بررسی الگوی زمانی و مکانی عناصر آب و هوایی در رخداد انواع تصادفات جاده‌ای در محور مواصلاتی استان بوشهر

مقاله علمی – پژوهشی

محمدرضا پورغلامی سروندانی*، استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده فرماندهی و ستاد، دانشگاه جامع علوم انتظامی امین، تهران، ایران
یوسف علیپور، استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده فرماندهی و ستاد، دانشگاه جامع علوم انتظامی امین، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mr.pourghoolami@apu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۱- پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵
صفحه ۲۸۴-۲۶۳

چکیده

تصادفات جاده‌ای یک عامل اصلی مرگ‌ومیر در استان بوشهرمحسوب می‌شود. تقریباً اکثر تصادفات هرساله مربوط به شرایط آب‌وهوا است که منجر به فوت، جراحت و خسارت شده است. هدف اصلی تحقیق، دستیابی به الگوی زمانی-مکانی مخاطرات آب‌وهوایی در بروز تصادفات جاده‌ای در استان بوشهرمی‌باشد. جامعه آماری این پژوهش شامل تمام تصادفات جاده‌ای به وقوع پیوسته شده درمحورهای مواصلاتی استان بوشهر در دوره زمانی ۵ ساله (۱۳۹۸-۱۳۹٤) که توسط پلیس‌راهورثبت‌شده است. متغیرهای هواشناسی شامل، دید افقی، رطوبت، میزان ابرناکی، سرعت باد، دما و فشار سطح دریا در دوره ۵ ساله (۱۳۹۸-۱۳۹٤) به‌صورت ماهانه است. برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های تصادفات و هواشناسی از نرم‌افزار آماری و تحلیل فضایی داده‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردیده است. برای پهنه‌بندی نقشه‌های تصادفات و عناصر اقلیمی از روش کرنل استفاده شده است. در روش‌های آمار استنباطی ازآزمون کای-اسکوئر و آنووا برای بررسی و مقایسه فراوانی‌های و روابط بین متغیرهای طبقه‌بندی‌شده، استفاده شده است. نتایج نشان داد در پهنه‌بندی برخی از فصول سال، اثرات عناصری مانند دما، رطوبت و فشار هوا و دید افقی تأثیراتی را در وقوع انواع تصادفات گذاشت. نتایج آزمون‌های آماری فقط دو متغیر باد و دید افقی در انواع تصادفات را نشان داد. نتایج نشان داد، میزان تصادفات و متغیرهای زمانی تفاوت معناداری باهم دارند و بیشترین تصادفات در سه‌ماهه سوم سال رخ‌داده است؛ زیرا در فصل پاییز عنصرگردوغبار غالب می‌باشد که علت آن وجود بیشینه‌های سرعت باد، کاهش میزان ابرناکی و رطوبت نسبی است که باعث کاهش دید افقی گردید. به همین دلیل برخی از محورهای استان بوشهر نرخ بسیار بالایی از انواع تصادفات را در شرایط آب‌وهوایی فرین، تجربه نمودند.

واژه‌های کلیدی: الگوی زمانی و مکانی، آب‌وهوا، جاده، تصادف، بوشهر

۱-مقدمه

تصادفات جاده‌ای باعث رنج شدید انسانی، درد و آسیب‌های شدید همراه با کاهش بهره‌وری و درآمد می‌شود. این‌یک واقعیت نگران‌کننده است که تصادفات جاده‌ای عامل اصلی مرگ‌ومیر در بین جوانان (۵ تا ۲۹ سال) است. بخش قابل‌توجهی از این مرگ‌ومیرها (بیش از ۹۰ درصد) در کشورهای کم‌درآمد و با درآمد متوسط رخ می‌دهد که در آن هنجارهای ایمنی جاده، هنجارهای ایمنی وسایل نقلیه، آگاهی ایمنی جاده‌ها و سیستم‌های پاسخ اضطراری کافی وجود ندارد. این تلفات و جراحات بین ۱ تا ۳ درصد زیان تولید ناخالص داخلی (تولید ناخالص

داخلی) این کشورها را تشکیل می‌دهند (لال کی وی و همکاران،۲۰۲۰). بر اساس چهارمین گزارش سازمان جهانی بهداشت (۲۰۱۸)، تصادفات جاده‌ای عامل اصلی مرگ‌ومیر در میان کشورهای با درآمد کم و متوسط و بیشترین علت مرگ‌ومیر در سراسر جهان در بین رانندگان بالای ۱۵ سال و زیر ۲۹ سال است. این گزارش اذعان دارد که ایران با برآورد نرخ ۲۰٫۵ مرگ در هر ۱۰۰٬۰۰۰ نفر جمعیت در رتبه ۱۱۳ از ۱۷۵ کشور قرار داشته که رتبه خوبی نبوده و آسیب‌های ناشی از تصادفات جاده‌ای در ایران نیز، یکی از پنج علت مهم مرگ‌ومیر به شمار می‌رود. حدود ۲۰ تا ۵۰ میلیون نفر در سال (شامل راننده، وسیله نقلیه و زیرساخت جاده‌ای) درنتیجه تصادفات جاده‌ای جراحت برمی‌دارند. سرعت غیرمجاز، مسمومیت، رعایت نکردن قوانین ایمنی، استفاده از تلفن در حین رانندگی، رانندگی با خودرویی که آزمون بازرسی را قبول نشده‌اند و مشکلات زیرساختی جاده‌ای از عوامل اصلی تصادفات محسوب می‌شود (جان و شای با، ۲۰۱۹). از طرفی رانندگی طولانی‌مدت یک شغل پرخطر برای رانندگان در یک سیستم حمل‌ونقل محسوب می‌شود. تنها در ایالات‌متحده، در سال ۲۰۱۶، ۷۸۶ راننده کامیون‌های سنگین و تریلر در اثر حوادث ناشی از کار جان خود را از دست دادند؛ بنابراین تمرکز بر پیشگیری از تصادفات، به‌ویژه در صنعت حمل‌ونقل در سراسر جهان، اهمیت فزاینده‌ای دارد (مورفی وهمکاران،۲۰۱۹). بر اساس داده‌های اداره ملی ایمنی ترافیک بزرگراه‌ها تقریباً ۲۲ درصد از تصادفات هرساله مربوط به شرایط آب‌وهوا است که منجر به فوت ۶۰۰۰ نفر و بیش از ۴۴۵۰۰۰ جراحت شده است. مطالعات فعلی نشان می‌دهد که بیشتر تصادفات مربوط به آب‌وهوا در هنگام بارندگی و شرایط سطوح مرطوب (۴۶ درصد در هنگام بارندگی و ۷۳ درصد در روسازی مرطوب) رخ می‌دهد و پس‌ازآن شرایط زمستانی؛ شرایط برف (۱۷ درصد)، جاده‌های یخ‌زده (۱۳ درصد)، است (قاسم‌زاده وهمکاران،۲۰۱۹). در دو دهه گذشته، محققان متعددی تلاش کرده‌اند تا مدل‌های پیش‌بینی تصادف را برای اندازه‌گیری رابطه بین فرکانس تصادف و عوامل مؤثر احتمالی، مانند ویژگی‌های ترافیک (به‌عنوان‌مثال، حجم و ترکیب ترافیک و سرعت متوسط) در زیرساخت جاده، طول جاده، تعداد خطوط، تراز افقی و عمودی و عرض شانه جاده و شرایط آب‌وهوایی (به‌عنوان‌مثال، بارش، دید، دما و سرعت باد) ازاین‌دست موارد توسعه دهند (ون وهمکاران،۲۰۱۹). شرایط جوی مانند دما، بارندگی و سرعت باد نیز از عوامل مهم در تصادفات جاده‌ای هستند زیرا دید را کاهش داده و باعث از دست رفتن کنترل خودرو می‌شوند (رضا امین و همکاران، ۲۰۱۴). بسیاری از تحقیقات باهدف تأثیر شرایط آب‌وهوایی نامساعد بر شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای انجام‌شده است. به‌عنوان‌مثال، چندین مطالعه به این نتیجه رسیدند که میزان تصادفات منجر به صدمات و خسارت اموال در طول حوادث برفی افزایش‌یافته است. درحالی‌که اکثر مطالعات، تفاوت قابل‌توجهی را در ایمنی و حرکت خودرو در میان شرایط آب‌وهوای نامساعد را نشان داده‌اند؛ اما نتایج این مطالعات قطعی نیست؛ زیرا یافته‌ها ازنظر گستردگی سازگار نیستند. چندین مطالعه به این نتیجه رسیدند که تصادفات به دلیل انسداد بینایی در طول بارندگی ۱۰۰ درصد یا بیشتر افزایش می‌یابد. مطالعات همچنین بر تأثیر کاهش دید بر انتخاب سرعت رانندگی در شرایط مختلف آب‌وهوایی، مانند باران و بارش برف متمرکز شده است. استان بوشهر، بامساحتی درحدود ۲۷۶۵۳ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران و در سواحل خلیج‌فارس قرارگرفته است (تقوایی و گودرزی، ۱۳۸۸). این استان در منطقه اقلیمی گرم و مرطوب قرارگرفته و تابستان‌هایی نسبتاً طولانی و زمستان‌های محدودی (تا حدی سرد در دی و بهمن) دارد. رطوبت هوا در این نواحی بسیار زیاد، بارندگی کم و منظم دارد، حداکثر دمای هوا در تابستان به ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر رطوبت نسبی آن به ۷۰ درصد می‌رسد (غیب الهی و قاراخانی، ۱۳۹۵). در ارزیابی شاخص‌های ایمنی جاده‌ای (متوفیات و تخلفات جاده‌ای، پاسگاه پلیس، راهدارخانه، ماشین‌آلات راهداری، سیستم روشنایی، دوربین و پیام نمای جاده‌ای) از بین ۳۲ استان کشور، استان بوشهر در مرتبه هفتم و جزء ۱۰ استان اول شاخص ایمنی قرارگرفته و در وضعیت مناسب قرار دارد (برندک، ۱۴۰۱). بر مبنای آمارهای اخذشده از فرم کام (فرم ثبت تصادفات از مرکز عملیات پلیس‌راه)، بررسی‌ها نشان داده که آمار تصادفات جاده‌ای در استان بوشهر، از تعداد تصادفات ۲۲۰۷ مورد در سال ۱۳۹۴ به ۴۰۷۵ در سال ۱۳۹۸ افزایش‌یافته است.بنابراین افزایش روزافزون سوانح و تصادفات جاده‌ای و خسارات مالی و جانی ناشی از آن در زمره یکی از مهم‌ترین چالش‌های ایمنی جاده‌ای در استان بوشهر است؛ که توجه و تعمق محققین این مقاله را به خود معطوف داشته اند. ازاین‌رو، هدف اصلی تحقیق،

دستیابی به الگوی زمانی-مکانی مخاطرات آب‌وهوایی در بروز تصادفات جاده‌ای در استان بوشهر هستند. همچنین هدف دیگر تحقیق ارائه راهکارهای لازم جهت کاهش تصادفات است. ادبیات گذشته در مورد تأثیرات روی جاده‌ها، ناشی از تغییرات آب‌وهوایی، هم در سطح ملی و هم در سطح جهانی تحقیقات زیادی انجام‌گرفته است. در کشورهایی، مانند ایالات‌متحده آمریکا و بریتانیا، چین و همچنین در ایران تعداد قابل‌توجهی از مطالعات برای بررسی یا ارزیابی اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر بخش‌های جاده‌ای انجام‌شده است.بامطالعه پیشینه‌های داخلی و خارجی مربوط نقش آب‌وهوا در رخداد تصادفات جاده‌ای، این مطالعات از دو منظر قابل‌بررسی است.

۱-۱-آسیب‌پذیری شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای در مواجه با شرایط نامساعد آب‌وهوا

در این نوع مطالعات، محققین سعی داشتند، نارسایی‌ها و آسیب‌پذیری شبکه راه‌ها در مواجهه با تغییر اقلیم و شرایط نامساعد آب‌وهوا در بروز تصادفات جاده‌ای، با انواع روش‌های آماری و ریاضی بیان کنند که نمونه‌های این تحقیق به شرح ذیل می‌باشد: تحقیقات مریدی و همکاران (۱۴۰۰)، در مورد آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای ناشی از تغییرات اقلیمی انجام دادند که نتایج نشان داد؛ ضمن وجود مطابقت بین روند فصلی شاخص‌ها و درصد تصادفات، یک معنی‌داری همبستگی میان آن است و تغییر اقلیم به‌عنوان عامل اصلی آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای محسوب می‌شود. حسینیان، کامبوزیا و عامری (۱۴۰۰)، با اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تصادفات راه‌های روستایی استان گیلان با تحلیل عاملی اکتشافی، به پنج عامل در تصادفات دست‌یافته و متغیرهای وضع آب‌وهوا و شرایط سطح راه را به‌عنوان عامل مؤثر در تصادفات دانستند. بهبهانی، عفتی و مرتضایی (۱۳۹۸)، در مورد داده‌کاوی تصادفات برون‌شهری به این یافته دست یافتند که متغیرهای تأثیرگذار بر تصادفات آزادراه قزوین – لوشان شامل عوامل محیطی (شرایط روشنایی، شرایط آب‌وهوایی و شرایط سطح روسازی) و در محور قدیم قزوین – لوشان، عوامل هندسی (نوع منطقه، طرح هندسی و نوع راه) می‌باشد. مطالعات افراشته و طباطبایی (۱۳۹۷)، در مورد اثر جوی و خرابی جاده‌ای بر وقوع تصادفات نشان داد که مؤثرترین مؤلفه‌ها بر ایجاد تصادفات شامل، شرایط آب‌وهوایی، خرابی راه و تعداد تصادفات جلو به جلو بود. مالین و همکاران (۲۰۱۹)، در مورد مخاطرات تصادف جاده و ویژگی‌های آب‌وهوایی در جاده دریافتند که خطر تصادفات در آب‌وهوای نامناسب و بزرگراه‌ها در مقایسه با جاده‌های دوخطه و چند بانده بیشتر است. نتایج پژوهش ون وهمکاران (۲۰۱۹)، در مورداستفاده از مدل مکانی-زمانی برای اثرات متقابل شرایط جاده و آب‌وهوا در وقوع تصادف بزرگراه بیانگر این است که طراحی جاده و ویژگی‌های مدیریت و کنترل ترافیک در تصادفات در مواقع بارانی در بزرگراه‌ها رابطه معنی‌داری وجود داشته و انواع عناصر آب‌وهوایی در بزرگراه‌ها و شرایط مخاطرات جاده در ایجاد خطر ایمنی مؤثر می‌باشد.

۱-۲-نقش مستقیم عناصر آب‌وهوایی بر وقوع تصادفات جاده‌ای

در نوع دیگری از مطالعات، پژوهشگران به نقش و تأثیر مستقیم عناصر آب‌وهوایی بر وقوع تصادفات جاده‌ای تأکید داشتند که پیشینه‌های آن عبارت‌اند از:

موقرپاک (۱۳۹۸)، با بررسی نقش شرایط اقلیمی بر وقوع و شدت تصادفات در نقاط حادثه‌خیز شبکه راه‌ها (ملایر-همدان) دریافتند که ضمن بالا رفتن حجم ترافیک و مسافرت‌ها در فصل تابستان، پارامتر اقلیمی بارش بیشترین تأثیر را بر تصادفات داشته و بیشترین تعداد تصادفات در هوای گرم و در ماه شهریور است. نتایج تحقیقات جوادیان و همکاران (۱۳۹۷)، در مورد تحلیل تصادفات جاده‌ای با رویکرد اقلیمی در محور بندرعباس – سیرجان نشان داد که شرایط برف و یخبندان مؤثرترین عامل در تصادفات است و در مناطق خشک و گرم به‌ویژه در جنوب کشور، عنصر اقلیمی دما عامل اصلی تصادفات

است. وطن‌پرست وهمکاران (۱۳۹۶)، به ارزیابی تأثیر عناصر اقلیمی و عوامل انسانی در بروز تصادفات جاده‌ای با استفاده از منطق فازی (محور مشهد –قوچان) پرداختند که یافته‌ها نشان از نقش بسیار زیاد عوامل انسانی نسبت به عناصر اقلیمی در بروز تصادفات جاده‌ای است. ینگ ژان وهمکاران (۲۰۲۰)، در مورد اثرات بارش ساعتی و دما بر تلفات ترافیک جاده‌ای در شهر شنژن در کشور چین تحقیق نموده و نتایج بیانگر این است که دمای فرین موجب ایجاد برف و همچنین یخزدگی سطوح جاده‌ها شده، درنتیجه باعث کاهش عملکرد رانندگی و وضعیت خودرو می‌شود. ارتباط غیر معنادار بارندگی و تصادف جاده‌ای نیز مشاهده شد. دیپندل وهمکاران (۲۰۱۹)، با بررسی تأثیر عناصر هواشناسی بر تصادفات جاده‌ای، دریافتند که تصادفات جاده‌ای ارتباط زیادی با عناصر آب‌وهوایی داشته و به‌کارگیری از کمیت‌های آب‌وهوا موجب دقت زیاد در پیش‌بینی تعداد تصادف و آسیب‌های ناشی از آن می‌شود. وانگ وهمکاران (۲۰۱۹) بامطالعه سازگاری سامانه‌های جاده‌ای انگلستان با تأثیرات ناشی از تغییرات آب‌وهوای دریافتند که ارتباط معنی‌دار بین تصادفات جاده‌ای با افزایش دما و بارش سیل‌آسا وجود دارد.

۲-مواد و روش

این پژوهش با ماهیت توصیفی-تحلیلی و با رویکرد تحلیل زمانی و مکانی به تأثیر مخاطرات عناصر آب‌وهوایی در ایجاد تصادفات جاده‌ای انجام‌شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل تمام تصادفات جاده‌ای به وقوع پیوسته در محورهای مواصلاتی استان بوشهر در دوره زمانی ۵ ساله (۱۳۹۸-۱۳۹٤) که توسط پلیس راهور ثبت‌شده را تشکیل می‌دهد. در این تحقیق متغیرهای هواشناسی شامل عناصر؛ دید افقی، رطوبت، میزان ابرناکی، سرعت باد، دما و فشار سطح دریا در دوره ۵ ساله (۱۳۹۸-۱۳۹٤) به‌صورت ماهانه از اداره کل هواشناسی استان بوشهر دریافت گردیده است. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های تصادفات و هواشناسی از نرم‌افزار SPSS و تحلیل فضایی داده‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردیده است. در این تحقیق جهت تخمین و برآورد تراکم تصادفات و عناصر آب‌وهوایی از تابع کرنل استفاده شده است. این تابع با توجه به نقاط معلوم و دارای ارزش و همچنین تعریف شعاع جستجو، به برآورد و تخمین تراکم در شعاع جستجو می‌پردازد. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها (سیلورمن، ۱۹۸٦؛ بیلی و گترل، ۱۹۹۵) برای به تصویر کشیدن داده‌های خطی و مخصوصاً نقطه‌ای به‌صورت پیوسته، آزمون تخمین تراکم کرنل می‌باشد. این روش برای اولین بار توسط روزنبلات (۱۹۵٦) ابداع شد. این روش برآورد ناپارامتری تراکم احتمالی توجه قابل‌ملاحظه‌ای را به خود جلب کرده است (وو و میلنیچوک،۲۰۰۲ و روزنبلات، ۱۹۵٦). این آزمون سطح هموار از تغییرات در تراکم نقاط و خطوط درروی محدوده ایجاد می‌نماید (بلیانی و حکیم دوست،۱۳۹۳). این تابع تراکم پدیده‌های مکان محور را در واحد سطح به تصویر می‌کشد که در این رابطه نقاط مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی و نقاط پر تصادف به‌عنوان یک فاکتور مکانی توسط این تابع، تحلیل گردیده است. ازجمله مطالعاتی که به بررسی تصادفات جاده‌ای ناشی از آب‌وهوا با روش کرنل انجام‌گرفته می‌توان به تحقیقاتی چون زینلی (۱۳۹٤)، لی و ژائو (۲۰۲۰) و وانگ و همکاران (۲۰۲۲) اشاره نمود. در روش‌های آمار استنباطی از آزمون کای- اسکوئر برای بررسی و مقایسه فراوانی‌ها و روابط بین متغیرهای طبقه‌بندی‌شده، استفاده شده است. این آزمون می‌تواند آزمون‌های معناداری متفاوتی بین فراوانی‌های تصادفات جاده‌ای و عناصر آب‌وهوایی را نشان دهد. ابتدا داده‌های هواشناسی روزانه-ساعتی در بازه زمانی پنج‌ساله از سازمان هواشناسی و داده‌های تصادفات جاده‌ای روزانه-ساعتی را از پلیس راهور اخذ شد. تحلیل فضایی هر داده جهت تخمین و برآورد تراکم تصادفات و عناصر آب‌وهوایی از تابع کرنل، از نرم‌افزار ARCmap استفاده شد. برای دستیابی به هدف پژوهش ابتدا برای

بررسی میانگین بین انواع تصادفات (جرحی، فوتی و خسارتی) و حوزه‌های پلیس‌راه، مسیرهای وقوع تصادف (اصلی، فرعی) با انواع تصادفات جاده‌ای، زمان‌های وقوع تصادفات جاده‌ای مقایسه نوع تصادفات در دوره‌های زمانی مختلف مقایسه میزان تصادفات با دوره‌های روزانه آزمون‌های آماری کای-اسکوئر و آنووا استفاده شد. آزمون آنووا، میانگین گروه‌های مختلف را مقایسه می‌کند. تغییر کل به دو مؤلفه تقسیم شده است. گروه‌های Between تغییر میانگین‌های گروه را نسبت به میانگین کلی نشان می‌دهد. مؤلفه Within Groups تغییر در امتیازات خاصی را نسبت به میانگین‌های گروهی خودشان نمایش می‌دهد. سطح معنی‌داری کوچک (کمتر از ۰/۵) تفاوت‌های گروه را مشخص می‌نماید.

با توجه به این موضوع، می‌توان فرضیه‌های آزمون برای مقایسه میانگین k داده را به‌صورت زیر نوشت.

$$\alpha t=P(ErrorTypeI)=P(RejectH0|H0istrue)$$
$$\{H0:\mu1=\mu2=\ldots=\mu k$$

در اینجا فرض مقابل یا H1 بیان می‌کند که حداقل یکی از میانگین‌ها با بقیه تفاوت دارد. احتمال خطای نوع اول برای مسئله اصلی آزمون به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$H1:therearesome\mu'snotequalwithothers$$

آماره و فرمول کای اسکوئر یا کای دو معمولاً برای آزمایش روابط بین متغیرهای طبقه‌بندی‌شده استفاده می‌شود. فرضیه صفر آزمون کای دو این است که هیچ ارتباطی در مورد متغیرهای طبقه‌بندی‌شده در جمعیت وجود ندارد. آن‌ها مستقل هستند یک نمونه سؤال تحقیقاتی که می‌توان با استفاده از تجزیه‌وتحلیل Chi-Square پاسخ داد.

$$\chi^2 = \sum \frac{(Fo-Fe)2}{Fe}$$

این آزمون یک متغیر را در مقوله‌ها جدول‌بندی می‌کند و فرضیه‌های مبنی بر اینکه فراوانی‌های مشاهده‌شده از فراوانی‌های مورد انتظارشان تفاوت نمی‌کند را مورد آزمون قرار می‌دهد (افشانی و همکاران،۱۳۹۱).

۲-۱-موقعیت منطقه مورد مطالعه

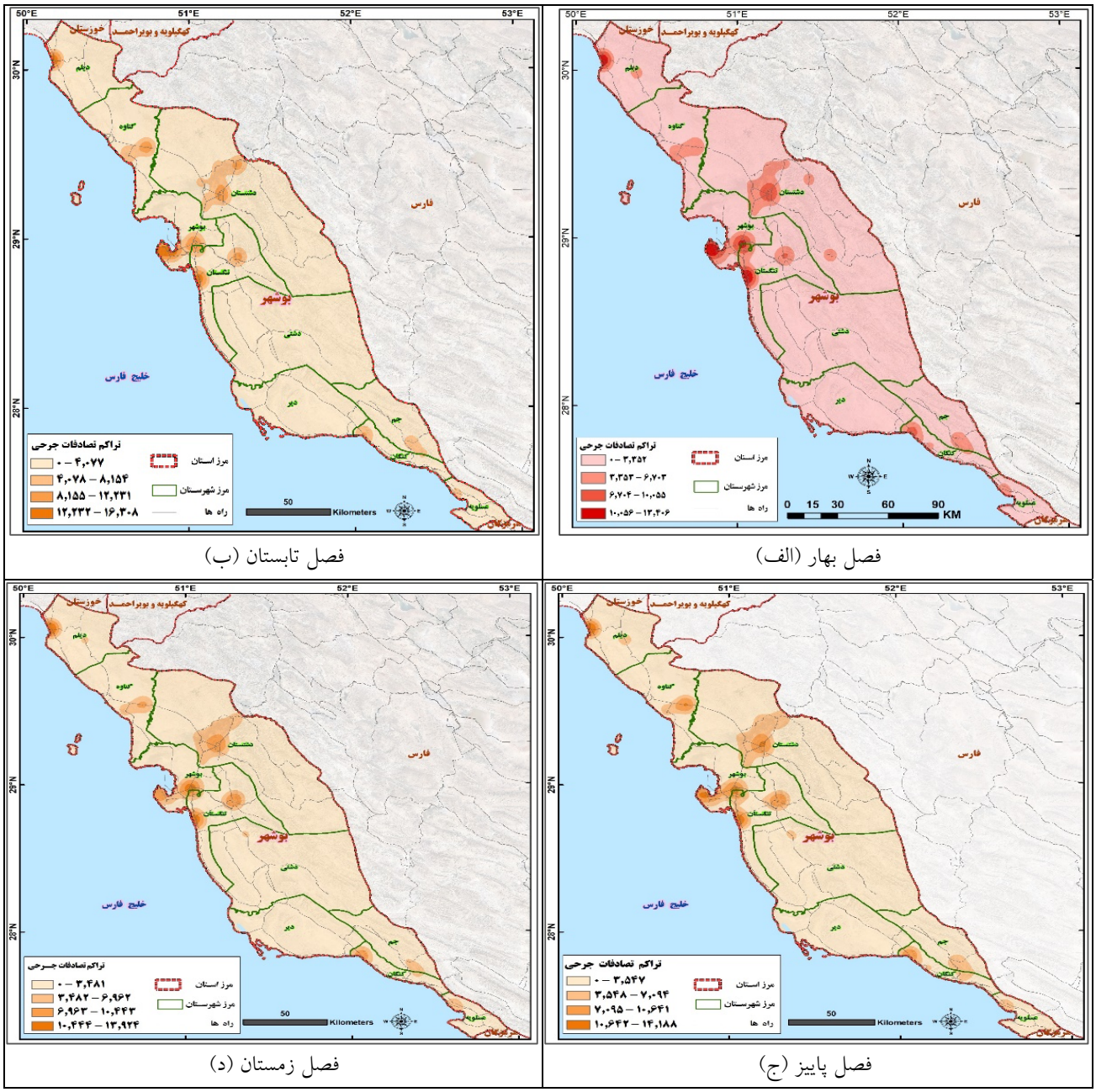
استان بوشهر بامساحتی حدود ۲۷، ۶۵۳ کیلومترمربع، جمعیتی برابر ۸۸۶، ۲۶۷ نفر دارد این استان از شمال به استان خوزستان و قسمتی از کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب به خلیج‌فارس و قسمتی از استان هرمزگان، از شرق به استان فارس و از غرب به خلیج‌فارس محدود است. سواحل کناره خلیج‌فارس و سواحل جنوبی ایران اغلب دارای آب‌وهوایی گرم و مرطوب بوده و دارای تابستان‌های طولانی و زمستان‌هایی کوتاه هستند (مودت و نوروز، ۱۳۹۸). بر اساس آخرین تقسیمات سیاسی کشور استان بوشهر مشتمل بر ۱۰ شهرستان می‌باشد که از شمال به جنوب به ترتیب شامل شهرستان‌های دیلم، گناوه، دشتستان، بوشهر، تنگستان، دشتی، دیر، جم، کنگان و عسلویه می‌باشد (آمار عناصر و واحدهای تقسیمات کشوری، ۱۴۰۱). در شکل (۱) بیشترین تعداد تصادفات با تعداد ۳۲/۸-۱۷/۵ مورد در هر کیلومترمربع برای دوره ۵ ساله، در نواحی مرکزی استان شامل شهرستان‌های بوشهر، دشتستان و تنگستان و همچنین شهرستان‌های جنوبی جم، کنگان و عسلویه؛ و کمترین تعداد تصادفات با تعداد ۱/۳-۰ مورد در هر کیلومترمربع در شهرستان‌های دیر و دشتی و بیشتر مناطق شمالی استان به وقوع پیوسته است.

شکل ۱. قلمرو تحقیق تصادفات جاده‌ای در استان بوشهر

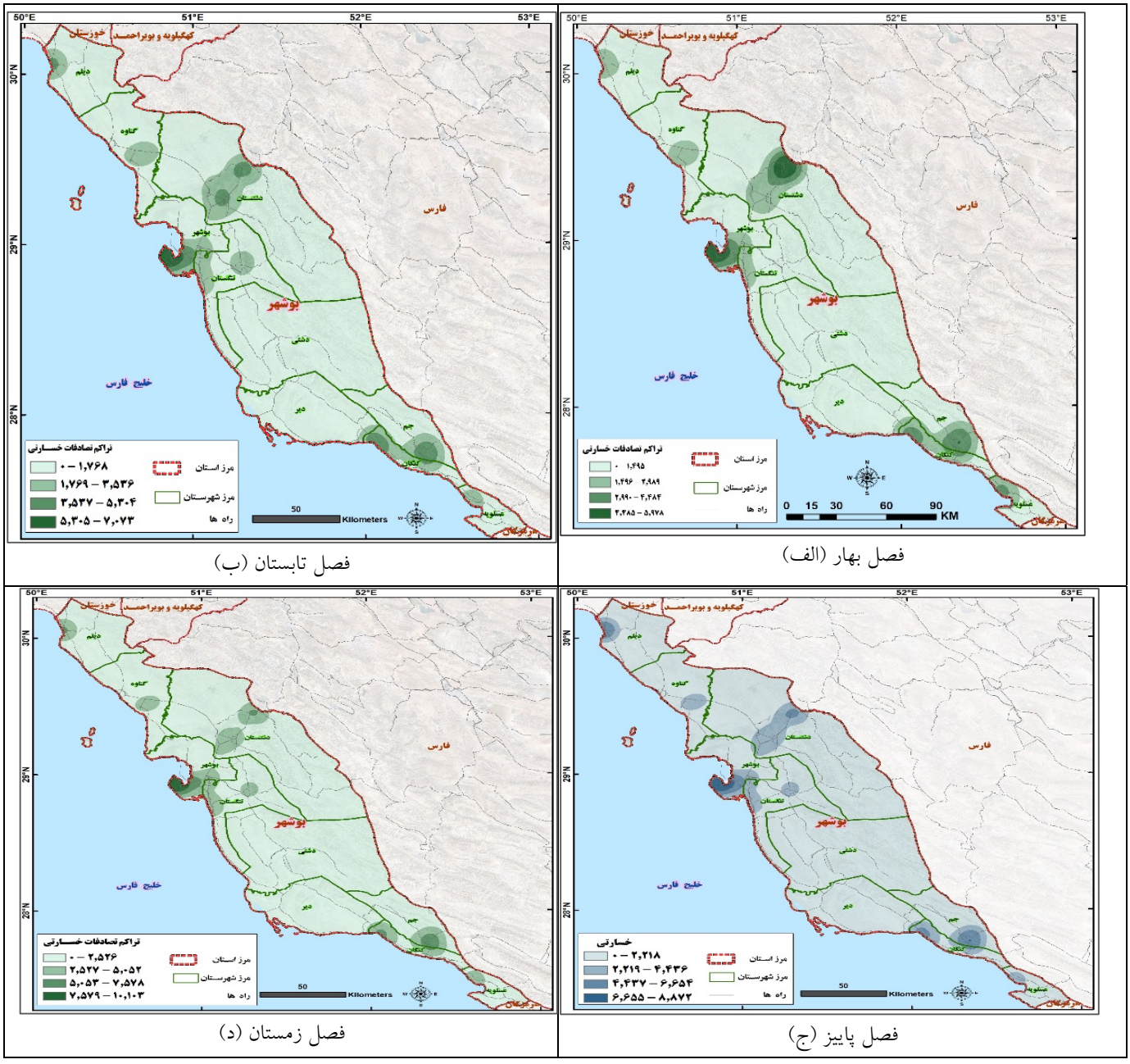
۳-نتایج و بحث

۳-۱-تحلیل فضایی تصادفات جاده‌ای در محورهای استان بوشهر

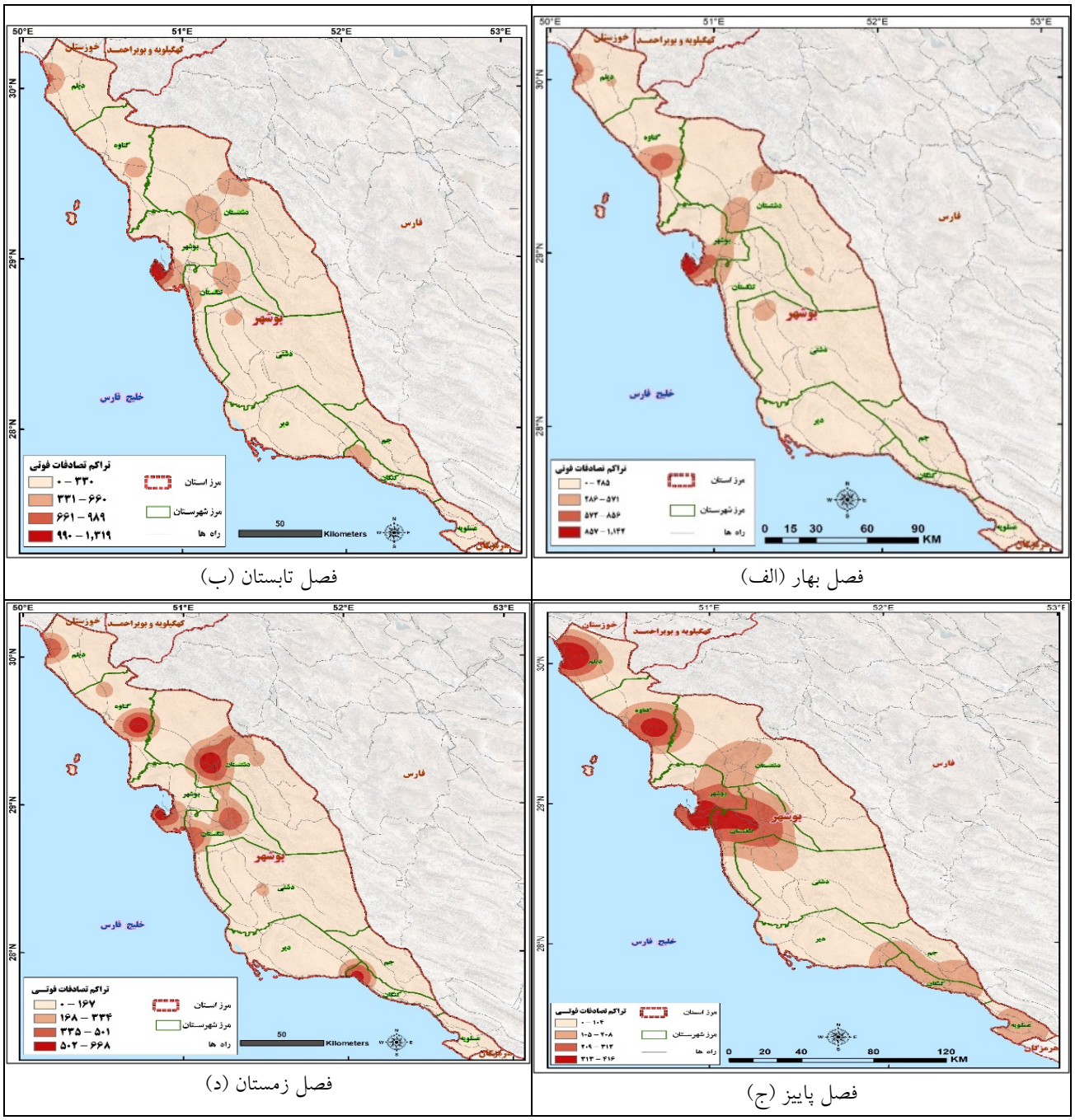
نتایج حاصل از برآورد تراکم کرنل در مورد انواع تصادفات (فوتی، خسارتی، جرحی) در محورهای استان بوشهر بر اساس فصول بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۸ به‌صورت پهنه‌بندی در شکل ۲ به نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، محورهای مواصلاتی در نواحی غربی استان بوشهر شامل شهرستان‌های بوشهر، تنگستان و دشتستان دارای تراکم تصادف می‌باشد. همچنین محورهای مواصلاتی نواحی شرقی مانند محورهای مواصلاتی کنگان و جم تراکم تصادف وجود دارد. تراکم کرنل تصادفات جرحی در فصل پاییز و زمستان بیشترین تراکم را در بین فصول دیده می‌شود. تراکم کرنل تصادفات خسارتی در فصل بهار و تابستان بیشترین پهنه را به خود گرفته است. تراکم کرنل تصادفات خسارتی در فصل بهار و تابستان بیشترین پهنه را به خود گرفته است. با ترسیم پهنه‌های تصادفات جاده‌ای، دو نوع الگوی تصادفات جاده‌ای یافت شد. این الگوها با تغییر فصل همراه است. الگوی اول انواع تصادفات (حدی) درمحورهای دشتستان، بوشهر و تنگستان، با جهت شمال شرقی- جنوب غربی و الگوی دوم پهنه‌هایی به‌صورت لکه‌های پراکنده در نواحی شمال غربی، به‌ویژه در جنوب شرقی متمرکزشده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳). تمرکز زیاد جمعیت، تعدد راه‌های مواصلاتی و نزدیک بودن موقعیت جغرافیایی شهرها به یکدیگر، باعث ایجاد این الگوها شده است؛ اما در فصل پاییز و زمستان وسعت الگوهای تصادفات فوتی مساحت بیشتری را به خود اختصاص داده و از پراکندگی لکه‌ها، به یک پهنه وسیع به‌ویژه در فصل پاییز تبدیل‌شده است (شکل ٤ ج و د). برای یافتن ارتباط علت‌های دیگر تصادفات جاده‌ای با عناصر اقلیمی، ویژگی‌های پهنه‌های عناصر آب‌وهوایی را مور بررسی قرارگرفته که در یافته‌های بعدی بیان گردید.



شکل ۲. تراکم تصادفات جرحی (کرنل) در چهارفصل سال (۱۳۹۸-۱۳۹۴)



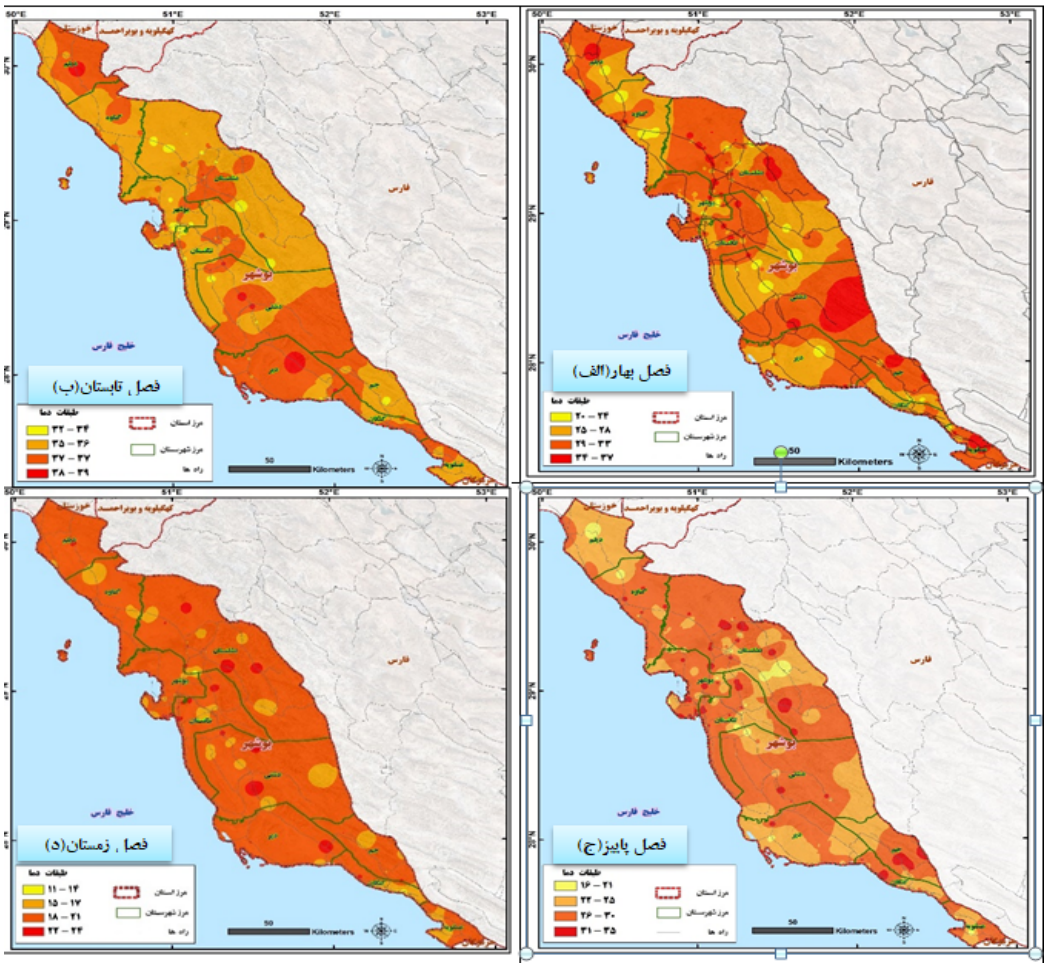
شکل ۳. تراکم تصادفات خسارتی (کرنل) در چهارفصل سال (۱۳۹۸-۱۳۹۴)



شکل ٤. تراکم تصادفات فوتی (کرنل) در چهارفصل سال (۱۳۹۸-۱۳۹٤)

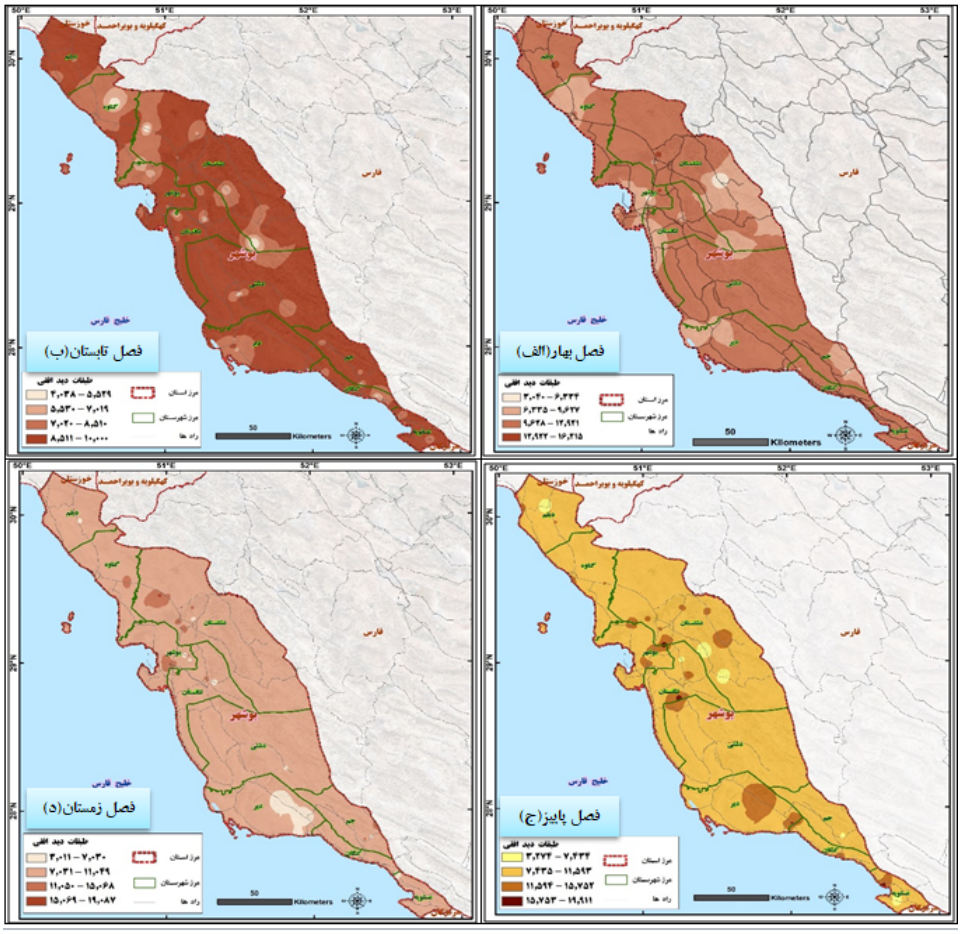
٤-تحلیل عناصر آب‌وهوایی بر اساس آزمون کرنل

نتایج حاصل از برآورد تراکم کرنل در مورد عناصر آب‌وهوایی موردمطالعه در محورهای استان بوشهر بر اساس فصول بین سال‌های ۱۳۹٤-۱۳۹۸ به‌صورت پهنه‌بندی به نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در فصل بهار کمینه دما بین ٢٤-٢٠ درجه با کمترین پهنه‌بندی و بیشینه دما بین ٣٧-٣٤ درجه، استان بوشهر را دربر گرفته است (شکل ۵ الف). در فصل تابستان کمینه دما بین ٣٢-٣٤ درجه با کمترین پهنه‌بندی و بیشینه دما بین ٣٨-٣٩ درجه بیشترین پهنه به خود اختصاص داده است. پهنه‌بندی دماهای حدی بر روی تقاطع‌ها و محورهای اصلی مانند محور دیلم-گناوه، دشتستان-بوشهر و در قسمت وسیع در محور دیر و به‌صورت محدود در محورهای جم، کنگان و عسلویه مشاهده شده است (شکل ۵ ب). در فصل پاییز کمینه دما بین ٢١-١٦ درجه و بیشینه دما بین ٣٥-٣١ درجه می‌باشد. بیشترین پهنه‌بندی دما به میزان ٣٠-٢٦ درجه را در اکثر مناطق استان بوشهر وجود دارد (شکل ۵ ج). در فصل زمستان کمینه دما بین ١٤-١١ درجه و بیشینه دما بین ٢٤-٢٢ درجه می‌باشد. بیشترین پهنه‌بندی دما در فصل زمستان به میزان را در اکثر مناطق استان بوشهر پوشش داده است (شکل ۵-د).



شکل ۵. پهنه‌بندی فصلی دما در محورهای استان بوشهر

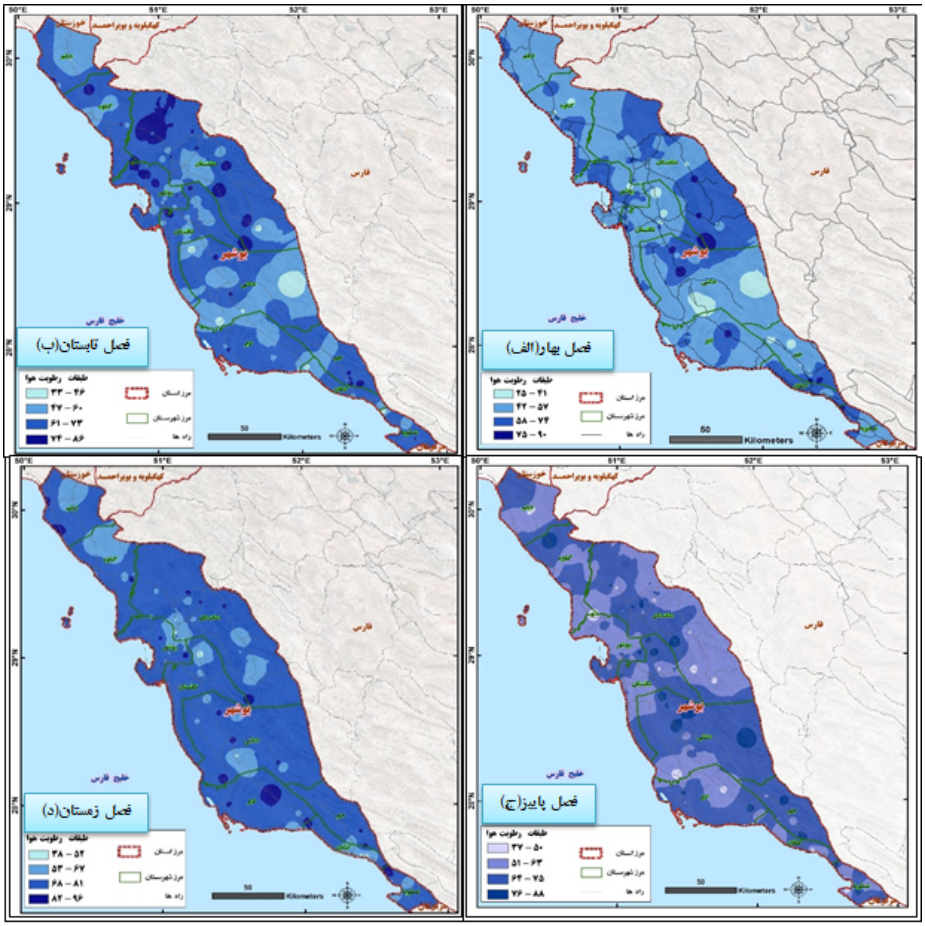
نتایج حاصل از برآورد تراکم کرنل در مورد عنصر دید افقی در محورهای استان بوشهر بر اساس فصول بین سال‌های ۱۳۹۴–۱۳۹۸ به‌صورت پهنه‌بندی نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در شکل ٦–الف در فصل بهار کاهش حداقل دید افقی بین ٦/٣–٣/٤ کیلومتر با کمترین پهنه‌بندی و افزایش حداکثر دید افقی بین ١٦/٣– ١٢ کیلومتر بیشترین پهنه‌بندی را تشکیل داده است. در فصل تابستان حداقل کاهش دید افقی بین ٥/٥–٤ و حداکثر افزایش دید افقی ١٠–٨/٥ کیلومتر که بیشترین وسعت را به‌صورت لکه‌های محدود در نواحی مرکزی و جنوبی در استان بوشهر مشاهده می‌شود. (شکل ٦–ب). در نیمه دوم سال و در فصل پاییز، روند دید افقی به‌شدت تغییر نموده و کاهش حداقل دید افقی بین ٧/٤–٣/٢ کیلومتر بیشترین وسعت پهنه‌بندی را به خود اختصاص داده است (شکل ٦–ج). در نیمه دوم سال هم در فصل زمستان روند دید افقی مانند فصل پاییز است و کاهش حداقل دید افقی بین ٧/٣–٣/١ کیلومتر بیشترین وسعت پهنه‌بندی را به خود اختصاص داده است و حداکثر دید افقی بین ١٩/٩–١٥/٧ کیلومتر کمترین پهنه‌بندی را تشکیل داده است (شکل ٦–د).



شکل ٦. پهنه‌بندی فصلی دید افقی در محورهای استان بوشهر

نتایج حاصل از برآورد تراکم کرنل در مورد عنصر رطوبت نسبی در محورهای استان بوشهر بر اساس فصول بین سال‌های ١٣٩٤–١٣٩٨ به‌صورت پهنه‌بندی نشان داده شده است. در فصل بهار کمترین میزان رطوبت نسبی بین ٢١–٢٥ درصد و بیشترین میزان رطوبت نسبی بین ٩٠–٧٥ درصد است. در این میان طبقه رطوبت نسبی ٧٤–٥٨

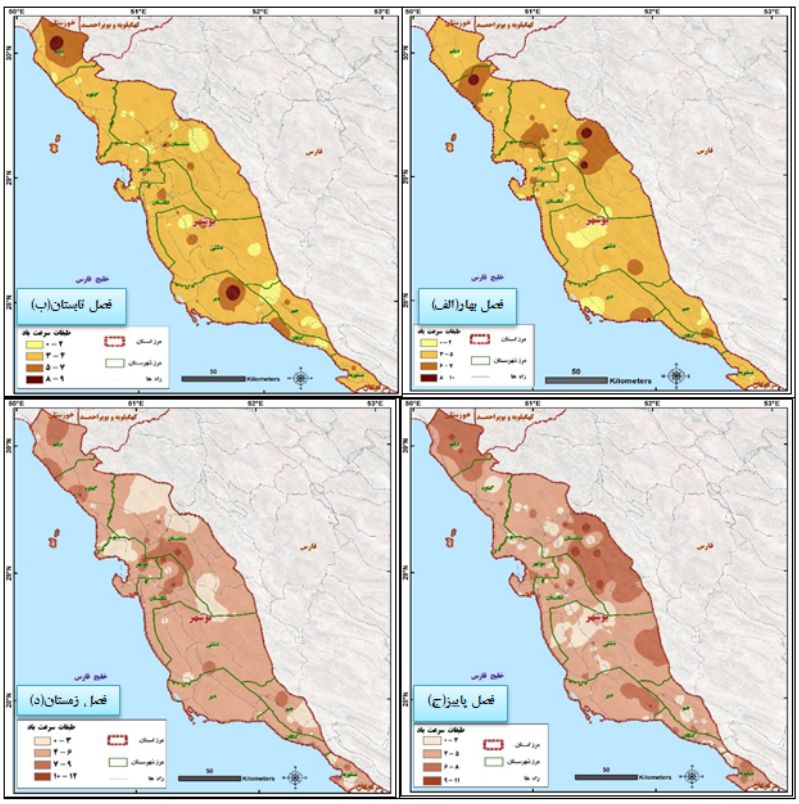
درصد بیشترین پهنه را به خود اختصاص داده است (شکل ۷-الف). در فصل تابستان کمینه میزان رطوبت نسبی بین ۴۶-۲۳ درصد است که درراه‌های مستقر در نواحی مرکزی و محدود در شمال استان بوشهر مشاهده می‌شود. بیشترین پهنه رطوبت نسبی بین ۶۱-۷۳ درصد به‌صورت لکه‌های پراکنده مستقر شده است (شکل ۷-ب). در فصل پاییز تا حدودی میزان رطوبت نسبی ۷۵-۶۴ درصد غلبه بیشتری پیداکرده وبر وسعت خود در اکثر نواحی استان بوشهر افزوده است (شکل ۷-ج). در فصل زمستان نیز مانند فصل پاییز میزان طبقه رطوبت نسبی با مقدار ۸۱-۶۸ درصد از غلبه بیشتر و وسعت زیادی برخورداراست و میزان رطوبت نسبی کمینه و بیشینه از حداقل وسعت و پهنه برخوردار است (شکل ۷-د).



شکل ۷. پهنه‌بندی فصلی رطوبت نسبی در محورهای استان بوشهر

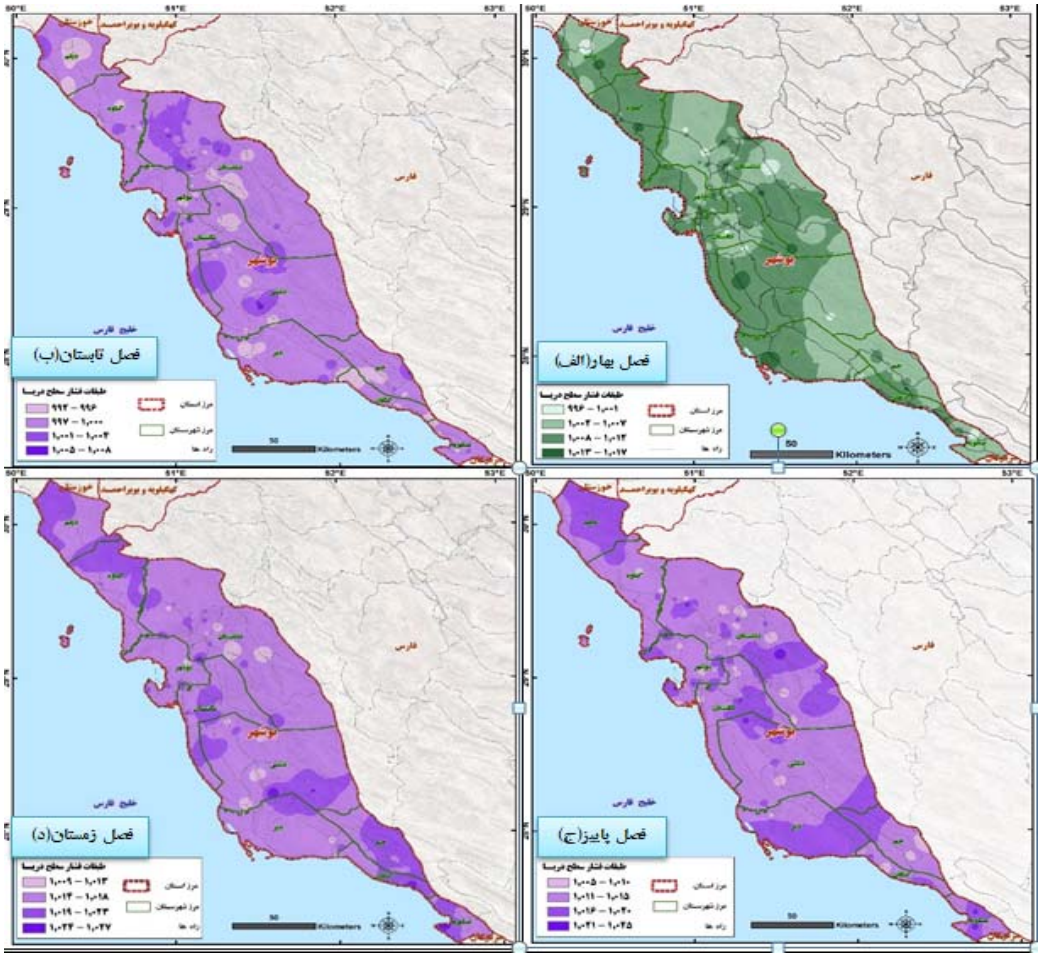
نتایج حاصل از برآورد تراکم کرنل در مورد عنصر سرعت باد در محورهای استان بوشهر بر اساس فصول بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۸ به‌صورت پهنه‌بندی نشان داده شده است. در جدول ۸-الف و ب در فصل بهار و تابستان کمینه‌های سرعت باد در دوطبقه اول ۰-۵ نات، یک پهنه وسیعی در برگرفته است. بیشینه‌های سرعت باد بین ۸-۱۰ نات به‌صورت محدود در نواحی شمال غربی- جنوب شرقی دیده می‌شود. اما در نیمسال دوم سال در فصل پاییز وضعیت سرعت وزش باد کمی متفاوت‌تر از نیمسال اول می‌باشد. بیشینه‌های سرعت باد بین طبقات ۶-۸ و ۹- ۱۱ نات در پهنه وسیع‌تری را دربر گرفته است و کمینه‌های سرعت باد بین ۰-۳ و ۴-۵ نات به‌صورت پراکنده

در استان بوشهر وجود دارد (شکل ۸-ج). در فصل زمستان کمی سرعت باد نسبت به سایر فصول افزایش‌یافته و بیشینه سرعت باد بین ۱۲-۱۰ نات می‌باشد، اما از پهنه‌های کمتری برخوردار است و بیشتر راه‌های مواصلاتی دشتستان و بوشهر و گناوه وجود دارد. کمینه‌های سرعت وزش باد ۰-۳ و ۴-۳ بیشترین وسعت را در خود جای داده است. (شکل ۸-د).



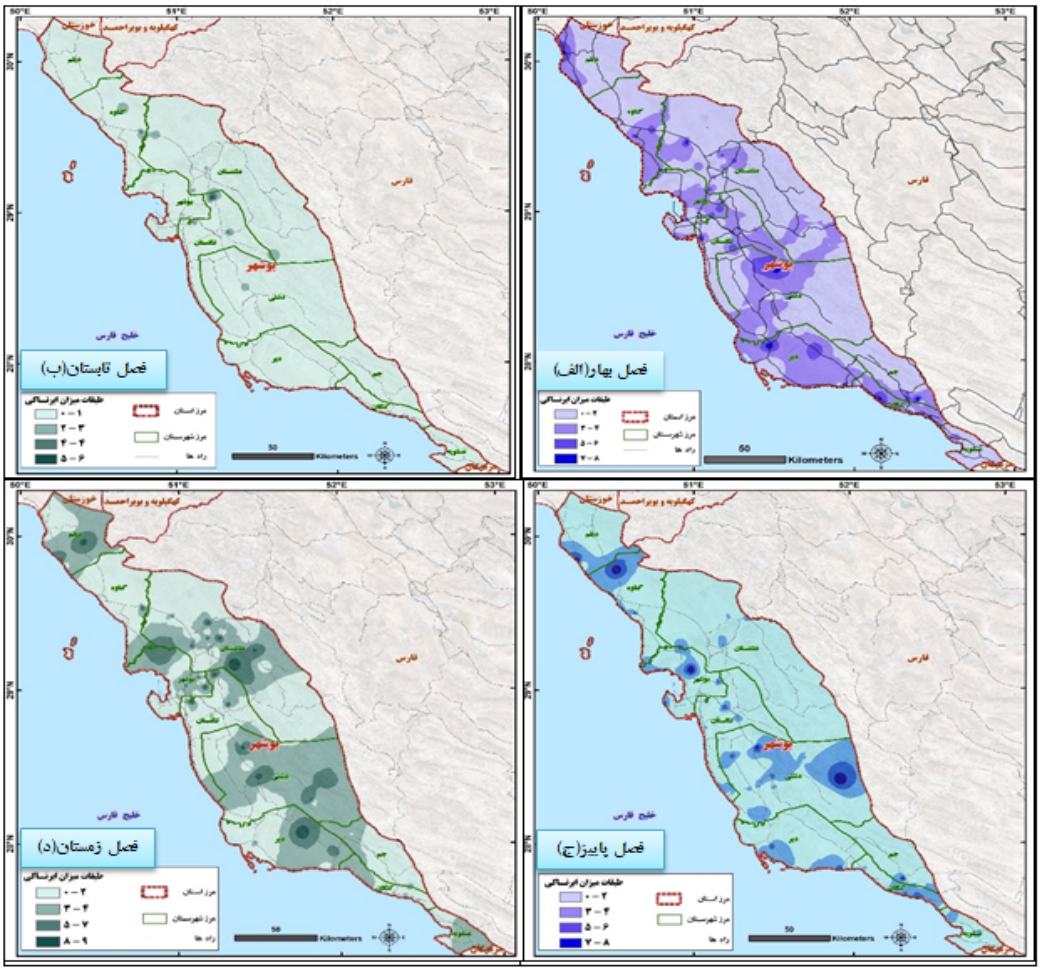
شکل۸. پهنه‌بندی فصلی سرعت باد در محورهای استان بوشهر

نتایج حاصل از برآورد تراکم کرنل در مورد عنصر فشار هوا در محورهای استان بوشهر بر اساس فصول بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۸ به‌صورت پهنه‌بندی نشان داده شده است. بیشترین پهنه فشار هوا در فصل بهار با مقدار ۱۰۱۲-۱۰۰۸ میلی بار، در نواحی شمال غربی و مرکزی مستقر شده و کمترین پهنه فشار هوا با مقادیر ۱۰۱۷-۱۰۱۳ و ۹۹۶-۱۰۰۱ میلی بار به‌صورت پراکنده در اطراف استان بوشهر مشاهده می‌شود (شکل ۹-الف). در فصل تابستان بیشترین پهنه فشار هوا با مقادیر ۹۹۷-۱۰۰۰ میلی بار در اکثر نواحی استان بوشهر مشاهده می‌شود. در نیمه دوم سال پهنه‌های فشار هوا متفاوت از نیمسال اول است (شکل ۹-ب). در فصل پاییز و زمستان فشار هوا با مقادیر ۱۰۱۱-۱۰۱۵ و مقادیر ۱۰۲۱-۱۰۲۵ میلی بار بیشترین پهنه‌ها قابل مشاهده است (شکل ۹-ج، د).



شکل۹. پهنه‌بندی فصلی فشار هوا در محورهای استان بوشهر

جدول (۸) نتایج برآورد فشار هوا بر اساس آزمون تخمین تراکم کرنل در شهرستان‌های استان بوشهر نتایج حاصل از برآورد تراکم کرنل در مورد عنصر ابرناکی در محورهای استان بوشهر بر اساس فصول بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۸ به‌صورت پهنه‌بندی نشان داده شده است. در فصل بهار کمترین میزان ابرناکی بین ۰-۲ اوکتا می‌باشد که بیشترین وسعت را در منطقه به خود اختصاص داده است. بیشترین میزان ابرناکی با مقادیر ۷-۸ اکتا به‌صورت لکه‌های پراکنده مشاهده می‌شود (شکل ۱۰-الف). در فصل تابستان کمترین میزان ابرناکی بین ۰-۱ اوکتا است که بیشترین پهنه را به خود اختصاص داده و بیشترین میزان ابرناکی با مقادیر ۵-٦ اوکتا است که به‌صورت لکه‌های پراکنده در نواحی میانی استان مشاهده می‌شود (شکل ۱۰-ب). در فصل پاییز همچنین کمترین میزان ابرناکی بین ۰-۲ اوکتا و بیشترین پهنه را از آن خود نموده است و بیشترین میزان ابرناکی با مقادیر ۷-۸ اوکتا و به‌صورت لکه‌هایی کمی بزرگ‌تر در نواحی شمال غربی و مرکزی استان مشاهده می‌شود (شکل ۱۰-ج). در فصل زمستان مقادیر ۰-۲ و ۳- ٤ اوکتا یک نوع برابری به لحاظ پهنه‌بندی ایجاد نموده و کمترین میزان ابرناکی بین مقادیر ۸-۹ اوکتا و به‌صورت لکه‌های پراکنده در اطراف نقشه استان مشاهده می‌گردد (شکل ۱۰-د).



شکل ۱۰. پهنه‌بندی فصلی ابرناکی در محورهای استان بوشهر

برای اینکه بتوان بین میزان تصادفات جاده‌ای با متغیرهای آب‌وهوایی یک مقایسه مطلوب ایجاد نمود، از آزمون‌های آمار استنباطی مانند آزمون کا-اسکوئر و آزمون آنووا استفاده شد که به شرح ذیل می‌باشد.

٤-١-مقایسه میزان تصادفات با متغیرهای آب‌وهوایی

در مقایسه متغیرهای آب‌وهوایی با نوع تصادفات در ۵ متغیر دما، رطوبت، فشار، باد و دید افقی از آزمون کا-اسکوئر استفاده شده است. نتایج جدول ۱ نشان داد، در متغیر دما میزان آزمون ۱۵/۲۸ و سطح معناداری ۶۵۳/. در متغیر رطوبت میزان آزمون ۱۱/۳۹ و سطح معناداری ۱۲۹/. در متغیر فشار ۸/۷٤ و سطح معناداری ۳۳۹/. در متغیر باد ۱۸/٦۳ و سطح معناداری ۰۰۰/؛ و نهایتاً در متغیر دید افقی ۲۱/۸٤ و سطح معناداری ۰۰۰/. است. در واقع از ۵ متغیر یادشده فقط دو متغیر باد و دید افقی در میزان تصادفات اثرگذارند، درواقع بین میزان وزش باد و نوع تصادفات جرحی، فوتی و خسارتی تفاوتی معناداری وجود دارد و از طرفی میزان دید افقی در نوع وقوع تصادف نیز تفاوت معناداری باهم دارند خلاصه یافته‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مقایسه متغیرهای آب‌وهوایی با نوع تصادفات با استفاده از آزمون کا-اسکوئر

متغیرهای مستقل	متغیر مورد مقایسه	آزمون کا-اسکوئر	سطح معناداری	نتیجه
دما	نوع تصادفات جاده‌ای (جرحی، فوتی، خسارتی)	۱۵/۲۸	۰/۶۵۳	رد رابطه
رطوبت		۱۱/۳۹	۰/۱۲۹	رد رابطه
فشار		۸/۷۴	۰/۳۳۹	رد رابطه
باد		۱۸/۶۳	۰/۰۰۰	تأیید رابطه
دید افقی		۲۱/۸۴	۰/۰۰۰	تأیید رابطه

۴-۲-مقایسه میزان تصادفات با در نظر گرفتن متغیرهای فصلی

در بررسی رابطه میزان تصادفات و متغیرهای زمانی (فصول) از آزمون آنووا استفاده شده است که در تصادفات جرحی مقدار آزمون ۱۰/۳۶ و سطح معناداری ۰۰۵/. است که بیانگر آن است که میزان تصادفات جرحی در فصول مختلف تفاوت معناداری باهم دارند، در تصادفات خسارتی و فوتی با عنایت به اینکه سطح معناداری بیش از ۰۵/. است تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود. نتایج آزمون به شرح جدول ۲ می‌باشد.

در تصادفات جرحی میزان تصادفات در پاییز و زمستان بیش از تابستان و بهار است این روند در تصادفات خسارتی هم وجود دارد، اما در تصادفات فوتی میزان تصادفات در تابستان و پاییز بیشتر از بهار و زمستان است با این تفاوت که این اختلاف در تصادفات جرحی معنی‌دار است و در تصادفات خسارتی و فوتی تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود.

جدول ۲. مقایسه میزان تصادفات با متغیرهای فصلی با استفاده از آزمون آنووا

ردیف	نوع تصادفات	آزمون آنووا	سطح معناداری	نتیجه	بررسی توصیفی			
					بهار	تابستان	پاییز	زمستان
۱	جرحی	۱۰/۳۶	۰۰۵/.	تأیید رابطه	۸۷۱	۸۷۸	۱۰۱۴	۹۲۹
۲	خسارتی	۳/۵۹	۵۹۴/.	رد رابطه	۶۶۹	۶۵۰	۷۰۵	۷۵۹
۳	فوتی	۴/۸۹	۴۴۹/.	رد رابطه	۹۶	۱۰۷	۱۰۰	۸۶

۴-۳-تحلیل زمانی فصول وقوع تصادفات با نوع تصادفات جاده‌ای (جرحی، خسارتی، فوتی)

در جدول ۳ تناظر میان نوع تصادف و ماه‌ها و فصول سال رخداد تصادف نمایش داده شده است که می‌تواند درک درستی از تأثیر فصل‌های سال بر تصادفات جاده‌ای ارائه داد. هرچند نوساناتی درشدت تعداد تصادفات وجود دارد، اما روندها نشان می‌دهد که تعداد تصادفات (اعم از جرحی، فوتی، خسارتی) در نیمه دوم سال بخصوص در فصل زمستان رو به افزایش است. در جدول ۴ با توجه به مقدار آزمون کا-اسکوئر که ۱۳/۷ و سطح معناداری که ۰/۰۳۳ می‌باشد، می‌توان با اطمینان ۹۵ درصد بیان کرد که بین ماه‌های وقوع تصادف و نوع تصادفی (جرحی، فوتی و خسارتی) رابطه معناداری وجود دارد. در بررسی دقیق‌تر مشخص شد، بیشترین تصادفات در سه‌ماهه سوم سال اتفاق افتاده است.

جدول ۳. بررسی رابطه ماه‌های وقوع تصادفات با انواع تصادفات جاده‌ای

نوع تصادف	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	جمع کل
جرحی	۲۷۴۸	۲۵۸۶	۲۹۴۰	۲۸۰۴	۱۱۰۷۸
فوتی	۲۶۸	۲۸۵	۳۰۵	۳۰۸	۱۱۶۶
خسارتی	۱۸۹۷	۲۰۳۵	۲۲۱۳	۲۲۰۲	۸۳۴۷
جمع کل	۴۹۱۳	۴۹۰۶	۵۴۵۸	۵۳۱۴	۲۰۵۹۱

جدول (۴) تناظر بین انواع تصادفات و دوره‌های سه‌ماهه در دوره ۵ ساله

ردیف	مقدار آزمون کای- اسکوئر	سطح معناداری	درجه آزادی	نتیجه
۱	۱۳/۷	۰/۰۳۳	۶	رابطه معناداری وجود دارد

۵-نتیجه‌گیری

تصادفات جاده‌ای رویدادهای غیرقابل‌پیش‌بینی هستند، به‌نحوی‌که حتی برای پیشگیری با یک سیستم حمل‌ونقل هوشمند آن را به یک چالش مهم تبدیل نمودند. تغییر در شرایط جوی ممکن است تأثیر قابل‌توجهی بر تصادفات جاده‌ای داشته باشد. مطالعات مختلفی در این تحقیق برای بررسی تغییرات عناصر آب‌وهوایی با تغییرات تصادفات جاده‌ای انجام گرفت. محققین این مقاله بعد فضایی تصادفات جاده‌ای مرتبط با آب‌وهوا را در استان بوشهر بررسی کردند و رابطه معناداری را بین وقوع برخی عناصر آب‌وهوایی و تصادفات جاده‌ای یافتند. الگوی رابطه بین آب‌وهوا و انواع تصادفات جاده‌ای در بستر زمان و مکان ایجاد شد. یافته‌ها نشان داد که حساسیت به عناصر آب‌وهوای بین محورهای مواصلاتی متفاوت بود. همچنین نتایج نشان داد که به دلیل کیفیت بهتر جاده‌های اصلی و درنتیجه میزان تردد بالا در این نوع جاده‌ها، قطعاً آمار تصادفات در جاده‌های اصلی بیشتر بود. براین اساس تحقیقات مریدی و همکاران (۱۴۰۰)، به وجود مطابقت بین روند فصلی شاخص‌ها و درصد تصادفات، یک معنی‌داری میان آن‌ها است نیز تأکید داشتند. این نتایج یافته‌های حسینیان، کامبوزیا و عامری (۱۴۰۰) که متغیرهای آب‌وهوا و شرایط سطح راه را به‌عنوان عامل مؤثر در تصادفات می‌دانستند هم‌راستا می‌باشد؛ و به‌نوعی با یافته‌های بهبهانی، عفتی و مرتضایی (۱۳۹۸)، در مورد متغیرهای تأثیرگذار بر تصادفات آزادراه شامل عوامل محیطی ازجمله شرایط آب‌وهوایی هم‌راستا می‌باشد. در پهنه‌بندی برخی از فصول سال، اثرات عناصری مانند دما، رطوبت و فشار هوا و دید افقی تأثیراتی را در وقوع انواع تصادفات گذاشت. به‌عنوان‌مثال فصل پاییز و زمستان بیشترین پهنه‌های عناصر آب‌وهوایی با پهنه تصادفات مانند تصادفات فوتی همخوانی داشت. برای بررسی بیشتر این تأثیرات از آزمون کا-اسکوئر استفاده شد که فقط دو متغیر باد و دید افقی در میزان انواع تصادفات اثرگذارند و در بررسی رابطه میزان تصادفات و متغیرهای زمانی (فصول) با استفاده از آزمون آنووا، نشان داد که میزان تصادفات جرحی در فصول مختلف تفاوت معناداری باهم دارند، ولی در تصادفات خسارتی و فوتی تفاوت معناداری مشاهده نشد و بیشترین تصادفات در سه‌ماهه سوم سال اتفاق افتاده است؛ بنابراین در فصل پاییز عنصر گردوغبار غالب می‌باشد، زیرا بیشینه‌های سرعت باد بین ۶-۸ و ۹-۱۱ نات است و باعث کاهش دید افقی به میزان ۳/۳-۷/۱، گردیده و همچنین کاهش میزان ابرناکی بین ۰-۲ اکتا میزان رطوبت نسبی ۷۵-۶۴ مزیت بر علت می‌گردد. به همین دلیل برخی از محورهای استان بوشهر نرخ بسیار بالایی از تصادفات مرگبار را در شرایط آب‌وهوایی فرین را تجربه کردند (مانند محورهای شهرستان‌های بوشهر، دشتستان و تنگستان و همچنین شهرستان‌های جنوبی جم، کنگان و عسلویه) بنابراین نتایج این تحقیق با یافته‌های موقرپاک (۱۳۹۸) و جوادیان و همکاران (۱۳۹۷)، تأکید بر نقش

شرایط اقلیمی بر وقوع و شدت تصادفات در نقاط حادثه‌خیز در فصول مختلف و همچنین نقش برخی از عناصر اقلیمی بیشترین تأثیر را بر تصادفات داشته‌اند، هم‌راستا می‌باشد. از دیگر یافته‌های این تحقیق ارتباط بعد زمانی میان نوع تصادف و ساعت رخداد انواع تصادف در سطح استان بوشهر بود.

در این دسته‌بندی نوع تصادفات متناظر بازمان رخداد آن‌ها آورده شده است. با ایجاد این دسته‌بندی ساعات خطرناک اثرگذار بر انواع تصادفات جاده‌ای را شناسایی شد. برای اطمینان بیشتر از مقادیر آزمون کای-اسکوئر و سطح معناداری استفاده شد بنابراین می‌توان با اطمینان ۹۵ درصد بیان نمود که بین زمان وقوع تصادف و نوع تصادفی (جرحی، فوتی و خسارتی) رابطه معناداری وجود دارد؛ بنابراین این تحقیق به‌نوعی با یافته‌های ینگ ژان وهمکاران (۲۰۲۰)، در مورد اثرات بارش ساعتی و دما بر تلفات ترافیک جاده‌ای و درنتیجه باعث کاهش عملکرد رانندگی و وضعیت خودرو می‌شود و همچنین با نتایج دیپندل وهمکاران (۲۰۱۹)، وانگ وهمکاران (۲۰۱۹) نیز دریافتند تصادفات جاده‌ای ارتباط معناداری با عناصر آب‌وهوایی داشته وبکارگیری از کمیت‌های آب‌وهوا موجب دقت زیاد در پیش‌بینی تعداد تصادف و آسیب‌های ناشی از آن می‌شود همخوانی داد. با توجه به یافته‌ها، ضروری است که برنامه ریزان و طراحان کاهش تصادفات جاده‌ای، تأثیرات مستقیم عناصر آب‌وهوا بر رانندگی افراد، در مقیاس کوتاه‌مدت و بلندمدت مدنظر قرار دهند. در مقیاس کوتاه‌مدت، برنامه‌ریزی ممکن است شامل مطالعه بیشتر در مورد واکنش و رفتار رانندگان در طول یک رویداد آب‌وهوایی شدید، به‌ویژه رویدادهایی که نادر یا بی‌سابقه باشد، شامل شود. تأکید می‌گردد که محققین اثرات مستقیم و غیرمستقیم دیگر عوامل آب‌وهوایی که می‌توانند بر سیستم‌های حمل‌ونقل، یا بروز تصادفات جاده‌ای نقش داشته باشند مطالعه نموده و با یک نمای کلی سیستمی از محورهای مواصلاتی مختلف که عناصر و رویدادهای شدید آب‌وهوایی، باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای می‌کنند، مطالعه شود. مسلماً میزان عملکرد سیستم حمل‌ونقل در هنگام وقوع رویدادهای آب‌وهوایی شدید، مطلوب عمل نمی‌کنند؛ بنابراین ضروری است که سیاست‌گذاران و بخش نظارت‌ها بر امر تصادفات جاده‌ای به مؤلفه‌ای مانند سازگاری، زمان وقوع رویداد آب‌وهوایی و همچنین شیوه‌های مهندسی در اجرای پروژه‌های راه‌سازی توجه بیشتری داشته باشند.

٦- مراجع

-افراشته، محمد و طباطبایی، سیدعباس. (۱۳۹۷). بررسی اثر جوی و خرابی جاده‌ای بر وقوع تصادفات با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی. *راهور*،۱۵(٤۲)، ۱۲۷- ۱۵٦.

-افشانی، سید علیرضا؛ حسینی رامشه، زینب؛ نوریان، مرتضی و مهدوی زفرقندی، مهدی.(۱۳۹۱). مرجع کاربردی SPSS20. تهران، *انتشارات بیشه*.

-آمار عناصر و واحدهای تقسیمات کشوری. (۱٤۰۱). *گزارش آماری عناصر و واحدهای تقسیماتی ج. ا. ایران*. وزارت کشور.

-برندک، فرهاد. (۱٤۰۱). ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ای استان‌های ایران، *مجلس و راهبرد*، ۲۹(۱۱۰)،۲٤۱-۲۰۷.

Doi: 10.22034/mr.2021.4473.4384

-بهبهانی، حمید. عفتی، میثم. و مرتضایی، سمانه. (۱۳۹۸). داده‌کاوی تصادفات برون‌شهری با رویکرد آماری و تحلیل عاملی، محورهای (موردمطالعه: آزادراه و محور قدیم قزوین- لوشان)، *جاده*،۲۷(۲)، ۳۵- ٤٦.

-تقوایی، مسعود و گودرزی، مجید. (۱۳۸۸). بررسی و تحلیل وضعیت شبکه شهری در استان بوشهر. *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ٦(۱۳)، ۱۳۸-۱۰۹.

doi: 10.22067/geography.v7i13.8972

-جوادیان، محمدعلی، بذرافشان، ام البنین، صادقی لاری، عدنان و سوری، مهشید. (۱۳۹۷). تحلیل تصادفات جاده‌ای با رویکرد اقلیمی در محور بندرعباس – سیرجان، *راهور*، ۱۵(٤۱)،٦۲- ٤۱.

-حسینیان، سید محسن، کامبوزیا، ندا و عامری محمود. (۱٤۰۰). اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تصادفات راه‌های روستایی استان گیلان مبتنی بر تحلیل عاملی اکتشافی و

مدل رگرسیون لجستیک، *مهندسی حمل‌ونقل*، ۱۳(۲)، ۱۴۸۹- ۱۵۰۹.

doi: 10.22119/jte.2021.243667.2479

-حکیم دوست، سیدیاسر و بلیانی، یدالله. (۱۳۹۳). اصول و مبانی پردازش داده‌های مکانی (فضایی) با استفاده از روش‌های تحلیل فضایی. تهران: ناشر آزادپیما.

-زینلی، سایه، حسینعلی، فرهاد، صادقی نیارکی، ابوالقاسم، کاظمی بیدختی، محمد و عفتی، میثم. (۱۳۹٤). تحلیل مکانی تصادفات در تقاطع‌های برون‌شهری با به‌کارگیری روش‌های خودهمبستگی مکانی و برآورد تراکم کرنل. *مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، ۳ (۲)، ٤۲-۲۱.

doi:10.29252/jgit.3.2.21

-شرافتی، ایوب. (۱۳۹٦). تحلیل تأثیر طوفان‌های ۱۲۰ روزه برافزایش تصادفات جاده‌ای (موردمطالعه: محورهای منتهی به شهرستان زابل). *راهور*، ۱٤(۳۸)، ۱٤۷- ۱۳۷.

Dor:20.1001.1.20085362.1392.24.2.9.6

-غیب الّهی، سعید و قاراخانی، علیرضا. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر اقلیم گرم و مرطوب بر معماری استان بوشهر. *پنجمین اجلاس بین‌المللی پژوهشی در علوم و تکنولوژی*، لندن-انگلستان.

-مریدی، ولی، ظهوریان، منیژه، برنا، رضا و شکیبا، علیرضا. (۱٤۰۰). آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای ناشی از تغییرات اقلیمی (موردمطالعه: جاده‌های استان لرستان با استفاده از آزمون جرم مضاعف)، *جغرافیای انتظامی*، ۹(۳٤)، ۸۸- ۵۷.

doi:10.22034/pogra.2021.207573.1263

-مودت، لیدا و نوروزی، فاطمه. (۱۳۹۸). تأثیرات آب‌وهوایی خلیج‌فارس بر معماری خاص سواحل جنوبی (با تأکید برساخت شناشیرها در بوشهر). مطالعات خلیج‌فارس،۱(۱۷)،۹۰-۸۲.

-موقرپاک، علی. (۱۳۹۸). بررسی نقش شرایط اقلیمی بر وقوع و شدت تصادفات در نقاط حادثه‌خیز شبکه راه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS (مطالعه موردی : محورهای پلیس‌راه ملایر-همدان). *مطالعات فرهنگی پلیس*، ٦(٤)،۲۷-۱.

-وطن‌پرست، مهدی، افشاری، علیرضا، رضایی عارفی، محسن و نورمحمدی، علی محمد. (۱۳۹٦). ارزیابی تأثیر عناصر اقلیمی و عوامل انسانی در بروز تصادفات جاده‌ای با استفاده از منطق فازی (نمونه موردی محور مشهد – قوچان). *کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور در برنامه‌ریزی*، ۸(٤)، ٦٦- ۵۲.

-Bailey, T. C. & Gatrell, A. C. (1995). Interactive Spatial Data Analysis. Essex, Longman.

-Diependaele,K. Martensen, H. Lerner, M. Schepers, A. Bijleveld,F. and Commandeur, J. 2019. Forecasting German crash numbers: The effect of meteorological variables, Accident Analysis & Prevention, 125, 336-343.

-Ghasemzadeh, A. Hammit, B. & Eldeeb, H. (2019). Unlocking new potentials of SHRP2 naturalistic driving study data: Complementary methodologies to supplement real-time weather conditions and effective frameworks for data reduction and preparation. Safety Science, 119, 1-8. **doi:10.1016/j.ssci.2019.01.006**

-John,M. and Shaiba, H. (2019). Apriori-Based Algorithm for Dubai Road Accident Analysis, Procedia Computer Science, 163, 218-227**.**

doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.103

-Lal K V,G. Sait, U. Kumar, T. Bhaumik, R. Shivakumar,s. and Bhalla,K (2020). Design and development of a smartphone-based application to save lives during accidents and emergencies, Procedia Computer Science, 167, 2267-2275. **doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.279**

-Li, Jintai, Zhan Zhao. (2022). Impact of COVID-19 travel-restriction policies on road traffic accident patterns with emphasis on cyclists: A case study of New York City, Accident Analysis & Prevention, Vol. 167,1-15.

doi.org/10.1016/j.aap.2022.106586

-Malin, F. Norros, I. and Innamaa, s. (2019). Accident risk of road and weather conditions on different road types, Accident Analysis & Prevention, 122, 181-188. **doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.014**

-Murphy,L. Huang, Y. Lee, J. Robertson,M.and Jeffries,S. (2019). The moderating effect of long-haul truck drivers' occupational tenure on the relationship between safety climate and

adapted to the impacts posed by climate change? By creating a climate adaptation framework, Transportation Research Part, Transport and Environment, 77, 403-424.
doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.007
-Wen, H. Zhang, X. Zeng, O. and Sze, N. (2019). Bayesian spatial-temporal model for the main and interaction effects of roadway and weather characteristics on freeway crash incidence, Accident *Analysis & Prevention,* 132,1-6.
doi.org/10.1016/j.aap.2019.07.025
-Wu,Wei Biao. Jan Mielniczuk. (2002). Kernel density estimation for linear processes. Ann. Statist. 30 (5), 1441 – 1459.
doi.org/10.1214/aos/1035844982
-Zhan,Z. Yu, Y. Chen, T. Xu,L. and Ou,C.Q. (2020). Effects of hourly precipitation and temperature on road traffic casualties in Shenzhen, China (2010–2016), A time-stratified case-crossover study, Science of The Total Environment, 720, 1-7.
doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137482
driving safety behavior, Safety Science, 120: 283-289.
doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.003
-Reza Amin,S. Zareie,A. and Amador-Jiménez, A. (2014).Climate change modeling and the weather-related road accidents in Canada,Transportation Research Part, Transport and Environment, 32, 171-183.
doi.org/10.1016/j.trd.2014.07.012
-ROSENBLATT, M. (1956). Remarks on some nonparametric estimates of a density function. Ann. Math. Statis. 27, 832–837.
doi.org/10.1214/aoms/1177728190
-Silverman, B. W. (1986). Density Estimation for Statistics and Data Analysis. *Chapman Hall*, London.
-Wang, Jinhui.Yu Zhou, Lei Zhuang, Long Shi, Shaogang Zhang. (2022). Study on the critical factors and hot spots of crude oil tanker accidents,Ocean & Coastal Management,Vol. 217,1-20**.**
doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.106010
-Wang,T. Qu, A. Yang, A. Nichol, T. Dimitriu, D. Clarke, G. and Bowden, D. (2019). How can the UK road system be

Investigating the Temporal and Spatial Pattern of Weather Elements in the Occurrence of Road Accidents in the Transportation Axis of Bushehr Province

Mohammad Reza Pourghoulami Sarvandani, Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Dafos, Amin Police University, Tehran, Iran.

Yusef Alipour, Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Dafos, Amin Police University, Tehran, Iran.

E-mail: mr.pourghoolami@apu.ac.ir

Received: June 2023- Accepted: November 2023

ABSTRACT

Road accidents are a major cause of death in Bushehr province. The main goal of the research is to obtain the temporal-spatial pattern of weather hazards in the occurrence of road accidents in Bushehr province. The statistical population of this research includes all road accidents that occurred in the transportation axes of Bushehr province in a period of 5 years (1394-1398) the traffic police is registered. Meteorological variables include horizontal visibility, humidity, cloudiness, wind speed, temperature and sea level pressure in a 5-year period (2014-2016) on a monthly basis. Statistical software and spatial analysis of data from ArcGIS software have been used for statistical analysis of accident and meteorological data. Cornell method has been used for zoning maps of accidents and climatic elements. In inferential statistics methods, chi-square test and ANOVA have been used to examine and compare frequencies and relationships between classified variables. The results showed that in the zoning of some seasons of the year, the effects of elements such as temperature, humidity, air pressure and horizontal visibility had an impact on the occurrence of accidents. The results of statistical tests showed only two variables of wind and horizontal visibility in all types of accidents. The results showed that the amount of accidents and time variables has a significant difference and the most accidents occurred in the third quarter of the year; because in the autumn season, the element of dust prevails, which reduces the horizontal visibility.

Keywords: Weather, Temporal and Spatial Pattern, Bushehr, Road Accident