

تحلیل آماری و مکان‌بنای تأثیر شرایط جوی بر تردد وسایل نقلیه

سبک عبوری از آزادراه‌ها

مقاله پژوهشی

چکاوک عطرجیان، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران (راه‌ترابری)، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

میثم عفتی*، استادیار، گروه مهندسی عمران (راه‌ترابری)، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

محمود داودی، استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: meysameffati@guilan.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵ - پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۵

صفحه ۱۴۲-۱۲۷

چکیده

حایکاه و اهمیت حمل‌ونقل در جوامع امروزی بر کسی پوشیده نیست. از آنجاییکه شرایط آب‌وهوایی از جمله عواملی است که الگوهای ترافیکی را در شبکه حمل‌ونقل تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا هدف اصلی این تحقیق، ارائه روشی مکانمند مبتنی بر تحلیل‌های آماری جهت بررسی تأثیر پارامترهای آب‌وهوایی از جمله دید افقی، سرعت باد، بارش باران، عمق برف و درجه حرارت بر حجم ترافیک وسایل نقلیه سبک عبوری از آزادراه‌هاست. روش پیشنهادی تحقیق در محور برون‌شهری لوشان- قزوین مورد آزمون قرار گرفته است. بمنظور سنجش نوع همبستگی آماری و شناسایی متغیرهای آب‌وهوایی مؤثر بر حجم ترافیک، از آزمون آماری همبستگی اسپیرمن استفاده شده است. همچنین با طبقه‌بندی متغیرهای آب‌وهوایی طبق حد آستان‌های موجود در منابع مربوطه به تحلیل آماری بررسی وجود تفاوت میان دسته‌بندی‌های انجام شده با تعداد وسایل نقلیه، با استفاده از آزمون یو-من وینتی و کروسکال والیس پرداخته شده است. با توجه به واکنش متفاوت کاربران راه در مواجهه با هر عنصر اقلیمی در زمان‌های گوناگون، نتایج بدست آمده برای هر پدیده جوی با تأکید بر فصول مختلف سال و مقایسه آن‌ها در هر قطعه ارائه شده است. به منظور انجام تحلیل‌های مکانی نیز، به بررسی مدل رقمی ارتفاعی محور مورد مطالعه و ارتباط نتایج آماری با آن و ارزیابی فاصله میان ایستگاه تردد شمار از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی موجود، پرداخته شده است. نتایج این تحقیق می‌تواند در خصوص ارزیابی تأثیر شرایط جوی بر میزان تردد، جهت استفاده مسئولان و برنامه‌ریزان مربوطه در سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای سودمند واقع گردد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل آماری، تغییرات فصلی، حجم ترافیک آزادراه، سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، وسایل نقلیه سبک

۱- مقدمه

نتیجه کاهش هزینه‌های راهداری است (حیثی‌نوخندان و کمالی، ۱۳۸۵). یکی از اهداف اصلی کشورها، بهره‌مندی از سیستم حمل‌ونقل قابل اعتماد و کارا می‌باشد. به منظور تسهیل شرایط برای مسئولان مربوطه جهت بهبود عملکرد و حفظ و نگهداری زیرساخت‌های موجود و کاهش مشکلات پیش آمده مرتبط با شرایط جوی، درک و آگاهی از چگونگی تأثیرپذیری سیستم حمل‌ونقل تحت شرایط آب‌وهوایی حیاتی است

با توجه به تنوع آب‌وهوا در نقاط مختلف کشور، آسیب‌پذیری حمل‌ونقل نیز در رابطه با نامناسب بودن آب‌وهوا دارای وضعیت‌های متفاوتی می‌گردد. بر اساس مطالعات صورت گرفته، بیشترین کاربرد علمی اندازه‌گیری‌های هواشناسی جاده‌ای در حال حاضر یا آینده مستقیماً به راهداری جاده‌ها در زمستان برمی‌گردد. اطلاعات به هنگام و دقیق شرایط جوی مقدمه‌ای برای توسعه پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای و در

پرداختند. یکی از نتایج بدست آمده تحقیق حاضر حاکی از بروز واکنش متفاوت کاربران راه در هنگام رویارویی با شرایط آب‌وهوایی در فصول مختلف است. بدین صورت که بارش برف سبک بعنوان مؤثرترین پارامتر بر تقاضای ترافیک در فصل پاییز معرفی گردید. این درحالیست که در فصول زمستان و بهار به ترتیب از میزان اثربخشی آن کاسته شده است. تأثیر بارش باران نیز تنها در فصل تابستان قابل توجه می‌باشد. همچنین درجه‌حرارت‌های کم در فصل زمستان و یا درجه‌حرارت‌های بسیار زیاد در فصل تابستان، منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان تقاضای ترافیک می‌گردد (دهمان و دراکوپولوس، ۲۰۱۷). کولز و همکاران (۲۰۱۰) بدون بررسی عوامل مکانی مؤثر به ارزیابی تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر حجم ترافیک با بکارگیری از آزمون همبستگی اسپیرمن، در محوری برون‌شهری در بلژیک پرداختند. نتایج مشاهدات نشان داد که بارش برف، منجر به کاهش حجم ترافیک در تمامی قطعات راه در نظر گرفته شده گشته است. همچنین پارامترهای حداکثر درجه‌حرارت، میزان بارش و حداکثر میزان ابر، بیشترین ارتباط و همبستگی را با حجم ترافیک داشتند (کولز و همکاران، ۲۰۱۰). با بررسی تحقیقات پیشین مشخص شد که تمرکز عمده مطالعات صورت گرفته بر روی تأثیر آب‌وهوا در شرایط بارش برف و یا باران در فصل زمستان بر حجم ترافیک بوده و متغیرهای آب‌وهوایی تأثیرگذار دیگر نظیر دید افقی و سرعت باد و غیره کمتر لحاظ شده‌اند. همچنین تمرکز عمده پژوهش‌ها بر بررسی حجم کلی ترافیک بوده و تعداد کمی از مقالات بطور خاص به بررسی طبقه خاصی از وسایل نقلیه پرداخته‌اند. در این راستا هدف پژوهش حاضر، تحلیل مکانمند تأثیر برخی از متغیرهای آب‌وهوایی از جمله دید افقی، سرعت باد، میزان بارش باران، عمق برف و درجه‌حرارت بر حجم ترافیک از طریق بکارگیری آزمون‌های آماری و ارتباط نتایج آن با مدل رقومی محور مورد مطالعه و بعلاوه صحت سنجی فواصل میان دو ایستگاه ترددشماری و هواشناسی است.

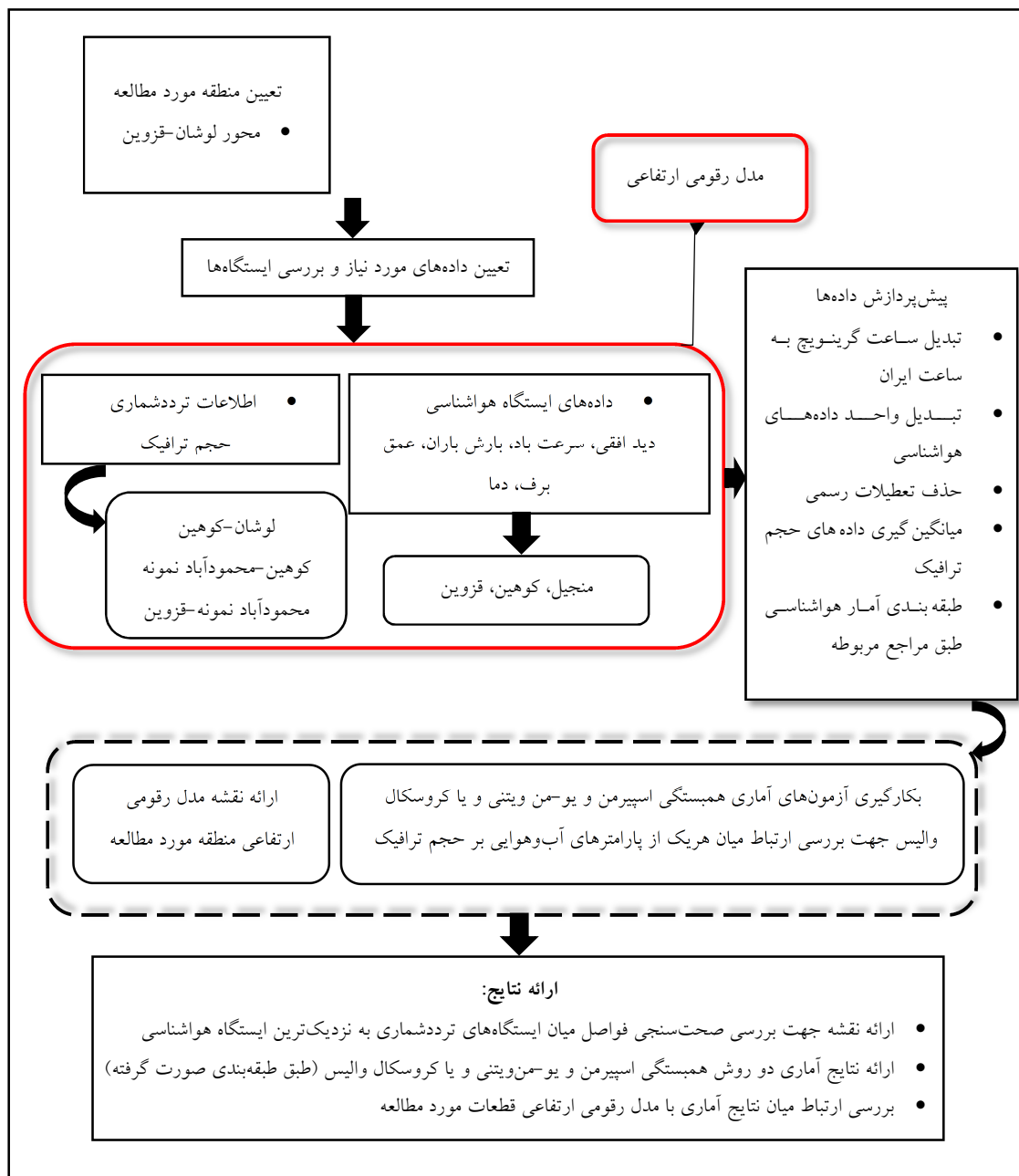
۳- روش تحقیق

روش پیشنهادی پژوهش بر استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن جهت بررسی ارتباط و همبستگی میان دو متغیر، آزمون یو-من ویتنی برای تعیین وجود رابطه میان توزیع مقادیر طبقه بندی‌های صورت گرفته در هنگام دو حالتی بودن یک متغیر و آزمون کروسکال‌والیس بمنظور تعیین تفاوت توزیع مقادیر سه یا چند دسته‌بندی انجام شده برای هر متغیر از یکدیگر استوار است (پلیخت و کلونین، ۲۰۰۵). در ادامه روش تحقیق در قالب فلوچارت ارائه شده است.

(باردل، ۲۰۱۳). بنابراین در این تحقیق، به بررسی همبستگی و همچنین ارتباط میان طبقه‌های مختلف برخی از پارامترهای آب‌وهوایی با میزان تردد وسایل نقلیه از طریق بکارگیری آزمون‌های آماری به تفکیک فصول مختلف سال در قطعات گوناگون پرداخته شده است. بعلاوه بمنظور تحلیل عوامل مکانی مؤثر بر حجم ترافیک، به بررسی مدل رقومی ارتفاعی محور مورد مطالعه و همچنین ارزیابی فاصله میان ایستگاه ترددشمار از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی موجود، پرداخته شده است. نتایج این تحقیق می‌تواند به دست‌اندرکاران سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و برنامه‌ریزان مربوطه جهت ارزیابی تأثیر متغیرهای آب‌وهوایی بر حجم ترافیک کمک نماید. بخش بعدی مقاله به بررسی تحقیقات پیشین در زمینه تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر حجم ترافیک می‌پردازد. در بخش سوم روش تحقیق ارائه می‌گردد. بخش چهارم پیاده‌سازی روش پیشنهادی و داده‌های بکار رفته در محور مورد مطالعه را مورد بحث قرار می‌دهد. در بخش پنجم ارزیابی روش پیشنهادی انجام گرفته و نتایج پژوهش بحث می‌شوند. نهایتاً در بخش پایانی مقاله، مراجع مورد استفاده ارائه می‌گردد.

۲- پیشینه تحقیق

از میان شرایط محیطی که ایمنی حمل‌ونقل را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توان به شرایط آب‌وهوایی و پدیده‌های جوی اشاره نمود که در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان را در جهان به خود معطوف داشته است. در ادامه به شرح پاره‌ای از مطالعات که در زمینه تحلیل تأثیر پارامترهای آب‌وهوایی بر حجم ترافیک صورت گرفته است، پرداخته می‌شود. داتلا و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تأثیر سرما و برف بر حجم ترافیک در ماه‌های فصل زمستان بر محوری برون‌شهری در استان آلبرتا در کانادا پرداختند. نتایج تحلیل رگرسیون چندگانه نشان داد که حجم ترافیک با افزایش شدت سرما، کاهش یافته و خودروهایی سواری نیز در مقایسه با وسایل نقلیه سنگین، بیشتر در معرض شرایط نامساعد آب‌وهوایی قرار داشتند (داتلا و همکاران، ۲۰۱۳). باردل (۲۰۱۷) تغییرات در حجم ترافیک را تحت تأثیر شرایط نامساعد آب‌وهوایی در محوری برون‌شهری و کوهستانی در نروژ مورد بررسی قرار داد. تحلیل نتایج بدست آمده از تکنیک مدلسازی معادلات ساختاری حاکی از آن بود که با افزایش درجه حرارت و سرعت باد، کاهش در تعداد وسایل نقلیه مسافربری مشاهده گردید. میزان بارش نیز بطور مستقیم تعداد وسایل نقلیه مسافربری را تحت تأثیر قرار نداده است (باردل، ۲۰۱۷). دهمان و دراکوپولوس (۲۰۱۷) به ارزیابی تأثیر پارامترهای آب‌وهوایی بر میزان تقاضای آزادراه‌ها



شکل ۱. فلوجارت روش پیشنهادی تحقیق

گرینویچ آمار هواشناسی به ساعت رسمی کشور، محاسبه و تغییر واحدهای پارامترهای هواشناسی، طبقه‌بندی پارامترهای هواشناسی بر اساس حد آستان‌های موجود در منابع مربوطه و حذف تعطیلات رسمی به منظور جلوگیری از ورود داده‌های حجم ترافیک که احتمال دارد تحت این شرایط متحمل تغییراتی گردند، می‌باشند (دهمان و دراکوپولوس، ۲۰۱۷). در

همانطور که در شکل ۱ مشهود است، در گام نخست پس از انتخاب محور مورد مطالعه، به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز پرداخته شده است. سپس پیش‌پردازش‌های لازم جهت تطابق داده‌های ایستگاه هواشناسی با حجم ترافیک وسایل نقلیه سبک عبوری از محور مورد مطالعه صورت گرفت. این پیش‌پردازش‌ها شامل، مرتب‌سازی آمار ساعتی، تبدیل ساعت

آزمون مشکلی ایجاد نمی‌کند (جندقی، ۱۳۸۳) (جندقی و همکاران ۱۳۷۹). روش پیشنهادی تحقیق حاضر با توجه به حجم عظیم داده‌های موجود و توزیع غیر نرمال آن‌ها بر استفاده از آزمون‌های آماری ناپارامتریک از جمله آزمون همبستگی اسپیرمن، آزمون یو-من ویننی و آزمون کروسکال والیس استوار است.

۳-۱- آزمون همبستگی اسپیرمن

همبستگی اسپیرمن یک آزمون ناپارامتریک است که می‌تواند برای داده‌های رتبه‌ای و همچنین متغیرهای فاصله‌ای و یا نسبی استفاده شود. آزمون‌های همبستگی اطلاعاتی در مورد ماهیت، قدرت و معناداری روابط متغیرهای موردنظر ارائه می‌دهند. ضرایب همبستگی می‌توانند دامنه +۱ تا -۱ داشته باشند. هر چه ضریب همبستگی به صفر نزدیک‌تر باشد، ارتباط ضعیف‌تری بین دو متغیر وجود دارد. در ادامه بعنوان نمونه ابتدا فرضیه صفر و مقابل، بصورت زیر بیان می‌شوند.

پارامتر عمق برف و حجم ترافیک در فصل زمستان با یکدیگر همبستگی نخواهند داشت: H_0

پارامتر عمق برف و حجم ترافیک در فصل زمستان با یکدیگر همبستگی خواهند داشت: H_A

گرفته شده است. نحوه محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن در رابطه (۱) شرح داده شده است.

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2-1)}$$

در رابطه ۱، r_s ضریب همبستگی اسپیرمن، n تعداد آمارها و $\sum d_i^2$ مجموع تفاوت‌های مجذور شده دو متغیر است (پلیخت و کلون، ۲۰۰۵).

۳-۲- آزمون یو-من ویننی

با سایر اعداد گروه است. آزمون یو-من ویننی، فرضیه صفر را که می‌گوید دو گروه دارای توزیع برابر هستند را آزمون می‌نماید. در ادامه بعنوان مثال فرضیه صفر و مقابل بیان شده‌اند (پلیخت و کلون، ۲۰۰۵).

در روابط ۲ و ۳، n_2 و n_1 ، تعداد گروه‌ها بوده و R_1 و R_2 مجموع رتبه‌های هر یک از دو گروه می‌باشد. پس از محاسبه این دو آماره، هر کدام که کمتر بود مبنای تصمیم‌گیری

مرحله بعد آزمون‌های آماری که پیش‌تر بدان‌ها اشاره گردید، بکارگرفته شده‌اند. پس از آن به ارائه نقشه‌هایی جهت بررسی صحت‌سنجی فواصل میان ایستگاه‌های ترددشماری به نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی هر قطعه با استفاده از تحلیل‌های مکانی و ابزار بافر در GIS پرداخته شده است. همچنین از اهداف دیگر این پژوهش سنجش ارتباط میان نتایج آماری با بعد مکانی ارتفاع و مدل رقومی ارتفاعی قطعات مورد مطالعه است که به همین سبب نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطبقه مورد مطالعه تهیه شده و مورد تحلیل قرار گرفته است. در ادامه توضیحات آماری مربوطه و سپس هر یک از آزمون‌های نام برده به تفصیل تشریح شده است.

بسیاری از آزمون‌های آماری بر اساس این فرض استوارند که داده‌ها از جامعه‌ای نرمال نمونه‌گیری شده‌اند. بنابراین آزمون‌هایی که بر اساس فرض نرمال بودن جامعه استوار نیستند، به آزمون‌های ناپارامتری موسومند. وقتی نمونه بزرگ باشد، قضیه حد مرکزی تضمین می‌کند که آزمون‌های پارامتری می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، حتی اگر جامعه نرمال نباشد. بنابراین در نمونه‌های بزرگ بکارگیری هر یک از دو نوع

فرضیه‌هایی مشابه ذکر شده، برای هر یک از پارامترهای آب‌وهوایی و حجم ترافیک به تفکیک فصول مختلف سال و در قطعات مختلف محور مورد مطالعه، در نظر

(۱)

بعدی قرار می‌گیرد (حسینی، ۱۳۸۲). در کشور ما با توجه به گستردگی عرض جغرافیایی و وجود ارتفاعات، شبکه حمل‌ونقل زمینی، در طول مسیر خود در معرض شرایط مختلف آب‌وهوایی است (حبیبی‌نوخندان و کمالی، ۱۳۸۵). حد

آستان‌های بحرانی پدیده‌های جوی طبق تحقیقات انجام شده در مراجع مربوطه، مشخص شده است. این گروه‌بندی‌ها به تفکیک فصول مختلف سال در محورهای انتخابی انجام گرفته که جزئیات مربوط به آن در جدول ۱ نمایش داده شده است.

وضعیت حجم ترافیک در شرایط دمای بالای صفر و دمای یخبندان با یکدیگر برابر است: H_0

تفاوتی در حجم ترافیک در شرایط دمای بالای صفر و دمای یخبندان وجود ندارد: H_A

نحوه محاسبه فرمول پایه این آماره در رابطه (۲) و (۳) شرح داده شده است.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (2)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2 \quad (3)$$

جدول ۱. طبقه‌بندی متغیرهای آب‌وهوایی

نام متغیر	مرجع طبقه‌بندی	طبقه‌بندی	برچسب طبقه‌بندی
دید افقی (متر)	کتاب آب‌وهوا و ایمنی جاده‌ها	۰ الی ۲۰۰	طبقه ۱
		۲۰۰ الی ۱۰۰۰	طبقه ۲
		بیش از ۱۰۰۰	طبقه ۳
سرعت باد (متر بر ثانیه)	مقیاس جهانی بوفورت	۰ الی ۳	طبقه ۱
		۳ الی ۷	طبقه ۲
		۷ الی ۱۳	طبقه ۳
		۱۳ الی ۲۰	طبقه ۴
		۲۰ الی ۲۸	طبقه ۵
بارش باران (میلی‌متر)	آمار هواشناسی کشور	۰ الی ۱	طبقه ۱
		۱ الی ۵	طبقه ۲
		۵ الی ۱۰	طبقه ۳
		بیش از ۱۰	طبقه ۴
عمق برف (سانتیمتر)	کتاب آب‌وهوا و ایمنی جاده‌ها	کمتر از ۲	طبقه ۱
		بیش از ۲	طبقه ۲
دما (درجه سانتیگراد)	آمار هواشناسی کشور	صفر و زیر صفر	طبقه ۱
		بیش از ۰ الی ۳۵	طبقه ۲
		بیش از ۳۵	طبقه ۳

۳-۳- آزمون کروسکال‌والیس

وقتی یک متغیر اسمی (یا ترتیبی با تعداد محدودی رسته) و متغیر دیگر ترتیبی، فاصله‌ای یا نسبی (کمی) است؛ برای تعیین ارتباط بین دو متغیر از آزمون ناپارامتریک کروسکال‌والیس استفاده می‌شود. این آزمون بسط یافته آزمون یو-من‌ویتنی بوده که چند گروه (نه فقط دو گروه) را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. ابتدا فرضیه صفر و مقابل بیان می‌شوند.

حجم ترافیک در شرایط گوناگون دید افقی من جمله شرایط مه غلیظ، مه معمولی و مه سبک با یکدیگر برابر است: H_0

تفاوتی در حجم ترافیک در شرایط گوناگون دید افقی من جمله شرایط مه غلیظ، مه معمولی و مه سبک وجود ندارد: H_A

بوده و $\sum_{i=1}^k R_i^2$ مجموع رتبه‌های مجذور شده برای تمام گروه‌ها است (پلیخت و کلونین، ۲۰۰۵) (حسینی، ۱۳۸۲).

$$H = \frac{12 \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i}}{n(n+1)} - 3(n+1)$$

۴-۱- معرفی محور مورد مطالعه

محور مورد مطالعه، بخشی از آزادراه رشت-قزوین است. این آزادراه که در شمال ایران واقع شده است، شهرهای قزوین و رشت را به یکدیگر متصل می‌نماید. محور برگزیده شده، قطعه لوشان-قزوین به طول تقریبی ۸۳ کیلومتر است. محور برون‌شهری نام برده از چهار بخش ایران از جمله بخش مرکزی (رودبار) واقع در استان گیلان و همچنین بخش‌های طارم سفلی، کوهین و مرکزی (قزوین) که در استان قزوین قرار گرفته است، می‌گذرد. در شکل ۲ منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های ترددشماری و نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به آن‌ها همچنین تغییرات ارتفاعی محور انتخابی نمایش داده شده است.

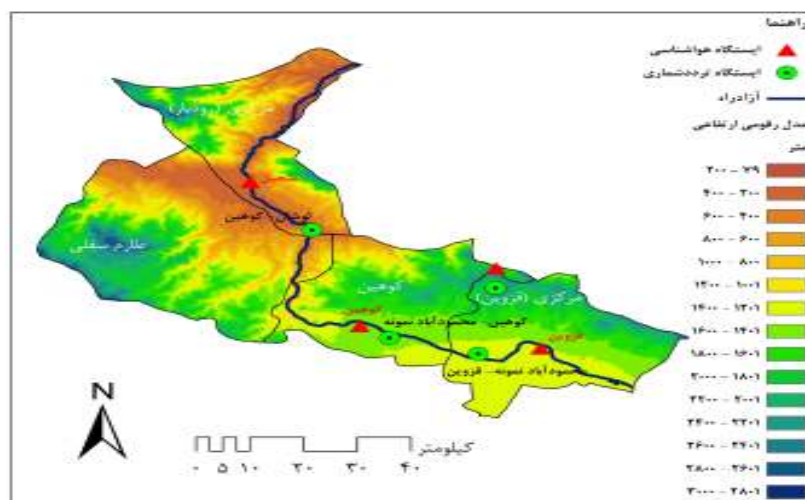
محور برون‌شهری مورد بررسی از مختصات جغرافیایی E $47^{\circ}30'$ و $36^{\circ}38' 15''$ N در شهر لوشان شروع شده و به مختصات جغرافیایی E $53^{\circ}55'$ و $49^{\circ}58'$ N و $34^{\circ}42'$ در شهر قزوین منتهی می‌گردد.

نحوه محاسبه فرمول اصلی آماره کروسکال‌والیس در رابطه (۴) شرح داده شده است. در رابطه ۴، n اندازه جامعه آماری (۴)

فرضیه‌هایی مشابه فرضیه‌های ذکر شده برای آزمون‌های یو-من‌ویتنی و کروسکال‌والیس، برای پارامترهای آب‌وهوایی و حجم ترافیک بسته به تعداد گروه بندی متغیر مورد مطالعه، به تفکیک فصول مختلف سال در قطعات مختلف محور برون‌شهری مورد بررسی، در نظر گرفته شده است. نحوه قضاوت برای آزمون‌های آماری مورد بررسی بدین گونه می‌باشد که چنانچه سطح پوشش آماره (Asymp. Sig.) کمتر از ۵ درصد باشد، می‌توان به وجود رابطه معنادار و یا تفاوت بین دو متغیر یا متفاوت بودن متغیر در گروه‌های مختلف اذعان نمود. بنابراین فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود تفاوت رد خواهد شد (حسینی، ۱۳۸۲).

۴-۲ پیاده‌سازی

پس از انجام آزمون‌های مربوطه، نتایج بدست آمده به تفکیک فصول مختلف سال در قطعات مذکور بررسی می‌گردند. همچنین جهت بررسی ارتباط نتایج بدست آمده با شرایط توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، به بررسی تغییرات مدل رقومی ارتفاعی محور برون‌شهری نیز پرداخته می‌شود. در ادامه محور انتخابی و داده‌های مورد بررسی معرفی می‌گردند.



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه و عوارض موجود

۴-۲- داده‌های مورد استفاده در پژوهش

متغیرهایی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند شامل پارامترهای آب‌وهوایی که از جمله آن‌ها دید افقی، سرعت باد، باران، عمق برف و درجه حرارت و متغیر حجم ترافیک عبوری از محور مورد مطالعه و همچنین مدل رقومی

جدول ۲. توصیف متغیرهای موجود

منبع اخذ	واحد	تعریف	داده
سازمان هواشناسی کشور	متر	حداکثر فاصله‌ای که یک جسم با اندازه مشخص به وسیله یک دیده‌بان با چشم‌های معمولی در امتداد افق دیده می‌شود.	دید افقی
	متر بر ثانیه	جابجایی مکانی یک توده هوایی را سرعت باد می‌نامند.	سرعت باد
	درجه سانتی‌گراد	دما، معیاری است که از روی آن شدت گرما احساس می‌شود.	درجه حرارت
	میلی‌متر	باران آشناترین فرم بارندگی است و ابرها منبع باران‌اند که از تراکم قطرات آب در ابرها بوجود می‌آید.	باران
	سانتی‌متر	برف ریزش جوی است که از کریستال‌های یخی تشکیل شده است. با هم ادغام شدن کریستال‌های برف، برف تکه‌ای تشکیل می‌شود و با اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون به زمین فرود می‌آیند.	برف
سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای	تعداد	حجم ترافیک بصورت تعداد وسایل نقلیه عبوری از یک نقطه از راه یا یک خط یا جهت مورد نظر از جاده در طول مدت زمان مشخص تعریف می‌گردد.	حجم ترافیک
سازمان نقشه‌برداری کشور	متر	یک لایه رستری است که حاوی اطلاعات و مختصات رقوم ارتفاعی (X, Y, Z) برای هر مکان با یک اندازه سلولی مشخص است.	مدل رقومی ارتفاعی



شکل ۳ ج. حریم، لوشان- کوهین

شکل ۳ ب. حریم، کوهین- محمودآباد نمونه

شکل ۳ الف. حریم، محمودآباد نمونه- قزوین

استاندارد متوسط یعنی ساعات ۳، ۹، ۱۵ و ۲۱ به وقت ساعت هماهنگ جهانی انجام می‌گیرد (سازمان جهانی هواشناسی، ۲۰۱۷). با توجه به نتایج تحلیل‌های مکانی در GIS مشهود است که کلیه ایستگاه‌های ترددشماری و ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک در مجاورت آن‌ها، در حریم کمتر از ۳۲ کیلومتر از یکدیگر واقع شده‌اند که در محدوده مورد قبول قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به قطعات آزادراه مورد بررسی من جمله طول تقریبی قطعه، مختصات جغرافیایی مبدأ و مقصد و همچنین شعاع حریم، در جدول ۳ ارائه داده شده است.

طبق تحقیقات انجام شده توسط پژوهشگران، فاصله بین دو ایستگاه مذکور تا شعاع ۳۲ کیلومتری از لحاظ دقت و صحت قابل قبول است (داتلا و همکاران، ۲۰۱۳). فاصله میان ایستگاه ترددشماری در هر قطعه تا نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نیز به ترتیب در شکل ۳ نشان داده شده است. اطلاعات هواشناسی اخذ شده، از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مربوط به سال‌های آماری ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ گزارش شده‌اند. ایستگاه سینوپتیک، ایستگاهی است که در آن مشاهدات و ثبت داده‌های هواشناسی در زمان‌های استاندارد اصلی یعنی ساعات ۰، ۶، ۱۲ و ۱۸ و همچنین در زمان‌های

جدول ۳. مشخصات قطعات مورد بررسی و حریم موجود

نام قطعه	طول قطعه	مختصات جغرافیایی مبدأ	مختصات جغرافیایی مقصد	حداقل شعاع حریم
لوشان- کوهین	۵۰ کیلومتر	۳۶°۳۸' ۱۵/۵۵ N، ۴۹°۳۰' ۴۷/۷۳ E	۳۶°۳۱' ۱۸/۱۶ N، ۴۹°۳۹' ۵۸/۸۴ E	حریم ۲۰ کیلومتری
کوهین- محمودآباد نمونه	۲۷ کیلومتر	۳۶°۳۱' ۱۸/۱۶ N، ۴۹°۳۹' ۵۸/۸۴ E	۳۶°۱۸' ۱۷/۷۸ N، ۴۹°۵۳' ۰۷/۱۰ E	حریم ۱۰ کیلومتری
محمودآباد نمونه- قزوین	۱۰ کیلومتر	۳۶°۱۸' ۱۷/۷۸ N، ۴۹°۵۳' ۰۷/۱۰ E	۳۶°۱۹' ۳۴/۴۲ N، ۴۹°۵۸' ۵۵/۵۳ E	حریم ۱۵ کیلومتری

۵- نتایج و بحث

جهت ارزیابی واکنش استفاده‌کنندگان از راه در هنگام رویارویی با شرایط آب‌وهوایی گوناگون و نحوه پاسخ آن‌ها، به تفکیک فصول مختلف سال به نمایش در آمده است. نتایج مربوط به آزمون همبستگی اسپیرمن در جداول ۴ الی ۷

جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن- فصل بهار

فصل بهار				نام قطعه	نام متغیر
نوع ارتباط	ضریب	معناداری	مقدار احتمال (sig)		
---	۰/۰۱۵	ندارد	۰/۳۲۱	لوشان- کوهین	حجم ترافیک/ دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۳۸۲	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ سرعت باد
---	-۰/۰۰۶	ندارد	۰/۷۶۴		حجم ترافیک/ بارش باران
---	---	---	---		حجم ترافیک/ عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۵۱۶	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ دما
---	-۰/۰۱۹	ندارد	۰/۳۰۲	کوهین- محمودآباد نمونه	حجم ترافیک/ دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۰۶۸	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ سرعت باد
---	-۰/۰۰۳	ندارد	۰/۸۹۹		حجم ترافیک/ بارش باران
معکوس و قوی	-۰/۹۰۰	دارد	۰/۰۳۷		حجم ترافیک/ عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۴۷۸	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ دما
مستقیم و ضعیف	۰/۱۹۲	دارد	۰/۰۰۰	محمودآباد نمونه- قزوین	حجم ترافیک/ دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۲۳۷	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ سرعت باد
---	۰/۰۰۱	ندارد	۰/۹۴۴		حجم ترافیک/ بارش باران
---	---	---	---		حجم ترافیک/ عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۵۸۲	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ دما

جدول ۵. نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن - فصل تابستان

فصل تابستان				نام قطعه	نام متغیر
نوع ارتباط	ضریب	معناداری	مقدار احتمال (sig)		
---	۰/۰۰۳	ندارد	۰/۸۱۱	لوشان - کوهین	حجم ترافیک / دید افقی
مستقیم و متوسط	۰/۴۳۷	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / سرعت باد
معکوس و ضعیف	-۰/۰۴۲	دارد	۰/۰۳۴		حجم ترافیک / بارش باران
---	---	---	---		حجم ترافیک / عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۶۴۵	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / دما
معکوس و ضعیف	-۰/۰۴۴	دارد	۰/۰۱۱	کوهین - محمودآباد نمونه	حجم ترافیک / دید افقی
---	۰/۰۰۹	ندارد	۰/۵۴۳		حجم ترافیک / سرعت باد
معکوس و ضعیف	-۰/۰۹۱	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / بارش باران
---	---	---	---		حجم ترافیک / عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۵۷۹	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / دما
مستقیم و ضعیف	۰/۳۳۴	دارد	۰/۰۰۰	محمودآباد نمونه - قزوین	حجم ترافیک / دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۲۲۸	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / سرعت باد
معکوس و ضعیف	-۰/۰۵۰	دارد	۰/۰۱۰		حجم ترافیک / بارش باران
---	---	---	---		حجم ترافیک / عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۵۸۴	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / دما

جدول ۶. نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن - فصل پاییز

فصل پاییز				نام قطعه	نام متغیر
نوع ارتباط	ضریب	معناداری	مقدار احتمال (sig)		
مستقیم و ضعیف	۰/۱۰۱	دارد	۰/۰۰۰	لوشان - کوهین	حجم ترافیک / دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۳۴۱	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / سرعت باد
---	-۰/۰۳۵	ندارد	۰/۰۹۶		حجم ترافیک / بارش باران
---	---	---	---		حجم ترافیک / عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۶۲۵	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / دما
مستقیم و ضعیف	۰/۰۷۹	دارد	۰/۰۰۰	کوهین - محمودآباد نمونه	حجم ترافیک / دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۱۰۴	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / سرعت باد
---	-۰/۰۳۱	ندارد	۰/۱۶۷		حجم ترافیک / بارش باران
---	-۰/۰۶۵	ندارد	۰/۵۵۰		حجم ترافیک / عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۵۳۳	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / دما
مستقیم و ضعیف	۰/۱۷۹	دارد	۰/۰۰۰	محمودآباد نمونه - قزوین	حجم ترافیک / دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۲۰۷	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / سرعت باد
---	-۰/۰۰۹	ندارد	۰/۶۶۸		حجم ترافیک / بارش باران
---	-۰/۲۱۷	ندارد	۰/۲۹۷		حجم ترافیک / عمق برف
مستقیم و قوی	۰/۷۰۱	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک / دما

جدول ۷. نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن- زمستان

فصل زمستان				نام قطعه	نام متغیر
نوع ارتباط	ضریب	معناداری	مقدار احتمال (sig)		
مستقیم و ضعیف	۰/۰۸۸	دارد	۰/۰۰۰	لوشان- کوهین	حجم ترافیک/ دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۱۷۶	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ سرعت باد
---	-۰/۰۳۵	ندارد	۰/۰۷۵		حجم ترافیک/ بارش باران
---	-۰/۴۹۵	ندارد	۰/۱۴۵		حجم ترافیک/ عمق برف
مستقیم و قوی	۰/۶۹۹	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ دما
مستقیم و ضعیف	۰/۰۹۶	دارد	۰/۰۰۰	کوهین- محمودآباد نمونه	حجم ترافیک/ دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۰۶۰	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ سرعت باد
---	-۰/۰۱۸	ندارد	۰/۳۹۴		حجم ترافیک/ بارش باران
معکوس و ضعیف	-۰/۲۴۴	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ عمق برف
مستقیم و متوسط	۰/۶۱۴	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ دما
مستقیم و ضعیف	۰/۱۷۸	دارد	۰/۰۰۰	محمودآباد نمونه- قزوین	حجم ترافیک/ دید افقی
مستقیم و ضعیف	۰/۲۱۵	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ سرعت باد
---	۰/۰۲۷	ندارد	۰/۱۶۱		حجم ترافیک/ بارش باران
معکوس و متوسط	-۰/۴۰۵	دارد	۰/۰۰۶		حجم ترافیک/ عمق برف
مستقیم و قوی	۰/۷۷۹	دارد	۰/۰۰۰		حجم ترافیک/ دما

حجم ترافیک در تمامی قطعات به میزان اندکی افزایش یافته است. همبستگی میان سرعت باد در فصول بهار، پاییز و زمستان در تمامی قطعات مستقیم و ضعیف بوده است. به این معنا که افزایش سرعت باد، منجر به افزایش اندک حجم ترافیک شده است. در مناطق مورد مطالعه بیش از ۹۰ درصد از دوره آماری، بادهایی با سرعت کمتر از ۱۳ متر بر ثانیه وزیده است که در واقع اینگونه بادهای طبق مقیاس جهانی بوفورت در طبقه بادهای ملایم واقع شده‌اند که تأثیری بر حرکت وسایل نقلیه نخواهند داشت. با توجه به افزایش جمععی روزهای آماری سرعت باد، از ۰ متر بر ثانیه به سمت ۱۳ متر بر ثانیه، مقدار همبستگی مثبت بوده است که نمی‌تواند دلیلی بر افزایش میزان تردد با افزایش سرعت باد باشد. این دلیل سبب شده است که کم بودن میزان حداکثر سرعت باد وزیده شده در فصل تابستان، که ۱۴ متر بر ثانیه بوده به عدم وجود ارتباط معنادار با حجم ترافیک منجر گردد (سازمان جهانی بهداشت، ۱۹۷۰). میزان بارش باران نیز تنها در فصل گرم تابستان دارای همبستگی ضعیف و معکوس با میزان تردد بوده است به این معنی که با افزایش بارش باران ترافیک به میزان اندکی کاهش یافته است. طبق نظر کارشناسان مربوطه، بارش‌های فصل

هنگامی که ارتباط بین دو متغیر متفاوت بررسی می‌شود، نویسندگان مختلف این پیشنهادات را ارائه داده‌اند: اگر مقدار مطلق ضریب همبستگی نزدیک به ۰/۱۰، ۰/۳۰ و ۰/۵۰ باشد، ترتیب یک عدم ارتباط تا ارتباط ضعیف، ارتباط متوسط و ارتباط قوی وجود خواهد داشت (پلیخت و همکاران، ۲۰۰۵). طبق نتایج جداول ۴ الی ۷، نتایج حاکی از آن است که متغیر دید افقی در فصول بهار و تابستان بطور کلی تأثیری بر حجم ترافیک عبوری از محور لوشان- قزوین نداشته و تنها در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین دارای ارتباط مستقیم و ضعیف بوده است؛ این قطعه از آزادراه بیشترین ارتفاع را در بین ۳ قطعه دارد (شکل ۱)؛ به طور متوسط هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع باعث کاهش ۶ درجه ای دما می‌شود که آن را «افت محیطی دما» می‌نامند؛ این افت دما باعث کاهش ظرفیت رطوبتی هوا شده که خود منجر به تشکیل ابر و مه در ارتفاعات مختلف می‌شود. یکی از دلایل بیشتر بودن بارش و مه آلودگی در ارتفاعات همین پدیده است. از این رو متغیر دید افقی تنها در این قطعه معنادار بوده است. نتیجه اینکه بهبود دید افقی به میزان اندکی بر تعداد وسایل نقلیه عبوری از قطعه مذکور افزوده است. در فصول پاییز و زمستان نیز با افزایش میزان دید افقی

در فصل بهار تنها در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه که از نظر شرایط توپوگرافی طبق نقشه مدل رقومی ارتفاعی دارای بیشترین تغییرات ارتفاعی بوده و همانطور که مشخص است طبق نقشه موجود در شکل ۱، محور نام برده از منطقه سبز رنگ عبور کرده است، همبستگی معنادار و قابل توجه وجود داشته است. بدین صورت که با افزایش عمق برف، حجم ترافیک به شدت کاهش یافته است. در فصل زمستان نیز ارتباط عمق برف با تعداد وسایل نقلیه سبک عبوری در دو قطعه مرتفع تر کوهین- محمودآباد نمونه و محمودآباد نمونه- قزوین، متوسط و معنادار بوده است. یعنی میزان تردد در فصل زمستان در قطعه مذکور در حالات مختلف متفاوت بوده است. تأثیر قابل توجه متغیر دما بر حجم ترافیک در دو قطعه کوهین- محمودآباد نمونه و محمودآباد نمونه- قزوین بدلیل شرایط توپوگرافی مناطق مورد مطالعه بوده است. نتایج آزمون‌های یو-من ویتنی و یا کروسکال والیس در ادامه در جداول ۸ الی ۱۰ نمایش داده شده است.

تابستان در کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی آن معمولاً از نوع همرفتی و رگباری بوده که می‌تواند بر الگوهای ترافیکی شبکه حمل‌ونقل مؤثر واقع گردد. به عبارتی دیگر در فصل تابستان که عدم بارش انتظار می‌رود، به همین سبب با وقوع این پدیده جوی که در این فصل حالتی غیر نرمال در نظر گرفته می‌شود، ممکن است بر تعداد وسایل نقلیه عبوری تأثیرگذار باشد. درحالی‌که در فصل زمستان، بارش باران از نوع سینوپتیک و ملایم بوده که شرایطی نرمال محسوب می‌گردد. در تأیید صحت مطالب فوق‌الذکر، نتایج یکی از مطالعات پیشین نیز در این زمینه، حاکی از مؤثر بودن بارش باران تنها در فصل تابستان می‌باشد. این پژوهش، علت را این‌گونه توجیه نمود که در سایر فصول بویژه فصل زمستان، به نظر می‌رسد که استفاده‌کنندگان از راه، بارش باران را در مقایسه با بارش برف به عنوان شرایطی مساعد در نظر گرفته‌اند. لذا از اثربخشی آن در فصول سرد به میزان قابل ملاحظه‌ای کاسته شده است (دهمان و دراکوپولوس، ۲۰۱۷). در مورد نحوه ارتباط بین پارامتر عمق برف و حجم ترافیک، نتایج حاکی از آن است که

جدول ۸. نتایج آزمون یو-من ویتنی و کروسکال والیس، بترتیب قطعات لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه

لوشان- کوهین							
نام متغیر	عدد معناداری				رابطه معنادار		
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
حجم ترافیک/ دید افقی	۰/۱۹۱	۰/۲۷۷	۰/۸۱۸	۰/۹۶۱	ندارد	ندارد	ندارد
حجم ترافیک/ سرعت باد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	دارد	دارد
حجم ترافیک/ بارش باران	۰/۱۷۵	۰/۰۰۲	۰/۷۰۴	۰/۴۰۴	ندارد	دارد	ندارد
حجم ترافیک/ عمق برف	---	---	---	۰/۰۱۱	---	---	---
حجم ترافیک/ دما	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	دارد	دارد

جدول ۹. نتایج آزمون یو-من ویتنی و کروسکال والیس، بترتیب قطعات لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه

کوهین- محمودآباد نمونه							
نام متغیر	عدد معناداری				رابطه معنادار		
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
حجم ترافیک/ دید افقی	۰/۷۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	ندارد	دارد	دارد
حجم ترافیک/ سرعت باد	۰/۰۰۰	۰/۰۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	دارد	دارد
حجم ترافیک/ بارش باران	۰/۰۱۳	۰/۴۵۶	۰/۱۲۱	۰/۸۲۳	دارد	ندارد	ندارد
حجم ترافیک/ عمق برف	۰/۰۸۳	---	۰/۹۳۶	۰/۰۰۴	ندارد	---	دارد
حجم ترافیک/ دما	۰/۰۷۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	ندارد	دارد	دارد

جدول ۱۰. نتایج آزمون یو-من ویتنی و کروسکال والیس، قطعه محمودآباد نمونه- قزوین

محمودآباد نمونه- قزوین								
رابطه معنادار				عدد معناداری				نام متغیر
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
دارد	دارد	ندارد	ندارد	۰/۰۴۵	۰/۰۰۱	۰/۴۳۰	۰/۱۱۴	حجم ترافیک/ دید افقی
دارد	دارد	دارد	دارد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	حجم ترافیک/ سرعت باد
ندارد	ندارد	دارد	ندارد	۰/۴۸۱	۰/۳۰۹	۰/۰۱۶	۰/۸۳۸	حجم ترافیک/ بارش باران
ندارد	ندارد	---	---	۰/۰۵۷	۰/۲۰۱	---	---	حجم ترافیک/ عمق برف
دارد	دارد	دارد	دارد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	حجم ترافیک/ دما

تنها در فصل زمستان در دو قطعه لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه بر حجم ترافیک وسایل نقلیه سبک عبوری از آن‌ها مؤثر بوده است. همبستگی میان تعداد وسایل نقلیه سبک در فصول سردتر پاییز و زمستان بویژه فصل زمستان در مقایسه با فصول بهار و تابستان، در تمامی قطعات معنادار بوده است. حالات مختلف درجه حرارت نیز در تمامی فصول و تمامی قطعات باعث تغییراتی بر حجم ترافیک گشته است. عدم وجود تفاوت معنادار میان طبقه‌بندی‌های تعریف شده بر میزان تردد برای متغیر دما تنها در فصل بهار وجود داشته که علت آن به کم بودن حداکثر و حداقل درجه حرارت موجود باز می‌گردد.

۶- نتیجه‌گیری

امروزه شرایط آب‌وهوایی از جمله عوامل مؤثر بر میزان تردد وسایل نقلیه است. بنابراین هدف اصلی این تحقیق، توسعه مدلی مکانمند مبتنی بر تحلیل‌های آماری بمنظور بررسی تأثیر پارامترهای آب‌وهوایی من جمله پارامترهای دید افقی، سرعت باد، بارش باران، عمق برف و درجه حرارت حداقل و حداکثر بر حجم ترافیک وسایل نقلیه سبک در تمامی فصول در آزادراه لوشان- قزوین است. جهت تحلیل مکانمند، به بررسی تغییرات مدل رقومی ارتفاعی محور مورد مطالعه و ارزیابی فاصله میان ایستگاه تردد شمار نسبت به نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی موجود نیز، جهت صحت‌سنجی قرارگیری این دو ایستگاه در حریم قابل قبول، پرداخته شد. در مدل پیشنهادی بمنظور سنجش نوع همبستگی آماری و شناسایی متغیرهای آب‌وهوایی مؤثر بر میزان حجم ترافیک، آزمون آماری همبستگی

طبق نتایج ارائه شده در جداول ۸ الی ۱۰، هیچ یک از حالات مختلف طبقه‌بندی صورت گرفته برای متغیر دید افقی در فصل بهار بر میزان تردد مؤثر نبوده اما حجم ترافیک قطعه کوهین- محمودآباد نمونه در فصل تابستان تحت تأثیر گروه بندی‌های صورت گرفته متحمل تغییراتی شده است. اما در تعداد وسایل نقلیه عبوری در فصول سرد پاییز و زمستان در مقایسه با فصول گرم، میان شرایط آب‌وهوایی مه غلیظ، مه معمولی و مه سبک در دو قطعه کوهین- محمودآباد نمونه و محمودآباد نمونه- قزوین که طبق نقشه عوارض موجود، در محدوده مرتفع واقع شده، تفاوت وجود دارد. میان حالات مختلف سرعت باد تعریف شده نیز در فصول سرد پاییز و زمستان و فصل بهار در تمامی قطعات با تعداد وسایل نقلیه ارتباط معنادار وجود دارد.

اما در فصل گرم‌تر تابستان طبقه‌بندی‌های ایجاد شده برای متغیر مذکور در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه که از لحاظ مدل رقومی ارتفاعی در محدوده بالاتری نسبت به دو محور دیگر واقع شده، بر حجم ترافیک اثرگذار نبوده است. ارتباط میان گروه‌های تعریف شده برای بارش باران در فصل بهار تنها در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه و در فصل تابستان در محورهای لوشان- کوهین و محمودآباد نمونه- قزوین با میزان حجم ترافیک، معنادار می‌باشد. عدم تأثیرگذاری حالات گوناگون بارش باران بر میزان تردد در فصل تابستان در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه بدلیل کم بودن حداکثر میزان بارش نسبت به دو قطعه دیگر می‌باشد. طبقه‌بندی‌های تعریف شده برای بارش‌های بهاری نیز تنها در قطعه‌ی کوهین- محمودآباد نمونه که مرتفع تر بوده، حجم ترافیک را دستخوش تغییرات نموده است. طبقه‌بندی‌های صورت گرفته برای عمق برف نیز

فصل بهار تنها در قطعه کوهین - محمودآباد نمونه بدلیل بالاتر بودن حداکثر میزان بارش و تغییرات ارتفاعی بیشتر نسبت به دو قطعه دیگر معنادار بوده است. این در حالیست که در فصل تابستان که گرم تر بوده، عدم معناداری و عدم وجود تفاوت بدلیل کم بودن حداکثر میزان بارش در مقایسه با دو قطعه دیگر بوده است. عمق برف نیز بعلاوه فصول سرد در فصل بهار نیز بدلیل عدم انتظار استفاده کنندگان از راه جهت بارش برف و غافلگیری آنان، تنها در قطعه کوهین - محمودآباد نمونه بدلیل وضعیت مرتفع آن طبق نقشه عوارض موجود در شکل ۱، دارای همبستگی زیاد و منفی بوده که منجر به کاهش حجم ترافیک گشته است. لازم بذکر است که عدم وجود ارتباط در فصل تابستان، به عدم بارش برف در آن فصل باز می گردد. در فصل زمستان نیز طبقه بندی صورت گرفته تنها در فصل زمستان و در دو قطعه لوشان - کوهین و کوهین و محمودآباد نمونه بدلیل وجود بیشترین میزان عمق برف دارای ارتباط معنادار بوده است. با افزایش درجه حرارت نیز در تمامی فصول و قطعات حجم ترافیک افزایش یافته است. شدت همبستگی در فصول سرد و در قطعات مرتفع تر بیشتر بوده است. بعلاوه نتایج بیانگر آن بود که در فصول گرم سال، افزایش دما و در فصول سرد، یخبندان بعنوان عاملی آزاردهنده که منجر به کاهش عبور و مرور می گردند، هستند.

اسپیرمن و جهت بررسی وجود و یا عدم وجود تفاوت میان گروه های مختلف تعریف شده برای متغیرهای آب و هوایی آزمون یو-من ویتنی و کروسکال والیس، تحت مطالعه قرار گرفته است. با توجه به واکنش متفاوت کاربران راه در مواجهه با هر عنصر اقلیمی در زمان های گوناگون، نتایج بدست آمده برای هر پدیده جوی با تأکید بر فصول مختلف سال و مقایسه آن ها ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که پارامتر دیدافقی در فصول سرد در تمامی قطعات معنادار بوده بطوریکه با بهبود دید بر حجم ترافیک افزوده شده است. اما در فصول گرم یعنی بهار و تابستان در قطعه محمودآباد نمونه - قزوین که نسبتاً مرتفع می باشد، اثر اندکی بر میزان تردد می گذارد. همبستگی و حالات گوناگون تعریف شده برای متغیر سرعت باد نیز تقریباً در تمامی فصول و در تمامی قطعات به استثناء قطعه کوهین - محمودآباد نمونه در فصل تابستان معنادار بوده است. اما بدلیل قابل توجه نبودن حداکثر میزان سرعت باد و یا کم بودن روزهای آماری با مقادیر بالای سرعت باد، در فصل گرم تابستان ارتباط معنادار نبوده است. بارش های فصل تابستان نیز بر میزان تردد وسایل نقلیه سبک در تمامی قطعات تأثیرگذار بوده است. در این میان قطعه کوهین - محمودآباد نمونه بدلیل شرایط توپوگرافی و مرتفع تر بودن آن دارای همبستگی اساسی و معکوس بوده که افزایش میزان بارش باران، منجر به کاهش حجم ترافیک شده است. طبقه های متنوع بارش باران نیز در

۷- سپاسگزاری

از سازمان هواشناسی کشور و سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای و همچنین سازمان نقشه برداری کشور به دلیل تأمین داده های مورد استفاده در پژوهش تقدیر و تشکر می شود.

۸- مراجع

- حق پناه، ر.، (۱۳۹۵)، "آموزش تهیه مدل ارتفاعی رقومی"، دانشگاه یزد، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا.
- تذکر، ج. و فرهادی پور، س.، (۱۳۹۵)، "هواشناسی"، تهران، وزارت آموزش و پرورش، شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران.

- جنندقی، غ.، (۱۳۸۳)، "کدام آزمون آماری را انتخاب کنیم؟"، فرهنگ مدیریت، سال دوم، شماره ششم، ص. ۱۲۱-۱۱۱.

- جنندقی، غ.، صادقی، ا.، قدرتی، ع. (۱۳۷۹)، "آمار و احتمالات مهندسی"، تهران، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع).

- حبیبی نوخندان، م. و کمالی، غ.، (۱۳۸۵)، "آب و هوا و ایمنی جاده ها"، تهران، وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل و نقل.

- حسینی، ی.، (۱۳۸۲)، "آمار ناپارامتریک"، تهران، دانشگاه علامه طباطبائی.

Intensity”, *Weather, Climate, and Society*, 2, pp. 60- 68.

-Plichta, S.B., Kelvin, E., (2005), “Munro’s Statistical Methods for Health Care Research”, Lippincott Williams & Wilkins Company.

-World Meteorological Organization, Commission for Maritime M., (1970), “The Beaufort scale of wind force: (technical and operational aspects)”, Geneva: WMO.

-McShane, W.R., Prassas, E.S., Roess, R.P., (2011), “Traffic Engineering”, Pearson/Prentice Hall.

-Organization WM Manual on the Global Observing System WMN- No. 544- 2017.

-Bardel, K.G., (2017), “Impact of Adverse Weather on Arctic Road Transport”, *Journal of Transport Geography*, 59, pp. 49- 58.

-Datla, S., Saha, P., Roh, H.J., Sharma, S., (2013), “A Comprehensive Analysis of the Association of HighwayT with Winter Conditions”, Second Conference of Transportation Research Group of India, 12- 15 December.

-Dehman, A., Drakopoulos, A., (2017), “How Weather Events Affect Freeway Demand Patterns”, *Journal of the Transportation Research Board*, 2615, pp. 113- 122.

-Cools, M., Moons, E., Wets, G., (2010), “Assessing the Impact of Weather on Traffic

Statistical and Spatial Analysis of the Effect of Climate Conditions on the Freeways Light-Vehicle Traffic Volume

Chakavak Atrchian, M.Sc., Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Guilan, Iran.

Meysam Effati, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Guilan, Iran.

Mahmud Davudi, Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, University of Guilan. Guilan, Iran.

E-mail: meysameffati@guilan.ac.ir

Received: June 2021-Accepted: August 2021

ABSTRACT

These days the status and importance of transportation is not hidden from anyone. Since climate conditions are among the factors that affect traffic patterns in transportation network, so the main objective of this study is to provide a spatial method in combination with statistical analysis to investigate the impact of weather related parameters included visibility, wind speed, rainfall, snow depth and temperature on freeways light-vehicle traffic volume. The proposed method is evaluated on of Lowshan- Qazvin freeway. In order to measure the type of statistical correlation and identify climate variables which affect traffic volume, spearman correlation test was employed. Moreover, by classifying climate variables according to the standard thresholds extracted from related studies, statistical analysis has been performed to examine the existence of differences between the groups and number of vehicles, using the U-Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests. Due to the varied behavior of road users in each climate element as well as different time periods, the results are presented by emphasizing on the different seasons of the year and comparing them in each segment. In addition, to perform spatial analysis on the model outputs, evaluation the impact of digital elevation model (DEM) as well as distances between traffic station from the nearest meteorological station on the model statistical outcomes has been studied. The results of this research can be useful for the use of transportation stakeholders and relevant planners for assessing the impact of climate phenomenon on traffic volume.

Keywords: Statistical Analysis, Seasonal Changes, Freeways Traffic Volume, Geographic Information System (GIS), Light Vehicles