در منطقه، از خروج تشعشع زمینی و افت محیطی دما جلوگیری می‌کند.

با توجه به جدول شماره‌ی ۵، مشاهده می‌شود که دید کافی برای داده‌های ساعت ۱۵ گرینویچ نیز با رطوبت نسبی، ضریب همبستگی برابر $-0/192$ دارند. جهت منفی رابطه، نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی معکوس بین رطوبت نسبی و توانایی دید است. سطح معناداری بین توانایی دید و رطوبت نسبی مقدار $0/037$ است که نشان‌دهنده‌ی معنادار بودن همبستگی این دو متغیر در سطح خطای $0/05$ است. با مقایسه‌ی مقادیر همبستگی دو عنصر توانایی دید و رطوبت نسبی

در ساعت ۰۳ و ۱۵ گرینویچ، درمی‌یابیم که این دو عنصر، در ساعت ۰۳ گرینویچ همبستگی بیشتری را با یکدیگر نشان می‌دهند. بر این اساس می‌توان گفت که مهم‌ترین عنصر تأثیرگذار بر دید کافی و تشکیل مه در ساعت ۱۵ گرینویچ نیز، رطوبت نسبی است. در ساعت ۱۵ گرینویچ، توانایی دید به مقدار ابر، وابستگی بیشتری را نسبت به ساعت ۰۳ گرینویچ نشان می‌دهد، چون در این ساعت، مه‌های وزشی از فراوانی بیشتری برخوردارند و همراه با ابرهای استراتوس به منطقه وارد می‌شوند. با مقایسه‌ی ضریب همبستگی بین دمای خشک و رطوبت نسبی در ساعت‌های ۰۳ و ۱۵ گرینویچ، دیده می‌شود که در ساعت ۰۳، این همبستگی، معنادار و جهت رابطه نیز مثبت است، ولی در ساعت ۱۵، این عناصر با همدیگر همبستگی چندانی نداشته و جهت رابطه‌ی آنها نیز معکوس است. این تضاد به این دلیل است که در ساعت ۰۳، افزایش رطوبت نسبی سبب تشکیل مه شده و از افزایش دما جلوگیری می‌کند، ولی در ساعت ۱۵ گرینویچ، ورود هوای مناطق مجاور، سبب کاهش دما و افزایش رطوبت در منطقه می‌شود.

جدول ۴. همبستگی‌های عناصر اقلیمی در ساعت ۰۳ گرینویچ در ایستگاه همدید فرودگاه اردبیل (۲۰۰۸-۲۰۰۴)

		Visibility	Dry Temperature	Dew point Temperature	Relative humidity	Wind speed	Cloud amount	Pressure change
Visibility	Correlation Coefficient	1.000	-.011	-.015	-.164*	.091	-.061	.056
	Sig. (2-tailed)	.	.864	.822	.012	.167	.354	.391
	N	234	234	234	234	234	234	234
Dry Temperature	Correlation Coefficient	-.011	1.000	1.000**	.446**	.162*	.202**	-.220**
	Sig. (2-tailed)	.864	.	.000	.000	.013	.002	.001
	N	234	234	234	234	234	234	234
Dew point Temperature	Correlation Coefficient	-.015	1.000**	1.000	.455**	.163*	.205**	-.222**
	Sig. (2-tailed)	.822	.000	.	.000	.013	.002	.001
	N	234	234	234	234	234	234	234
Relative humidity	Correlation Coefficient	-.164*	.446**	.455**	1.000	.126	.219**	-.115
	Sig. (2-tailed)	.012	.000	.000	.	.054	.001	.079
	N	234	234	234	234	234	234	234
Wind speed	Correlation Coefficient	.091	.162*	.163*	.126	1.000	.190**	-.011
	Sig. (2-tailed)	.167	.013	.013	.054	.	.004	.862
	N	234	234	234	234	234	234	234
Cloud amount	Correlation Coefficient	-.061	.202**	.205**	.219**	.190**	1.000	-.083
	Sig. (2-tailed)	.354	.002	.002	.001	.004	.	.206
	N	234	234	234	234	234	234	234
Pressure change	Correlation Coefficient	.056	-.220**	-.222**	-.115	-.011	-.083	1.000
	Sig. (2-tailed)	.391	.001	.001	.079	.862	.206	.
	N	234	234	234	234	234	234	234

* همبستگی در سطح خطای ۰/۰۵ معنادار است.

** همبستگی در سطح خطای ۰/۰۱ معنادار است.

منبع: نگارندگان

جدول ۵. همبستگی‌های عناصر اقلیمی در ساعت ۱۵ گرینویچ در ایستگاه همبید فرودگاه اردبیل (۲۰۰۸-۲۰۰۴)

		Visibility	Dry Temperature	Dew point Temperature	Relative humidity	Wind speed	Wind direction	Cloud amount	Pressure change
Visibility	Correlation Coefficient	1.000	.059	.061	-.192*	.092	.089	-.165	.102
	Sig. (2-tailed)	.	.527	.513	.037	.324	.336	.074	.270
	N	118	118	118	118	118	118	118	118
Dry Temperature	Correlation Coefficient	.059	1.000	1.000**	-.033	.443**	-.012	.157	.016
	Sig. (2-tailed)	.527	.	.000	.721	.000	.899	.089	.861
	N	118	118	118	118	118	118	118	118
Dew point Temperature	Correlation Coefficient	.061	1.000**	1.000	-.019	.444**	-.013	.163	.018
	Sig. (2-tailed)	.513	.000	.	.840	.000	.887	.078	.849
	N	118	118	118	118	118	118	118	118
Relative humidity	Correlation Coefficient	-.192*	-.033	-.019	1.000	.065	-.112	.320**	.038
	Sig. (2-tailed)	.037	.721	.840	.	.485	.227	.000	.679
	N	118	118	118	118	118	118	118	118
Wind speed	Correlation Coefficient	.092	.443**	.444**	.065	1.000	-.047	.208*	-.020
	Sig. (2-tailed)	.324	.000	.000	.485	.	.615	.024	.831
	N	118	118	118	118	118	118	118	118
Wind direction	Correlation Coefficient	.089	-.012	-.013	-.112	-.047	1.000	-.112	-.058
	Sig. (2-tailed)	.336	.899	.887	.227	.615	.	.229	.531
	N	118	118	118	118	118	118	118	118
Cloud amount	Correlation Coefficient	-.165	.157	.163	.320**	.208*	-.112	1.000	.151
	Sig. (2-tailed)	.074	.089	.078	.000	.024	.229	.	.102
	N	118	118	118	118	118	118	118	118
Pressure change	Correlation Coefficient	.102	.016	.018	.038	-.020	-.058	.151	1.000
	Sig. (2-tailed)	.270	.861	.849	.679	.831	.531	.102	.
	N	118	118	118	118	118	118	118	118

** همبستگی در سطح خطای ۰/۰۱ معنادار است.

* همبستگی در سطح خطای ۰/۰۵ معنادار است.

منبع: نگارندگان

جدول شماره‌ی ۶ و ۷، مقادیر ثابت a (عرض از مبدأ)، ضریب استاندارد Beta، آماره‌ی t و سطح معناداری مربوطه را به ترتیب برای ساعات ۰۳ و ۱۵ گرینویچ در ایستگاه مورد بررسی نشان می‌دهند. این آماره‌ها، مبنای تأثیرگذاری پارامتر رطوبت نسبی در پیش‌بینی عنصر توانایی دید در ساعات گفته شده است. متغیرهای دیگر مورد بررسی را می‌توان از مدل نهایی رگرسیون پیش‌رونده حذف کرد. جدول شماره‌ی ۸ و ۹ نیز مقادیر آماره‌ی t، sig، Beta، همبستگی جزئی و آماره‌های هم‌خطی (تولرانس) را برای متغیرهای مستقل مورد بررسی نشان می‌دهند.

جدول ۶. ضرایب مدل معرفی شده با رگرسیون پیش‌رونده برای ساعت ۰۳

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	6.567	1.436		4.575	.000
Relative_humidity	-.042	.015	-.184	-2.858	.005

منبع: نگارندگان

جدول ۷. ضرایب مدل معرفی شده با رگرسیون پیش‌رونده برای ساعت ۱۵

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	11.784	4.254		2.770	.007
Relative humidity	-.091	.043	-.194	-2.125	.036

منبع: نگارندگان

جدول ۸. ضرایب و آماره‌های متغیرهای مستقل در مدل رگرسیون پیش‌رونده برای ساعت ۰۳

Model	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
					Tolerance
Dry Temperature	.082 ^a	1.058	.291	.069	.697
Dew point Temperature	.084 ^a	1.057	.292	.069	.666
Wind speed	.077 ^a	1.188	.236	.078	.983
Cloud amount	.018 ^a	.277	.782	.018	.948
Pressure change	.026 ^a	.394	.694	.026	.980

منبع: نگارندگان

جدول ۹. ضرایب و آماره‌های متغیرهای مستقل در مدل رگرسیون پیش‌رونده برای ساعت ۱۵

del	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
					Tolerance
Dry Temperature	.093a	1.016	.312	.094	.999
Dew point Temperature	.093a	1.023	.308	.095	1.000
Wind speed	.117a	1.274	.205	.118	.981
Cloud amount	-.029a	-.278	.781	-.026	.777
Pressure change	.095a	1.046	.298	.097	.997

منبع: نگارندگان

بر اساس این جداول، مدل رگرسیونی چندگانه برای پیش‌بینی دید کافی در ساعات ۰۳ و ۱۵ گرینویچ در ایستگاه

مورد بررسی به صورت زیر است:

$$Y = ۶/۵۶۷ \cdot ۰/۱۶۴ - RH + ۰/۰۸۲ TD + ۰/۰۸۴ Dpt + ۰/۰۷۷ FF + ۰/۰۱۸ Nca + ۰/۰۲۶ Pc \quad (\text{برای ساعت } ۰۳ \text{ گرینویچ})$$

$$Y = ۱۱/۷۸۴ \cdot ۰/۱۹۴ - RH + ۰/۰۹۳ TD + ۰/۰۹۳ Dpt + ۰/۱۱۷ FF - ۰/۰۲۹ Nca + ۰/۰۹۵ Pc \quad (\text{برای ساعت } ۱۵ \text{ گرینویچ})$$

که در آن، TD دمای خشک، RH رطوبت نسبی، FF سرعت وزش باد، Nca مقدار ابرناکی آسمان و Pc مقدار

تغییرات ۲۴ ساعته فشار هوا است.

جدول شماره‌ی ۱۰، تحلیل واریانس یک‌راهه‌ی رگرسیون را برای پیش‌بینی عنصر توانایی دید در ساعت ۰۳ گری‌نویچ در ایستگاه مورد بررسی، نشان می‌دهد. مقدار آماره‌ی F جدول و سطح معناداری آن (۸/۱۷۰ و ۰/۰۰۵)، حاکی از مؤثر بودن حداقل یکی از متغیرهای مستقل (رطوبت نسبی) در پیش‌بینی عنصر توانایی دید است. این وضعیت در ساعت ۱۵ گری‌نویچ نیز صادق است. در این ساعت و بر اساس جدول شماره‌ی ۱۱، مقادیر آماره‌ی F و Sig به ترتیب، ۴/۵۱۴ و ۰/۰۳۶ است که نشان از تأثیر معنادار یکی از متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیر وابسته است.

جدول ۱۰. تحلیل واریانس یک‌راهه‌ی رگرسیون برای پیش‌بینی عنصر توانایی دید در ساعت ۰۳ گری‌نویچ

odel	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3.545	1	3.545	8.170	.005 ^a
Residual	100.681	232	.434		
Total	104.226	233			

منبع: نگارندگان

جدول ۱۱. تحلیل واریانس یک‌راهه‌ی رگرسیون برای پیش‌بینی عنصر توانایی دید در ساعت ۱۵ گری‌نویچ

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2.261	1	2.261	4.514	.036 ^a
Residual	58.111	116	.501		
Total	60.373	117			

منبع: نگارندگان

فراوانی ماهانه‌ی انواع مه‌های تشعشعی، جبهه‌ای و فرارفتی ایستگاه هواشناسی هم‌دید فرودگاه اردبیل (۲۰۰۸-۲۰۰۴) در جدول شماره‌ی ۱۲ آمده است. با توجه به این جدول درمی‌یابیم که حدود ۴۱ درصد از مه‌های رخ داده در منطقه از نوع تشعشعی است. در محدوده‌ی مورد مطالعه، این نوع مه در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر با توجه به پایین بودن دمای هوا و گنجایش رطوبتی پایین آن، تشعشع شبانه و نیز رسیدن سریع دمای هوا به نقطه اشباع، بیشتر بین ساعات ۱۸ و ۲۱ گری‌نویچ تشکیل شده و تا ساعت ۰۶ گری‌نویچ ادامه می‌یابد. مه‌های تشعشعی بیشتر پس از طلوع آفتاب و گرم شدن هوا و همچنین افزایش گنجایش رطوبتی هوا، در اثر همرفت حاصل از سطح زمین و با افزایش سرعت باد، از بین می‌روند. در هر دو حالت، آمیزش مه با هوای خشک، علت ناپدیدی آن به شمار می‌رود (کاوایی، ۱۳۸۷، ۱۰۱). با نزدیک شدن به ماه‌های گرم سال، ساعات تشکیل این گونه مه‌ها به تعویق افتاده و معمولاً بین ساعات ۲۱ تا ۰۳ گری‌نویچ اتفاق می‌افتند. با افزایش زاویه تابش خورشید و گرم شدن سریع منطقه‌ی مورد بررسی در این ماه‌ها، این گونه مه‌ها نسبت به فصل سرد سال، زودتر از بین می‌روند. بیشترین فراوانی این نوع مه در ساعات ۲۱، ۰۳، ۱۸ و ۰۰ گری‌نویچ دیده شده است.

جدول ۱۲. فراوانی ماهانه انواع مه‌های تشعشعی، جبهه‌ای و فرارفتی ایستگاه هواشناسی فرودگاه اردبیل (۲۰۰۸-۲۰۰۴)

نوع مه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	م	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
تشعشعی	فراوانی	۲۸	۳۲	۳۹	۲۸	۲۷	۲۰	۸	۱۹	۳۲	۴۰	۴۳	۳۲۲
	درصد از کل	۳/۵	۴/۱	۴/۹	۳/۵	۳/۴	۲/۵	۰/۸	۲/۴	۴/۱	۵/۱	۵/۴	۴۰/۸
جبهه‌ای	فراوانی	۱۸	۱۹	۲۵	۲۲	۱۷	۱۸	۱۴	۲۱	۲۸	۲۹	۳۲	۲۴۸
	درصد از کل	۲/۳	۲/۴	۳/۲	۲/۸	۲/۲	۲/۳	۱/۸	۲/۷	۳/۵	۳/۷	۴/۱	۳۱/۴
فرارفتی	فراوانی	۱۱	۱۳	۱۹	۲۱	۲۳	۱۹	۱۵	۲۵	۱۷	۲۳	۲۵	۲۲۰
	درصد از کل	۱/۴	۱/۶	۲/۴	۲/۷	۲/۹	۲/۴	۱/۹	۳/۲	۲/۲	۲/۹	۳/۲	۲۷/۸
جمع ماهانه	فراوانی	۵۷	۶۴	۸۳	۷۱	۶۷	۵۷	۳۷	۶۵	۷۷	۹۲	۱۰۰	۷۹۰
	درصد	۷/۲	۸/۱	۱۰/۵	۹	۸/۵	۷/۲	۴/۷	۲/۵	۸/۲	۹/۷	۱۱/۶	۱۲/۷

منبع: نگارندگان

حدود ۳۱ درصد از مه‌های رخ داده در منطقه، از نوع جبهه‌ای است. مه‌های جبهه‌ای در ماه‌های مارس و آوریل و همین‌طور در ماه‌های سپتامبر تا دسامبر، فراوانی بیشتری دارند. در این ماه‌ها، سامانه‌هایی که با جبهه همراه بوده‌اند، منطقه‌ی مورد بررسی را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند. مه‌های جبهه‌ای، بیشتر در ساعات ۱۲ و ۱۵ گرینویچ در منطقه‌ی مورد مطالعه مشاهده می‌شوند. مدت زمان تداوم این‌گونه مه‌ها با توجه به میزان رطوبت سامانه و بارش حاصل از آن، متفاوت بوده و معمولاً با توجه به شرایط ابرناکی ایجاد شده توسط سامانه، از ۳ تا ۱۲ ساعت در منطقه تداوم می‌یابند. گرچه، تداوم این‌گونه مه برای چندین روز پیاپی نیز در منطقه مشاهده شده است. این نوع مه، پس از اینکه سامانه رطوبت خود را به‌صورت بارندگی از دست داد، با پراکنده‌شدن ابرها از بین می‌رود. حدود ۲۸ درصد از مه‌های رخ داده در منطقه، از نوع فرارفتی است. مه‌های فرارفتی در بیشتر مناطق جغرافیایی در ماه‌های اکتبر تا دسامبر و همین‌طور در ماه‌های مارس و آوریل از فراوانی بیشتری برخوردارند، ضمن اینکه این نوع مه، در ساعات ۱۲، ۱۵ و ۱۸ گرینویچ فراوانی بیشتری دارند. با توجه به حرکت هوای گرم و مرطوب از روی دریای خزر به منطقه - که معمولاً در ساعات بعدازظهر روی می‌دهد - شکل‌گیری این نوع مه، بیشتر در ساعات گفته‌شده نمایان می‌شود. این نوع مه، معمولاً به‌صورت وزشی و از مناطق همجوار وارد منطقه‌شده و بیشتر ضمن همراهی با ابرهای استراتوس، پس از ۲ تا ۴ ساعت از منطقه خارج می‌شود.

الگوهای هم‌دید مولد مه

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی نقشه‌های سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو، سرعت و جهت بادهای

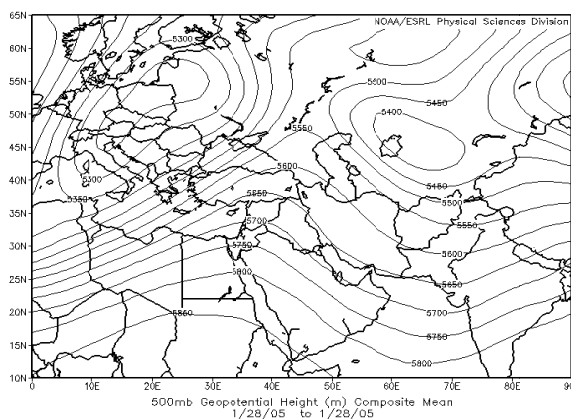
آن تراز و رطوبت نسبی سطح زمین برای ۵۰۰ روز مه‌آلود در دوره آماری مورد مطالعه نشان دادند که چهار الگوی همدید عمده، منجر به شکل‌گیری مه در منطقه شده است. جدول شماره‌ی ۱۳، تعداد، درصد و نوع الگوهای همدید مه‌زا در فرودگاه اردبیل را نشان می‌دهد.

جدول ۱۳. تعداد، درصد و نوع الگوهای همدید مه‌زا در ایستگاه همدید فرودگاه اردبیل

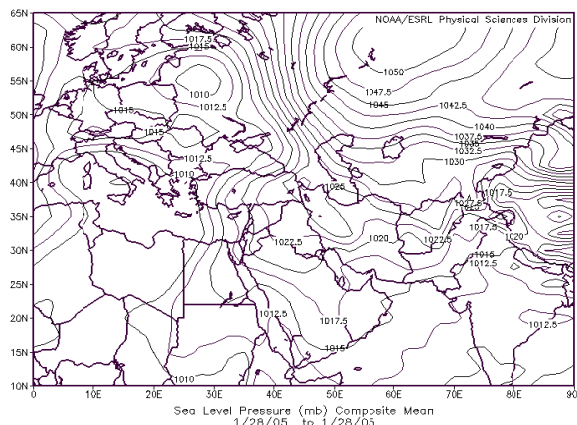
شماره‌ی الگو	تعداد (روز مه‌آلود)	درصد	الگوی سطح زمین	الگوی سطح بالا
۱	۹۸	۱۹/۶	نفوذ پُرفشار سیبری از شمال شرق دریای خزر	جریان‌های کاهنده
۲	۱۶۷	۳۳/۴	نفوذ پُرفشار سیبری از شمال غرب دریای خزر	جریان‌های کاهنده
۳	۱۳۵	۲۷	نفوذ پُرفشار مستقر در اروپای شرقی	جریان‌های کاهنده
۴	۱۰۰	۲۰	نفوذ پُرفشار حرارتی فراز دریای خزر	جریان‌های فزاینده

منبع: نگارندگان

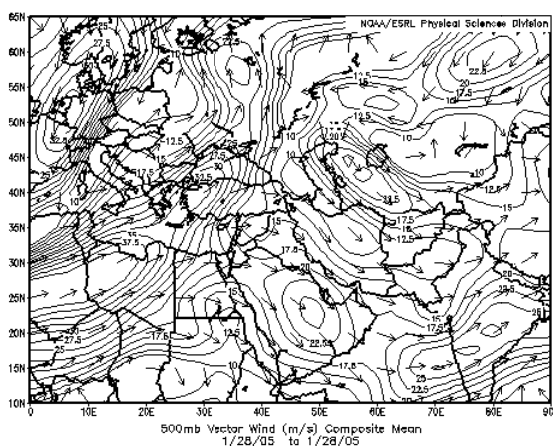
نخستین الگوی همدید که در ماه ژانویه تا میانه‌ی ماه مارس به تشکیل مه در منطقه می‌انجامد، نفوذ زبانه‌های پُرفشار سیبری از شمال شرق دریای خزر و وجود جریان‌های کاهنده در ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است. این الگو، ایجاد نودوهشت روز (۱۹/۶ درصد) از کل روزهای مه‌آلود منطقه را تبیین کرده است. شکل شماره‌ی ۳، الگوی هم‌فشارهای سطح زمین، شکل شماره‌ی ۴، الگوی هم‌ارتفاع‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو و شکل‌های شماره‌ی ۵ و ۶ نیز به ترتیب، رطوبت نسبی سطح زمین و سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو را برای روز بیست‌وهشتم ژانویه‌ی سال ۲۰۰۵ - به‌عنوان روز نماینده‌ی نخستین الگوی همدید مولد مه - نشان می‌دهد. در این روز، دید افقی ۱۰۰ متر و $\frac{7}{8}$ آسمان پوشیده از ابر بوده است. متوسط دمای هوا و دمای نقطه‌ی شبنم نیز در این روز به ترتیب، ۱۳/۲- و ۱۳/۳- درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی هوا ۹۹ درصد گزارش شده است. در اثر تشکیل این الگو، رطوبت مورد نیاز از روی دریای خزر به منطقه منتقل شده و نفوذ یک پشته‌ی ارتفاعی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو که از شمال گرجستان تا روی دریای سرخ کشیده شده است و ریزش هوای سرد و مرطوب از عرض‌های بالا به منطقه، سبب تراکم این رطوبت و تشکیل مه در منطقه شده است. معمولاً این الگو در آغاز ورود به منطقه، در سطح زمین، به وزش بادهای شمال شرقی تا شرقی و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به وزش بادهای شمال غربی تا غربی می‌انجامد. نقشه‌ی سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو این روز (شکل شماره‌ی ۶) نیز جهت شمال غربی تا غربی را نشان می‌دهد. این وزش، رطوبت تراکم‌شده را به‌صورت مه وزشی، وارد منطقه می‌کند. پس از جای‌گیری این الگو، پایداری هوا، افت محیطی دما، تشعشع شبانه و هوای به‌نسبت آرام، معمولاً سبب تشکیل مه‌های تشعشعی در منطقه می‌شود.



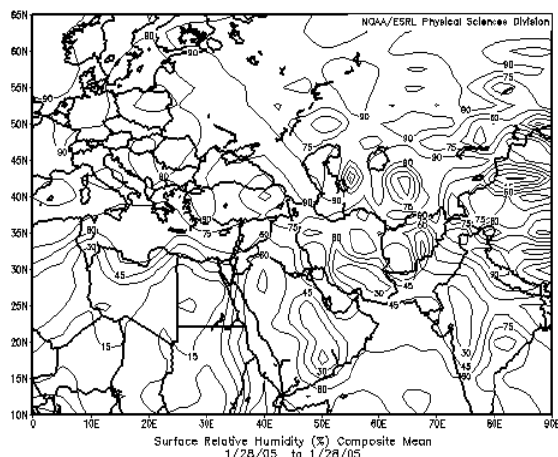
شکل ۴. هم‌ارتفاع‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده الگوی شماره ۱



شکل ۳. هم‌فشارهای سطح زمین برای روز نماینده الگوی شماره ۱



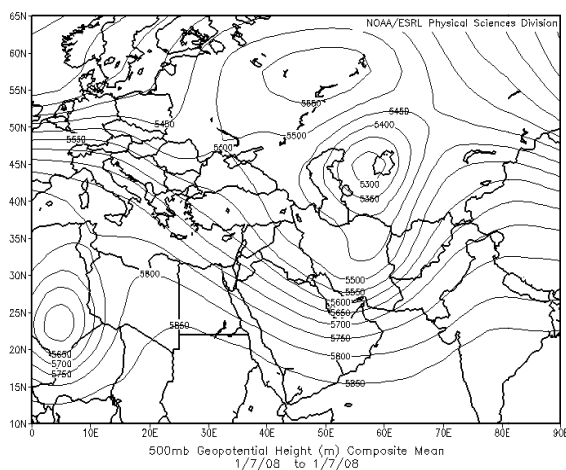
شکل ۶. سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده الگوی شماره ۱



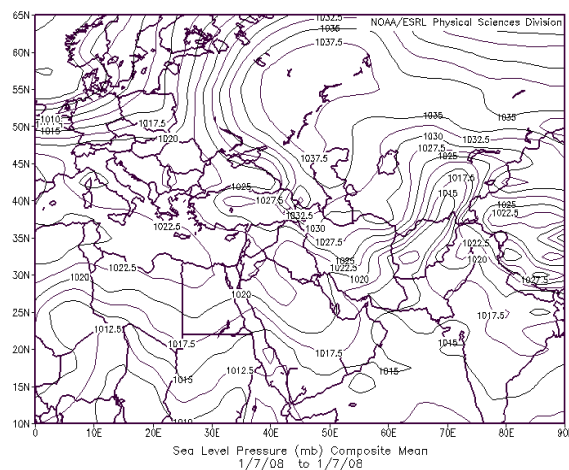
شکل ۵. رطوبت نسبی سطح زمین برای روز نماینده الگوی شماره ۱

دومین الگویی که در ماه‌های ژانویه تا مارس به تشکیل می‌شود، منطقه می‌انجامد، نفوذ سامانه‌ی پرفشار تشکیل شده بر روی سیبری از شمال غرب دریای خزر و وجود جریان‌های کاهنده‌ی شمالی تا شمال غربی در ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است. این سامانه‌ها، معمولاً، رطوبت کمی به همراه دارند و منجر به بارش نمی‌شوند. با توجه به رطوبتی که توسط سامانه‌های غربی، پیش از ورود این الگوها به منطقه وارد شده است، ورود هوای سرد با این سامانه‌ها و کاهش گنجایش رطوبتی هوا موجب تشکیل مه در منطقه می‌شوند. این الگو، بیشترین اثرگذاری را در تشکیل مه‌های منطقه داشته است؛ به گونه‌ای که ۳۳/۴ درصد از مه‌های شکل گرفته در منطقه با حاکمیت این الگو در ارتباط بوده است. شکل‌های شماره‌ی ۷، ۸، ۹ و ۱۰ الگوی هم‌فشارهای سطح زمین، هم‌ارتفاع‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو، رطوبت نسبی سطح زمین و سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو را برای روز هفتم ژانویه‌ی سال ۲۰۰۸ - به‌عنوان روز نماینده‌ی دومین الگوی همید مولد مه - نشان می‌دهد. در این روز، بندالی از نوع رکس توسعه‌یافته و پُراتفاق آن بر روی دریای خزر قرار گرفته و موجب حاکمیت هوای سرد در منطقه شده است؛ به گونه‌ای که دمای کمینه پس از

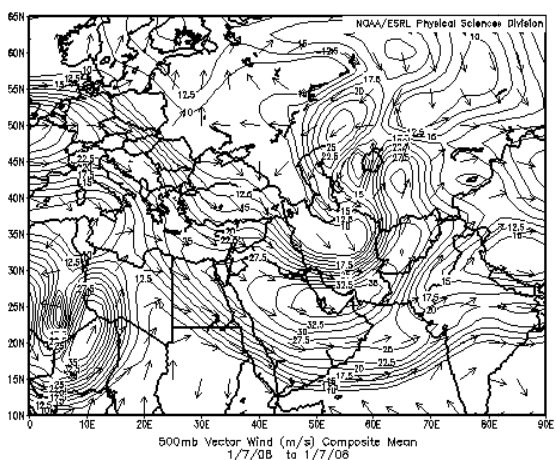
قرارگیری آن در منطقه، به‌طور محسوسی افت کرده و از ۱۲- درجه‌ی سانتی‌گراد در روز ششم ژانویه، به ۳۰- درجه‌ی سانتی‌گراد در روز هفتم ژانویه رسیده و تا روز دهم تداوم پیدا کرده است.



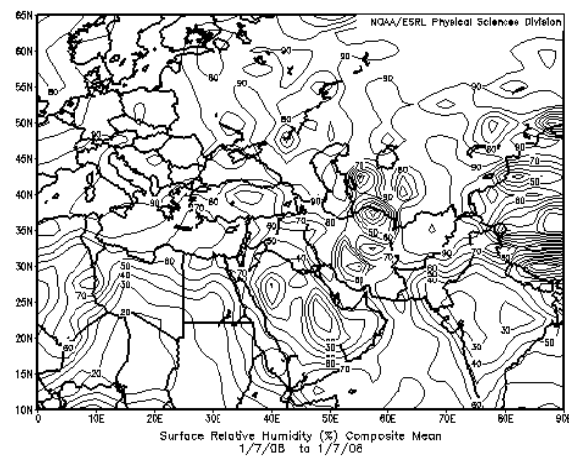
شکل ۸. هم‌ارتفاع‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۲



شکل ۷. هم‌فشارهای سطح زمین برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۲



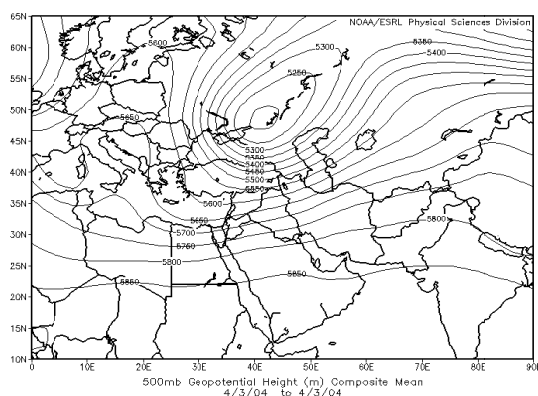
شکل ۱۰. سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۲



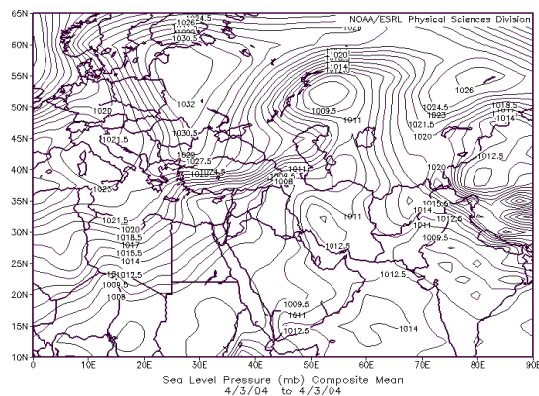
شکل ۹. رطوبت نسبی سطح زمین برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۲

الگوی دیگری (سومین الگو) که در ماه‌های آوریل تا ژوئن و همچنین در ماه‌های اکتبر و دسامبر موجب تشکیل مه در منطقه می‌شود، نفوذ زبانه‌های سامانه‌ی پرفشار شکل‌گرفته بر روی اروپای شرقی است که با گذر از روی دریای سیاه و کسب رطوبت در طول مسیر، وارد منطقه می‌شود. هنگامی که این سامانه با جریان‌های فزاینده‌ی قوی در ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو همراه شود، موجب ایجاد بارش‌های به‌نسبت خوبی در منطقه می‌شود. این سامانه‌ها در آغاز ورود به منطقه، با مه‌های وزشی همراه هستند و پس از جای‌گیری سامانه، با افت محیطی دما موجب تشکیل مه‌های تشعشی در منطقه می‌شوند. هنگامی که این سامانه با جریان‌های کاهنده در ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

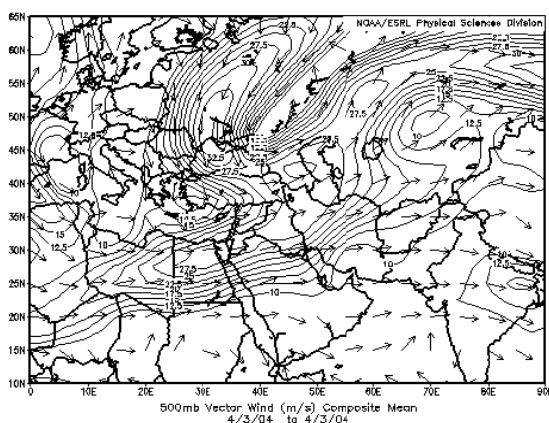
هکتوپاسکال جو همراه باشد، سبب نفوذ هوای سرد و به دنبال آن، تشکیل مه در منطقه می‌شود. پس از الگوی شماره‌ی ۲، این الگو بیشترین نقش را در مه‌زایی منطقه بر عهده داشته است. حدود ۲۷ درصد از مه‌های تشکیل شده در منطقه با وجود این الگو مرتبط است. شکل‌های شماره‌ی ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴، الگوی هم‌فشارهای سطح زمین، هم‌ارتفاع‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو، رطوبت نسبی سطح زمین و سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو را برای روز سوم آوریل سال ۲۰۰۴ - به‌عنوان روز نماینده‌ی سومین الگوی هم‌مدید مولد مه - نشان می‌دهد. در این روز، دید افقی ۱۰۰ متر و تمام آسمان پوشیده از ابر بوده است. متوسط دمای هوا و دمای نقطه‌ی شبنم نیز ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی هوا صددرصد بوده است. شکل شماره‌ی ۱۴ نیز جهت غربی تا شمال‌غربی با منشأ اروپای شرقی بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۳ را نشان می‌دهد.



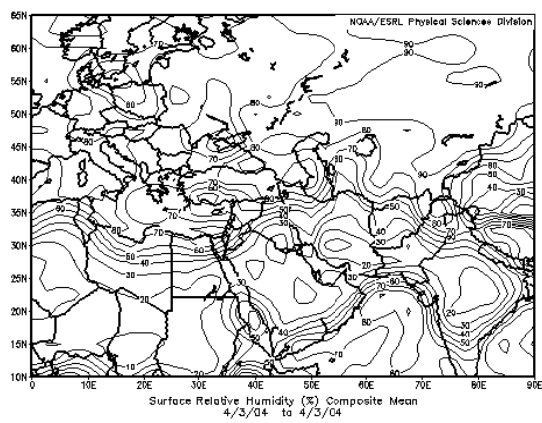
شکل ۱۲. هم‌ارتفاع‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۳



شکل ۱۱. هم‌فشارهای سطح زمین برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۳



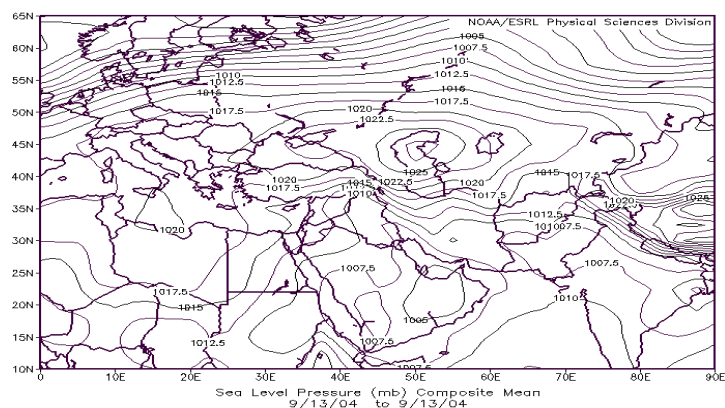
شکل ۱۴. سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۳



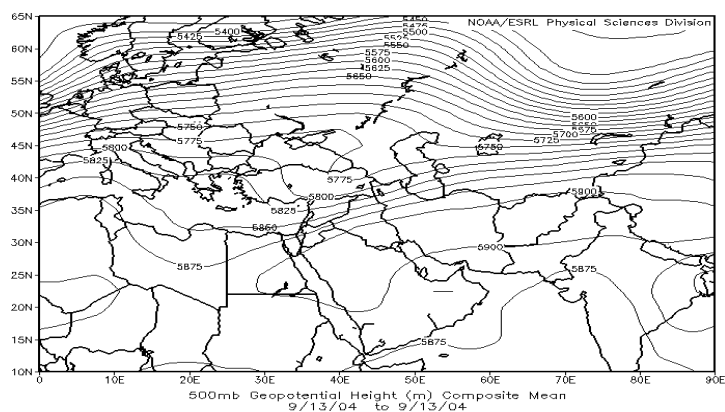
شکل ۱۳. رطوبت نسبی سطح زمین برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۳

چهارمین الگوی هم‌مدید که بیشتر در ماه‌های آوریل، می و همچنین ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر موجب پدیداری مه در منطقه می‌شود، تشکیل مرکز پرفشار حرارتی بر روی دریای خزر و نفوذ زبانه‌های این سامانه بر روی منطقه است.

زمانی که این سامانه با جبهه همراه باشد، موجب بارندگی و تشکیل مه در منطقه می‌شود و اگر در ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو، جریان‌های فزاینده وجود داشته باشد، موجب تشدید بارندگی‌ها و تشکیل مه‌های جبهه‌ای و تشعشی در منطقه می‌شود. الگوی شماره‌ی ۴، در شکل‌گیری ۲۰ درصد از مه‌های فرودگاه اردبیل نقش‌آفرینی کرده است. شکل‌های شماره‌ی ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸، الگوی هم‌فشارهای سطح زمین، هم‌ارتفاع‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو، رطوبت نسبی سطح زمین و سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو را برای روز سیزدهم سپتامبر سال ۲۰۰۴ - به‌عنوان روز نماینده‌ی چهارمین الگوی هم‌دید مؤلده - نشان می‌دهد. جهت غربی بادهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۴ در شکل شماره‌ی ۱۸ مشخص است. در این روز، دید افقی ۱۰۰ متر گزارش شده است. با توجه به الگوهای هم‌دید معرفی شده، ملاحظه می‌شود که الگوهای شماره‌ی ۲، ۳، ۴ و ۱ به‌ترتیب بیشترین نقش را در مه‌زایی‌های منطقه داشته و وجود آنها، شرایط لازم برای تشکیل مه در منطقه را فراهم می‌کند. این الگوها بیشتر در فصول سرد سال، منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. گرچه، سامانه‌های غربی نیز با فعالیت خود در این فصول، زمینه‌ساز بارش‌های خوب در منطقه شده و رطوبت لازم را برای پدیده‌ی مه در منطقه فراهم می‌کنند. با خروج این سامانه‌ها از منطقه و جایگزینی با الگوهای هم‌دید گفته‌شده، زمینه‌ی تشکیل مه در منطقه فراهم می‌شود.

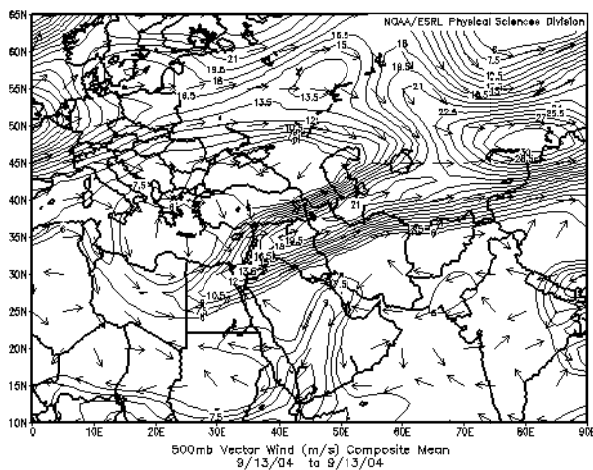
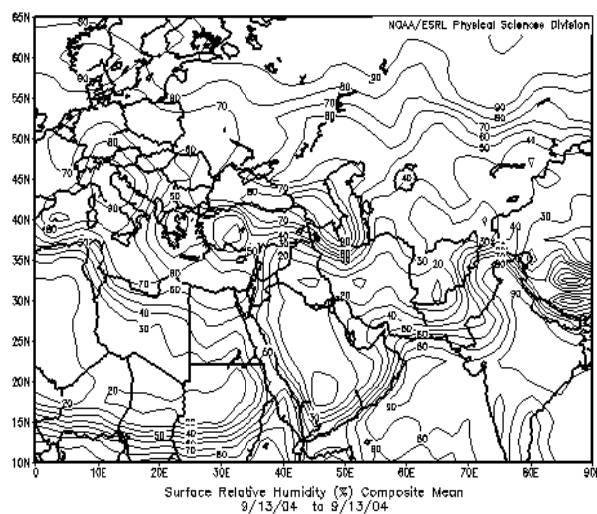


شکل ۱۵. هم‌فشارهای سطح زمین برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۴



شکل ۱۶. هم‌ارتفاع‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو برای روز نماینده‌ی الگوی شماره‌ی ۴

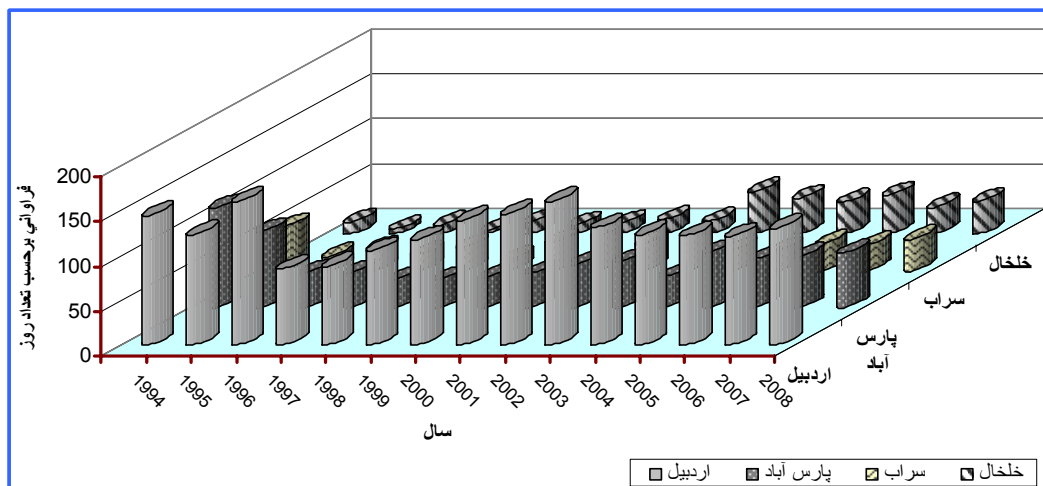
شکل ۱۷. رطوبت نسبی سطح
زمین برای روز نماینده
الگوی شماره ۴



شکل ۱۸. سرعت و جهت بادهای
تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز
نماینده الگوی شماره ۴

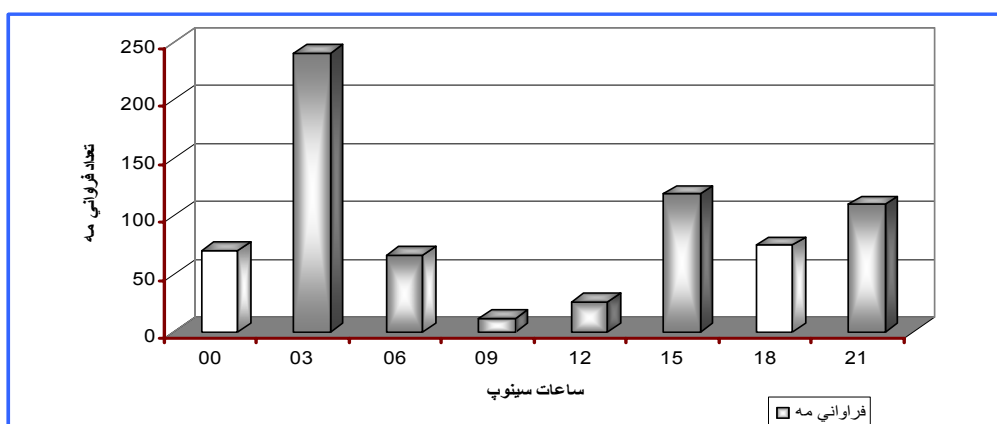
سامانه‌های همدید، معمولاً منطقه‌ی وسیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این سامانه‌های جوئی که به گردش عمومی جو و سامانه‌های فشار وابسته‌اند، در خارج از منطقه شکل گرفته و با حرکت به سمت منطقه، اقلیم آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هر یک از این سامانه‌های جوئی، ویژگی‌های مشابهی از نظر دما، رطوبت و فشار دارند و وارد هر منطقه‌ای که می‌شوند این ویژگی‌ها را به آنجا منتقل می‌کنند. در عین حال، وضعیت توپوگرافی منطقه نیز می‌تواند ویژگی‌های این سامانه‌ها را تعدیل یا تشدید کند. چهار الگوی همدید غالب که موجب تشکیل مه در منطقه‌ی مورد بررسی شدند، معمولاً تمام نیمه‌ی غربی و شمالی کشور را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ ولی با توجه به شکل شماره‌ی ۱۹ که تعداد روزهای مه‌آلود در چهار ایستگاه هواشناسی همدید فرودگاه اردبیل، پارس آباد، سراب و خلخال مورد مقایسه قرار گرفته‌اند، ملاحظه می‌شود، اگرچه الگوهای همدید یکسانی این ایستگاه‌ها را تحت تأثیر قرار داده‌اند؛ ولی فراوانی تعداد روزهای همراه با مه در ایستگاه هواشناسی فرودگاه اردبیل، تفاوت زیادی با ایستگاه‌های دیگر دارد. نزدیکی به دریای خزر، وجود گردنه‌ی حیران - که همچون کانالی برای گذر رطوبت دریای خزر به منطقه عمل می‌کند - وجود کوه‌های تالش و باغرو در شرق منطقه - و سرازیر شدن هوای سرد در طول شب از روی این کوه‌ها به منطقه - وجود رودخانه‌ی قره‌سو در راستای ضلع شرقی فرودگاه اردبیل - که در فصول سرد و به هنگام پُر آبی، رطوبت لازم برای تشکیل مه‌های تشعشی

کم عمق محلی را فراهم می‌کند - به‌همراه هم، تأثیر افزایشی در تشکیل مه‌های فرودگاه اردبیل دارند.



شکل ۱۹. نمودار تعداد روزهای همراه با مه در ایستگاه‌های هواشناسی فرودگاه اردبیل، پارس‌آباد، سراب و خلخال (۱۹۹۴-۲۰۰۸)

مه، مهم‌ترین و عمده‌ترین پدیده‌ی جوئی مؤثر در کاهش توانایی دید در فرودگاه اردبیل است. این پدیده در تمامی فصول و ماه‌های مختلف سال و ساعات مختلف شبانه‌روز با فراوانی زیادی نسبت به پدیده‌های دیگر جوئی روی می‌دهد. تعداد نوبت‌هایی که پدیده‌ی مه در ساعات مختلف سینوپ در دوره آماری مورد مطالعه در ایستگاه همدید فرودگاه اردبیل دیده شده در شکل شماره‌ی ۲۰ مشخص شده است. با توجه به این شکل، ساعات ۰۳ و ۱۵ گریجویچ به‌ترتیب با ۲۳۴ و ۱۱۸ مورد، بیشترین رخداد مه و ساعت ۰۹ گریجویچ با ۱۲ مورد، کمترین رخداد پدیده‌ی مه را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۲۰. فراوانی مه در ساعات سینوپ در ایستگاه هواشناسی فرودگاه اردبیل (۲۰۰۴-۲۰۰۸)

با توجه به شکل ۲۰، پدیده‌ی مه در تمام ماه‌های سال، در ساعت ۰۳ گریجویچ و هم‌زمان با طلوع خورشید بیشترین فراوانی را نشان می‌دهد. پس از طلوع خورشید، کم‌کم از غلظت مه کاسته شده و معمولاً در ساعت ۰۹ گریجویچ، شرایط

مناسبتی از نظر توانایی دید در منطقه وجود دارد. بررسی میزان تأثیر پدیده‌ی مه در کاهش دید ماه‌های مختلف سال در ایستگاه هواشناسی فرودگاه اردبیل در دوره آماری، نشان داد که در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت، از ساعت ۰۶ تا ۲۱ گرینویچ، توانایی دید مناسب در منطقه وجود دارد. در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس، دید مناسب از ساعت ۰۹ تا ۱۲ گرینویچ در منطقه وجود دارد. در ماه‌های آوریل، می، سپتامبر و اکتبر، از ساعت ۰۸ تا ۱۴ گرینویچ می‌توان در منطقه دید مناسبی داشت. بنابراین بهترین زمان برای انجام عملیات پروازی و نشست و برخاست هواپیماها در ماه‌های آوریل، می، سپتامبر و اکتبر از ساعت ۰۸ تا ۱۴ گرینویچ و در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس از ساعت ۰۹ تا ۱۲ گرینویچ است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج ضرایب همبستگی اسپیرمن و معادله‌های رگرسیون چندگانه بین عناصر اقلیمی منطقه‌ی مورد مطالعه، نشان داد که پدیده‌ی مه در فرودگاه اردبیل با رطوبت نسبی، همبستگی معناداری در سطح خطای ۰/۰۵ دارد و با توجه به تغییرات رطوبت نسبی، می‌توان تغییرات توانایی دید و مه را پیش‌بینی کرد. با آگاهی از اینکه توانایی دید و تشکیل مه به عناصر دمای خشک، دمای نقطه‌ی شبنم، سمت و سرعت باد و تغییرات فشار نیز وابسته است، برای پیش‌بینی رخداد مه باید تغییرات این عناصر نیز در نظر گرفته شود. با بررسی نقشه‌های هم‌فشارهای سطح زمین، رطوبت نسبی، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو و سرعت و جهت بادهای آن تراز برای روزهای همراه با مه، مشخص شد که چهار الگوی غالب هم‌دید که در فصول مختلف سال به تشکیل مه در فرودگاه اردبیل می‌انجامند، بیشتر در سطح زمین، شامل نفوذ زبان‌های پُرفشار سیبری از شمال غرب و شمال شرق دریای خزر، زبان‌های پُرفشار تشکیل شده بر روی اروپای شرقی و پُرفشار حرارتی فراز دریای خزر و در سطح بالا، بیشتر شامل جریان‌های کاهنده و فزاینده‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو هستند. حدود ۴۱ درصد از مه‌های روی داده در منطقه، از نوع تشعشعی است. مه‌های تشعشعی در فصول سرد سال و در ساعات ۱۸ تا ۰۳ گرینویچ رخ داده و تا ساعت ۰۶ گرینویچ تداوم دارند. حدود ۳۱ درصد از مه‌های روی داده در منطقه از نوع جبهه‌ایست. مه‌های جبهه‌ای در ماه‌های مارس و آوریل و همچنین در ماه‌های سپتامبر تا دسامبر فراوانی بیشتری دارند. در این ماه‌ها، سامانه‌هایی که با جبهه همراه بوده‌اند، بخش بزرگی از منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. حدود ۲۸ درصد از مه‌های رخ داده در منطقه، از نوع فرارفتی هستند. مه‌های فرارفتی در ماه‌های اکتبر تا دسامبر و نیز، در ماه‌های مارس و آوریل فراوانی بیشتری دارند. این نوع مه، در ساعات ۱۲، ۱۵ و ۱۸ گرینویچ از فراوانی بیشتری برخوردار بوده و معمولاً به صورت وزشی و از مناطق هم‌جوار وارد منطقه می‌شوند. ساعات ۰۳ و ۱۵ گرینویچ به ترتیب با ۲۳۴ و ۱۱۸ مورد، بیشترین رخداد مه و ساعت ۰۹ گرینویچ با ۱۲ مورد، کمترین رخداد پدیده‌ی مه را در طول دوره آماری مورد مطالعه داشته‌اند. بهترین زمان برای انجام عملیات پروازی و نشست و برخاست هواپیماها در ماه‌های آوریل، می، سپتامبر و اکتبر از ساعت ۰۸ تا ساعت ۱۴ گرینویچ، در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس، ساعت ۰۹ تا ۱۲ گرینویچ و در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت، از نیم‌روز تا نزدیکی‌های غروب است.

منابع

- Alizadeh, A., Kamali, G., Mousavi, F., Mousavi Bygi, M., 2005, **Weather & Climate**, 7th Edition, Ferdosi Publication, Mashhad.
- 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.
- 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.
- 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.
- Gultepe, I.R., Tardif, S., Michaelides, C., 2007, **Fog Research: a Review of Past Achievements and Future Perspectives**, Pure and Applied Geophysics, 164, PP. 1121–1159.
- Jahanbakhsh, S., Hosseini, A., 2002, **Wind: Effective Factor in Design of Airport, Case Study: Airport of Mianeh**, Geographic Space, No. 6, PP. 1-18.
- Jahanbakhsh, S., Zahedi, M., Hosseini, A., 2003, **Analysis of Temperature & Frost in Relation to Airport Climate**, Researches in Geography, No. 50, PP. 19-33.
- Jahanbakhsh, S., Sari Sarraf, B., Hosseini, A., 2006, **Evaluation of Flight Line Extension in Ardabil Airport by Analyzing the Wind Element**, Research in Geography, No. 57, PP. 113-126.
- Kaviani, M., 2008, **Microclimatology**, 3rd edition, Samt, Tehran.
- Khodabakhsh, H., 2004, **Investigation of Synoptic Condition of Fog Occurrence in Shahid-Beheshti Airport of Isfahan**, Applied Research, Group of Physical Geography, Isfahan Meteorology Office.
- Mansourfar, K., 2006, **Advanced Statistical Methods Using Applied Software**, University of Tehran.
- Meyer, W, D., Rao, G, V., 1999, **Radiation Fog Prediction Using a Simple Numerical Model**, Pure and Applied Geophysics, 155, PP. 57–80.
- Newham, P., 2004, **Fog Forecasting for Melbourne Airport**, 3rd Conference on Fog, Fog Collection and Dew, Cape Town, South Africa, P. 1.
- 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.
- 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.
- 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.

- Teixeira, J. and Miranda, P.M.A., 2001, **Fog Prediction at Lisbon Airport Using a One-dimensional Boundary Layer Model**, Meteor, Applications Vol. 8, No. 4, PP. 497–505.
- Thongphasuk, V., 2001, **Forecasting Dense Fog Covering Donmuang Aerodrome**, Thai Meteorological Department, PP. 41–42.
- Viojovic, D., Veljovik, K., 2008, **Fog Analysis in Belgrade International Airport**, Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, P. 1.
- Zhou, B., Du1, J., Ferrier, B., Queen, J., Dimego, G., 2007, **Numerical Forecast of Fog-central Solutions**, 18th Conference on Numerical Weather Prediction, AMS, Park City, UT, PP. 1-13.