

بررسی احتمال رخداد مه در گستره های دمایی مختلف (مطالعه موردی: ایستگاه های همدیدی استان کردستان)

مژده پدرام¹، فاطمه صحراييان²
1 و 2- پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران

چکیده

در این مطالعه با یافتن ارتباطی منطقی بین فراوانی رخداد مه و متغیر دما در یک محل، احتمال رخداد مه در شرایط دمایی نقطه مورد نظر برآورد شده است. برای این منظور از داده‌های 7 ایستگاه همدیدی استان کردستان در دوره آماری موجود هر ایستگاه به طور موردی استفاده شده است. ابتدا فراوانی نسبی و تجمعی رخداد مه در گستره‌های دمایی مختلف برای هر ایستگاه تعیین شده‌اند. سپس فراوانی نسبی تجمعی ماهانه و فصلی رخداد مه برای یک دوره آماری مشترک 15 ساله (1992-2006) بین این ایستگاه‌ها محاسبه شده‌اند. برای کاهش ریسک ناشی از این پدیده و آمادگی لازم برای پیشگیری از بروز خطر، دمای آستانه رخداد آن در هر ایستگاه برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهند به جز در ایستگاه قروه بیشینه فراوانی رخداد مه در گستره دمایی 8°C - تا 6°C - و به تعداد 71 مورد بوده است، در سایر ایستگاه‌ها بیشترین رخداد مه در دماهای بین 2°C - تا 0°C مشاهده شده است. از کل تعداد دیدبانی‌های رخداد مه در هر ایستگاه، در قروه $13/3\%$ ، مریوان $34/3\%$ ، سنندج $30/3\%$ ، زرینه اوباتو $19/3\%$ ، سقز $39/3\%$ و در بیجار $26/3\%$ موارد مه در دماهای مثبت رخ داده است. در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه، رخداد مه در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر قابل ملاحظه بوده و در ماه‌های آوریل، می و اکتبر ناچیز و در سایر ماه‌ها (جون، جولای، اگوست و سپتامبر) مه رخ نداده است. طی دوره آماری مشترک 15 ساله، بیشینه فراوانی رخداد مه در ماه دسامبر و در ایستگاه زرینه به میزان 177 مورد بوده است. در فصل زمستان به دلیل کاهش دما و افزایش نم نسبی، در کلیه ایستگاه‌ها رخداد مه بیشتر از فصل‌های دیگر سال است.

کلمات کلیدی: مه، دمای خشک، فراوانی نسبی و تجمعی، استان کردستان.

مقدمه

در هواشناسی مه به ابری در سطح زمین گفته می شود که میدان دید افقی ناظر را به کمتر از 1000 متر کاهش دهد و عموماً در فصل های سرد سال شکل می گیرد و مهم ترین اثر آن کاهش دید افقی و قائم است. مه یکی از اصلی ترین مخاطرات جوی جاده ای است. اگر چه مخاطراتی نظیر یخبندان، برف و باد شدید به ویژه اگر با یکدیگر ترکیب و در تاریکی شب رخ دهند در جاده ها بسیار مشکل ساز هستند اما با دقت خوبی می توانند پیش بینی و پایش شوند. پیش بینی مه به علت تغییر پذیری زیاد آن بسیار مشکل و پایش آن نیز پرهزینه است و با وجود پیشرفت فناوری های جدید، هنوز هم خطری جدی برای بخش حمل و نقل محسوب می شود. بر اساس نتایج بررسی های آلتون مارش از خلبانان موسسه ایمنی پرواز ایالات متحده تقریباً سه چهارم اوقات، سوانح هوایی رخ داده در شرایط مه آلود منجر به فوت می شود. بین سال های 1975 و 1995 در ایالت ایلینویز امریکا سالانه تعداد 4000 برخورد وسایل نقلیه در اثر پدیده مه گرفتگی به وقوع پیوسته است.

مطالعات و بررسی های بسیار اجمالی در رابطه با مه و مخاطرات جاده ای در برخی نقاط دنیا صورت گرفته است تاردیف و راسموسن (2006) از مرکز تحقیقات علوم جوی دانشگاه کلرادو ویژگی های رخداد مه در نیویورک را با استفاده از داده های اقلیمی 20 ساله بررسی کردند. نتایج مطالعات آن ها نشان می دهد که فراوانی رخداد مه رابطه معکوس با حضور جزیره گرمایی در نیویورک دارد در حالی که تحت تاثیر مستقیم محیط دریایی، افزایش می یابد.

در ایران، جمالی و جوانمرد در سال 1382، به منظور بررسی نقش بارورسازی ابرهای تراز پایین در ارتقاء ایمنی جاده های کوهستانی مبادرت به پهنه بندی میانگین روزهای مه آلود کشور طی دوره آماری 1961-1999 نمودند و بدین نتیجه رسیدند که بیشترین فراوانی مه مربوط به ناحیه کوهستانی شمال غرب و غرب کشور در ماه های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر است. حبیبی نوخندان (1384) در مطالعه اثرات رخداد مه بر حمل و نقل جاده ای ایران، توزیع زمانی و مکانی نقاط آسیب پذیر کشور را بر اساس آستانه های بحرانی

(دید کمتر از 1000 متر) تعیین نمود. طبق نتایج به دست آمده استان های خوزستان، اردبیل و سیستان و بلوچستان به عنوان مهم ترین مناطق بحرانی تعیین شدند. امینی و همکاران (1384) ضمن معرفی خدمات مراکز پیش بینی هواشناسی برای ناوگان هوایی و نحوه پیش بینی پدیده های مخاطره آمیز جوی نظیر مه در امر هوانوردی، راه کارهای مناسبی را برای کاهش خسارات این گونه مخاطرات ارائه کرده اند. ساری صراف و همکاران (1388) نقش پدیده های مختلف جوی را در بروز تصادفات جاده ای محور ساری - رامسر مورد مطالعه قرار دادند. آنان با بررسی فراوانی و شدت تصادفات در این محور طی یک دوره سه ساله (1386 - 1384)، نتیجه گرفتند که حداکثر تعداد تصادفات در شرایط هوایی مه آلود در فاصله 111 تا 161 کیلومتری این محور به علت به حداقل رسیدن فاصله کوه و دریا رخ داده است. در پروژه ای که طی سال های اخیر با همکاری پژوهشکده هواشناسی و پژوهشکده حمل و نقل (1390) با هدف بررسی شرایط آب و هوایی موثر بر ایمنی حمل و نقل و تعیین مناطق مستعد وقوع مه به انجام رسید علاوه بر تحلیل داده های هواشناسی در گستره کشور از تصاویر ماهواره ای نیز استفاده شد.

پیش آگاهی از رخداد محلی مه و شرایط جوی جاده هایی که دارای نقاط مستعد وقوع مه هستند، برای امنیت و سلامتی کاربران و اینکه انجام عملیات مه زدایی در آن مناطق از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هست یا نه بسیار مهم و مستلزم مطالعات و تحقیقات جامعی است. امروزه صدور پیش آگاهی ها و هشدارهای جوی - جاده ای با توجه به نوع این پدیده بر اساس آستانه های میدان دید حاصل از دیدبانی های هواشناسی انجام می گیرد. مطالعات و تحقیقات انجام شده نشان داده چنانچه دید به کمتر از 150 متر کاهش یابد، رانندگان علاوه بر داشتن فشار روحی زیاد، به طور قابل توجهی در معرض مخاطرات قرار خواهند گرفت. رخداد پدیده مه به راحتی و تنها با استفاده از اندازه گیری های سنسجش از دور مانند رادارهای هواشناسی و ماهواره ها قابل مطالعه نیست. مه در ارتفاعات بسیار پایین که توسط رادارهای معمولی قابل آشکارسازی نیست، تشکیل می شود و تمیز دادن آن از ابرهای استراتوس (پوشنی) برای ماهواره ها کار

استخراج شده‌اند. شایان گفتن است که در کلیه رکوردهای ثبت شده نم نسبی بیش از 80٪ بوده و دید افقی کمتر از 1000 متر است. انتخاب این ایستگاه‌ها بر اساس طول دوره آماری و کیفیت مناسب داده‌ها صورت گرفته است که در بین آنها سنندج و سقز طولانی‌ترین دوره را به ترتیب به مدت 48 و 47 سال دارا هستند. طول دوره آماری دیگر ایستگاه‌ها کمتر از 22 سال است. با وجودی که داده‌های اخذ شده از بانک اطلاعات سازمان هواشناسی کشور پس از کنترل کیفی در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. در این مطالعه داده‌ها و موارد مشکوک مجدداً مورد بازبینی قرار گرفته‌اند.

بدیهی است که در صورت وجود شرایط جوی محلی مناسب برای تشکیل مه، احتمال رخداد آن در دماهای کم و زیر صفر به مراتب بیشتر از دماهای بیش از صفر درجه سلسیوس است. از این رو برای کاهش ریسک ناشی از این پدیده و آمادگی لازم برای پیشگیری از بروز خطر و واکنش سریع در برابر آن، برآورد احتمال رخداد این پدیده در دماهای مثبت، باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد. در نتیجه آن چه که اهمیت دارد تعیین دمای آستانه تشکیل مه است. به عبارت دیگر در صورت وجود نم نسبی بالای 80٪، از چه دمایی کمتر احتمال رخداد مه وجود دارد؟ به منظور یافتن پاسخ این پرسش، فراوانی رخداد مه در گستره‌های مختلف دمایی تعیین شدند. سپس با استفاده از مقادیر فراوانی، فراوانی نسبی و فراوانی نسبی تجمعی رخداد این پدیده در ایستگاه‌های مختلف استان برای گستره‌های دمایی مختلف تعیین و هیستوگرام‌های مربوطه رسم شدند. مقادیر فراوانی نسبی بر آورد مناسبی را از نظر احتمالاتی به دست می‌دهد. با استفاده از مقادیر فراوانی نسبی تجمعی نیز می‌توان تخمین زد که در هنگام رخداد مه، احتمال آن که مقدار دما مساوی یا کمتر از مقدار معینی باشد، چقدر است. آنچه که اهمیت دارد، تعیین احتمال وقوع مه در دماهای بیش از صفر درجه است. در این تحقیق سعی شده است تخمینی از این احتمال، در شرایط محلی مساعد برای تشکیل مه، به دست آورده شود. علاوه بر این، فراوانی نسبی تجمعی رخداد مه در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی یک دوره آماری مشترک

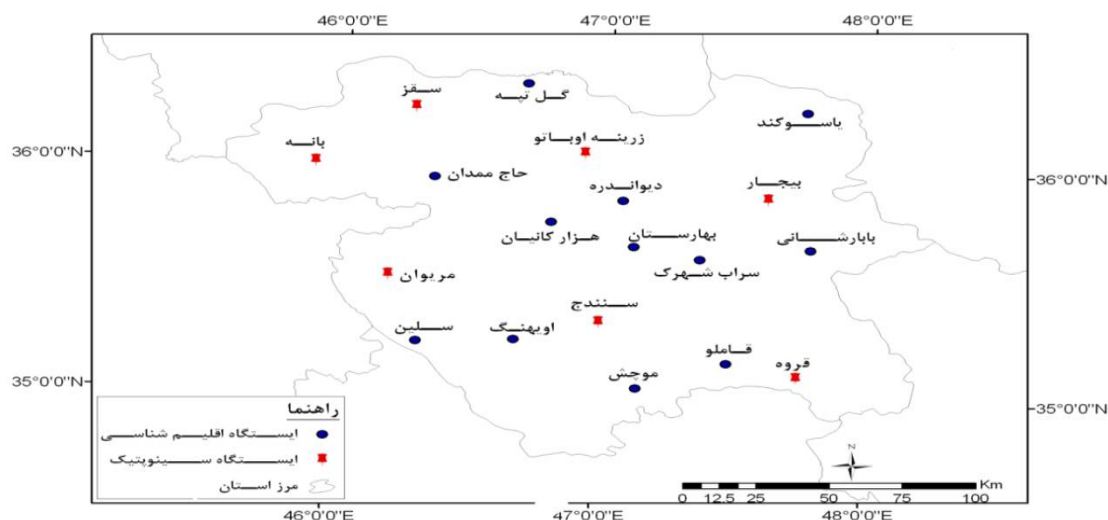
دشواری است. با این وجود استفاده از ماهواره‌ها یکی از گزینه‌های مناسب برای مشاهده مه در مقیاس‌های وسیع است که اندازه‌گیری‌ها را با تفکیک زمانی و مکانی بالا انجام می‌دهد. در برخی موارد نظیر مه بسیار گسترده، به کمک تکنیک‌های چند طول موجی امکان مطالعات معمولی، فراهم آمده است.

از آنجا که پارامتر دما نقش اساسی در ایجاد شرایط تشکیل مه دارد، در این مطالعه سعی شده است که با یافتن ارتباطی منطقی بین فراوانی رخداد مه و متغیر دما در یک نقطه، احتمال رخداد مه را در شرایط دمایی محل مورد نظر برآورد کرد. برای این منظور از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استان کردستان به طور موردی استفاده شده است. استان کوهستانی کردستان دارای گردنه‌های مه‌گیر فراوان نظیر صلوات آباد و همه کسی در محور سنندج-همدان، درکه و مروارید در محور سنندج-کامیاران، صوفیان در محور سنندج-مریوان، دشت اوباتو در محور دیواندره-سقز و ... می‌باشد. با توجه به بررسی انواع شاخص‌های تصادفات در جاده‌های استان کردستان، محورهای فوق جزء محورهایی هستند که در طی سال‌های 1385-1387 بیشترین میزان رشد تلفات جاده‌ای استان را داشته‌اند. بررسی توزیع مکانی تصادفات ناشی از رخداد مه در ایران برای دوره آماری 1369-1377 نیز نشان می‌دهد که 7/1٪ این نوع تصادفات در استان کردستان رخ داده است. بنابراین هرگونه مطالعه و تحقیقی در مورد زمان و مکان رخداد مه در این منطقه می‌تواند گام مؤثری در کاهش سوانح، تصادفات و خسارت‌های احتمالی آن باشد. در این مطالعه با بررسی فراوانی رخداد مه در گستره‌های دمایی مختلف، آستانه‌های دمایی بالا و پایین رخداد این پدیده مخاطره‌آمیز در هر یک از ایستگاه‌های هواشناسی استان تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور یافتن ارتباطی بین فراوانی رخداد مه و متغیر دما تاریخ‌های رخداد پدیده‌هایی که با اعداد رمز نمایانگر رخداد مه گزارش می‌شوند، به همراه مقدار دما در همان ساعت دیدبانی برای 7 ایستگاه همدید استان (شکل 1)

(1992-2006) به صورت ماهانه و فصلی نیز محاسبه و مقایسه شده‌اند.



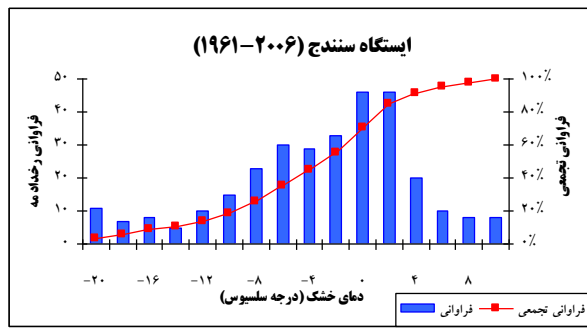
شکل شماره 1- ایستگاه‌های هواشناسی استان کردستان

بحث و نتایج

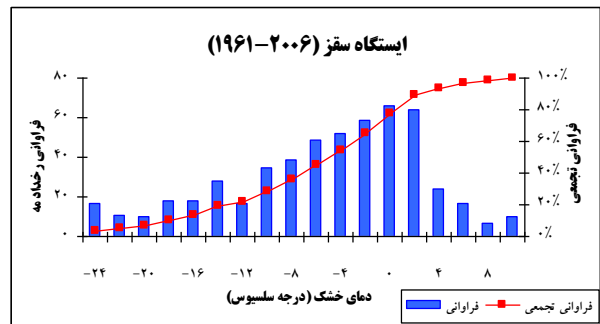
تخمین زد که هنگام رخداد مه به احتمال 95٪ مقدار دما در ایستگاه‌های قروه، مریوان و سنندج مساوی یا کمتر از 2 درجه سلسیوس و در ایستگاه‌های زرینه اوباتو، سقز و بیجار مساوی یا کمتر از 4 درجه سلسیوس است. از کل تعداد رخداد مه، در ایستگاه قروه 13/3٪، در مریوان 34٪، در سنندج 30٪، در زرینه اوباتو 19٪، در سقز 39٪ و در بیجار 26٪ مورد در دماهای مثبت رخ داده است.

شکل‌های 3 و 4 به ترتیب فراوانی میانگین ماهانه و فصلی رخداد مه در ایستگاه‌های منتخب استان را طی دوره آماری مشترک 2006-1992 نشان می‌دهند. مطابق شکل 3 در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه بیشترین رخداد مه مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر بوده و کمترین رخداد مه مربوط به ماه‌های آوریل، می و اکتبر می‌باشد بیشینه رخداد مه در ماه دسامبر در ایستگاه زرینه بوده است. همان‌گونه که انتظار می‌رود، شکل 4 نشان می‌دهد که در کلیه ایستگاه‌ها در فصل زمستان رخداد مه بیشتر است که این امر به دلیل کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی در این فصل نسبت به فصل‌های دیگر سال است.

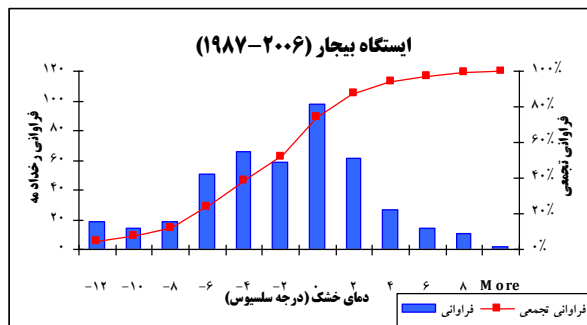
در شکل‌های 2 (الف تا ز) فراوانی و فراوانی نسبی تجمعی رخداد مه در گستره‌های دمایی مختلف برای 7 ایستگاه مورد مطالعه در سطح استان آورده شده‌اند. به جز ایستگاه قروه که بیشینه فراوانی رخداد مه در آن در گستره دمایی 6- الی 8- درجه سلسیوس و به میزان 71 مورد بوده است در سایر ایستگاه‌ها بیشترین رخداد مه در گستره دمایی 2- تا صفر درجه سلسیوس و به ترتیب در ایستگاه زرینه اوباتو به تعداد 216 مورد، در ایستگاه بیجار 98 مورد، در ایستگاه سقز 66 مورد در ایستگاه مریوان 56 مورد، در ایستگاه سنندج 46 مورد و در ایستگاه بانه 6 مورد در دوره آماری موجود هر ایستگاه مشاهده شده است. بدیهی است که احتمال رخداد مه در دماهای کم و زیر صفر بیش از دماهای بیش از صفر درجه سلسیوس است. بنابراین آنچه که برای کاربران، مسئولین و برنامه‌ریزان اهمیت دارد، برآورد احتمال رخداد این پدیده در دماهای مثبت است. بر اساس دیدبانی‌های انجام شده در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه رخداد مه حتی در دمای 8 درجه سلسیوس نیز گزارش شده است هر چند تعداد آن‌ها بسیار کم بوده است. با استفاده از مقادیر فراوانی نسبی تجمعی در هر گروه دمایی می‌توان



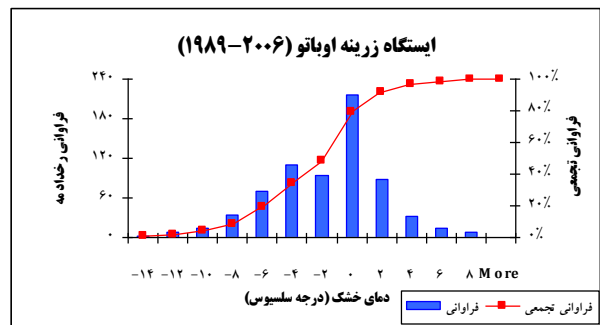
شکل شماره 2. ب. فراوانی رخداد ماه در ایستگاه سندج در دوره آماری 2006-1961



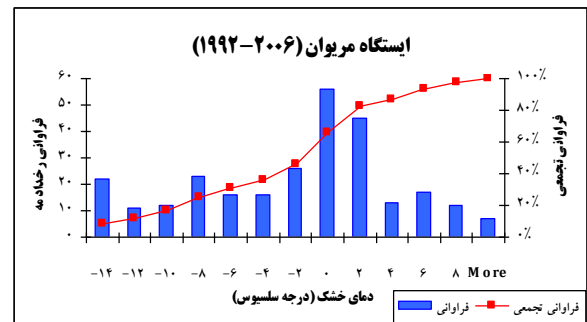
شکل شماره 2. الف. فراوانی رخداد ماه در ایستگاه سقز در دوره آماری 1961-2006



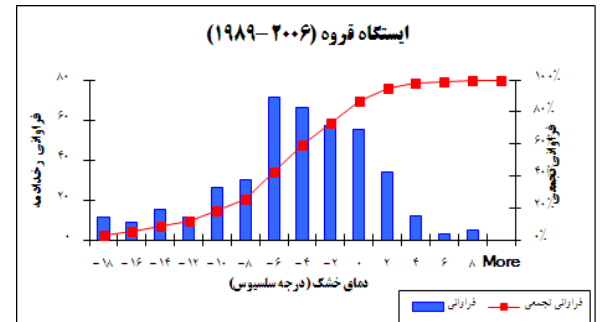
شکل شماره 2. د. فراوانی رخداد ماه در ایستگاه بیجار در دوره آماری 1987-2006



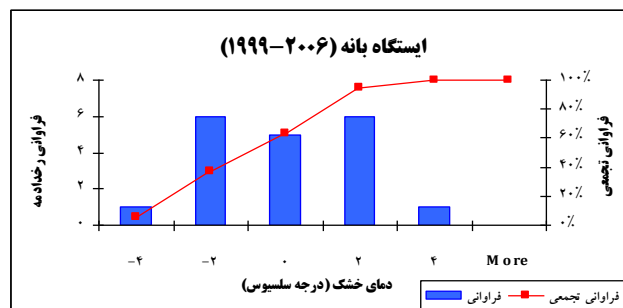
شکل شماره 2. ج. فراوانی رخداد ماه در ایستگاه زرینه اوباتو در دوره آماری 1989-2006



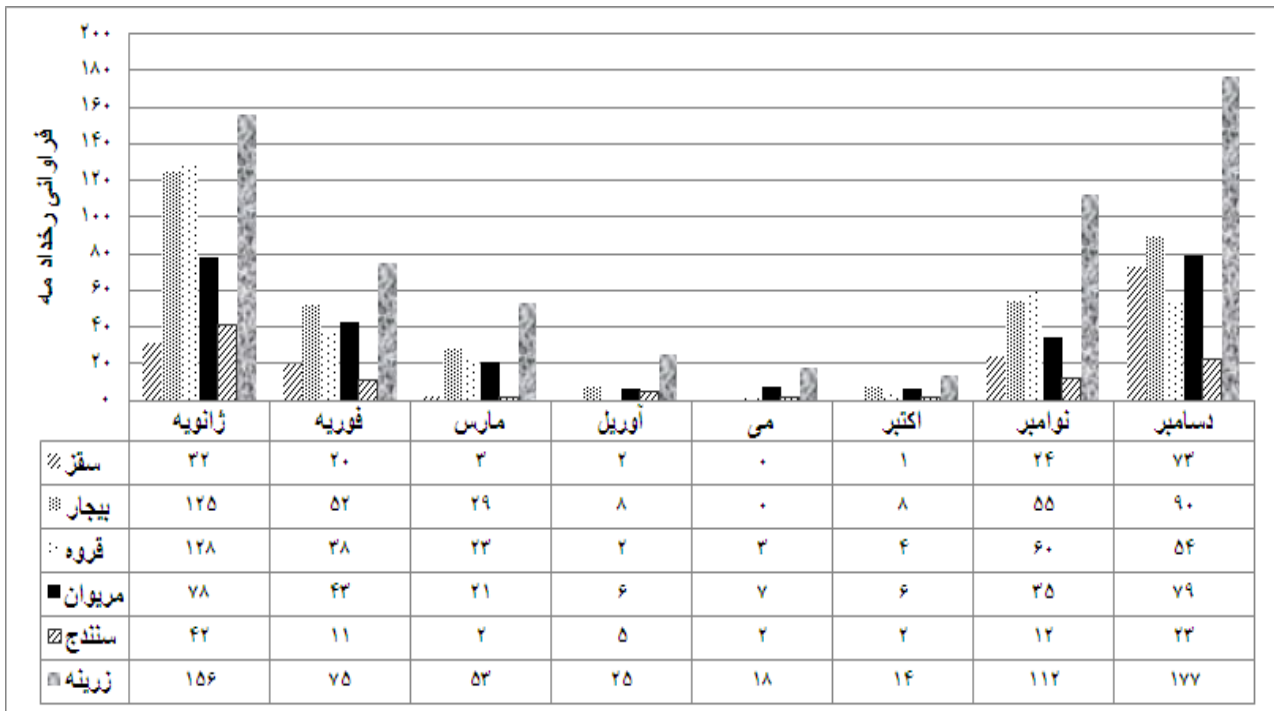
شکل شماره 2. و. فراوانی رخداد ماه در ایستگاه مریوان در دوره آماری 1992-2006



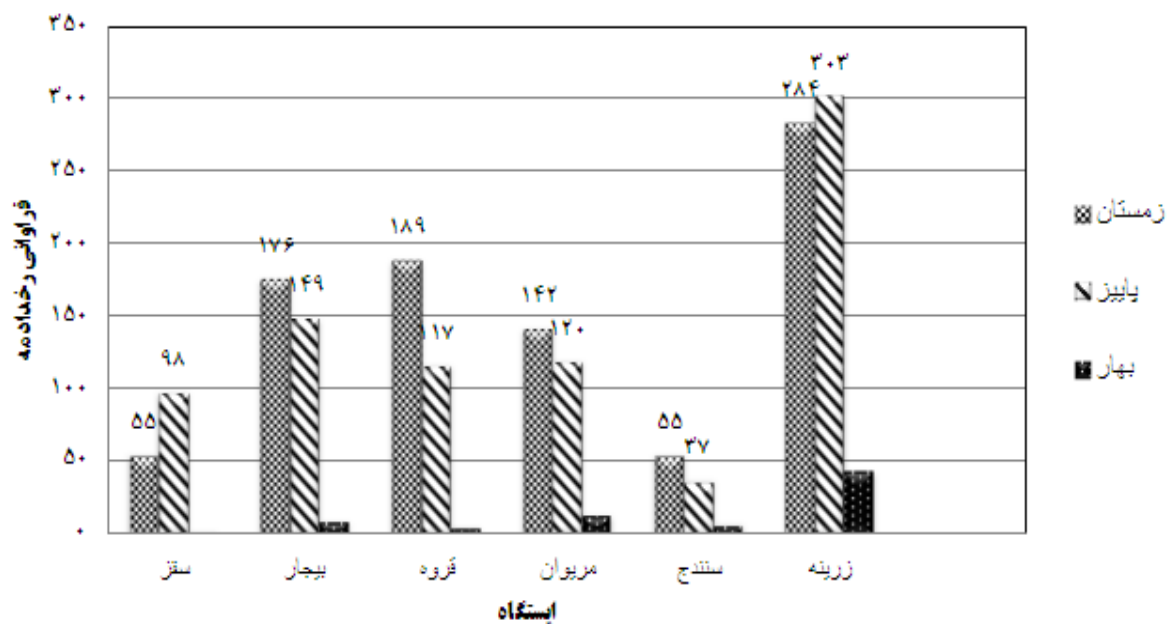
شکل شماره 2. ه. فراوانی رخداد ماه در ایستگاه قروه در دوره آماری 1989-2006



شکل شماره 2. ز. فراوانی رخداد ماه در ایستگاه بانه در دوره آماری 1999-2006



شکل شماره 3. فراوانی میانگین ماهانه رخداد مه در ایستگاه های مختلف استان کردستان (دردوره آماری مشترک 1992-2006).



شکل شماره 4. فراوانی میانگین فصلی رخداد مه در هر یک از ایستگاه های مختلف استان کردستان (دردوره آماری مشترک 1992-2006).

نتیجه گیری

برای پیشگیری از بروز خطر و واکنش سریع در برابر آن، برآورد احتمال رخداد این پدیده در دماهای مثبت، از اهمیت بیشتری برخوردار است. در تمامی ایستگاه های مورد مطالعه این تحقیق در دمای 8 درجه سلسیوس نیز احتمال تشکیل مه،

بدیهی است که احتمال رخداد مه در دماهای کم و زیر صفر به مراتب بیشتر از دماهای بیش از صفر درجه سلسیوس است، اما برای کاهش ریسک ناشی از این پدیده و آمادگی لازم

پژوهشگاه هوا و فضا، هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران، تهران.

3- بداق جمالی، ج.، س.، جوانمرد، و م.، حیدری، 1384، بررسی نقش بارورسازی ابرهای سطح پایین به منظور ارتقاء ایمنی در جاده های کوهستانی، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره دو، سال اول، صفحات 49-63.

4- پژوهشکده هواشناسی، پژوهشکده حمل و نقل، (1390)، ارایه روش مطالعه مناطق مستعد وقوع مه در شبکه حمل و نقل جاده ای.

5- حبیبی نوخندان، م.، 1388، مطالعه توزیع مکانی و زمانی وقوع مه و بررسی اثرات آن در حمل و نقل جاده ای، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره 76، صفحات 37-19

6- ساری صراف، ب.، خ.، ولیزاده کامران و ع.، مجیدی، 1388، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده ای و ریلی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد زنجان.

7- علیزاده، ا.، 1385. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

8- کاظمی، ع.، ا.، شریعت مهمینی، 1388، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده ای و ریلی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد زنجان.

9- Bendix, J., B. Thies, J. Cermak, and T. Naub, 2005: Ground fog detection from space based on MODIS daytime data - A study. *Wea. Forecasting*, 20, 989-1005.

10- Ellrod, G. P., 1995: Advances in the detection and analysis of fog at night using GOES multispectral infrared imagery. *Wea. Forecasting*, 10, 606-619.

11-Marsh, A. K., 2010: Are most fog-related accidents fatal? Reporting Points, Online perspective from the editors of AOPA Pilot.

12- Tardif, R., Rasmussen, Roy M., 2007: Event-Based Climatology and Typology of Fog in the New York City Region, *Applied Meteorology and Climatology*, 46, 1141-1168.

هر چند ناچیز، وجود دارد. اما در صورت وجود نم نسبی کافی (80٪ یا بیشتر) می توان گفت که اگر مقدار دما در ایستگاه های قروه، مریوان و سنندج مساوی یا کمتر از 2 درجه سلسیوس و در ایستگاه های زرینه اوباتو، سقز و بیجار مساوی یا کمتر از 4 درجه سلسیوس باشد، به احتمال 95٪ مه تشکیل خواهد شد. فراوانی رخداد مه در هر نقطه به فصل و شرایط محلی نیز بستگی دارد. در فصل زمستان به دلیل کاهش دما و افزایش نم نسبی، در کلیه ایستگاه ها رخداد مه بیشتر از فصل های دیگر سال است. در کلیه ایستگاه های مورد مطالعه، رخداد مه در ماه های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر قابل ملاحظه بوده و در ماه های آوریل، می و اکتبر ناچیز است. این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعات جمالی و جوانمرد (1382) نیز تطابق دارد. آستانه های دمایی تعیین شده بر اساس تحلیل داده های ایستگاه های همدید استان که معمولاً در نزدیکی شهرها قرار دارند، به دست آمده اند. از این رو در صورت معیار قرار دادن آن ها در امر کاهش ریسک تصادفات و افزایش ایمنی جاده ها باید به عامل ارتفاع محل مورد نظر نیز توجه نمود. اما در صورت موجود بودن داده های بلند مدت دما در هر نقطه، با استفاده از روش ارایه شده در این مقاله می توان احتمال رخداد مه را در آن نقطه برآورد کرد. این امر می تواند به مکان یابی نقاط مناسب جهت نصب ایستگاه های هواشناسی جاده ای و پایگاه های امدادرسانی که از جمله راه کارهای موثر در کاهش تصادفات و خسارت های ناشی از آنها هستند، کمک کند. در مورد فرودگاه سنندج چنانچه به غیر از داده های دیدبانی ساعات اصلی، دیدبانی های متار نیز تحلیل شوند، نتایج دقیق تری حاصل خواهد شد.

منابع

1- آذری، ف.، 1363، کدها و روش های دیدبانی و کارگاه، مرکز آموزش عالی هواشناسی و علوم جو، سازمان هواشناسی کشور.

2- امینی، ل.، غ.، خاکیان دهکردی، 1384، نقش پیش بینی هواشناسی در مدیریت بهینه و کاهش خسارات هوانوردی. مجموعه مقالات سومین همایش ایمنی هوانوردی،

- 13- URL: www.Kurdistanroad.ir
- 14-White, M. E., & Jeffery, D.J., 1980: Some aspects of motorway traffic behavior in fog. Transport and Road Research Laboratory Report LR 958.
- 15-World Meteorological Organization, 1988, Manual on Codes, WMO-No 306, Vol. 101, Geneva.