



وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی سنجش از دور و GIS

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد M.Sc

رشته سنجش از دور و GIS

عنوان

تحلیل تصادفات جاده ای در سیستم اطلاعات جغرافیایی

با تأکید بر خصوصیات جاده و محیط

(مطالعه موردی: محور قزوین - رشت)

استاد راهنما

دکتر عباس علیمحمدی سراب

استاد مشاور

مهندس بابک میرباقری

مهندس اسداله نجفی

نگارنده

سید حسین سجادی

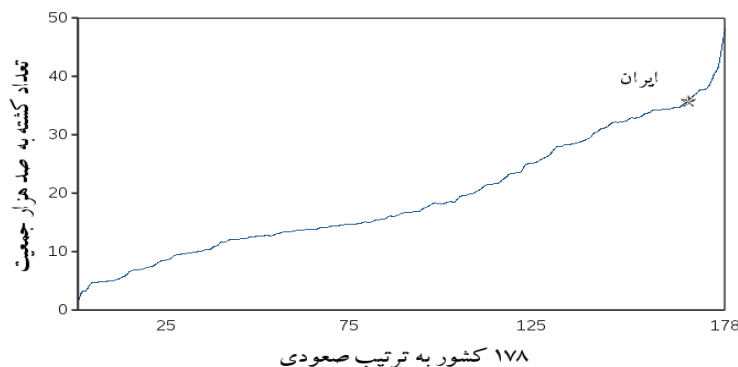
نیمسال اول سال تحصیلی ۸۸-۸۹

چکیده

همراه با جمع آوری اطلاعات در خصوص متغیرهای بالقوه مؤثر در تصادف با دقت بیشتر در سالهای اخیر در کشور (هم دقت زمانی و هم دقت مکانی)، لزوم استفاده از روشهای تحلیل متناسب با این گونه داده‌ها احساس می‌شود. در تحقیق حاضر سعی شد رابطه وقوع تصادفات فوتی و جرحی با خصوصیات جاده و محیط در مقیاس زمانی ساعتی و مقیاس مکانی کیلومتر مدلسازی شود. نظر به اینکه تصادف یک پدیده مکانی است و تحلیل‌های GIS نیز مبتنی بر مکان است، در این تحقیق رویکرد مبتنی بر مکان مورد تأکید قرار گرفت. GIS جهت استخراج و آماده سازی متغیرهای مکانی برای ورود به مدل آماری و نهایتاً جهت نقشه سازی مورد استفاده قرار گرفت. با انجام تحلیل اکتشافی و روش نسبت چگالی، بینش اولیه در مورد رابطه هر متغیر با وقوع تصادف پیدا شد. رگرسیون لجستیک جهت مدلسازی تغییرات تصادف در طول زمان و مکان و ارتباط آن با متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه تصادفاتی که در یک قطعه جاده رخ داده اند معمولاً تحت شرایط یکسانی قرار داشته اند می‌توان فرض گرفت که مشاهدات زمانی در هر واحد مکانی با یکدیگر همبسته اند. بنابراین مدل نسبتاً جدید چندسطحی به عنوان راه حلی جهت دخالت دادن همبستگی در مدل‌های تصادف در این تحقیق ارائه شد. در این تحقیق مدل‌های مورد نظر بر روی ۷۵ کیلومتر اول محور قزوین رشت و برای سه سال متوالی (تیر ۸۵ تا تیر ۸۸) اجرا گردید. نتایج تحقیق حاکی از آن است که با افزوده شدن صد خودرو به مجموع تردد رفت و برگشت محور قزوین رشت، بخت تصادف $1/1$ برابر می‌شود. همچنین تردد به عنوان مهمترین متغیر تبیین کننده تغییرات تصادف در طول زمان شناخته شد. همچنین مشخص شد هوای بارانی نسبت به وضع هوای صاف بخت تصادف را $1/8$ برابر می‌کند. وجود تقاطع در یک قطعه جاده موجب می‌شود بخت تصادف $1/6$ برابر شود. همچنین با افزوده شدن ۱ در صد به شیب جاده، بخت تصادف $1/12$ برابر می‌شود. در این تحقیق مشخص شد که متغیرهایی نظیر برف، دما، نوع جاده، تونل، کاربری مسکونی و انحنای جاده تاثیر معناداری بر روی وقوع تصادفات فوتی و جرحی ندارند. از نتایج دیگر این تحقیق عدم معناداری متغیر دما، در صورت دخالت دادن متغیر تردد در مدل می‌باشد. در نهایت تغییرات تصادف در طول زمان و مکان با استفاده از احتمالات ارائه شده توسط مدل توسط نقشه و نمودار نشان داده شد. مناطق پرحادثه با استفاده از روش مدل مبنا نقشه سازی شدند. و نیز زمانهای پرخطر نیز مشخص شدند. در این تحقیق نشان داده شد که همبستگی بین مشاهدات چگونه نتایج به دست آمده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. که این مساله استفاده از مدل‌هایی نظیر مدل چندسطحی را ضروری می‌کند.

اهداف و ضرورت‌های تحقیق

همزمان با موتوریزه شدن جوامع و روند رو به گسترش استفاده از وسایل حمل و نقل موتوری، از پدیده‌های مهمی که به دنبال این روند مشاهده می‌شود تصادفات جاده‌ای می‌باشد. پدیده‌ای که به دنبال آن سالانه جان بیش از یک میلیون نفر در جهان گرفته شده و از پیامدهای آن هزینه‌ها و خسارت‌های مختلف مالی و روحی و روانی می‌باشد. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی سالانه ۱/۲ میلیون نفر بر اثر تصادفات جان خود را از دست می‌دهند. (WHO, 2004) توزیع مکانی این پدیده نیز بین کشورهای مختلف متفاوت است. با توجه به تحقیقات انجام شده این اختلاف ناشی از تفاوت سطح توسعه و درآمد، خصوصیات فرهنگی و اجتماعی می‌باشد. در این میان آمار تصادفات جاده‌ای در کشورمان ایران از میزان بالایی برخوردار می‌باشد. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۷، ایران در بین ۱۷۸ کشور و منطقه از لحاظ نسبت تعداد کشته ناشی از تصادف به صد هزار نفر جمعیت به همراه کشورهای همچون مصر، افغانستان، عراق، آنگولا و امارات متحده عربی در صدر کشورها قرار داشته است؛ به طوریکه ایران حائز رتبه ۱۶۸ شده است.



شکل ۱. جایگاه ایران در جهان از نظر نسبت تعداد کشته ناشی از تصادف به جمعیت

با توجه به آمار ارائه شده توسط دفتر ایمنی و ترافیک سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای در سال ۸۷ تعداد ۷۶۲۷۶۵ مورد تصادف در کل کشور رخ داده است که باعث مرگ ۲۳۳۶۲ نفر و مجروح شدن ۲۷۲۸۷۷ نفر شده است (دفتر ایمنی و ترافیک، ۱۳۸۸). آمار یاد شده از تعداد تصادف و کشته و مجروح، تبعات و هزینه‌های مادی و معنوی قابل توجهی به همراه داشته و دارد. صافی (۱۳۸۴) در پایان نامه خود اشاره کرده است که هزینه‌های ناشی از تصادفات ترافیکی در سطح ملی در سال ۸۵ بالغ بر ۹۰۰۰ میلیارد تومان برآورد شده است که این مقدار بالغ بر ۳/۹۶ درصد تولید ناخالص ملی برآورد شده در سال ۸۵ می‌باشد. از این رو است که این پدیده توجه برنامه ریزان و کارشناسان را به خود جلب کرده است و هدف آنها کاهش تعداد تصادفات و نیز تعداد کشته و مجروح و نهایتاً کاهش خسارت‌های ناشی از آن است. از اقدامات مهمی که در این جهت صورت می‌گیرد ایمن سازی سیستم حمل و نقل است. اما

این روش در صورتی قابل اجرا است که فاکتورهای سهم در وقوع تصادفات به خوبی شناخته شده باشند. از طرف دیگر به علت محدودیت منابع جهت این اقدامات ایمنی، مطالعه بهتر تصادفات جاده ای و عوامل سهم در آن، ما را در جهت دهی مناسب منابع مثلاً به سوی مناطق حساس، نوع جاده خاص و یا زمانهای خاص یاری می کند. همچنین با مطالعه تصادفات می توان این اهداف را برآورده کرد:

- ارائه پیشنهاداتی جهت عملیات بهسازی و ایمن سازی جاده
 - آگاه کردن رانندگان و به طور کلی استفاده کنندگان از جاده در مورد فاکتورهای مخاطره آمیز
 - ارائه علل تصادفات به تصمیم گیران جهت برنامه ریزی اتخاذ تصمیمات لازم
 - ارائه اطلاعات به متولیان صنعت خودرو جهت طراحی مناسب به منظور افزایش ضریب ایمنی
- با توجه به نکات یاد شده طیف مختلفی از کارشناسان و پژوهشگران با گرایش های مختلف به مطالعه در زمینه تصادفات جاده ای پرداخته اند. در این راستا جهت مدلسازی تصادف و بررسی رابطه آن با عوامل مختلف، مدل های پیش بینی تصادف ارائه شده اند. در تحقیقات مختلف، تصادفات جاده ای تحت تاثیر عوامل مختلفی همچون عامل انسانی، خصوصیات جاده و ترافیک، وسیله نقلیه و شرایط محیطی همچون وضع هوا یا کاربری شناخته شده است که رابطه پیچیده این عوامل موجب وقوع تصادف می شود. در این میان عامل انسانی به عنوان مهمترین عامل تاثیرگذار بر تصادف شناخته شده اند. در حالی که کنترل خصوصیات فیزیکی و روانی راننده مشکل می باشد، طراحی مناسب جاده و اصلاح آن و برنامه ریزی مناسب ترافیک و هشدارهای لازم امکان پذیر می باشد.
- با توجه به اینکه تصادف یک پدیده مکانی زمانی و نیز ناشی از عوامل محیطی است، مورد توجه پژوهشگرانی در زمینه GIS، جغرافیا و تحلیل مکانی نیز قرار گرفته است. در این نوع مطالعات سعی می شود توزیع مکانی زمانی تصادفات بررسی شده و علل اختلاف مکانها و زمانها از نظر تصادفات تبیین شوند. بنابراین با توجه به نکات یاد شده مطالعاتی از این دست، می تواند در برآورده کردن اهداف ایمنی حمل و نقل کاملاً مفید واقع شود. همچنین با توجه به اینکه محور قزوین رشت یکی از محورهای پرتردد در کشور است، به عنوان منطقه مورد مطالعه این تحقیق انتخاب شده است. از ویژگیهای این محور این است که در طول دوره مطالعه، تردد و در نتیجه تصادف در این محور افزایش داشته است.
- بنابراین هدف اصلی از انجام این تحقیق، تبیین تغییرات تصادف در طول زمان و مکان در محور قزوین رشت با بکارگیری خصوصیات جاده و محیط می باشد. از اهداف دیگر این پایان نامه می توان به این نکات اشاره کرد: بررسی مدل های مختلف جهت تحلیل تصادفات، بررسی قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی در تحلیل تصادفات و بررسی داده ها و امکانات موجود و ارائه پیشنهادات.

روشهای به کار رفته و عملیات انجام شده

جمع آوری داده‌ها

برای اینکه رابطه بین وقوع تصادف و خصوصیات جاده و محیط بررسی شود جمع آوری داده‌ها ضروری می‌باشد. بدین منظور داده‌های تصادفات جاده ای به همراه خصوصیات جاده و محیط جمع آوری گردید. تصادف: این داده‌ها از مرکز اطلاعات و کنترل ترافیک پلیس راهنمایی و رانندگی تهیه شد. این داده‌ها شامل تصادفات فوتی و جرحی مربوط به پاسگاه قزوین- رشت، رخ داده در طول سه سال می‌باشد (تیر ۸۵ تا پایان خرداد ۸۸) می‌باشد. برای هر تصادف رخ داده اطلاعاتی نظیر موقعیت تصادف، زمان تصادف، تعداد فوتی، تعداد جرحی، نوع وسیله مقصر و ... ثبت شده است که در این تحقیق تنها کیلومتر تصادف و تاریخ آن مورد استفاده قرار گرفت. موقعیت تصادفات نسبت به یک مبدا اندازه گیری می‌شود که این نقطه مبدأ با همکاری یکی از کارشناسان سازمان حمل و نقل و پایانه های قزوین با استفاده از GPS برداشت شد.

ترددشماری ساعتی: اطلاعات تردد شماری محورهای کشور در سایت اینترنتی سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای به صورت فایل‌های اکسل موجود است. اطلاعات مربوط به فیلد «جمع کل تردد» ساعتی دو ایستگاه «قزوین- حسین آباد» و «حسین آباد-قزوین» مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است اطلاعات مربوط به سه ماه از هر دو ایستگاه ثبت نشده بود که با استفاده از اطلاعات دو ایستگاه دیگر موجود در این محور در نرم افزار آماری R بازسازی شد. نهایتاً مجموع داده های دو ایستگاه (تردد رفت و برگشت) محاسبه شد.

داده‌های هواشناسی: این داده ها عبارتند از متغیرهای هواشناسی که به صورت ساعتی و یا دو یا سه ساعته برای ایستگاهها اندازه گیری می شوند. این داده ها از طریق سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور از ۱۱ تیر ۸۵ به بعد در دسترس می باشد. سه داده دما، دید افقی و وضعیت هوا (صاف، باران و برف) جهت مطالعه انتخاب شد. سپس کنترل کیفیت روی داده‌ها صورت گرفت. بعد از آن برای ساعتهایی که داده موجود نبود داده‌ها به روش اسپلاین درونیابی شدند.

نکته: با مراجعه به ادارات کل راه و ترابری استان گیلان و قزوین جهت دریافت داده های هندسی جاده اظهار شد که به علت قدیمی بودن محور، اطلاعات هندسی از محور مذکور در دسترس نمی باشد. تنها نقشه ها و پروفیل های بخشهای بسیار کمی از جاده در حد چند کیلومتر که در سالهای اخیر بهسازی شده اند به صورت کاغذی در دسترس می باشد. در نتیجه تصمیم به برداشت داده ها از طریق میدانی و تصاویر و نقشه های موجود شد. اطلاعات برداشت شده عبارتند از:

- پروفیل طولی محور با استفاده از GPS برداشت شد.

- نوع مختلف جاده در طول مسیر با استفاده از GPS برداشت شد.
 - موقعیت تونل ها با استفاده از GPS برداشت شد (با نرم افزار Google Earth نیز کنترل شد)
 - موقعیت تقاطع ها با استفاده از GPS برداشت شد (با نرم افزار Google Earth نیز کنترل شد و تعدادی از تقاطع ها که در بازدید میدانی برداشت نشده بود به آن اضافه شد).
 - کاربری مسکونی اطراف جاده با استفاده از GPS برداشت شد (با نرم افزار Google Earth نیز کنترل شد و تعدادی که در بازدید میدانی برداشت نشده بود به آن اضافه شد).
- گرچه پروفیل طولی محور توسط GPS برداشت شد و مقیاس آن برای این مطالعه کافی بود اما در بعضی از مناطق سیگنال دریافتی GPS ضعیف بود که موجب ثبت نشدن داده می شد و نیز به علت خطای برداشت، در طول مسیر، زاویه های تنیدی به وجود می آمد که ممکن است در متغیرهای استخراج شده همچون انحنا تاثیر گذار باشد. به همین جهت محور جاده با استفاده از نرم افزار Google Earth نیز رقمی شد. این نرم افزار از تصاویر QuickBird و Spot جهت پوشش مناطق کل جهان استفاده می کند. گرچه مقیاس این تصاویر بسیار بزرگتر از مقیاس مطالعه ماست (قطعات یک کیلومتری) اما نقشه مسیر تهیه شده با این نرم افزار با نقشه های ۱:۲۵۰۰۰ و نیز مسیر جاده که توسط GPS دستی تهیه شده بود مطابقت داشت. به علت اینکه واحد ثبت تصادفات توسط پلیس یک کیلومتر می باشد می بایست جاده به قطعات مساوی یک کیلومتری تقسیم شود. این کار در نرم افزار GRASS GIS و با دستور v.split صورت گرفت. سپس دو متغیر انحنا و شیب با استفاده از آن محاسبه شد.
- انحنای جاده: سه شاخص انحنا جهت ورود به مدل از روی محور استخراج شد:
- ۱ - شاخص Sinusity که با استفاده از نرم افزار gvSIG به دست آمد
 - ۲ - شاخص مجموع زوایا: که در نرم افزار R محاسبه گردید
 - ۳ - بعد فراکتالی: که با استفاده از کد تهیه شده از اینترنت و در نرم افزار Octave انجام گرفت.
- شیب جاده: برای به دست آوردن شیب جاده از مدل رقومی ارتفاع DEM با قدرت تفکیک ۹۵ متر استفاده شد تبدیل مختصات و برش DEM در GIS انجام شد. سپس با استفاده از محور جاده، پروفیل طولی جاده از روی DEM تهیه شد. پروفیل تهیه شده برای اینکه قابل استفاده در مدل جهت تهیه شیب باشد باید پردازش هایی روی آن صورت گیرد. این پروفیل به نرم افزار R برده شد و محاسبات و پردازشهای لازم بعدی در این نرم افزار انجام شد.

محدودیتها و مشکلات تحقیق

همانطور که برای هر تحقیقی محدودیتهایی وجود دارد برای تحقیق حاضر نیز محدودیتها و مشکلاتی وجود داشت که بعضی از آنها به مساله داده‌ها و جمع آوری آن بر می‌گردد و بعضی از آنها به یافتن روش مناسب جهت پردازش این داده‌ها. البته نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان از محدودیتها، فرصت ایجاد نمود.

جمع آوری داده‌ها

با توجه به مطالب بخش قبل مشخص شد که در این تحقیق از داده‌های متنوعی استفاده شده است. در نتیجه جمع آوری آن‌ها مستلزم زمان و هزینه بود. در مورد داده‌های تصادفات، یک نکته اهمیت دارد و اینکه مرجع داده‌ها «مرکز اطلاعات و کنترل ترافیک پلیس راهنمایی و رانندگی» می‌باشد. و مراجعه به سایر بخشهای راهنمایی و رانندگی موجب اتلاف زمان زیاد می‌گردد. نکته دیگر اینکه در ابتدا داده‌های مربوط به ۲ سال تصادفات از این مرجع، اخذ شد. ولی با آماده شدن داده‌ها مشخص شد که این داده‌ها برای تحلیل‌های مورد نظر این تحقیق کافی نیستند. در نتیجه داده‌های مربوط به یک سال دیگر نیز به این داده‌ها اضافه شد که این مساله خود موجب صرف زمان زیادتر گردید.

نکته دیگر در مورد داده‌های تصادف این است که موقعیت تصادفات تنها به صورت فاصله از مبدأ ثبت می‌شود و مشخص نمی‌شود که این تصادف در کدام محور زیر نظر پاسگاه پلیس راه اتفاق افتاده است. به طوریکه داده‌های جاده‌ها و مناطق روستایی با داده‌های محور قزوین رشت، بدون اینکه قابل تفکیک باشند توسط پلیس وارد پایگاه داده می‌شود. در نتیجه مخصوصاً در قسمتهایی از جاده که در حوزه استان گیلان قرار داشت به علت تعداد زیاد مناطق روستایی، به طور غیرواقعی شاهد تعداد زیادی تصادف هستیم که به نام محور قزوین رشت ثبت می‌شود. بنابراین با توجه به نکات یاد شده تصمیم گرفته شد تنها از داده‌های محور قزوین رشت که در حوزه استحفاظی استان قزوین قرار دارد (۷۵ کیلومتر اول) استفاده شود.

نکته دیگر در مورد داده‌های تصادف، عدم استفاده از GPS برای ثبت این داده‌ها می‌باشد. جدولهایی توسط پاسگاه تهیه شده و بعضی از مقاطع مهم به همراه کیلومتر آنها در آن ثبت شده است. و ماموران با توجه به آن جدول و نیز تجربه شخصی موقعیت تصادفات را ثبت می‌کنند. بنابراین این مساله در دقت نتایج تحقیق تأثیر گذار است.

در مورد داده‌های مربوط به خصوصیات جاده با مراجعه به اداره‌های کل راه و ترابری استانهای قزوین و گیلان عنوان شد که به علت قدیمی بودن محور، هیچ گونه داده در زمینه طرح هندسی محور وجود ندارد (به غیر از تعداد کمی از مقاطع که بهسازی شده‌اند که نقشه آن‌ها به صورت نامنظم و کاغذی آرشیو

شده بود). بنابراین تصمیم به برداشت میدانی داده‌ها گرفته شد. که خود مستلزم صرف وقت و هزینه گردید.

حجم زیاد داده‌ها

با توجه به حجم زیاد داده‌ها استخراج، مرتب کردن، کنترل کیفیت و بازسازی داده‌ها نیاز به صرف زمان داشت. همچنین بعد از آماده سازی این داده‌ها به علت این حجم زیاد، نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای در دسترس قادر به پردازش آن‌ها نبودند در نتیجه تصمیم گرفته شد که از داده‌های مذکور نمونه‌گیری به عمل آید تا حجم داده‌ها کاهش یابد.

روش تحلیل داده‌ها

در مورد داده‌ها چند نکته وجود دارد که برای تحلیل آن‌ها باید دقت کافی نمود در نتیجه برای یافتن روش مناسب تحلیل این داده‌ها زمان زیادی صرف جستجو در اینترنت و مطالعه مقالات مختلف از ژورنالهای مختلف گردید. از جمله مشکلات این داده‌ها نامتعادل بودن آن‌ها است. که این مساله به تعداد صفرهای زیاد در داده نسبت به تعداد یک‌ها بر می‌گردد. همچنین مساله دیگر همبستگی بین داده‌ها بود که روش تحلیل متناسب با آن لازم می‌نمود. به این موارد به طور مفصل‌تر در بخش خلاصه گزارش پایان نامه اشاره شده است.

خلاصه گزارش پایان نامه

با توجه به آمار بالای تصادفات در کشور و هزینه‌های مادی و معنوی فراوان آن، تحلیل تصادفات جاده مورد توجه محققان از گرایشهای مختلف از جمله GIS و تحلیل مکانی قرار گرفته است. در این پژوهشها سعی می شود توزیع مکانی زمانی تصادفات بررسی شده و علل اختلاف مکانها و زمانها از نظر تصادفات تبیین شوند. بنابراین هدف اصلی از انجام این تحقیق، تبیین تغییرات تصادف در طول زمان و مکان در محور قزوین رشت با بکارگیری خصوصیات جاده و محیط می باشد.

بخش بعدی به پیشینه تحقیقاتی می پردازد و در آن بخش یک تقسیم‌بندی کلی از مدل‌های پیش‌بینی تصادف انجام گرفته است. همچنین به دنبال آن عوامل مؤثر در تصادف که در تحقیقات مختلف به آنها اشاره شده است مورد بررسی قرار گرفته اند. به دنبال آن به سابقه مدل‌های چندسطحی اشاره می گردد و سپس کاربرد GIS در مطالعات تصادف مرور می گردد. در ادامه به مواد و روشها پرداخته می شود. متغیرهای مورد استفاده معرفی می شوند و به شرح روشهای مورد استفاده در تحقیق حاضر پرداخته می شود. به دنبال آن نتایج تحقیق ارائه می گردد. عوامل مؤثر در تصادف مشخص می شوند. همچنین دو مدل لجستیک و چندسطحی مقایسه می شوند و نهایتاً احتمال تصادف برای زمانها و مکانهای مختلف استخراج می گردد.

پیشینه تحقیقاتی

در بعضی تحقیقات جهت مدلسازی تصادف و بررسی رابطه آن با عوامل مختلف، مدل‌های پیش بینی تصادف ارائه شده اند. این مدلها را با توجه به معیارهای مختلف می توان دسته بندی نمود. در اینجا دو معیار جهت دسته بندی مدلها ارائه شده است.

تقسیم‌بندی مدلها بر اساس واحد مطالعاتی

در جدول زیر یک تقسیم‌بندی از مدلها بر اساس واحد مطالعاتی آنها صورت گرفته است.

جدول ۱. واحدهای مطالعاتی در تحقیقات مربوط به تصادف

واحد مطالعه	
زمان	ساعت، روز، ماه، سال
مکان	تقاطع، قطعه جاده، محور، منطقه، کشور
زمان - مکان	ساعت - قطعه جاده، روز هفته - قطعه جاده
تصادف	فوتی و جرحی نسبت به خسارتی، جلو به جلو نسبت به جلو به عقب

تقسیم‌بندی مدلها بر اساس روش آماری

در جدول زیر مدل‌های پیش‌بینی تصادف بر اساس روش آماری تقسیم‌بندی شده‌اند.

جدول ۲. تقسیم‌بندی مدل‌های مورد استفاده در پیش‌بینی تصادفات

روشها		متغیر وابسته	نوع همبستگی	در نظر گرفتن همبستگی
پواسون، دوجمله‌ای منفی	GLM	شمارشی		بدون در نظر گرفتن همبستگی داده‌ها
		طبقه‌ای		
SVM,MLP	شبکه عصبی	شمارشی و طبقه‌ای		
مدل چندسطحی، GLMM		شمارشی و طبقه‌ای	همبستگی زمانی، مکانی و بدون ساختار	با در نظر گرفتن همبستگی
GWR, SAR,CAR,Autologistic		شمارشی و طبقه‌ای	همبستگی مکانی	
تحلیل سری زمانی		شمارشی و طبقه‌ای	همبستگی زمانی	

بررسی عوامل مؤثر در تصادف در تحقیقات انجام شده

همچنین در این بخش، عوامل مؤثر در تصادف در تحقیقات مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. نکته جالب در این بررسی این است که نتیجه تحقیقات مختلف با یکدیگر متفاوت است. مثلاً متغیر انحنا در یک تحقیق رابطه مثبت با تصادف دارد، در تحقیق دیگر رابطه منفی دارد و در تحقیق دیگر رابطه معنادار ندارد. و همچنین در مورد سایر متغیرها. یکی از دلایل آن می‌تواند مقیاس مطالعه و نوع داده‌های هر تحقیق باشد که روی نتایج اثر گذار است.

کاربرد GIS در زمینه مطالعات مربوط به تصادفات

با بررسی مقالات مختلف کاربرد GIS در دو زمینه شناسایی شد. کاربرد اول مربوط به ایجاد پایگاه داده مکانی و پرس و جو و بازیابی اطلاعات تصادف و نهایتاً استخراج گزارش از پایگاه داده به صورت جدول، نمودار یا نقشه می‌باشد. کاربرد دوم نیز در زمینه تحلیل مکانی، آماده سازی و استخراج داده‌ها جهت تحلیل و همچنین تحلیل‌های مربوط به ایجاد نقشه می‌باشد. از جمله این تحلیل‌ها می‌توان به تعیین نقاط پرحادثه با استفاده از روش کرنل اشاره کرد.

در این تحقیق بیشتر جنبه دوم کاربرد GIS مورد تأکید قرار گرفته است.

ساختار داده‌ها

داده‌های این تحقیق به این صورت است که محور به ۷۵ قسمت ۱ کیلومتری تقسیم شد و همچنین کل سه سال به ۲۹۶۰۵ واحد ساعتی تقسیم شد. در نتیجه برای هر قطعه جاده و در ساعت معین بررسی شد که آیا تصادف اتفاق افتاده است؟ در صورت رخداد تصادف عدد ۱ و در غیر این صورت عدد صفر به مشاهده تعلق می‌گیرد. علاوه بر این برای هر واحد زمانی و مکانی متغیرهایی نظیر تردد، شیب، انحنای، دما و.. اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است به علت حجم زیاد این داده‌ها از آن‌ها نمونه‌گیری شد به طوریکه ۲۹۶۰۵ واحد زمانی به ۱۰۰۰ واحد کاهش یافت. متغیرهای مورد استفاده از این قرارند.

جدول ۳. متغیرهای مورد استفاده در تحقیق حاضر

متغیر	مکانی یا زمانی	نوع متغیر	تقسیم‌بندی متغیر طبقه ای
متغیر وابسته			
تصادف	زمانی - مکانی	طبقه ای	وقوع تصادف - عدم وقوع تصادف
متغیرهای مستقل			
خصوصیات جاده			
تردد ساعتی	زمانی	پیوسته	
نوع جاده	مکانی	طبقه‌ای	۱+۱ و ۲+۱ و ۱+۲ و ۲+۲ و ۳+۳
تونل	مکانی	طبقه‌ای	وجود تونل ، عدم وجود تونل
تقاطع	مکانی	طبقه‌ای	وجود تقاطع ، عدم وجود تقاطع
انحنای	مکانی	پیوسته	
درصدشیب	مکانی	پیوسته	
محیط			
دما	زمانی	پیوسته	
وضع هوا	زمانی	طبقه‌ای	صاف ، بارانی و برفی
دید افقی	زمانی	پیوسته	
کاربری	مکانی	طبقه‌ای	مسکونی و غیر مسکونی

روشها

نسبت چگالی

در این بخش سعی شده به کاربرد هیستوگرام و تابع چگالی متغیرها برای پیدا کردن بینش نسبت به رابطه بین تصادف و سایر متغیرها پرداخته شود. گاهی اوقات با داشتن یک متغیر وابسته دوحالتی (وقوع، عدم وقوع) تصمیم داریم رابطه یک متغیر مستقل را با آن متغیر پیدا کنیم. بنابراین برای ما مطلوب است که احتمال وقوع متغیر وابسته مثلاً تصادف را با داشتن متغیر مستقل به دست آوریم. با استفاده از قاعده بیز این احتمال بدین صورت به دست می آید:

$$P(Y=1|X) = \frac{P(X|Y=1)P(Y=1)}{P(X)} \quad (1)$$

که $P(Y=1|X)$ عبارت است از احتمال وقوع تصادف به شرط داشتن متغیر مستقل و $P(X|Y=1)$ عبارت است از احتمال متغیر مستقل در زمان یا مکانی که تصادف به وقوع پیوسته و $P(X)$ عبارت است از احتمال متغیر مستقل در طول سه سال مورد مطالعه (در صورتی که متغیر زمانی باشد) یا احتمال آن در طول ۷۵ کیلومتر (در صورتی که مکانی باشد). همچنین $P(Y=1)$ عبارت است از نسبت تعداد زمانهایی که تصادف رخ داده به زمانهایی که تصادف رخ نداده. برای هر کدام از این عبارت می توان نمودار مربوط به آن را تهیه نمود و به عنوان یک روش اکتشافی به بررسی رابطه وقوع تصادف و آن متغیر پرداخت.

رگرسیون لجستیک

برای اینکه اثر متغیرهای زمانی و مکانی را همزمان بر روی تصادف بررسی کنیم می توانیم با استفاده از رگرسیون لجستیک این رابطه را مدلسازی کنیم.

$$\pi_{st} = P(Y_{st}=1 | X_{1st}=x_1, \dots, X_{pst}=x_p) \\ = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_{1st} + \beta_2 X_{2st} + \dots + \beta_p X_{pst}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_{1st} + \beta_2 X_{2st} + \dots + \beta_p X_{pst}}} \quad (2)$$

با یک جمع و تفریق و تقسیم ساده و سپس گرفتن لگاریتم این معادله به دست می آید

$$g(X_{1st}, \dots, X_{pst}) = \log \left(\frac{\pi_{st}}{1 - \pi_{st}} \right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1st} + \beta_2 X_{2st} + \dots + \beta_p X_{pst} \quad (3)$$

که π_{st} عبارت است از احتمال رخداد تصادف در ساعت t و در کیلومتر s و X ها عبارتند از متغیرهای مستقل و β_0 عرض از مبدأ و β_p عبارتند از ضرایب رگرسیون.

مدل چندسطحی

در برخی موارد مشاهداتی که درون یک گروه اتفاق می افتند (مثلاً تصادفات درون یک قطعه جاده) با یکدیگر همبستگی دارند. در صورتی که همبستگی بین داده ها در نظر گرفته نشود، در استنباط آماری اشتباه صورت خواهد گرفت. برای رفع این مشکل در این تحقیق از مدل های چندسطحی استفاده شده است که قادرند همبستگی بین مشاهدات را در مدل دخالت دهند.

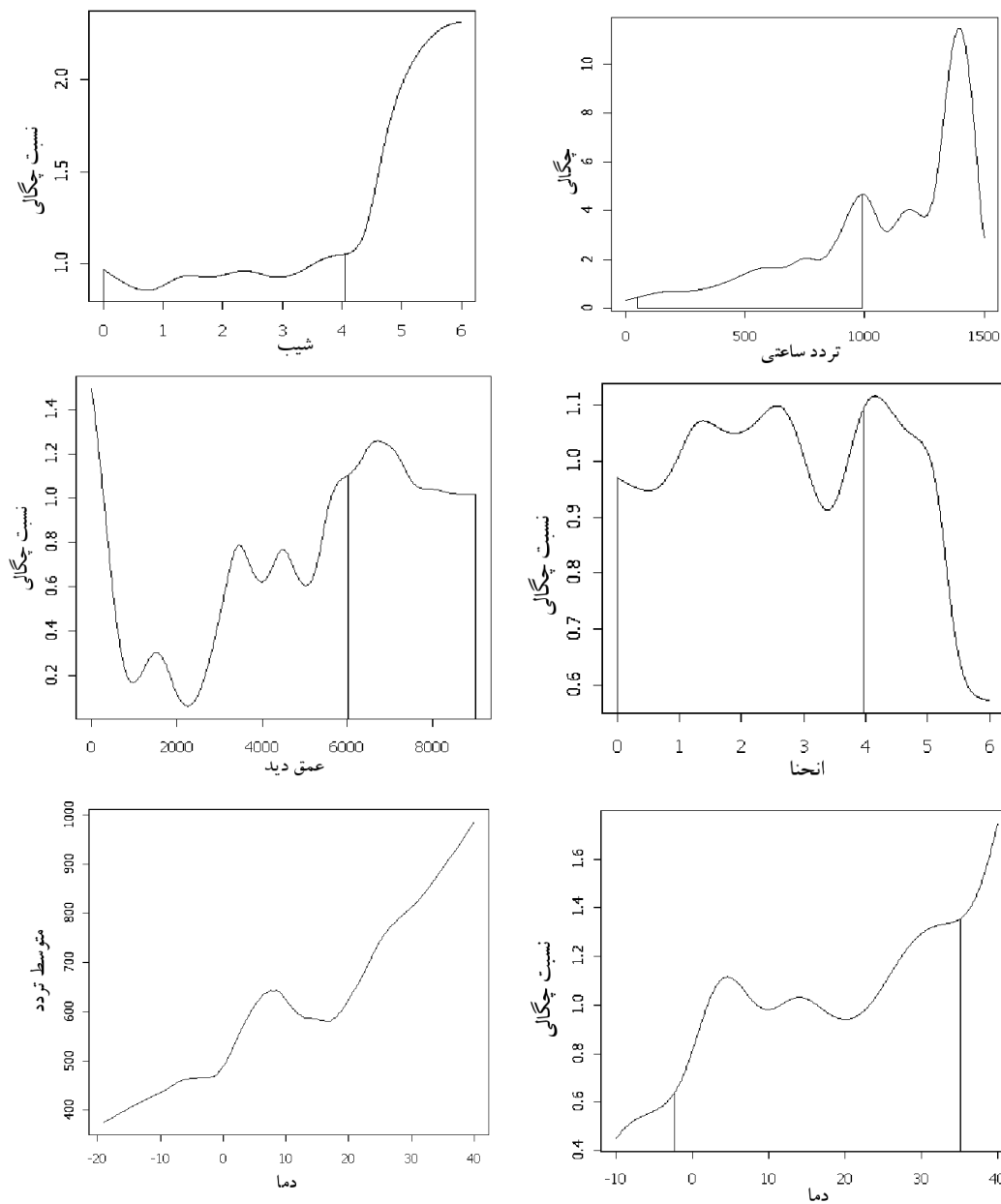
$$\log\left(\frac{\pi_{st}}{1-\pi_{st}}\right)=\beta_0+\beta_1 X_{1st}+\beta_2 X_{2st}+\dots+\beta_p X_{pst}+\mu_s \quad (4)$$

در این مدل علاوه بر آورد عرض از مبدأ و ضرایب رگرسیون تعدادی نیز عرض از مبدأ برای هر کدام از قطعه جاده ها بر آورد می شود که اثر آن قطعه جاده را در تغییرات مکانی تصادف توضیح می دهد. همچنین یک پارامتر دیگر به نام واریانس اثرهای تصادفی برای مدل چندسطحی به دست می آید که معنادار بودن آن به این معنا است که استفاده از مدل چندسطحی در مقابل رگرسیون لجستیک لازم است. به عبارت دیگر تفاوت اصلی این مدل با رگرسیون لجستیک آن است که در اینجا به مدل معرفی می شود که تصادفات در کدام قطعه جاده اتفاق افتاده اند. اما در مدل لجستیک، داده ها بدون در نظر گرفتن اینکه در کدام قطعه جاده رخ داده اند وارد مدل می شوند.

بعد از برازش هر دو مدل جدول ضرایب رگرسیون و معناداری آن ها به دست آمد. همچنین اهمیت هر کدام از متغیر ها و تأثیر آن ها شناخته شد. با استفاده از احتمالات به دست آمده توسط رگرسیون لجستیک و مدل چندسطحی تغییرات تصادف در طول روز و در ماه های سال به صورت نمودار نشان داده شد. همچنین نقشه احتمال تصادف در طول محور تهیه گردید و نقاط پر حادثه مشخص شدند.

نتایج و دستاوردهای تحقیق

در یک تحلیل مقدماتی رابطه بین تصادف و متغیرهای مستقل به صورت نمودار نشان داده شده است. از شکل‌های زیر می‌توان دریافت تردد و شیب رابطه مثبت با تصادف دارند و انحنا رابطه ندارد و عمق دید نیز از ۶۰۰۰ متر به بعد رابطه نشان می‌دهد که عملاً در مورد رانندگی کاربرد خود را از دست می‌دهد. حالیکه اثر دما بر روی تصادف به صورت رابطه مثبت نشان داده شده است، با بررسی رابطه تردد و دما می‌توان دریافت که دما در واقع بدون اینکه اثری روی تصادف داشته باشد، اثر تردد را دارد نشان می‌دهد.



شکل ۲. رابطه متغیرهای مختلف با تصادف با استفاده از روش نسبت چگالی

جدول ۴. نتایج رگرسیون لجستیک با دخات دادن تمام متغیرها (متغیرهایی که با رنگ خاکستری مشخص شده‌اند در سطح ۹۰ در صد معنادار هستند).

متغیر	مقدار P	ضریب افزایش ریسک	اهمیت متغیرها
قردد	۰/۰۰۰	۱/۱۰	۸۰/۶
بارش	باران	۰/۰۰۹	۱/۸۱
	برف	۰/۲۷	۰/۳۳
دما	۰/۲۸	۱/۰۰۵	۱/۲
شیب	۰/۱۰۱	۱/۰۹	۲/۷
انحنای	۰/۰۶۸	۰/۹۱	۳/۴
تقاطع	۰/۰۰۶	۱/۵۴	۷/۱
تونل	۰/۰۸۳	۳/۵۵	۴/۴
نوع جاده	۱+۱	۰/۳۱۷	۰/۴۷
	۱+۲	۰/۴۷۷	۱/۲۱
	۲+۱	۰/۳۰۶	۱/۴۱
	۲+۲	۰/۶۳۹	۱/۱۰
کاربری مسکونی	۰/۱۵۶	۰/۸۰	۲/۱

جدول ۵. نتایج مدل چندسطحی (متغیرهای معنادار در سطح ۹۰ در صد با رنگ خاکستری مشخص شده‌اند).

متغیر	مقدار P	ضریب افزایش ریسک	اهمیت متغیرها
تردد	۰/۰۰۰۰	۱/۱۱	۹۱/۸
بارش	باران	۰/۰۱۰	۱/۷۹
	برف	۰/۲۳۶	۰/۳۰
شیب	۰/۰۸۷	۱/۱۲	۲/۹
انحنای	۰/۱۴۵	۰/۹۰	۲/۱
تقاطع	۰/۰۵۶	۱/۵۹	۳/۵
تونل	۰/۱۵۱	۱/۵۳	۲/۰
کاربری مسکونی	۰/۲۳۸	۰/۷۸	۱/۴

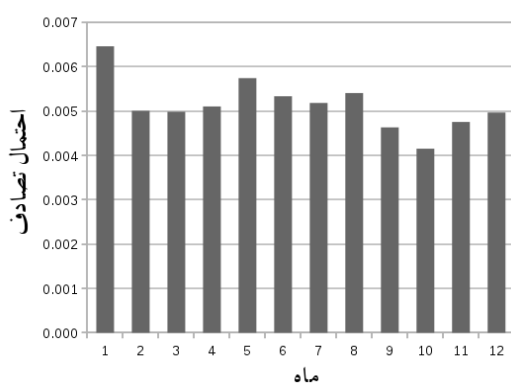
در تحقیق حاضر سعی شد با ترکیب داده‌های زمانی و مکانی و با کمک GIS و مدل آماری مناسب، تحلیلی از تصادفات فوتی و جرحی رخ داده در محور قزوین رشت در طول مدت سه سال ارائه گردد که از طریق آن الگوهای مکانی و زمانی تصادفات، تبیین گشته و نیز رابطه تصادف با متغیرهای دیگر بررسی شود. به علت گرایش این تحقیق به تحلیلهای مکانی، سعی شد از مدلهای چندسطحی جهت نشان دادن تأثیر واحدهای مکانی یا قطعه جاده ها بر مشاهدات رخ داده درون آن و نهایتاً تأثیر آن بر برآورد پارامترهای مدل استفاده گردد. نتایج رگرسیون لجستیک و مدل چندسطحی در جدول ۴ و ۵ آمده است.

در این تحقیق با استفاده از نتایج رگرسیون لجستیک و مدل چندسطحی مشخص شد که متغیر تردد بیشتر تغییرات در رخداد تصادف را تبیین می کند. همچنین مشخص شد هنگام دخالت دادن متغیرهای زمانی در مدل مثل متغیر دما حتماً باید تردد را نیز در نظر گرفت، در غیر این صورت اثر متغیر زمانی، بیش برآورد می شود. با دخالت دادن تردد در مدل، متغیر دما معناداری خود را از دست می دهد. بنا براین یکی از نتایج این تحقیق عبارت است از اینکه دما با وقوع تصادف رابطه معناداری ندارد. همچنین در مورد متغیر عمق دید مشخص شد که تحلیل اکتشافی و بررسی کردن متغیر قبل از ورود آن به مدل ضروری می باشد. استفاده از مدل چندسطحی نشان داد که چگونه متغیرهایی که در رگرسیون لجستیک معنادار بودند با در نظر گرفتن همبستگی درون گروهی آنها دیگر معنادار نخواهند بود. متغیرهایی همچون وجود تونل و نیز انحنای قطعه جاده که در رگرسیون لجستیک معنادار بودند در مدل چند سطحی معناداری خود را از دست دادند. همچنین دو متغیر تقاطع و شیب که در مدل لجستیک معناداری آنها بیشتر بود، در مدل چندسطحی معناداری آنها کمتر شد. متغیرهایی چون نوع جاده و نیز کاربری مسکونی و همچنین بارش برف در هر دو مدل، معنادار تشخیص داده نشدند. متغیر باران در هر دو مدل معنادار شناخته شد. بنابراین در مدل نهایی (مدل چند سطحی) تنها متغیرهای تردد، باران، تقاطع و شیب، معنادار شناخته شدند. با بررسی ضریب افزایش ریسک یا نسبت بخت می توان رابطه متغیر را با تصادف بررسی کرد. در مدل نهایی مشخص شد که افزایش صد خودرو به تردد موجب می شود که بخت تصادف ۱/۱۱ برابر شود. همچنین بارش باران نسبت به هوای صاف باعث ۱/۷۹ برابر شدن بخت تصادف می گردد. اضافه شدن به یک درصد شیب جاده موجب ۱/۱۲ برابر شدن بخت تصادف شده و وجود تقاطع در یک قطعه جاده موجب ۱/۵۹ برابر شدن بخت تصادف می گردد.

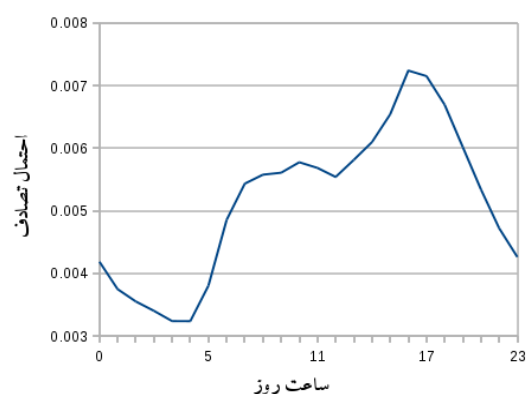
از نتایجی که در مورد متغیرها می توان گرفت، اهمیت زیاد تردد در وقوع تصادف است. با بررسی جدول ۵ این مساله کاملاً مشخص می شود. همانگونه که در مدل نشان داده شد، اثر تردید بر روی تصادف نسبت به سایر متغیرهای زمانی و مکانی بسیار بیشتر است. و متغیرهای مهم بعدی به ترتیب بارن، تقاطع و شیب می باشند. این نتیجه به ما هشدار می دهد اگرچه اصلاح نقاط حادثه خیز و رفع اشکالات و نواقص

هندسی جاده در جای خود اهمیت دارد، ولی در زمینه ایمنی این محور، برنامه ریزی مسوولان و اختصاص بودجه بایستی بیشتر در جهت کنترل تردد صورت گیرد. مثلاً افتتاح هر چه سریعتر آزادراه قزوین رشت با اختصاص بودجه بیشتر می تواند اقدامی جهت کنترل این معضل باشد. از اقدامات دیگر می توان به اعمال محدودیت سرعت و نظارت بیشتر پلیس در طول محور اشاره کرد این مساله خصوصاً در ایام تعطیل اهمیت پیدا می کند. با توجه به تأثیر بارش باران بر تصادف، اعمال محدودیت سرعت و همچنین نصب تابلوهای هشدار دهنده در طول مسیر، اصلاح سطح رویه، هشدار در مورد لغزنده بودن سطح جاده و هشدارهای هواشناسی، می تواند در مدیریت بهتر ایمنی مسیر یاری رسان باشد. متغیر مهم دیگر وجود تقاطع ها می باشد. این مساله ضرورت اصلاح تقاطع ها را در طول محور مشخص می کند. احداث علائم هشدار دهنده نیز در این نقاط اهمیت دارد. شیب جاده نیز از متغیرهای مهم است. اعمال محدودیت سرعت در مناطق شیب دار و نصب علائم هشدار دهنده می تواند در این زمینه یاری رسان باشد.

با استفاده از مدل چند سطحی قطعانی که مقادیر احتمال تصادف در آن ها نامتعارف تشخیص داده شد جهت مطالعات کیفی و میدانی بعدی استخراج شدند. همچنین با استفاده از احتمال های به دست آمده توسط مدل، احتمال تصادف برای ساعات مختلف روز محاسبه گردید. همچنین با استفاده از این احتمالات، متوسط احتمال تصادف برای هر قطعه جاده مشخص شد و به وسیله آن نقشه احتمال تصادفات در طول محور (مناطق پر حادثه) تهیه گردید. در این نقشه ها مشخص شد که بر خلاف نقشه های احتمال تهیه شده توسط مدل لجستیک که تنها تغییرات عمومی داده ها را در نظر می گیرد، نقشه تهیه شده توسط مدل چند سطحی هم تغییرات عمومی و هم تغییرات محلی و مکانی داده ها را در نظر می گیرد.



شکل ۴. احتمال تصادف در ماههای سال



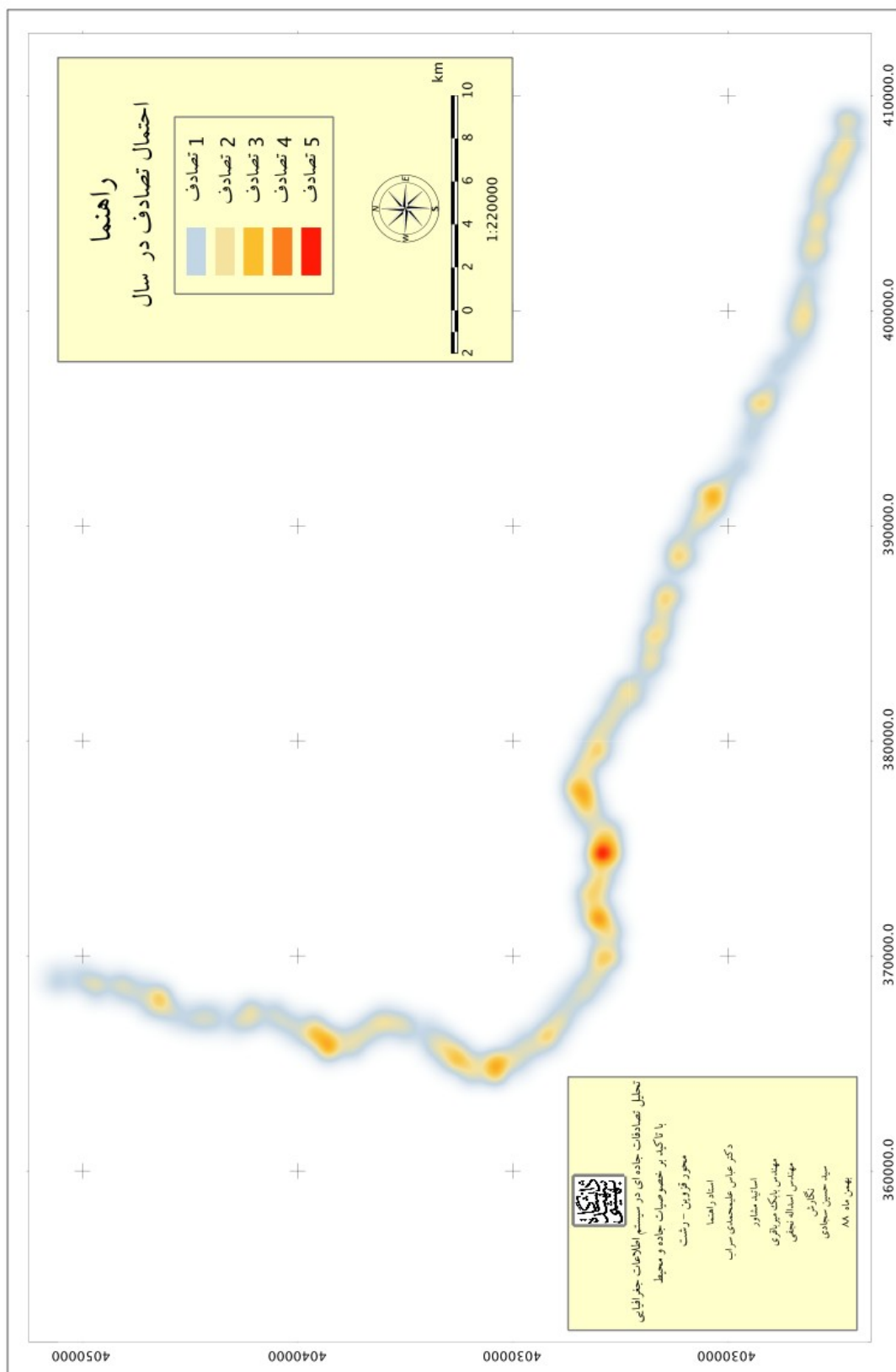
شکل ۳. احتمال تصادف در طول شبانه روز

در ادامه نمودار فراوانی و نیز نقشه احتمال تصادف که از طریق مدل لجستیک و چند سطحی تهیه شده نشان داده شده است.

شکل ۵. نقشه احتمال تصادف تهیه شده توسط رگرسیون لجستیک



شکل ۶. نقشه احتمال تصادف تهیه شده از روش مدل چندسطحی



شکل ۷. فراوانی واقعی و تعداد پیش‌بینی شده تصادفات در هر کیلومتر برای دوره سه ساله

