

## تحلیل فضایی و پهنه‌بندی مخاطرات اقلیمی بر اساس شاخص بارندگی آستانه در شبکه جاده‌ای کشور با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

دکتر محمد باقر بهیار

عضو هیأت علمی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو تهران

### چکیده

در این تحقیق جهت تعیین توزیع مکانی-زمانی و پهنه‌بندی شدت درجه خطرپذیری رخدادهای بارندگی در شبکه حمل و نقل جاده‌ای کشور از داده‌های روزانه بارندگی ۹۵ ایستگاه همدیدی کشور در یک دوره آماری ۱۸ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۰) و روش درون‌یابی Spline with barriers در محیط ArcGIS توسط شاخص‌های آستانه بحران (بارندگی با شدت ۳۰ میلی‌متر و بیشتر، بارندگی بالای صدک ۹۰ و ضریب تغییرپذیری بارندگی روزانه) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بالاترین درجه خطرپذیری توزیع مکانی و فراوانی شدت بارندگی در جاده‌های بخش غربی ناحیه خزری و بخش مرکزی و شمال غربی ناحیه کوهستانی کشور و بیشترین فراوانی شدت بارش آستانه مربوط به راه‌های اصلی شهرهای انزلی (۳۰۴ روز)، کوه‌رنگ (۲۷۷ روز) و رشت (۲۱۰ روز) است. بیشترین خطرپذیری توزیع زمانی شدت بارندگی در مقیاس ماهانه در شبکه راه‌های اصلی نیز در ماه ژانویه (دی ماه به ویژه در مناطق جنوب غربی کشور) و در ماه مارس (فروردین ماه به ویژه در مناطق غربی کشور) است. بالاترین ضریب تغییرات بارندگی در مناطق جنوب شرقی کشور و بالاترین سهم بارندگی بالای صدک ۹۰ از کل بارندگی سالانه در کشور نیز در ناحیه غربی کشور و در بخش غربی ناحیه شمالی کشور می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** تحلیل فضایی، پهنه‌بندی اقلیمی، بارندگی آستانه، روش درون‌یابی Spline with barriers، مخاطرات اقلیمی، ArcGIS.

### مقدمه

مقایسه با روزهای غیر بارانی ۳۰٪ بیشتر است (خالدی، ۱۳۸۱) که این نتایج با یافته‌های مطالعاتی در ایالات متحده آمریکا مطابقت دارد (اسکرتز، ۱۹۷۸). در مطالعات مشابه در انگلستان نیز حدود ۲۰٪ از کل سوانح جاده‌ای در نتیجه لغزندگی ناشی از بارندگی در سطح جاده‌ها تشخیص داده شده است (کودلینگ، ۱۹۷۴، اسمیت، ۱۹۸۲). بر این اساس نخستین گام جهت مقابله با مخاطرات رخدادهای بارندگی، شناسایی و تحلیل فضایی بحران‌ها است. منظور از تحلیل فضایی، شناسایی فراوانی زمانی و مکانی مخاطرات و تفسیر و استدلال رخدادهای آن‌ها در یک مکان مشخص است زیرا هر مخاطره در هر مکان، ویژگی‌های خاص آن مکان را دارد و راه مقابله با آن با سایر نقاط متفاوت است (علیچانی، ۱۳۸۶). از سوی دیگر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌توان ارتباط بین پدیده‌های اقلیمی و تصادفات جاده‌ای را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و بدین وسیله نواحی مخاطره آمیز را در محدوده مطالعاتی تعیین نمود. در واقع مزیت اصلی سامانه اطلاعات جغرافیایی، توانایی در تحلیل داده‌های

همواره چهار عامل انسان، وسیله نقلیه، جاده و محیط در امر تصادفات دخیل هستند که در این میان عوامل محیطی و پدیده‌های اقلیمی سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده‌اند. از میان عوامل اقلیمی موثر بر حمل و نقل جاده‌ای، می‌توان به وقوع طوفان‌های تندری، بارندگی‌های سنگین و سیل آسا، طوفان‌های گرد و غبار، مه، ریزش برف و بهمن و یخبندان به عنوان تاثیرگذارترین عوامل در افزایش احتمال بروز تصادفات اشاره کرد (باقدم و همکاران، ۱۳۸۴). از میان پدیده‌های مذکور بیشترین مخاطرات هواشناسی جاده‌ای در ایران بر اثر بارندگی است، زیرا باران در جاده‌ها سبب کاهش دید افقی، کاهش مقاومت وسیله نقلیه در برابر لغزندگی و انعکاس نور از سطح جاده‌های خیس در هنگام شب می‌گردد که این شرایط به همراه بادهای شدید موجب افزایش سوانح می‌شود (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۸). نتایج مطالعات در کشور استرالیا نشان می‌دهد که نسبت تصادفات در روزهای بارانی در

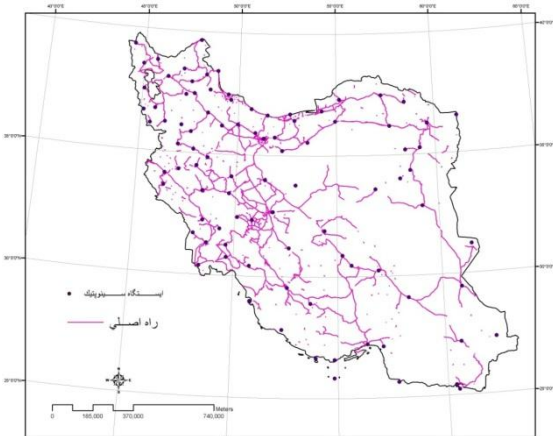
فضایی و توصیفی هر تصادف است که با استفاده از آن‌ها می‌توان لایه‌های مختلف اطلاعاتی را به وجود آورد. این تحقیق نیز به جهت اهمیت تصادفات جاده‌ای و تأثیرگذاری پدیده‌های اقلیمی در سوانح رانندگی، به بررسی ارتباط بین تصادفات جاده‌ای و شرایط رخدادهای بارندگی در کل محورهای مهم ارتباطی کشور پرداخته است که در آن جهت تعیین نقاط مخاطره‌آمیز در سطح جاده‌های اصلی کشور از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است.

### پیشینه تحقیق

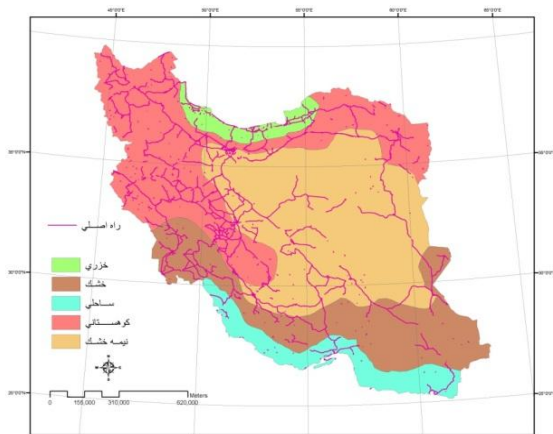
مطالعه در زمینه تعیین و توزیع زمانی و مکانی مخاطرات محیطی و بلایای جوی جهت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و اقتصادی و جلوگیری از خسارات ناشی از آن به ویژه در شبکه راه‌ها و سیستم حمل و نقل جاده‌ای، در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است. از جمله این مطالعات می‌توان به تحقیقات حبیبی نوخندان (۱۳۷۸) در محور هراز اشاره کرد که به بررسی ارتباط بین پدیده‌های اقلیمی (یخبندان، ریزش برف و باران و مه) و بروز تصادفات جاده‌ای در ماه‌های سرد سال پرداخته است و راهکارهای اجرایی مناسبی را جهت کاهش احتمال رخدادهای سوانح ارائه نموده است. در مطالعات قطره‌سامانی (۱۳۷۸ و ۱۳۸۰) در خصوص اثر عوامل جوی در تردد و تصادفات جاده‌ای استان چهارمحال و بختیاری نیز مشخص شده است که در بین این عوامل، بیشترین درصد تصادفات با اختصاص ۳۳/۹٪ در زمان بارندگی رخ داده است. کرمی و فرج‌زاده نیز در سال ۱۳۸۴ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به بررسی رابطه بین توزیع تصادفات و پدیده‌های اقلیمی در محور فیروزکوه-ساری در یک دوره سه ساله (۷۲-۱۳۷۴) پرداخته و پس از تهیه نقشه پراکندگی و احتمال خطر تصادف در هر یک از وضعیت‌های برفی، بارانی، یخبندان و مه‌آلود و نیز نقشه نقاط مخاطره‌آمیز در طول محور مذکور، نشان دادند که بیشترین احتمال خطر تصادف در کیلومترهای ۱۲۵ و ۱۳۰ و در هنگام ریزش باران بوده است.

جعفر بیگلر و محمدی (۱۳۸۴) با استفاده از آمار یک دوره ۲ ساله (۷۶-۱۳۷۵) بیشترین فراوانی شدت تصادفات در کیلومترهای ۱۲۶، ۱۳۴ و ۱۴۰ محور کرج-چالوس را در هنگام ریزش باران و رخداد یخبندان عنوان نموده‌اند. همچنین افشاری آزاد (۱۳۸۷) با بررسی عناصر اقلیمی موثر در تصادفات جاده‌ای محور ارتباطی رشت - انزلی طی ۱۰ سال (۸۵-۱۳۷۶) مشخص کرد که در سال ۱۳۸۱ بیشترین درصد تصادفات در شرایط هوای بارانی و بین ساعات ۱۸-۱۴ رخ داده است. تعیین احتمال زمان آغاز و خاتمه بارندگی در سطح کشور نیز توسط حبیبی نوخندان (۱۳۸۸) با استناد به آمار ۱۱۹ ایستگاه همیدی کشور و با استفاده از روابط رگرسیونی مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج به دست آمده سهم بارندگی از مجموع تصادفات ناشی از شرایط نامساعد جوی در استان‌های فارس، کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان به نسبت دیگر استان‌ها بالاتر است. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل نقشه‌های خطر تصادفات در محور تبریز - میانه توسط جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۸۸) از مجموع ۳۹۶۰ تصادف مورد بررسی در این محور، تعداد ۹۳۵ مورد در شرایط بارندگی اتفاق افتاده است. تصادفات جاده‌ای محور ساری-رامسر در وضعیت‌های جوی بارانی، برفی، مه‌آلود، ابری و صاف در یک دوره سه ساله (۸۷-۱۳۸۴) نیز توسط ساری صراف و همکاران (۱۳۸۸) مورد بررسی قرار گرفته است. از تحلیل نقشه‌های پهنه‌بندی میزان خطر تصادفات مشخص گردیده که کیلومترهای ۱۶۱ تا ۲۴۳ در شرایط هوای بارانی دارای حداکثر فراوانی تصادفات هستند و جزء نقاط مخاطره‌آمیز محسوب می‌شوند. مطالعات فرج‌زاده اصل و همکاران (۱۳۸۹) در محور کرج-چالوس مشخص کرده است که در کیلومترهای ۴۰ و ۷۰ حداکثر فراوانی تصادفات در هنگام ریزش باران بوده و از این لحاظ جز نقاط خطرناک محسوب می‌شوند که این نتایج تکمیل‌کننده نتایج مطالعات جعفر بیگلر و محمدی (۱۳۸۴) در همین محور می‌باشد. در مطالعات برون مرزی در این زمینه نیز می‌توان به مطالعات گوستاسون و بوگرن (۱۹۹۰) در رابطه با چگونگی

اصلی کشور تهیه و در شکل ۱ ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که از راه‌های فرعی و روستایی در این پژوهش صرف نظر شده است. سپس با محاسبه نسبت مجموع طول راه‌ها در هر استان بر مساحت آن و برحسب درصد، شاخص تراکم جاده‌های مذکور تعیین شده که بر این اساس استان‌های گیلان، کرمانشاه و مازندران به ترتیب دارای بیشترین تراکم شبکه جاده‌ای کشور هستند. همچنین جهت تعیین محدوده‌های اقلیمی شبکه جاده‌ای کشور از نتایج مطالعات ترابی و جهانبخش (۱۳۸۳) که بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای، ایران را به پنج منطقه اقلیمی معتدل خزری، کوهستانی، نیمه‌خشک، خشک و خشک ساحلی تقسیم کرده‌اند، استفاده و نقشه پهنه‌بندی اقلیمی شبکه راه‌های کشور تهیه و در شکل ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۱- توزیع جغرافیایی شبکه راه‌ها و ایستگاه‌های همدیدی کشور



شکل ۲- پهنه‌بندی اقلیمی شبکه راه‌های کشور

توانایی مدل‌سازی شرایط اقلیمی حاکم بر جاده‌ها توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اشاره نمود. در بسیاری از کشورهای جهان تحقیقات متعددی نیز در رابطه با ایمنی حمل و نقل جاده‌ای انجام شده که به عنوان مثال می‌توان به سامانه‌های اطلاعات هواشناسی جاده‌ای (RWIS<sup>۱</sup>) اشاره نمود. یک RWIS ترکیبی از فناوری‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری است که با استفاده از اطلاعات بهنگام شرایط جوئی-جاده‌ای و انتشار آن به کاربران برای بهبود عملیات راه‌داری در بزرگراه‌ها به کار می‌رود و شامل چهار جزء اصلی است: الف) سنجنده‌های جوئی-جاده‌ای با هدف ثبت اطلاعات بهنگام، ب) تحلیل فضایی خرد اقلیم‌های جاده از طریق نقشه‌برداری دمایی، ج) کامپیوتر و شبکه ارتباطی (د) پیش‌بینی و صدور پیش‌آگاهی پدیده‌ها. در حال حاضر برخی کشورها مانند کانادا، سوئد و فنلاند از این سیستم در شبکه حمل و نقل خود استفاده می‌کنند. به طور مثال در سوئد ۶۵۰ ایستگاه در موقعیت‌های مختلف در بزرگراه‌ها نصب شده‌اند و RWIS آن‌ها از سال ۱۹۹۸ در اینترنت برای استفاده عموم قرار داده شده است (الکسون، ۲۰۰۴). گوستاسون و بوگرن همچنین در سال (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای جداگانه ارتباط بین تصادفات در زمستان و شرایط جوئی و لغزندگی جاده‌ها را بررسی نموده‌اند. ایشان داده‌های مورد نظر خود را که شامل شرایط لغزندگی جاده‌ها، دمای سطح جاده و تعداد تصادفات بود، از سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای سوئد برداشت کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که تعداد تصادفات در شرایط بارندگی همزمان با دمای حدود صفر درجه سلسیوس سطح جاده بیشتر و شدیدتر است.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا تراکم و پراکندگی راه‌های اصلی و بزرگراه‌های کشور با تلفیق و یکپارچه‌سازی نقشه‌های اطلاعاتی بزرگراه‌ها، ایستگاه‌های همدیدی هواشناسی و جاده‌ای و نیز نقشه توپوگرافی کشور در محیط GIS مورد مطالعه قرار گرفت و بر این اساس نقشه توزیع جغرافیایی بزرگراه‌ها و جاده‌های

1- Road Weather Information System

مهدی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) اغلب استفاده از روش کرجینگ را پیشنهاد کرده‌اند، البته این امر منوط به پراکندگی و تراکم مناسب ایستگاه‌ها در واحدهای همگن و انتخاب واریوگرام مناسب خواهد بود. در تعمیم متوسط بارندگی سالانه نیز می‌توان از معادلات رگرسیونی که تابعی از ارتفاع و عرض جغرافیایی می‌باشد استفاده کرد. به همین منظور در این تحقیق با استفاده از روش درونیابی Spline With Barriers (هاورکمپ و همکاران، ۲۰۰۱ و هاتکینسن، ۱۹۹۱) و در محیط Arc GIS نقشه‌های توزیع مکانی و پهنه‌بندی مخاطرات شاخص بارندگی آستانه در گستره کشور بر اساس مناطق پنج‌گانه اقلیمی محاسبه و تدوین گردیده است. لازم به ذکر است که طبقه‌بندی درجه خطرپذیری شدت بارندگی بر اساس مقادیر آستانه بحران در جدول ۱ صورت گرفته و مقادیر جدول به صورت توافقی و تجربی ارائه شده و در صورت لزوم قابل تغییر است.

در ادامه جهت بررسی تاثیر عامل بارندگی به لحاظ مخاطرات محیطی بر راه‌های کشور از آستانه‌های بحرانی شاخص بارندگی داده‌های اقلیمی روزانه ۹۵ ایستگاه همدیدی کشور در یک دوره آماری مشترک ۱۸ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۰) استفاده شده است. دلیل انتخاب این دوره، جلوگیری از حذف ایستگاه‌های هواشناسی با طول دوره آماری کوتاه مدت می‌باشد که در صورت حذف آن‌ها تعداد ایستگاه‌های باقی مانده در پهنه‌بندی‌ها به حد کفایت نخواهد رسید. شاخص مورد نظر شامل: روزهای بارندگی با شدت ۳۰ میلی‌متر و بیشتر، مقدار بارندگی بالای صدک ۹۰ در طول سال و ضریب تغییرپذیری بارندگی روزانه می‌باشد (علیجانی، ۱۳۸۶). تمامی این شاخص‌های آستانه بحرانی برای تحلیل بارندگی بعد از محاسبه، درونیابی (تعمیم داده) و مدل‌های رقومی آن‌ها تهیه می‌گردد به طوری که در سایر نقاط فاقد آمار هم قابل استفاده است. با توجه به مطالعات انجام شده در این زمینه (علیجانی ۱۳۸۶،

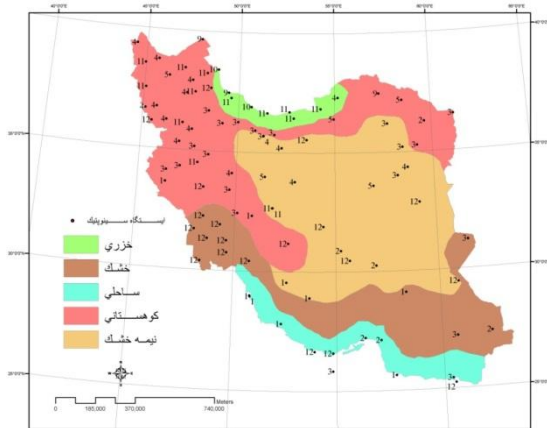
جدول ۱- طبقه‌بندی خطرپذیری بارندگی آستانه

شدت خطرپذیری	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
تغییرات مجموع فراوانی	کمتر از ۱۰ روز	۱۰-۳۰	۳۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	بیشتر از ۱۰۰ روز

بارندگی بیشتر ناشی از شدت‌های روزانه است، محاسبه آن در مقیاس روزانه مورد توجه قرار گرفته است. در واقع بالا بودن این ضریب احتمال ناسازگاری با شرایط محیطی و ایجاد خسارت را افزایش می‌دهد. بارندگی‌های بالای صدک ۹۰ نیز به عنوان شاخص شدت و بی‌نظمی بارندگی محسوب می‌شود. بالا بودن سهم این بارندگی‌ها از کل بارندگی سالانه تأییدی بر نقش روزهای همراه بارندگی ۳۰ میلی‌متر و بیشتر و نیز تکمیل کننده اهمیت شاخص ضریب تغییرپذیری بارندگی روزانه است. زیرا هر قدر بارندگی این صدک بیشتر باشد بی‌نظمی و در نهایت احتمال خطر افزایش می‌یابد. بر همین اساس نقشه توزیع بارندگی‌های بالای صدک ۹۰ و ۹۵ تهیه شده است. همچنین سهم بارندگی‌های بالای صدک ۹۰ در بارندگی سالانه که نشان دهنده پراکندگی بیشتر این شاخص از شاخص‌های

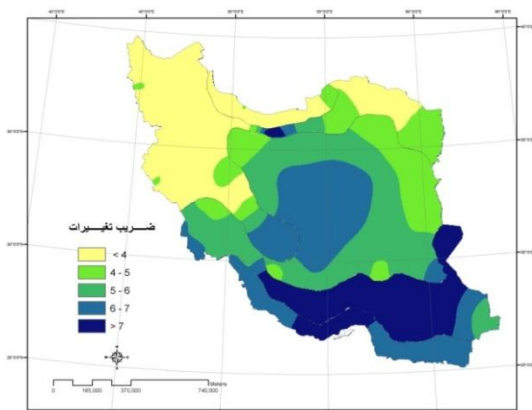
سپس توزیع زمانی حداکثر فراوانی شدت خطرپذیری بارندگی در ایستگاه‌های کشور در نواحی پنج‌گانه اقلیمی در مقیاس ماهانه تعیین گردیده است. ارقام نشان داده شده در این نقشه بیانگر شماره ماه می‌باشد و (شماره ۱) نشانگر ماه ژانویه است و ... همچنین جهت بررسی نحوه تغییرات (ناهنجاری) بارندگی روزانه در کل ایستگاه‌های کشور، ضریب تغییرات بارندگی روزانه محاسبه شده که برای ۹۵ ایستگاه منتخب کشور، مقادیر آن از ۳ تا ۱۰ بدست آمده است. ذکر این نکته ضروری است که ضریب تغییرات در تمامی مناطق کشور نسبتاً بالا است که این به سبب مقیاس زمانی مورد استفاده است. به طوری که اگر ضریب تغییرات در مقیاس سالانه بررسی شود مناطقی که در مقیاس روزانه مقادیر ضریب تغییرات آن ۳ یا ۴ بوده‌اند، مطمئناً کمتر از ۱ خواهد شد. اما از آنجا که خسارت

توزیع زمانی شدت بارندگی در مقیاس ماهانه در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق این شکل مشاهده می‌شود که بیشترین خطرپذیری در ماه ژانویه (دی ماه) و در شبکه راه‌های مناطق جنوب غربی و در ماه مارس (فروردین ماه) در مناطق غرب کشور رخ داده است.



شکل ۴- توزیع زمانی رخداد حداکثر فراوانی شدت بارندگی در کل کشور

با توجه به نقشه توزیع مکانی ضریب تغییرات بارندگی روزانه در شکل ۵ مشاهده می‌شود که این ضریب در مناطق جنوب شرق و جنوب کشور بسیار بالا است و این وضعیت معرف شرایط بحرانی را برای شبکه جاده‌ای واقع در این مناطق به همراه می‌باشد. مناطق مرکزی کشور نیز با توجه به شرایط باد پناهی در رتبه دوم قرار دارند که در صورت نفوذ توده هوای مرطوب و بارانزا در این مناطق ضریب تغییرات بارندگی روزانه بالایی فراهم می‌گردد.

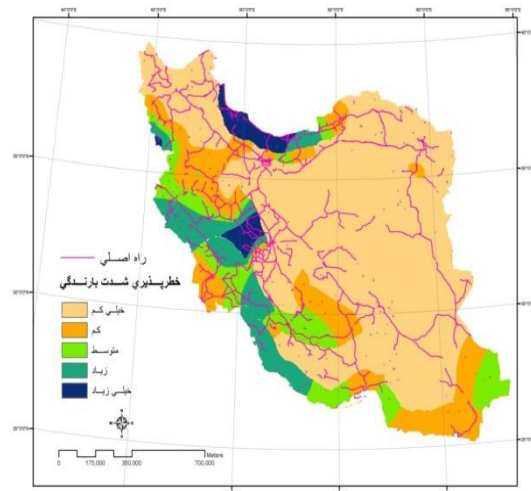


شکل ۵- توزیع مکانی ضریب تغییرات بارندگی روزانه در کشور

قبلی است محاسبه و در نهایت با مقایسه متوسط فراوانی رخداد بارندگی در ایستگاه‌های مناطق پنج‌گانه اقلیمی در شبکه راه‌های کشور، سهم بارندگی در بروز مخاطرات هر منطقه تعیین گردیده است.

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از شکل ۳، بالاترین توزیع مکانی درجه خطرپذیری شدت بارندگی در ناحیه خزری به ترتیب مربوط به راه‌های اصلی واقع در شهرهای انزلی (۳۰۴ روز)، کوه‌رنگ (۲۷۷ روز) و رشت (۲۱۰ روز) و بخش کوچکی از ناحیه کوهستان مرکزی و شمال غربی کشور است. ناحیه نیمه خشک نیز دارای کمترین تاثیرپذیری از عامل مذکور می‌باشد که این نتایج با یافته‌های جدول ۲ که به مقیاس سهم مخاطرات ناشی از رخداد بارندگی در مناطق پنج‌گانه اقلیمی شبکه راه‌های کل کشور پرداخته برابری می‌کند.

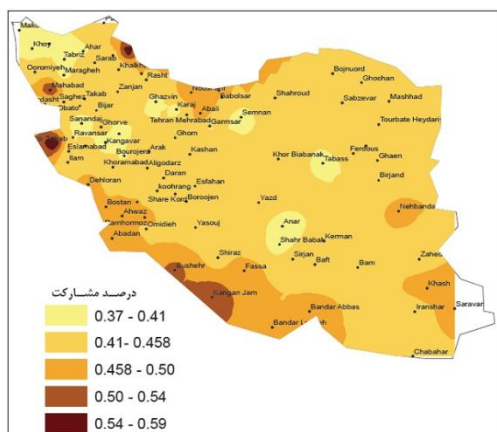


شکل ۳- توزیع مکانی درجه خطرپذیری بارندگی‌های شدید بیش از ۳۰ میلی‌متر در کل کشور

جدول ۲- سهم مخاطرات ناشی از رخداد بارندگی در مناطق پنج‌گانه اقلیمی شبکه راه‌های کل کشور

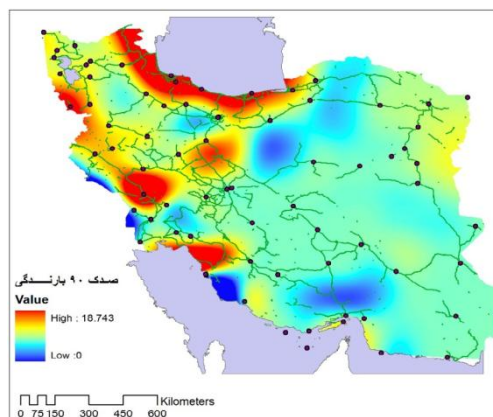
ناحیه	خزری	کوهستانی	نیمه خشک	خشک	ساحلی جنوبی
سهم مخاطرات %	۱۴۹	۲۶/۷	۷/۸	۳۰/۸	۲۸/۶



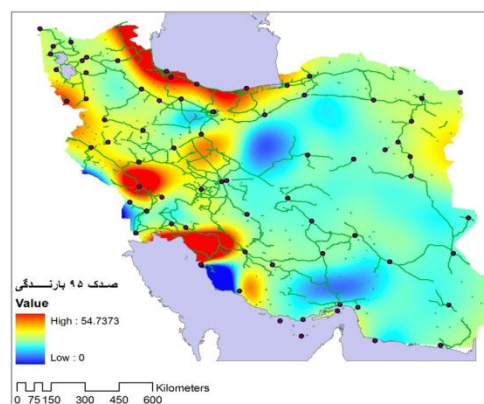


شکل ۸- توزیع مکانی سهم بارندگی‌های بالای صدک ۹۰ از کل بارندگی سالانه در شبکه راه‌های اصلی کشور

توزیع مکانی بارندگی‌های بالای صدک‌های ۹۰ و ۹۵ در شبکه راه‌های اصلی کشور نیز در شکل‌های ۶ و ۷ نشان می‌دهد که بیشترین بارندگی در مناطق غرب، جنوب‌غرب و بخش شمالی کشور رخ داده است.



شکل ۶- توزیع مکانی بارندگی‌های بالای صدک ۹۰



شکل ۷- توزیع مکانی بارندگی‌های بالای صدک ۹۵

## منابع

۱- افشاری آزاد، م.، ۱۳۸۷، بررسی عناصر اقلیمی بر روی تصادفات جاده‌ای محور رشت- بندرانزلی. مجله چشم‌انداز جغرافیایی، سال سوم، شماره ۷، ص ۲۹-۶.

۲- باقدم، ع.، فرج زاده، م، شایان، س، ۱۳۸۴، ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیط: مسیر سنندج - مریوان با استفاده از GIS، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۱، ص ۱-۱۵.

۳- ترابی، س.، جهانبخش، س، ۱۳۸۳، تعیین متغیرهای زمینه‌ای در طبقه‌بندی اقلیمی ایران: معرفی و کاربرد روش تحلیل عاملی و تجزیه مؤلفه‌های اصلی در مطالعات جغرافیایی و اقلیم‌شناسی، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۲، ص ۱۶۱-۱۵۱.

۴- حبیبی نوخندان، م.، ۱۳۷۸، مطالعه پدیده‌های اقلیمی موثر بر تردد و تصادفات جاده‌های کوهستانی و ارائه راهکارهای اجرایی مناسب، مطالعه موردی: محور هراز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد تهران.

۵- حبیبی نوخندان، م.، ۱۳۸۸، توزیع مکانی و زمانی بارش و اثرات آن بر حمل و نقل جاده‌ای در ایران. پژوهش‌نامه حمل و نقل، سال ششم، شماره ۲. ص ۱۹۲-۱۸۵.

همچنین بالاترین سهم توزیع مکانی بارندگی‌های بالای صدک ۹۰ از کل بارندگی سالانه در شبکه راه‌های اصلی کشور مربوط به بخش غربی ناحیه غربی کشور و بخش غربی ناحیه شمالی کشور است. بعد از آن نواحی جنوب‌غرب و غرب سهمی بالای ۵۰ درصد و نواحی جنوب، شمال و جنوب‌شرق سهمی در حدود ۵۰ درصد را دارا هستند و فقط قسمت شمال‌شرقی و نواحی مرکزی به جهت عدم دسترسی به سامانه‌های بارانزای قوی، بارندگی‌های شدید کمتری دارند (شکل ۸).

۱۳- قطره سامانی، س.، ۱۳۷۸، تأثیر عوامل جوی بر تردد جاده‌ای در استان چهارمحال و بختیاری، سمینار هواشناسی کاربردی، ساری.

۱۴- قطره سامانی، س.، تأثیر عوامل جوی بر تردد جاده‌ای در استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۸۰، اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری.

۱۵- کرمی، ش.، فرج زاده، م.، ۱۳۸۴، تحلیل درباره تصادفات جاده‌ای و رویکرد اقلیمی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصل‌نامه مدرس، سال نهم، شماره ۱، ص ۱۷۴-۱۵۱.

۱۶- مهدی‌زاده، م.، مهدیان، م.، حجام، س.، ۱۳۸۵، کارایی روش‌های زمین‌آمار در پهنه‌بندی اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مجله فیزیک زمین و فضا، جلد ۲۳، شماره ۱، ص ۱۱۶-۱۰۳.

17- Alex son, L.(2004). Development and Use of the Swedish Road Weather Information System. Report on Swedish National Road Administration SE-781 87 Borlänge, SWEDEN.

18- Codling, P. (1974) "Weather and road accidents", In Climate Resources and Economic Activity, J .Taylor (Ed) PP. 205-222. Newton Abbot: David and Charles Holding.

19- Gustavsson, T., and J .Bogren .(1990).Road slipperiness during warm air advection, Meteorological Magezine, 119 : pp 267-270.

20- Gustavsson ,T., and J. Bogren. (2006). Development of RWIS - a new approach using accident-data. XIII International Road Weather Conference, Polytechnic of Turin, ITALY.

21- Hartkamp, A. D., Stein, K.D.N., White, J.W. (2001). Interpolation Techniques for Climate Variables. Res . Rep. NRG-GIS Series 99-01. Mexico, D.F.: CIMMYT.

۶- حبیبی نوخندان، م.، ۱۳۸۸، مطالعه توزیع مکانی و زمانی بارش و اثرات آن بر ایمنی حمل و نقل جاده‌ای در ایران (یادداشت پژوهشی)، شبکه خبری تحلیلی صنعت حمل و نقل.

۷- جعفری‌گللو، م.، محمدی، ح.، ۱۳۸۴، شرایط آب و هوایی مؤثر بر ایمنی حمل و نقل جاده‌ای در محور کرج- چالوس، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیای طبیعی، شماره ثبت: ۳۱۹۷۷.

۸- جهانبخش اصل، س.، حبیبی نوخندان، م.، نوری اوغورآبادی، ح.، ۱۳۸۸، تحلیل تصادفات جاده‌ای و داده‌های آب و هواشناسی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (محور جاده تبریز - میانه). اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

۹- خالدی، ش.، ۱۳۸۱، هیدروکلیماتولوژی برف و کاربرد آن در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای با تأکید بر بهمن در ایران مورد: جاده هراز. مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی تهران، شماره ۵۲. ص ۴۸۰-۴۵۲.

۱۰- ساری صراف، ب.، خلیل ولی‌زاده، ک.، مجیدی، ع.، ۱۳۸۸. بررسی اثرات عناصر اقلیمی بر تصادفات جاده‌ای، مطالعه موردی: محور ساری - رامسر. اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی.

۱۱- علیجانی، ب.، ۱۳۸۶، نقش تحلیل فضایی در مدیریت مخاطرات بارش ایران، مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه.

۱۲- فرج‌زاده اصل، م.، قلی‌زاده، م. ح.، ادبی فیروزجایی، ع.، ۱۳۸۹، تحلیل فضایی تصادفات جاده‌ای با رویکرد مخاطرات اقلیمی. مطالعه موردی: محور کرج - چالوس، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، ص ۳۷-۵۲.

24- Schertz, L., and Fahar, B.(1978). An analysis other relationship between rainfall and the occurrence of traffic accidents, *Journal of Applied Meteorology*17: 711-715.

25- Smith, K. (1982). How seasonal and weather conditions influence road accidents in Glasgow, *Scottish Geographical Magazine* 98, 103-114.

22- Hutchinson, M.F. (1991). The application of thin plate smoothing splines to continent-wide data assimilation. Res. Rep No. 27. Data Assimilation Sys, Bureau of Meteorology, Melbourne, pp. 104–113.

23- Karsahim, Mustafa and TerziSedral .(2002). Distribution of hazardous location on highway through GIS, *International Symposium on GIS*, September23-26.