



## بررسی نقاط حادثه‌خیز جاده‌ای و ارتباط آن با متغیرهای محیطی و دموگرافیک با استفاده از روش Hot Zone در محور یزد- کرمان

نویسندگان: سلیمه توکلی منش<sup>۱</sup>، غلامحسین حلوانی<sup>۲</sup>، سید علی المدرسی<sup>۳</sup>، کاوه رحیمی<sup>۴</sup>، رحمت‌الله مرادزاده<sup>۵</sup>، فاطمه سموری<sup>۶</sup>

۱. نویسنده مسئول: کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزدتلفن تماس: ۰۹۱۳۲۳۷۷۴۸۹  
Email: tavakolimanesh@gmail.com

۲. استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۳. استادیار GIS & RS، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

۴. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

۵. دکتری اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

۶. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

### چکیده

**مقدمه:** امروزه در کشورهای مختلف با اجرای مدل‌های متفاوت در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، سعی در شناسایی مکان‌های خطرناک شبکه‌های راه می‌کنند، هدف ما نیز شناسایی موقعیت‌های خطرناک بر روی قسمتی از بزرگراه یزد- کرمان به طول ۲۱۲ کیلومتر در حوزه‌ی استحفاظی استان یزد، با استفاده از روش Hot Zone در نرم‌افزار GIS و ارتباط آن با متغیرهای محیطی و دموگرافیک بوده است.

**روش بررسی:** با استفاده از روش Hot Zone بر اساس آستانه‌های تکرار تصادفات و شدت تصادفات در هر یک کیلومتر از جاده به‌عنوان یک واحد فضایی پایه (BSU)، مکان‌های خطرناک بزرگراه که در ۲ تعریف Hot Zone، Yellow Zone (H-Y Zones) گنجانده شده‌اند به تفکیک دو مسیر رفت و برگشت شناسایی شدند. سپس متغیرهای ساعت تصادفات، شرایط جوی، نوع وسیله نقلیه، علت تصادفات، سن و جنس و وضعیت سلامت رانندگان مورد بررسی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج به‌دست آمده ۱۷٪ از کل مسیر ۲۱۲ کیلومتری بزرگراه مورد مطالعه به‌عنوان موقعیت‌های خطرناک شناسایی شدند. بیشترین تصادفات (۳۴٪) در نقاط حادثه‌خیز مربوط به رانندگان گروه سنی ۴۰-۳۱ سال است. بر اساس آزمون T-Test، میانگین ساعت وقوع تصادفات در دو مسیر با یکدیگر معنی‌دار شدند ( $p < 0.05$ ). وسایل نقلیه از نوع سواری، کفی و کامیون در وقوع این تصادفات در هر دو مسیر، به ترتیب بالاترین درصد فراوانی را به خود اختصاص دادند و بیشترین علت تصادفات، عدم توجه به جلو و عدم کنترل وسیله نقلیه است. همچنین بیشترین تصادفات در شرایط آب و هوایی آفتابی اتفاق افتاده‌اند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به اینکه تعداد موقعیت‌های خطرناک در نزدیک خروجی و ورودی به شهر، جاده‌های فرعی وارد شده و جدا شده از بزرگراه و تقاطع‌ها بیشتر می‌شود، به نظر می‌رسد توجه به اصول طراحی مناسب در شکل هندسی جاده باعث کاهش چشمگیر تصادفات در این مکان‌ها شود. همچنین طراحی مناسب جاده نقش مؤثری در کاهش تأثیر عوامل محیطی چون شرایط جوی، ساعات وقوع تصادفات و حتی نوع وسیله نقلیه در رخداد تصادفات خواهند داشت. ضمناً توجه به آموزش رانندگان علی‌الخصوص گروه سنی ۴۰-۲۱ سال، کمک شایانی در به حداقل رساندن نقش عوامل انسانی در بروز تصادفات و صیانت از نیروی کار خواهد داشت.

**واژه‌های کلیدی:** ایمنی جاده، Hot Zone، نقاط حادثه‌خیز، GIS، تصادفات رانندگی

## طلوع بهداشت

دوماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال چهاردهم

شماره: ششم

ویژه‌نامه ۱۳۹۴

شماره مسلسل: ۵۴

تاریخ وصول: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵

## مقدمه

حوادث ترافیکی یک مشکل بزرگ سلامت عمومی است که پیشگیری مداوم و مؤثر آن نیازمند تلاش‌های هماهنگ و همه جانبه است. حمل و نقل جاده‌ها در زمره پیچیده‌ترین و خطرناک‌ترین سیستم‌هایی است که مردم روزانه با آن سروکار دارند (۱). حوادث ترافیکی و تلفات انسانی ناشی از آن در نیمه دوم قرن بیستم به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. حوادث ترافیک جاده‌ای هر سال ۱/۳ میلیون نفر را در دنیا به کام مرگ می‌فرستد و بیش از ۵۰ میلیون نفر مجروح و از کار افتاده بر جای می‌گذارد (۲). این در حالی است که ۹۰٪ مرگ‌های ناشی از تصادفات جاده‌ای در جهان، در کشورهای کم‌درآمد و یا با درآمد متوسط رخ می‌دهد.

پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۰ تصادفات جاده‌ای در رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مرگ، سرطان را پشت سر گذاشته و بعد از بیماری‌های قلبی و افسردگی در رتبه‌ی سوم قرار می‌گیرند (۳) در جاده‌های ایران، حوادث رانندگی هر ساله باعث هزاران مرگ، صدمات شدید و همچنین باعث میلیاردها دلار هزینه بر اقتصاد این کشور می‌شود. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۲۰۱۳، ایران با نرخ ۳۴/۱ مرگ در هر ۱۰۰ هزار نفر در رتبه‌ی پنجم جهان قرار داشته است. تصادفات ترافیک جاده‌ای در ایران باعث مرگ ۲۸۰۰۰ و زخمی یا ناتوان شدن ۳۰۰۰۰۰ نفر در سال می‌گردد (۴). این در حالی است که عمده‌ی این تصادفات قابل پیش‌بینی و پیشگیری هستند و می‌توان از بروز آن‌ها جلوگیری کرد. به‌طور کلی سه عامل مهم و اساسی در تصادفات



جاده‌ای، انسان (عابرین و رانندگان)، وسیله نقلیه و جاده می‌باشند. نقص و خطا در هر یک از این سه مورد می‌تواند حوادث جبران‌ناپذیری را بر جای بگذارد (۵). سازمان UNICEF در سال ۲۰۱۱ اعلام داشت؛ آمار تصادفات جاده‌ای در ایران بیست برابر بیشتر از متوسط جهان است که در حدود ۲۵ درصد از تلفات جاده‌ای در ایران شامل موتورسیکلت‌ها هستند؛ که بیش از ۶۰ درصدشان به دلیل عدم استفاده از کلاه ایمنی، دچار صدمات وارده به سر شده‌اند و در میان تمام حوادث غیر عمدی مرگ‌ومیرهای مربوط به ترافیک علت اصلی مرگ‌ومیر کودکان زیر پنج سال شناخته شده است. با این حال آمارها نشان می‌دهند که نرخ مرگ‌ومیر تصادفات جاده‌ای در ایران در حال کاهش است، اما تا حل این مشکل چند متغیره راه درازی باقی است. نکته قابل توجه در حوادث ترافیکی منجر به جرح این است که علاوه بر کشته‌شدگان، طیف گسترده‌تری نیز دچار مصدومیت می‌شوند که مطابق با تئوری کوه یخ باعث تحمیل هزینه‌های فراوانی بر پیکره‌ی جامعه می‌شود (۶). امروزه منفی‌ترین نتایج سیستم حمل و نقل مدرن، تصادفات جاده‌ای همراه با جراحت و از دست دادن زندگی است؛ بنابراین ایمنی ترافیک اساسی‌ترین موضوع در استراتژی آژانس‌های حمل و نقل است و لزوم انجام بررسی‌ها و تحلیل‌های بیشتر به منظور شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع حوادث جاده‌ای، برنامه‌ریزی جهت پیشگیری، مقابله و کاهش شدت صدمات ناشی از آن دارای اهمیت ویژه‌ای است. یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که مسئولین ترافیک با آن روبرو هستند این است که کجا و چگونه اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه را به اجرا درآورند



اقدام به شناسایی نقاط حادثه‌خیز به منظور بررسی تصادفات عابرین پیاده نموده‌اند (۱۶).

یونگ و همکارانش در سال ۲۰۱۴ با آنالیز داده‌های تصادفات ۵ ساله (۲۰۰۹-۲۰۰۵) شهر رچینا در کشور کانادا با استفاده از روش Hot zone، بیان نمودند که روش Hot Zone به متخصصین ترافیک کمک می‌کند که اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز را در مسیرهای پر تردد و پر ترافیک، به صورت مؤثرتر و علمی‌تری انجام دهند (۱۷).

مقاله‌ی حاضر ماحصل یک پایان‌نامه‌ی تحقیقاتی است که هدف اصلی آن تجزیه و تحلیل تصادفات در نقاط حادثه‌خیز جاده و ارتباط آن با متغیرهای محیطی و دموگرافیک به منظور بررسی لایه‌ای عوامل مؤثر در ایجاد تصادفات است تا نادیده‌ترین علت‌های مؤثر در ایجاد نقاط حادثه‌خیز بر روی جاده شناسایی شوند.

### روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی و به روش مقطعی است. محور مورد مطالعه شامل دو خط رفت و برگشت بزرگراه یزد- کرمان در حوزه‌ی استحفاظی استان یزد به طول ۲۱۲ کیلومتر است. تمامی اطلاعات مورد نیاز مربوط به تصادفات سه سال متوالی ۹۰، ۹۱، ۹۲، از فرم‌های گزارشی مورداستفاده توسط افسران پلیس راه که به اصطلاح تلفن گرام گفته می‌شود، استخراج گردید. حجم نمونه ۶۵۷ تصادف شامل ۲۸۲ مورد تصادف برای خط رفت (یزد به کرمان) و ۳۷۵ مورد تصادف برای خط برگشت (کرمان به یزد) به دست آمد. اهداف این مطالعه با تکیه بر متغیرهای مکانی -

به طوری که بتوانند بهترین تأثیر را روی ایمنی ترافیک داشته باشند (۷). در حال حاضر بیشتر سیاست‌های کشورها برای جلوگیری و کاهش تصادفات جاده‌ای با تمرکز بر روی شناسایی نقاط حادثه‌خیز جاده پایه‌ریزی شده است. مدیریت ایمنی جاده بایستی با یک روش علمی و سیستماتیک، مکان‌های خطرناک جاده را تشخیص دهد. شناسایی محل تصادفات با روش‌های Hot zone، Black spot، Site with black، High Risk و یک روش استاندارد، در ادارات حمل و نقل در سطح ایالات متحده امریکا و بسیاری از کشورهای دیگر است (۲). استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System) به عنوان یک ابزار مدیریتی جامع و بسیار مهم برای ایمنی ترافیک از دهه‌ی ۹۰ میلادی آغاز گردید است (۷). امروزه مطالعات متفاوتی در دنیا صورت گرفته است که با کمک GIS روش‌های سیستماتیک مختلفی را به منظور آنالیز تصادفات جاده‌ای مورداستفاده قرار داده‌اند (۱۳-۸). بکی پی وای لوو اولین کسی است که مدل شناسایی نقاط حادثه‌خیز بر روی شبکه‌های راه را با عنوان Hot Zone در کشور هنگ کنگ معرفی می‌کند (۱۴) او در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۱ با استفاده از این روش شبکه راه‌های شانگهای را مورد آنالیز قرارداد که در آن مطالعه ۸۴ مورد Hot Zone شامل تصادفات وسایل نقلیه و ۳۳ مورد Hot Zone شامل تصادفات عابرین پیاده، شناسایی کرد (۱۵).

در مطالعه‌ای دیگر یائو و همکارانش در سال ۲۰۱۲ با جمع‌آوری اطلاعات تصادفات سه ساله (۲۰۰۷-۲۰۰۵) در بخش کوآن تونگ (Kwun Tong) در هنگ کنگ، با استفاده از روش Hot Zone



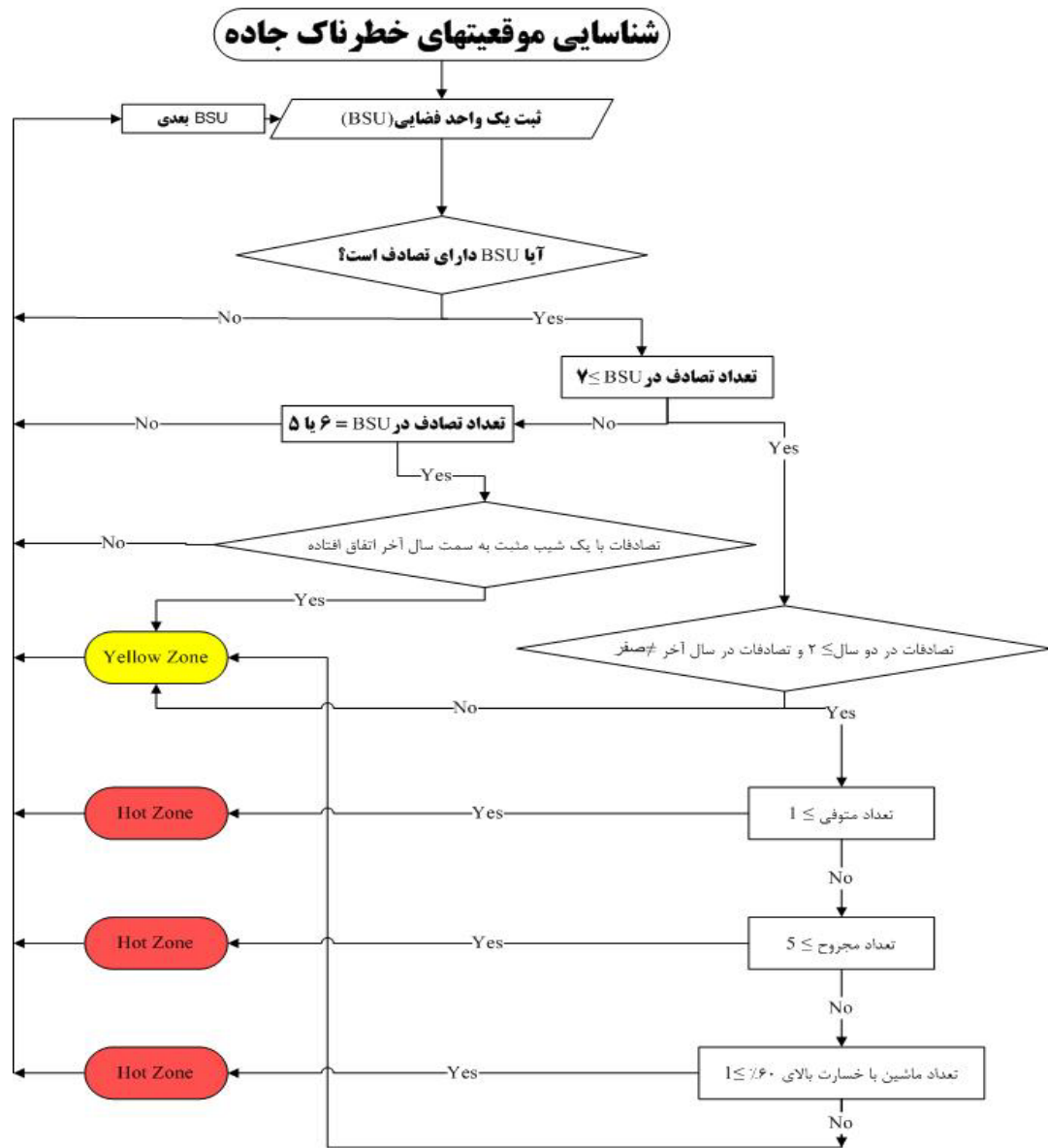
پایه (Basic Spatial Units (BSUs)) با طول ۱ کیلومتر و شماره گذاری همه‌ی BSU ها است.

مرحله‌ی سوم مشخص کردن موقعیت‌های خطرناک بر روی جاده با عنوان Hot Zone است. در این رابطه نرخ تصادفات (Accident Rate(AR)) آستانه برای هر BSU باید ۷ مورد تصادف در دوره‌ی زمانی مورد مطالعه باشد و آستانه مربوط به شدت تصادفات در سه سطح تعداد ۱ نفر کشته، ۵ نفر مجروح و ۱ مورد ماشین با خسارت بالای ۶۰٪ تعریف شده‌اند. در صورتی که تعداد تصادفات در یک BSU ۶ یا ۵ مورد باشد و یا یک شیب مثبت به سمت سال ۹۲ رو به افزایش بوده باشد، یک Yellow Zone شناسایی می‌شود که به‌طور بالقوه توانایی تبدیل شدن به یک Hot Zone را دارد. شکل ۱ الگوریتم طراحی شده در نرم‌افزار GIS را به‌صورت خلاصه نشان می‌دهد. بعد از شناسایی نقاط خطرناک بر روی جاده، داده‌های مربوط به متغیرهای محیطی - دموگرافیک در نقاط حادثه‌خیز استخراج و تجزیه و تحلیل آن در نرم‌افزار IBM-SPSS20، با استفاده از آنالیز آماری توصیفی، جداول Crosstab و آزمون آماری  $\chi^2$  و آزمون T-test انجام گرفت.

محیطی - دموگرافیکی پایه‌ریزی شدند. تغییر مکان مربوط به شناسایی نقاط حادثه‌خیز بوده و متغیرهای محیطی شامل شرایط جوی، ساعات روز، نوع وسیله نقلیه، علت تصادفات و متغیر دموگرافیک سن، جنس و وضعیت سلامت رانندگان است. به‌منظور شناسایی سیستماتیک موقعیت‌های خطرناک جاده، یک روش سه مرحله‌ای بر پایه‌ی سیستم اطلاعات جغرافیایی با عنوان Hot Zone مورد استفاده قرار گرفت.

اولین مرحله شامل اعتباربخشی به محل‌های تصادفات است. مکان وقوع هر تصادف در قالب مؤلفه‌های  $x$  و  $y$  به‌منظور آنالیز با استفاده از GIS، بر روی مسیر مشخص گردید و تمامی اطلاعات مربوط به هر تصادف به‌صورت لایه‌ی اطلاعاتی بر پایه GIS به برآمدگی‌ها و قطعات طولی مناسب بر روی مسیر اتصال پیدا کرد. نقشه را به همراه داده‌های منطقه‌ای و توصیفات فضایی، نوع مسیر، اطلاعات قربانیان، شرح تصادفات و ... در GIS پیاده کرده و داده‌های تصادفات سه سال ۹۰، ۹۱، ۹۲ بر اساس آمارهای گزارش شده پلیس راه استان یزد، اعتباربخشی شدند.

مرحله دوم تکه کردن شبکه بزرگراه و محاسبه‌ی آمار تصادفات است. این مرحله شامل قطعه‌قطعه کردن شبکه به واحدهای فضایی



شکل ۱: فلوچارت مراحل شناسایی موقعیتهای خطرناک جاده (IHL)



## یافته‌ها

مورد مربوط به مسیر یزد به سوی کرمان (مسیر رفت) و

۳۷۵ مورد مربوط به مسیر کرمان به سوی یزد (مسیر

برگشت) بوده است. (جدول ۱) ۶٪ از کل بزرگراه

به عنوان Hot Zone و ۸/۵٪ از کل بزرگراه به ترتیب

به عنوان Yellow Zone شناسایی شده است.

نتایج این مطالعه نشان داد که تصادفات سه‌ساله‌ی مسیر

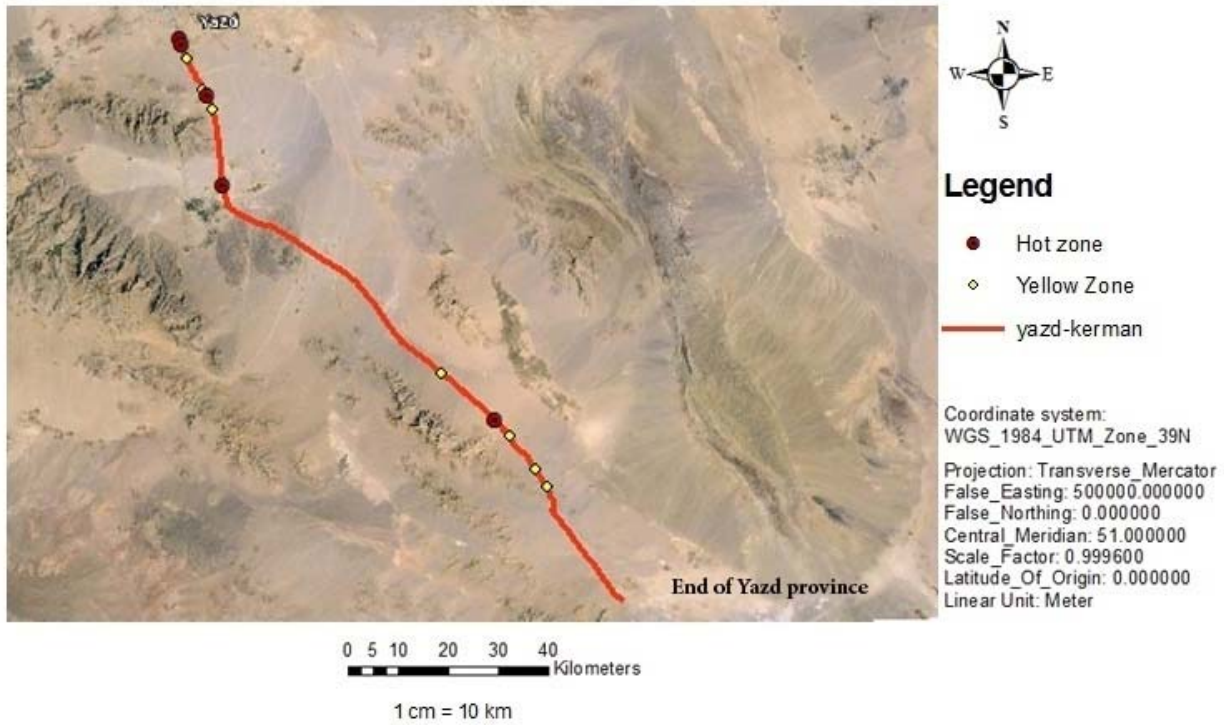
رفت و برگشت بزرگراه یزد - کرمان (حوزه‌ی استحفاظی

استان یزد)، تعداد ۶۵۷ تصادف جاده‌ای بوده که در طی

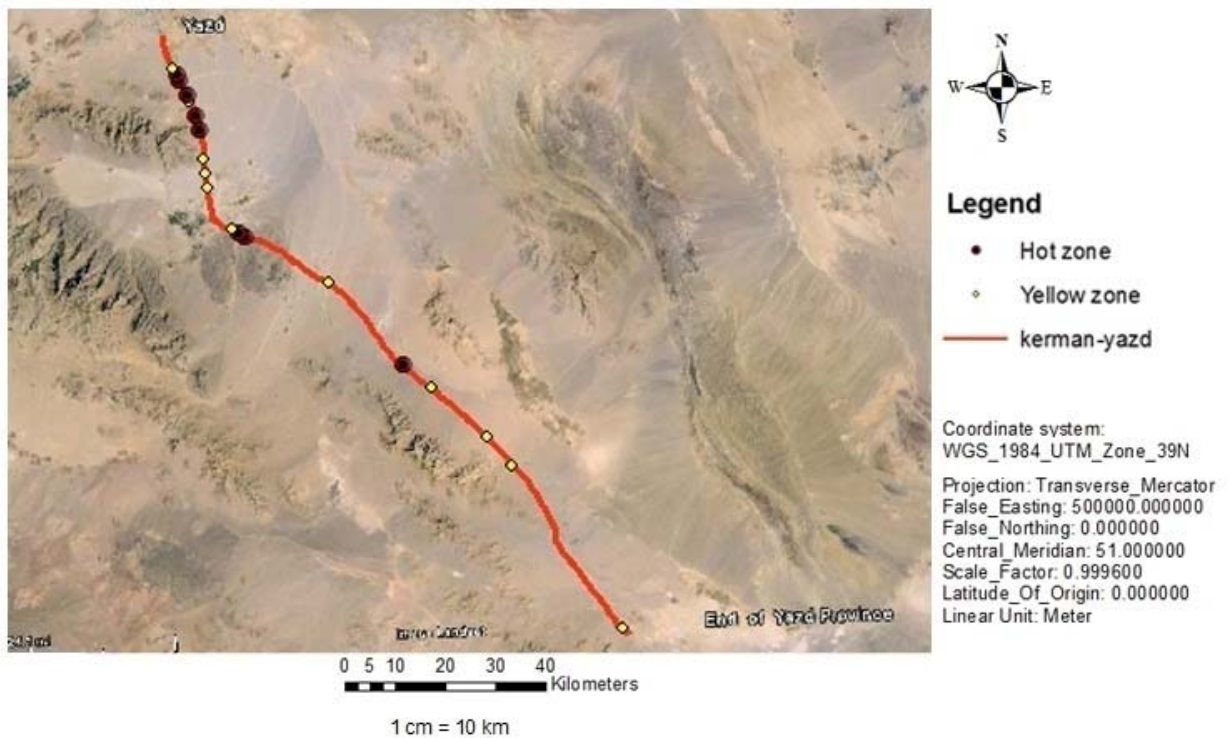
سه‌ساله ۹۲، ۹۱، ۹۰ به وقوع پیوسته که از این میان ۲۸۲

جدول ۱: فراوانی و درصد فراوانی اطلاعات تصادفات مربوط به کل مسیر رفت و برگشت بزرگراه یزد - کرمان به طول ۲۱۲ کیلومتر

P-value	کرمان - یزد		فاکتورها
	کل بزرگراه فراوانی (درصد)	کرمان - یزد فراوانی (درصد)	
	(/۱۰۰)۲۱۲	(/۱۰۰)۱۰۹	طول جاده (Km)
	(/۱۰۰)۲۱۲	(/۱۰۰)۱۰۹	کل واحدهای فضایی (BSUs)
	(/۶)۱۳	(/۷/۵)۸	Hot Zones
	(/۸/۵)۱۸	(/۱۰)۱۱	Yellow Zones
	(/۱۰۰)۶۵۷	(/۱۰۰)۳۷۵	کل تصادفات
	(/۶)۴۰	(/۴)۱۶	تصادفات فوتی
	(/۳۷)۲۴۳	(/۳۶)۱۳۴	تصادفات جرحی
	(/۵۷)۳۷۴	(/۶۰)۲۲۵	تصادفات خسارتی
	(/۱۰۰)۱۸۲	(/۱۰۰)۹۷	تعداد BSU های دارای تصادف
	(/۷)۱۳	(/۸)۸	Hot Zones در BSU های دارای تصادف
	(/۱۰)۱۸	(/۱۱)۱۱	Yellow Zones در BSU های دارای تصادف
	(/۱۷)۳۲	(/۱۹)۱۹	تعداد H-Y Zone
	(/۱۰۰)۲۶۵	(/۱۰۰)۱۷۲	کل تصادفات در H-Y Zone
آزمون $\chi^2$	(/۶)۱۶	(/۶)۱۰	تصادفات فوتی در H-Y Zone
$P > ۰/۳$	(/۳۴)۹۰	(/۳۱)۵۳	تصادفات جرحی در H-Y Zone
$R = -۰/۰۸$	(/۶۰)۱۵۹	(/۶۳)۱۰۹	تصادفات خسارتی در H-Y Zone
	(/۱۰۰)۴۸	(/۱۰۰)۱۹	تعداد کل متوفی
	(/۴۸)۲۳	(/۶۳)۱۲	تعداد متوفی در H-Y Zone
	(/۱۰۰)۳۹۹	(/۱۰۰)۲۱۲	تعداد کل مجروح
	(/۴۰/۵)۱۶۱	(/۳۸)۸۱	تعداد مجروح در H-Y Zone
	(/۱۰۰)۸	(/۱۰۰)۶	ماشین با خسارت بالای ۶۰٪
	(/۳۷/۵)۳	(/۵۰)۳	ماشین با خسارت بالای ۶۰٪ در H-Y Zone



شکل ۲: موقعیت‌های خطرناک شناسایی شده بر روی مسیر رفت (یزد - کرمان) بزرگراه یزد- کرمان



شکل ۳: موقعیت‌های خطرناک شناسایی شده بر روی مسیر برگشت (کرمان - یزد) بزرگراه یزد- کرمان



است. در مسیر رفت کیلومترهای شماره ۱،۲،۱۰،۲۳،۷۵ به‌عنوان Hot Zone و کیلومترهای ۴،۹،۱۲،۶۵،۷۸،۸۴،۸۷ به‌عنوان Yellow Zone و در مسیر برگشت کیلومترهای شماره ۱،۱۰،۱۰۱،۹۸،۹۵،۹۳،۷۷،۷۶،۴۸ به‌عنوان Hot Zone و کیلومترهای ۱۰۲،۹۷،۸۹،۸۷،۸۵،۷۸،۶۳،۴۳،۳۳،۲۸،۱ به‌عنوان Yellow Zone شناسایی شدند. آنالیز پارامترهای دموگرافیکی نشان داد که بیشترین تصادفات (۳۴٪) در نقاط حادثه‌خیز مربوط به رانندگان گروه سنی ۳۱-۴۰ سال است و به‌طور تجمعی گروه‌های سنی ۲۱ تا ۵۰ سال که به‌عنوان نیروی فعال کار در هر کشور شناخته می‌شوند، بیشترین آمار تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲).

از کل ۲۱۲ مورد BSU، ۱۸۲ مورد دارای تصادف شناخته شدند که ۱۷٪ از این تعداد در دو خط‌رفت‌وبرگشت به‌عنوان Hot Zone و Yellow Zone (H-Y Zone) شناسایی گردید. تعداد تصادفات در H-Y Zone شناسایی‌شده به ترتیب مسیر رفت‌وبرگشت، ۹۳ و ۱۷۲ مورد است. درصد فراوانی تعداد افراد کشته‌شده و زخمی شده در کل H-Y Zone های شناسایی‌شده به ترتیب ۴۸٪ و ۴۰/۵٪ (۲۳ نفر کشته و ۱۶۱ نفر مجروح است. بر اساس آزمون chi-square بین دو مسیر رفت‌وبرگشت و نوع تصادفات همبستگی وجود ندارد ( $P < 0/3, R = -0/80$ ). تصاویر شماره ۲ و ۳ نقشه مسیر را با کلیه جزئیات منطقه نشان می‌دهد که بر روی آن موقعیت‌های خطرناک جاده به تفکیک مسیر رفت‌وبرگشت و Hot Zone و Yellow Zone مشخص گردیده

جدول ۲: فراوانی و درصد فراوانی تصادفات به تفکیک گروه‌های سنی، جنسیت و سلامت رانندگان

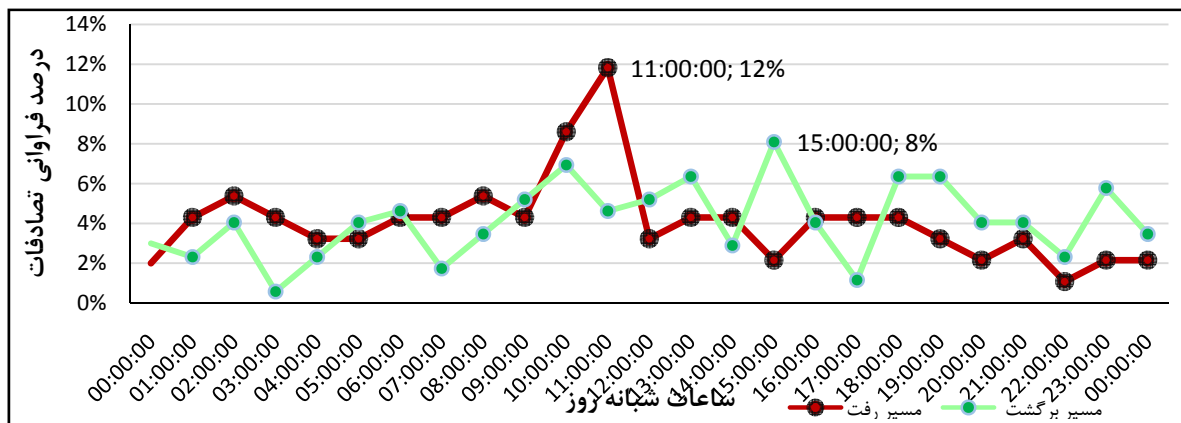
کل	جنس		فاکتورها	
	مردان فراوانی (درصد)	زنان فراوانی (درصد)		
۵ (۲٪)	۰	۵ (۲٪)	<۲۱	گروه‌های سنی
۶۴ (۲۴٪)	۲ (۳۳٪)	۶۲ (۲۴٪)	۲۱-۳۰	
۸۹ (۳۴٪)	۲ (۳۳٪)	۸۷ (۳۴٪)	۳۱-۴۰	
۵۱ (۱۹٪)	۲ (۳۳٪)	۴۹ (۱۹٪)	۴۱-۵۰	
۲۶ (۱۰٪)	۰	۲۶ (۱۰٪)	۵۱-۶۰	
۶ (۲٪)	۰	۶ (۲٪)	>۶۰	
۲۳ (۹٪)	۱ (۱۷٪)	۲۲ (۹٪)	missing	وضعیت سلامت
۲۶۴ (۱۰۰٪)	۷ (۱۰۰٪)	۲۵۷ (۱۰۰٪)	کل	
۲۲۵ (۸۶٪)	۶ (۸۶٪)	۲۱۹ (۸۶٪)	سالم	
۳۰ (۱۱٪)	۱ (۱۴٪)	۲۹ (۱۱٪)	مجروح	
۹ (۳٪)	۰	۹ (۴٪)	متوفی	
۲۶۴ (۱۰۰٪)	۷ (۱۰۰٪)	۲۵۷ (۱۰۰٪)	کل	



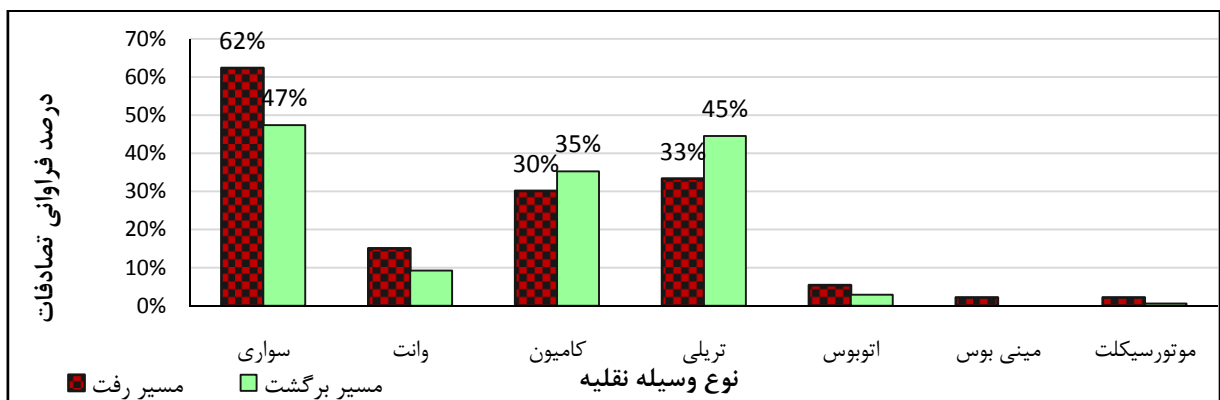


ترتیب بالاترین درصد فراوانی را به خود اختصاص دادند؛ اما اختلاف آن‌ها در دو مسیر بر اساس آزمون Chi-square معنی‌دار نشد (آزمون  $\chi^2$ ،  $P < 0/19$ ) (شکل ۵) و بیشترین علت تصادفات، عدم توجه به جلو و عدم کنترل وسیله نقلیه است (آزمون  $\chi^2$ ،  $0/8 < P$ ) (شکل ۶). همچنین بیشترین تصادفات در شرایط آب و هوایی آفتابی اتفاق افتاده‌اند (آزمون  $\chi^2$ ،  $P < 0/78$ ) (شکل ۷).

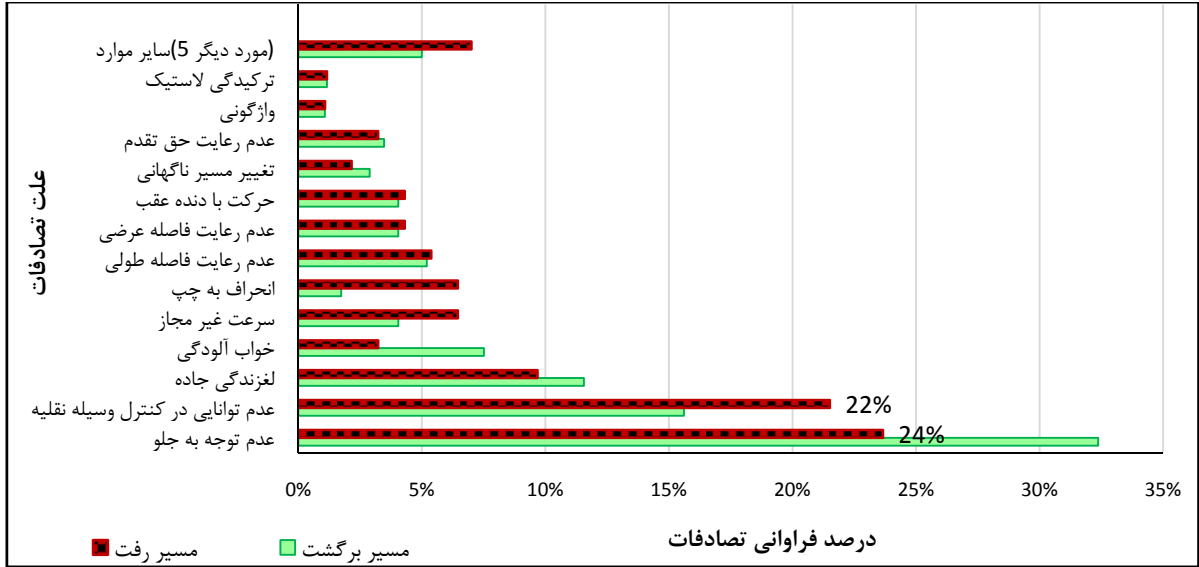
وقوع تصادفات در زمان‌های مختلف شبانه‌روز نشان می‌دهد که؛ در مسیر رفت ساعت ۱۱:۰۰:۰۰ صبح با درصد فراوانی ۱۲٪ و در مسیر برگشت ساعت ۱۵:۰۰:۰۰ بعدازظهر با درصد فراوانی ۸٪ بیشترین تعداد تصادفات را در شبانه‌روز به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس آزمون T-Test، میانگین ساعت وقوع تصادفات در دو مسیر با یکدیگر معنی‌دار شدند ( $p < 0/05$ ) (شکل ۲). وسایل نقلیه از نوع سواری، کفی و کامیون در وقوع این تصادفات در هر دو مسیر، به



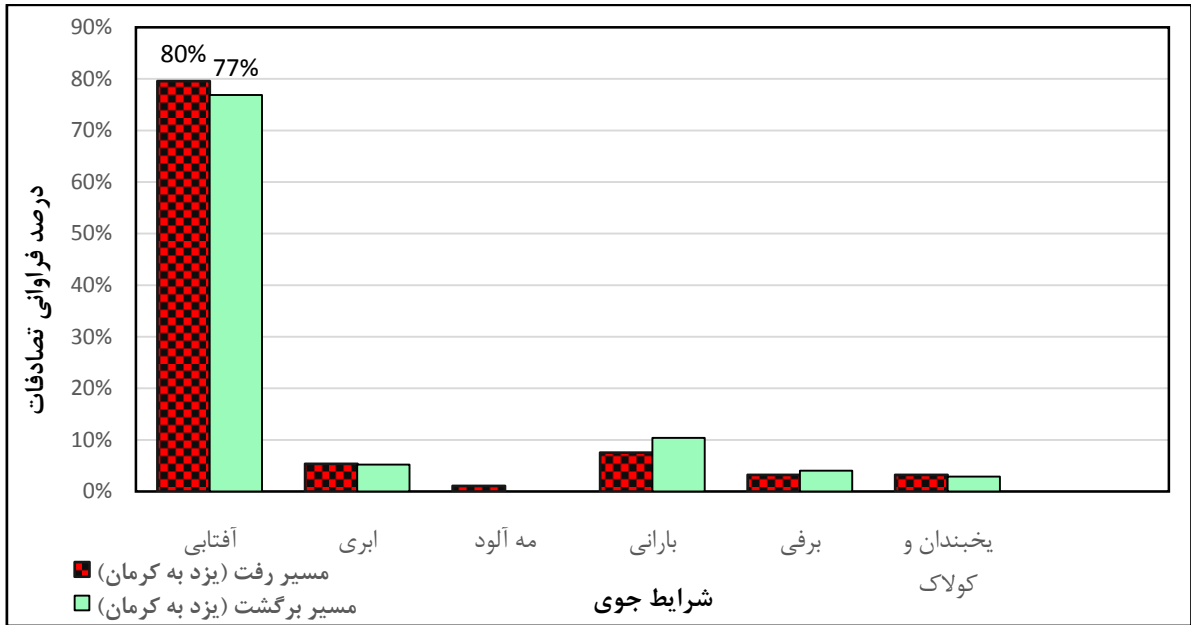
شکل ۳: نمودار درصد فراوانی تصادفات در ساعات مختلف شبانه‌روز



شکل ۴: نمودار ستونی درصد فراوانی تصادفات به تفکیک انواع وسایل نقلیه



شکل ۶: نمودار ستونی درصد فراوانی علت تصادفات به تفکیک مسیر رفت و برگشت



شکل ۷: نمودار ستونی درصد فراوانی شرایط جوی مختلف به تفکیک مسیر رفت و برگشت



## بحث و نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد انتخاب مقیاس طولی مناسب برای واحدهای فضایی، به گونه‌ای که به اندازه‌ی کافی طول داشته باشند که اجازه‌ی شناسایی گروه‌های تصادفات را بدهد و به اندازه‌ی کافی کوتاه باشند که تغییرات در محیط راه را که مرتبط با ایمنی جاده است منعکس نماید، بسیار حائز اهمیت است. Loo تعریف واحد فضایی یا سایت را یکی از جنبه‌های کلیدی در مشخص کردن موقعیت‌های خطرناک جاده عنوان می‌کند (۱۴). در مطالعه GEURTS و Elvik نیز عنوان شده که؛ کشورهای مختلف تعاریف متفاوتی را از سایتی که به عنوان نقاط حادثه‌خیز شناسایی می‌شود ارائه می‌دهند: در انگلستان، قطعه‌راهی به طول ۳۰۰ متر، در اسپانیا مجارستان و نروژ قطعات راه به طول یک کیلومتر به عنوان نقطه‌ی حادثه‌خیز انتخاب می‌گردند (۱۸).

Erdogan و همکارانش، یک مطالعه‌ی موردی را به منظور شناسایی نقاط حادثه‌خیز در شبکه‌ی راه‌های شهر افیون کارا حصار ترکیه، طول قطعات مورد مطالعه‌ی خود را ۱ کیلومتر در نظر گرفتند (۱۹). در مطالعه‌ی حاضر نیز برای تعریف سایت یا همان مقیاس طولی یک ناحیه حادثه‌خیز، قطعه‌ی راهی به طول ۱ کیلومتر انتخاب گردیده است.

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از داده‌های تصادفات حداقل ۳ سال متوالی می‌تواند در تعیین مکان‌های حادثه‌خیز واقعی مؤثر و مثبت‌های کاذب (تشخیص محل درواقع ایمن به‌عنوان محل ریسک بالا) و منفی‌های کاذب (تشخیص محل درواقع با ریسک بالا به‌عنوان محل ایمن) را در

شناسایی این نقاط به حداقل برساند. Elvik اشاره می‌کند که در بیشتر کشورها دوره‌ای که برای شناسایی نقاط خطرناک جاده استفاده می‌شود بین ۱ تا ۵ سال متغیر بود، این در حالی است که یک دوره‌ی مناسب برای داده‌ها جهت توسعه‌ی مدل پیش‌بینی حوادث و تشخیص نقاط خطرناک جاده ۳ تا ۵ سال عنوان شده است (۱۸). همچنین در مطالعه Cheng و Elvik، عنوان شده که با تعریف مناسب آستانه‌ها و طول واحدهای فضایی (BSU) می‌توان تمایز بین محل‌های مثبت واقعی و مثبت کاذب ایجاد نمود (۶-۲).

در این مطالعه شدت تصادفات به‌عنوان پارامتری مؤثر در شناسایی موقعیت‌های خطرناک جاده، پراهمیت و پرکاربرد بیان شده و به کار گرفته شده است. در بسیاری از مطالعات صورت گرفته در مورد شناسایی نقاط حادثه‌خیز نقش شدت حوادث به‌عنوان یک عامل مؤثر در تعریف نقطه‌ی حادثه‌خیز نادیده گرفته شده است، به طوری که در مطالعه‌ی Elvik در سال ۲۰۰۸ بر روی تعریف عملیاتی نقاط خطرناک جاده در ۸ کشور اروپایی انجام داده است مشخص شد که تنها ۴ کشور از این کشورها شدت را به‌عنوان فاکتور مؤثر در نظر گرفته‌اند (۱۸). توجه به شدت تصادفات از دیگر نقاط قوت مدل Hot Zone است که در شناسایی موقعیت‌های خطرناک بسیار مؤثر است. در مطالعه‌ی حاضر مدل Hot Zone بر پایه‌ی اجرا شدن در نرم‌افزار GIS طراحی گردیده است و به‌خوبی معرف سهولت کاربرد و دقت بیشتر در شناسایی نقاط خطرناک جاده، است. Yao و همکاران به قوت بیان داشتند



گلوگاه‌های کم‌عرض تر از جاده‌ای که قبلاً در پیش رو داشتیم مواجهه می‌شویم و این خود ایجاد یک نقطه‌ی حادثه‌خیز در جاده است، Erdogan نیز به این نکته اشاره داشته است (۹). نتایج این مطالعه نشان داد در H-YZone ها بیشترین تصادفات در بین رانندگان گروه‌های سنی ۵۰-۲۱ سال و بیشتر توسط آقایان رخ می‌دهد، افراد سنین ۲۱-۵۰ سال نیروی کار یک جامعه را تشکیل می‌دهد که با از دست رفتن هر فرد در ابتدای این دوره‌ی سنی، جامعه از خدمت‌رسانی ۳۰ ساله‌ی یک نیروی کار محروم می‌شود. همچنین بیشترین آمار سرنشیمان مجروح در این تصادفات در میان گروه سنی ۳۵-۱۶ سال بوده است. در مطالعه‌ی سالاری و همکاران، گروه سنی ۳۰-۱۶ سال به‌عنوان قشر جوان و نیروی کار جامعه، قربانیان تصادفات در استان یزد اعلام شده‌اند WHO در گزارش خود اعلام داشته که بیشتر قربانیان تصادفات در دنیابین ۲۵-۱ سال سن دارند (۴). دریافته‌های این مطالعه ۴۰٪ (۱۶ مورد) از کل تصادفات فوتی در نقاط حادثه‌خیز اتفاق افتاده که از این میان ۳۷/۵٪ (۶ مورد) از تصادفات فوتی در نقاط حادثه‌خیز در ساعت ۱۸:۰۰ تا ۶:۰۰ بامداد اتفاق افتاده است. بیشتر تصادفات با فراوانی ۸۲ و ۷۳ به ترتیب مربوط به صبح و بعدازظهر (ساعات ۶:۰۰ تا ۱۲:۰۰ و ۱۲:۰۰ تا ۱۸:۰۰) است. در مطالعه‌ی Erdogan بیشتر حوادث در صبح (۲۷٪) و بعدازظهر (۲۹٪) اتفاق افتاده است که نشان از همسویی نتایج ما با این مطالعه دارد (۱۹). مطابق با نتایج مطالعه، تصادفات مربوط به وسیله‌ی نقلیه سواری از بیشترین آمار برخوردار بود و در این میان سواری پراید با فراوانی ۵۱ مورد از آمار بالاتری برخوردار بود اما مطابق با آزمون 2χ رابطه‌ی

که درست‌ترین شکل استفاده GIS برای آنالیز حوادث، آزمودن مشخصات فضایی محل‌های حادثه است و برای این منظور از مدل Hot Zone استفاده کرده‌اند (۱۶). در این مطالعه انجام آنالیز تصادفات جاده‌ای بر پایه‌ی واحدهای فضایی صورت گرفته است، چراکه تحولات مسیر و تراکم و تردها بهتر قابل تجزیه و مدل طراحی شده با دو فاکتور فراوانی رخداد تصادفات و شدت آن‌ها به‌خوبی بکار گرفته خواهد شد.

Affum, HirasawaLiang و Kim از جمله کسانی هستند که اقدام به طراحی مدل‌هایی به‌منظور ارزیابی ایمنی برای مدیریت ترافیک در نرم‌افزار GIS نموده‌اند (۲۱، ۲۰، ۹، ۸) در این مطالعات پارامترهای متفاوتی چون تعداد تصادفات، شناسایی نقاط پرحادثه، شرایط جاده، شکل هندسی جاده، ورودی‌ها و خروجی‌های جاده، شرایط جوی، خصوصیات دموگرافیکی، وسایل نقلیه، ساعات، ماه‌ها، روزهای هفته و ... بسیاری دیگر از پارامترهای مؤثر در تصادفات را مورد بررسی قرار گرفته‌اند که نتایج این مطالعات با نتایج به‌دست آمده همسویی دارد.

مطابق نتایج به‌دست آمده و تصاویر گرافیکی، همان‌گونه که ملاحظه گردید تمرکز نقاط حادثه‌خیز در ورودی و خروجی محور در نزدیک شهر یزد بیشتر است، یک نکته عمومی ثابت شده، افزایش تعداد تصادفات در خروجی‌ها و ورودی‌های جاده است که عوامل متعددی بر آن دخیل است از جمله ناتوان بودن این مکان‌ها در جوابگویی به حجم ترافیک و تمرکز تردها، به‌گونه‌ای که در اکثر این مکان‌ها از تعداد باندهای آزادراه‌ها و یا بزرگراه‌ها کاسته شده و بدون در نظر گرفتن تدابیر ایمنی مناسب با



رانندگان به علت خواب‌آلودگی سابقه‌ی تصادف داشته‌اند، نزدیک است (۲۵).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد، مدل Hot Zone انعطاف‌پذیری بیشتری در جنبه‌های مختلف مخصوصاً در شناسایی موقعیت‌های خطرناک بر روی بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها و شبکه‌های پیچیده داشته، هرچند که می‌تواند قابل‌تعمیم به سایر شبکه‌های راه نیز باشد (۲۶). با این‌همه باید دانست که شناسایی H-Y Zone تنها شروع کار است، زیرا برای برخورد با مشکلات ایمنی جاده که در H-Y Zone یافت می‌شود راه‌حل‌های ساده وجود ندارد، با این‌وجود پرواضح است که تلاش در زمینه‌ی انجام تحقیقات بین‌رشته‌ای برای حل این مشکلات لازم خواهد بود.

### تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه‌ی دانشجویی، مقطع کارشناسی ارشد است که توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد حمایت مالی شده است. بدین‌وسیله از همکاری و حمایت‌های معنوی اداره پلیس‌راه، سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌ها و اداره‌ی راه و شهرسازی استان یزد کمال تشکر را داریم.

تصادفات با وسایل نقلیه معنی‌دار نشد (P-value < ۰/۸). WHO در سال ۲۰۱۳ در گزارش خود اعلام داشته که نصف تصادفات در جهان مربوط به عابرین پیاده، موتورسیکلت‌ها و دوچرخه‌ها است (۴). در نتایج این مطالعه ماشین‌های سواری بالاترین تصادفات را داشته‌اند و مغایر با آمار WHO است که البته مقایسه آمار جهان با یک نمونه کوچک از یک کشور منطقی نیست. یافته‌های این پژوهش نشان داد در میان علت‌های گزارش‌شده برای تصادفات، عدم توجه به جلو و عدم توانایی در کنترل وسیله‌ی نقلیه، دو فاکتور پراهمیت از میان عوامل انسانی مؤثر (۵۰٪) در ایجاد تصادفات بوده است. خیرآبادی و همکاری‌ها، نقش فاکتورهای انسانی (رفتاری) را در ۶۰٪ از تصادفات جاده‌ای به‌عنوان دلیل اصلی بیان می‌کند (۲۳). در مطالعه Rhodes و همکاری‌ها، مشخص شد که بعد از گرفتن گواهی‌نامه، میزان خطاهای مربوط به تصادفات ۲ برابر کم می‌شود (۲۴). خواب‌آلودگی به‌عنوان چهارمین علت مؤثر (درصد فراوانی در کل بزرگراه = ۴۰٪ و در H-Y Zone = ۸٪) شناخته شده است که این نتیجه با مطالعه‌ی حلوانی و همکاری‌ها که اشاره داشتند، ۲۵/۳٪ از



## References

- 1-Peden M, Scurfield R, Mohan D, Hyder A, Jaravan E, Mather C. World report on road traffic injury prevention. First ed. Geneva: World Health Organization; 2004: 8-11.
- 2- Cheng W, Washington SP. Experimental evaluation of hotspot identification methods. *Accident Analysis and Prevention*. 2005;37(5):870-81.
- 3- Brunicardi F, Hunter J, Andersen D, Brandt M, Dunn D, Billiar T, et al. Schwartz, S E principle of surgery. 10th ed. New York Mc Graw - Hill. 1994:175-81.
- 4-WHO. Global status report on road safety 2013 supporting a decade of action. Geneva: World Health Organization; 2013: 128-251.
- 5-Effati M. Developing a Novel Method for Road Hazardous Segment Identification Based on Fuzzy Reasoning and GIS. *Journal of Transportation Technologies*. 2012;02(01):32-40.
- 6-Murray CJ, Lopez AD, Mathers CD, Stein C. The Global Burden of Disease 2000 project: aims, methods and data sources. Harvard Burden of Disease Unit, Center for Population and Development Studies Massachusetts, Boston, USA, (Global Programme on Evidence for Health Policy Discussion Paper No. 36); 2001.
- 7- Khan G, Qin X, Noyce D. Spatial Analysis of Weather Crash Patterns. *Journal of Transportation Engineering*. 2008;134(5):191-202.
- 8-Affum J, Taylor M. Selatm-a GIS based program for evaluating the safety benefits of local area traffic management schemes. *Transportation Planning and Technology*. 1998;81(1-8):93-119.
- 9-Hirasawa M, Asano M, editors. Development of traffic accident analysis system using GIS. *Proceedings of the 5th Eastern Asia Society for Transportation Studies: Vol. 4*. 2003 Oct. 1193-99: Fukuoka, Japon. 2003.
- 10-Lee J-Y, Chung J-H, Son B. Analysis of traffic accident size for Korean highway using structural equation models. *Accident Analysis & Prevention*. 2008;40(6):1955-63.
- 11-Bíl M, Andrášik R, Janoška Z. Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis & Prevention*. 2013;55(0):265-73.
- 12-Prasannakumar V, Vijith H, Charutha R, Geetha N. Spatio-Temporal Clustering of Road Accidents: GIS Based Analysis and Assessment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2011;21(0):317-25.
- 13-Gundogdu IB. Applying linear analysis methods to GIS-supported procedures for preventing traffic accidents: Case study of Konya. *Safety Science*. 2010;48(6):763-69.
- 14- Loo BPY. The identification of Hazardous road locations: A comparison of the blacksite and hot zone methodologies in Hong Kong. *International Journal of Sustainable Transportation*. 2009;3(3):187-02.



- 15- Loo BPY, Yao SJ, Wu JP, Yu BL, Zhong HD. Identification method of road hot zone based on GIS. *Jiaotong Yunshu Gongcheng Xuebao/Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2011;11(4):97-02.
- 16-Yao S, Loo BP. Identification of Hazardous Road Locations for Pedestrians. *Procedia Engineering*. 2012;45(0):815-23.
- 17-Young J, Park PY. Hotzone identification with GIS-based post-network screening analysis. *Journal of Transport Geography*. 2014;34(0):106-20.
- 18-Elvik R .A survey of operational definitions of hazardous road locations in some European countries. *Accident; analysis and prevention*. 2008;40(6):1830-5.
- 19- Erdogan S, Yilmaz I, Baybura T, Gullu M. Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. *Accident; analysis and prevention*. 2008;40(1):174-81.
- 20-Kim K YE. Using ak-means clustering algorithm to examine patterns of pedestrian involved crashes in Honolulu, Hawaii. *Journal of advanced transportation*. 2007;41(1):69-89.
- 21- Liang LY MsD, Hua LT. Traffic accident application using geographic information system. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*.2005; 6(0):3574 - 89.
- 22-Salari A, Aghili A, Farhad PH. Demographic survey on patients with trauma caused by drivers accident in Yazd. *Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*. 2002; 10(3): 19-27. [Persian]
- 23-Kheirabadi Gh, Bolhari J. Role of human factors in road accidents. *Behavioral sciences research center*. 2012; 10(1): 69-78. [Persian]
- 24-Rhodes N BD, Edison A. Approaches to understanding young driver risk taking. *Journal of Safety Research*. 2005; 36(5): 497-99.
- 25-Halvani GM, Maleki M, Fallah H, Jafari NR. Survey on relationship between truck drivers road accidents and petsburg's sleep quality index. *Occupational Mediciene Quarterly*. 2011; 3 (1): 14-20. [Persian]
- 26-Tavakkolimanesh S. Identification of Hazardous Road Locations with Hot Zone modeling using Geographic Information System (GIS) Case study: Yazd-Kerman & Kerman-Yazd road in Yazd Province. [MSc thesis]. *Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd*. 2014.



## Survey on Hazardous Road Locations and the Relation with Environmental/Demographic Variables Using Hot Zone Method in Yazd-Kerman Highway

Tavakoli-Manesh S(MSc)<sup>1</sup>, Halvani GhH(MSc)<sup>2</sup>, Al-Modarresi SA(PhD)<sup>3</sup>, Rahimi K(MSc)<sup>4</sup>,  
Moradzade RA (PhD)<sup>5</sup>, Samoori-Sakhvidi F (MSc)<sup>6</sup>

1. Corresponding Author: MSc Student in Department of Occupational Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
2. Assistant Professor, Department of Occupational Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
3. Assistant Professor, Civil Engineering College, GIS & RS Department, Azad University, Yazd, Iran
4. MSc Student in Department of Occupational Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
5. PhD Student In Department of Epidemiology, Tehran University of Medical sciences, Tehran, Iran
6. MSc Student in Department of Occupational Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

### Abstract

**Introduction:** Nowadays, there are many efforts in different countries to identify hazardous road locations through different models in Geographic Information System (GIS) software. Our goal was to identify hazardous locations on a part of Yazd-Kerman highway located in Yazd province. It was by using hot zone method in GIS, and the relationship between these locations and environmental and demographic variables was assessed.

**Methods:** By using hot zone method, each road (Yazd-Kerman & Kerman-Yazd path) was divided into segments named Basic Spatial Units (BSUs). A BSU was defined as 1 Kilometer. For each BSU, variables such as number, time and cause of crashes, vehicle type, weather, age, sex and status of drivers were collected. The hazardous locations were classified in two definition groups as Hot Zones and Yellow Zones.

**Results:** According to results, 17% of total 212-kilometer road was identified as hazardous locations. The most drivers engaged in crashes in these locations (34%) were in age group of 31-40. Motorcars, trailers and trucks had the most crashes, respectively. The most frequently cause of crashes was non-attendance to front and miss control of vehicle. The most number of crashes were taken place in the sunny climate.

**Conclusion:** Considering that hazardous locations increase near entrances, exits and junctions, it seems that paying attention to road design principles may cause a great reduction in the crash rate. A safe design also can reduce the effect of environmental factors such as weather, time and even vehicle type. Furthermore a good training program, especially for age 21-40, may have a great role in minimize the human errors in crash occurrence.

**Keywords:** Road safety, Hot zone, hazardous locations, GIS, crash