بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين أنعمت عليهم غير المغضوب عليهم ولا الضالين

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری

بررسی فاکتورهای اثرگذار در تصادفات عابرپیاده و شناسایی نقاط حادثه خیز با استفاده از روش خوشه بندی مکانی داده ها – مطالعه موردی شهر مشهد

نگارنده: حسن خداپرست

استاد راهنما

دکتر ایمان آقایان

استاد مشاور

مهندس عباس محمدی

شهریور ۱۳۹۶

تقدیم به:

پدر عزیز و مادر مهربانم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

و به پاس محبتهای بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند.

قدردانی

به نام یگانه خالق هستی

به رسم ادب بر خود لازم می‌دانم که از زحمات با ارزش استاد راهنمای بسیار گرانقدرم، جناب آقای **دکتر ایمان آقایان** و استاد مشاور، آقای **مهندس عباس محمدی** که مرا در این پروسه‌ی سخت یاری نموده و هیچ‌گونه راهنمایی را از من دریغ نداشته و علاوه بر اندیشه‌ها، اندیشیدن را نیز به من آموخته اند، کمال تشکر را داشته باشم.

همچنین از تمام دوستانی که مرا در پیشبرد این پایان نامه یاری نموده‌اند، صمیمانه متشکرم و از صمیم قلب از درگاه خداوند منان برایشان بهترین‌ها را آرزو دارم.

تعهد نامه

این جانب محسن شمسایی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران-راه و ترابری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی فاکتورهای اثرگذار در تصادفات عابرپیاده و شناسایی نقاط حادثه خیز با استفاده از روش خوشه بندی مکانی داده ها –مطالعه موردی شهر مشهد** تحت راهنمائی دکتر ایمان آقایان متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط این‌جانب انجام‌شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « **Shahrood University**» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

.

تاریخ

امضای دانشجو

چکیــده

در سال های اخیر تصادفات رانندگی به خصوص تصادفات عابر به یک معضل جهانی تبدیل شده است. موضوع ایمنی عابر یک بحث حیاتی است که با بررسی علل وقوع تصادفات عابر می توان به کاهش آن کمک کرد. در این تحقیق به دنبال بررسی فاکتورهای اثرگذار بر وقوع تصادفات عابر و تشخیص نقاط حادثه خیز با استفاده از تحلیل آماری و مکانی هستیم. در تحلیل آماری از مدل رگرسیون لوجستیک چند متغیره بهره برده ایم و در تحلیل مکانی از نرم افزار GIS استفاده کرده ایم. در تحلیل مکانی از روش چگالی کرنل برای تعیین تراکم تصادفات و از تحلیل نقاط حادثه خیز برای شناسایی نقاط حادثه خیز بهره برده ایم. نتایج نشان داد که متغیرهایی چون حداکثر سرعت مجاز مسیر، سمت و جهت راه، کاربری محل، خودروهای سواری، شرایط رویه و سطح راه، جنسیت عابر و نوع برخورد با عابر اثرگذارترین متغیر ها بر وقوع تصادفات عابر هستند.

از این رو بیشترین میزان جراحت عابرین در معابر مختلف در مناطق مسکونی، مسیرهای مستقیم، راه با سطح و رویه ی خشک و معمولی، توسط خودروهای سواری و به خاطر عدم توجه به جلوی رانندگان و عجله و شتاب بی مورد صورت گرفته است.

کلید واژه : رگرسیون لوجستیک، فاکتور های خطر، چگالی کرنل، تحلیل نقاط حادثه خیز ، نقاط حادثه خیز

فهرســت

۱) کلیـات ۲

۱-۱) مقدمه ۲

۱-۲) ضرورت انجام پژوهش ۴

۱-۳) مزایای این پژوهش ۴

۱-۴) فرضیات پروژه ۵

۱-۵) سؤال‌های اصلی پژوهش ۵

۱-۶) جنبه های نوآوری پژوهش ۶

۱-۷) روش تحقیـق ۶

۱-۸) ساختار پایان نامه ۶

۲) ادبیات موضوع و مروری بر کارهای گذشته: ۱۰

۲-۱) تصادف عابرین پیاده : ۱۰

۲-۲) فاکتورهای اثرگذار در تصادفات عابر پیاده : ۱۱

۲-۲-۱) فاکتورهای محیطی ۱۲

۲-۲-۲) فاکتورهای مرتبط با عابر ۱۳

۲-۲-۳)فاکتورهای مرتبط با راننده و وسیله نقلیه ۱۴

۲-۳) روش‌های آماری استفاده‌شده در تصادفات عابر پیاده : ۱۸

۲-۳-۱) روش‌های رگرسیونی ۱۸

۲-۳-۲) رگرسیون لوجستیک ۱۹

۲-۳-۳) روش پروبیت ترتیبی ۲۱

۲-۳-۴)روش لوجیت ترکیبی ۲۲

۲-۴) روش‌های تحلیل‌های مکانی و شناسایی نقاط حادثه‌خیز : ۲۴

۲-۴-۱) سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) ۲۴

۲-۴-۲) نقاط حادثه خیز ۲۶

۲-۴-۳)چگالی کرنل ۲۸

۲-۴-۴)خوشه بندی مکانی ۳۵

۳) اطلاعات ، روش انجام کار و تحلیل ها : ۴۰
۳-۱) روش انجام کار : ۴۰
۳-۲) اطلاعات تصادف ۴۰
۳-۳) روش های تحلیل تصادفات ۴۶
۳-۳-۱) تحلیل رگرسیون : ۴۶
۳-۳-۱-۱) رگرسیون خطی ساده ۴۸
۳-۳-۱-۲) رگرسیون چندگانه ۴۸
۳-۳-۱-۳) رگرسیون لجستیک ۴۹
۳-۳-۲) ملاحظات انتخاب مدل ۵۲
۳-۳-۲-۱) سطح معنی‌داری و آزمون کای دو ۵۴
۳-۳-۳) تحلیل با چگالی کرنل ۵۶
۳-۳-۳-۱) شعاع الگوریتم(پهنای باند) : ۵۶
۳-۳-۳-۲) فاصله ی استاندارد(SD): ۵۷
۳-۳-۳-۳) چگالی کرنل برای عوارض نقطه ای ۵۷
۳-۳-۳-۴) چگالی کرنل برای عوارض خطی ۵۸
۳-۳-۴) تحلیل نقاط حادثه خیز ۵۹
۳-۳-۴-۱) چگونگی عملکرد Z-Score و P-Value ۶۰
۳-۳-۵) خوشه بندی کامینز ۶۳
۴) بحث پیرامون نتایج : ۶۶
۴-۱)تحلیل آماری ۶۷
۴-۱-۱) مدل رگرسیون لوجستیک چند متغیره ۶۷
۴-۲) تحلیل مکانی با استفاده از GIS : ۷۴
۴-۲-۱) چگالی کرنل ۷۶
۴-۲-۲) تحلیل نقاط حادثه خیز ۷۸
۴-۳) تحلیل خوشه بندی کامینز ۸۰
۴-۴)تحلیل آماری به تفکیک هر خوشه ۸۱
۴-۵) مشاهدات میدانی و ارائه راهکار : ۸۶

۵) نتیجه‌گیری و پیشنهاد ها : ۹۲
۵-۱) نتیجه گیری ۹۲
۵-۲) پیشنهاد ها ۹۴
مراجع فارسی ۹۵
مراجع غیر فارسی ۹۶

فهرست اشکال

شکل ۳-۱ نقشه منطقه ی مورد مطالعه ۴۱
شکل ۳-۲ فراوانی داده های ترافیکی ۴۱
شکل ۳-۳ نحوه ی ارائه ی فاصله ی استاندارد ۵۷
شکل ۳-۴ مقطع خط و سطح کرنل ثابت شده ی اطراف آن ۵۹
شکل ۳-۵ نمودار توزیع نرمال و شاخص های Z-Score و P-Value ۶۱
شکل ۴-۲ پراکندگی نقاط تصادف عابر پیاده ۷۵
شکل ۴-۳ نقشه‌ی مسیرها و نقاط تصادف ۷۶
شکل ۴-۴ تراکم نقاط تصادف(خروجی چگالی کرنل) ۷۷
شکل ۴-۵ چگالی کرنل و تمام نقاط تصادف جرحی در سطح شهر ۷۷
شکل ۴-۶ نقاط حادثه خیز(خروجی تحلیل نقاط حادثه خیز) ۷۸
شکل ۴-۷ تراکم نقاط و نقاط حادثه خیز ۷۹
شکل ۴-۸ محدوده ی خوشه ها ۸۰

فهرست جداول

جدول ۳-۱ اطلاعات خام اولیه..... ۴۲

جدول۳-۱ مقادیر سطح اطمینان، P-Value و Z-Score ۶۲

جدول ۴-۱ فراوانی متغیرهای مستقل و وابسته ۶۷

جدول۴-۲ آزمون نسبت درست نمایی ۷۰

جدول۴-۳ اولویت بندی متغیر های اثرگذار..... ۷۰

جدول ۴-۴ طبقه بندی متغیر وابسته ۷۱

جدول ۴-۵ تخمین پارامترها..... ۷۲

جدول ۴-۶ آزمون نسبت درست نمایی به تفکیک هر خوشه ۸۲

جدول ۴-۷ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۱..... ۸۳

جدول ۴-۸ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۳..... ۸۳

جدول ۴-۹ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۵..... ۸۴

جدول ۴-۱۰ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۶..... ۸۴

جدول ۴-۱۱ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۷..... ۸۵

جدول ۴-۱۲ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۸..... ۸۵

جدول ۴-۱۳ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۹..... ۸۵

جدول ۴-۱۴ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۱۰ ..... ۸۶

فصل اول

کلیـــات

۱) کلیــات

۱-۱) مقدمه

پیاده‌روی یکی از پرکاربردترین گونه های حمل و نقل است و مانند حمل‌ونقل‌های دیگر ارتباط مطلوبی بین مبدأ و مقصد به وجود می‌آورد. پیاده‌روی به عنوان بخشی از سیستم حمل‌ونقل چند منظوره می‌تواند به کاهش تراکم موجود در جوامع پایدار کمک کند (ارنست و شوپ[1]، ۲۰۰۹).

با روند رو به رشد شهرنشینی، موضوع تصادفات و جراحت عابرین به مهم‌ترین و اصلی‌ترین مسائل مربوط به حوزه سلامت در سطح دنیا تبدیل شده است(سازمان بهداشت جهانی[2]، ۲۰۰۹).

تصادفات یک مسئله جهانی و در حال افزایش است، چراکه زیرساخت‌های حمل‌ونقل نمی‌توانند همگام با بخش‌های دیگر مانند صنعت که در حال رشد هستند، حفظ شوند. تصادفات رانندگی به یک معضل جهانی در حوزه‌ی سلامت تبدیل شده است. و عامل مرگ و میر یا جراحت انسان‌ها و خسارت مالی در مقیاس جهانی می‌شود (انجمن تحقیقات پزشکی هند[3]، ۲۰۰۹).

بیش از ۱.۲ میلیون نفر از مردم جهان سالانه در تصادفات رانندگی فوت و حدود ۵۰ میلیون نفر مصدوم می‌شوند. عابرین پیاده به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین کاربران راه ها، سهم بسیار زیادی در مرگ‌ومیر حاصل از تصادفات در سطح جهان را به خود اختصاص می‌دهند، برای مثال در کشورهای توسعه یافته با درآمد مالی بالا بین ۱۰ الی ۳۰ درصد از مرگ‌ومیرها ناشی از تصادفات عابرین پیاده است. با این‌حال سهم بالایی از مرگ‌ومیر عابر پیاده در دیگر کشورها برای درآمد متوسط و پایین نیز گزارش‌شده است(سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۹).

[1] Ernst and Shoup
[2] World Health Organization
[3] Indian Council of Medical Research

کشور ایران دارای ۷۷ میلیون جمعیت می باشد که از این میان حدود ۱۹ میلیون راننده موتورسیکلت و خودرو وجود دارد و سالانه حدود ۲۴ هزار نفر در ایران براثر تصادفات رانندگی جان خود را از دست می‌دهند. اغلب این تصادفات نتیجه‌ی خطای انسانی است (بی‌دقتی در رانندگی). بنابراین تحلیل سیستماتیک تصادفات اهمیت پیدا می کند. استفاده بهترین و مناسب‌ترین راهکار مانند تجهیزات کنترل ترافیک ، طراحی بهتر مسیرها و همچنین فعالیت‌های مؤثر دپارتمان پلیس ترافیک می‌تواند منجر به کاهش تعداد و یا شدت تصادفات شود. خطاهای انسانی که تصادفات را باعث می‌شوند غالبا براثر بی‌احتیاطی راننده و یا عابر است(شفابخش و همکاران[1]،۲۰۱۷).

روش‌های مختلفی برای مدل کردن و تحلیل تصادفات عابر پیاده در سطح دنیا استفاده می‌شود ،از قبیل:

۱) آنالیز آماری و مدلینگ کردن دیتاها بر اساس تعداد تصادفات (زیگر و بوشل[2]، ۲۰۱۲)

۲) آنالیز مکانی بر روی توزیع تصادفات(اشنایدر و همکاران[3]، ۲۰۰۴)

۳) مدل کردن شدت ریسک جراحت ومرگ‌ومیر(ساسیدهاران و منندز[4]،۲۰۱۴).

ازاین‌رو احتمال وقوع تصادفات و افزایش شدت آن می‌تواند به‌وسیله‌ی آنالیز و تحلیل سیستمی سناریوی تصادف و راه‌حل‌های مناسب شامل برنامه وسایل کنترل ترافیک مناسب ، تمرینات طراحی راه مناسب و فعالیت مؤثر پلیس ترافیک کاهش یابد.

[1] Shafabakhsh et al
[2] Zegeer and Bushell
[3] Schneider et al
[4] Sasidharan and Menendez

۱-۲) ضرورت انجام پژوهش

سالانه هزینه ی زیادی برای بهبود توسعه ی ایمنی و سلامت صورت می گیرد و موضوع سلامتی و ایمنی از اساسی ترین نیازهای جوامع مختلف می باشد. امروزه با رشد جمعیت در تمام دنیا و استفاده بیش از پیش وسایل نقلیه ی موتوری نرخ عبور و مرور و تصادفات افزایش یافته است. ازاین‌رو پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ جراحات ناشی از تصادفات رانندگی در سطح جهان به پنجمین عامل مرگ‌ومیر تبدیل شود. لذا بررسی علل موثر در تصادفات وشناسایی نقاط تصادف از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

۱-۳) مزایای این پژوهش

مزایای اصلی این پژوهش را می‌توان در دو مورد توضیح داد:

الف) جنبه های ایمنی :

با توجه نتایج حاصله از تحلیل های صورت گرفته نقاط حادثه خیز مشخص شده اند لذا با انجام تمهیدات لازم برای رفع عوامل حادثه ساز ایمنی عابرین افزایش می یابد.

ب) جنبه های اقتصادی:

با توجه به اینکه نتایج این تحقیق در بهبود ایمنی عابرین اثرگذار است لذا باعث کاهش هزینه ها در حوزه ی ایمنی و سلامت عابرین می شود(چه در بعد فردی چه در بعد اجتماعی).

۱-۴) فرضیات پروژه

با توجه به تحلیل های آماری و مکانی انتظار می رود پارامتر هایی چون شناسایی و اولویت بندی فاکتور های اثرگذار در وقوع تصادفات جرحی، تعیین تراکم تصادفات، شناسایی نقاط حادثه خیز و دسته بندی تصادفات عابر پیاده از تحقیق حاصل شوند.

۱-۵) سؤال‌های اصلی پژوهش

هدف اصلی انجام این تحقیق بررسی فاکتورهای اثرگذار در تصادفات عابر پیاده و شناسایی نقاط حادثه‌خیز با استفاده از روش خوشه‌بندی مکانی داده‌ها به‌منظور کاهش تصادفات عابر پیاده در شهر مشهد می‌باشد.

در این تحقیق به سؤالات زیر پاسخ داده می‌شود :

۱) در تحلیل آماری اگر متغیر وابسته دارای چند حالت مختلف و متغیرهای موجود اسمی باشند از چه روش های رگرسیونی برای مدل سازی می توان استفاده کرد؟

۱) معنی دارترین فاکتورها از حیث آماری کدامند؟

۲) چه فاکتورهایی در وقوع تصادفات جرحی در معابر مختلف اثر گذارترین هستند؟

۳) در چه نقاطی از شهر مشهد تراکم تصادف بیشتر می باشد؟

۴) احتمال وقوع حادثه در چه نقاطی از سطح شهر مشهد وجود دارد؟

۱-۶) جنبه های نوآوری پژوهش

با توجه به تحقیقات و مروری بر کارهای انجام شده، هنوز در سطح مشهد فاکتورها و نقاط حادثه خیز در تصادفات عابر پیاده با تحلیل آماری و مکانی به صورت همزمان بررسی نشده اند. با استفاده از روش های آماری و مکانی مورد استفاده در این تحقیق می توان به طور دقیق تر و جامع تر به بررسی نقاط حادثه خیز در تصادفات عابر پیاده پرداخت.

۱-۷) روش تحقیــق

در این تحقیق ابتدا داده های تصادفات در سطح شهر مشهد به تصادفات عابر و وسیله نقلیه تقسیم شده است. برای آنالیز آماری داده های مربوط به جراحت عابر در مدل رگرسیون لوجستیک چند متغیره[1] قرار گرفته است. در آنالیز مکانی داده ها با دو رویکرد متفاوت تراکم و فاصله ی داده ها از یکدیگر و با روش های چگالی کرنل[2](بر مبنای تراکم داده ها)، آنالیز نقاط حادثه خیز [3] و آنالیز گروه بندی[4](بر مبنای فاصله ی داده ها از یکدیگر) بررسی شده اند. در نهایت به بررسی فاکتورهای اثرگذار و نقاط حادثه خیز پرداخته شده است.

۱-۸) ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه در پنج فصل تهیه و تنظیم شده است که به شرح زیر است :

[1] Multinomial Logistic Regression
[2] Kernel Density
[3] Hot Spot Analysis
[4] Grouping Analysis

- در فصل اول، کلیات پژوهش و شناخت کلی از تصادفات عابر پیاده، اهمیت بررسی عوامل تاثیر گذار بر وقوع تصادفات و همچنین ضرورت و اهداف انجام این پژوهش به صورت مختصر بیان شده است.
- در فصل دوم، مطالبی در ارتباط با عابر پیاده و تصادفات عابر، خلاصه‌ای از کارهای انجام شده قبلی در زمینه ی فاکتورهای اثر گذار بر تصادفات عابر و روش های مختلف تحلیل تصادفات - مطرح شده است.
- در فصل سوم، موقعیت تصادفات، روش های تحلیل تصادفات و چگونگی کارکرد آن ها توضیح داده شده است.
- در فصل چهارم، به بررسی و تشریح نتایج حاصل از تحلیل ها پرداخته شده است.
- فصل پنجم، به نتیجه‌گیری کلی و همچنین پیشنهادهایی در رابطه با ادامه تحقیق اختصاص داده شده است.

فصل دوم

ادبیات موضوع و مروری بر کارهای گذشته

۲) ادبیات موضوع و مروری بر کارهای گذشته:

۲-۱) تصادف عابرین پیاده :

امروزه تعداد بسیار زیادی از تصادفات عابر پیاده در سطح دنیا بررسی می‌شود، بخصوص در کشورهای توسعه‌یافته این موضوع حائز اهمیت است چرا که اطلاعات خام داده‌های حقیقی تصادفات عابر را از الگوها، علل و فاکتورهای خطر[1] تصادفات برای کاهش مرگ و میر و جراحات عابرین پیاده بدست می آورند(کاتلین[2]، ۲۰۱۲).

عابرین پیاده، نه‌تنها در کشورهای کمتر توسعه یافته بلکه در کشورهای توسعه یافته که مرگ‌ومیر عابر پیاده درصد بسیار کمی از تصادفات را شامل می‌شود، بسیار آسیب‌پذیر در نظر گرفته شده‌اند(سازمان ترافیک مادرید[3]، ۲۰۱۳)

پیش بینی می شود معضل تصادفات عابر در آینده به خاطر پیری جمعیت افزایش یابد (چراکه افراد مسن در معرض خطر بیشتر هستند)(رولیسون و همکاران[4]، ۲۰۱۲).

در سازمان های تخصصی ترافیک , تحلیل و بررسی علل جراحت یا مرگ و میر حاصل از تصادفات جاده‌ای بخشی از مهم‌ترین کار روزانه آن‌ها در طول روز است(کانچان و همکاران، ۲۰۱۲ ، آرورا و همکاران، ۲۰۱۳ ، آکار و همکاران[5]، ۲۰۱۳).

اطلاعات اولیه، نه‌تنها برای متخصصان ترافیکی و برای اعتباربخشی به بازسازی تصادفات عابر با وسیله نقلیه بلکه برای محققین برای فراهم آوردن تکنیک‌هایی برای کاهش و پیش‌گیری تصادفات حائز اهمیت

[1] Risk Factors
[2] Kathleen
[3] Traffic Department, Madrid
[4] Rolison et al
[5] Arora ,et al , Acar,et al , Kanchan,et al

هستند(آی جنسل و همکاران[1]،۲۰۰۸) . امروزه اطلاعات تصادفات عابر پیاده با جزئیات دقیق تصادفات و جراحات برای کشورهای کوچک توسعه‌یافته فراهم است(هوی ژاوو و همکاران[2]، ۲۰۱۴).

۲-۲) فاکتورهای اثرگذار در تصادفات عابر پیاده :

مطالعات مختلفی درگذشته تصادفات عابر پیاده را تحلیل کرده‌اند و سطوح مختلف آسیب و جراحات را اعمال نموده‌اند و نقش فاکتورهای خطرآفرین را به‌خوبی و با اقدام متقابل مناسب با استفاده از روش‌های مختلف آماری شناسایی نموده‌اند(ناسار و تروير[3]، ۲۰۱۳).

درگذشته محققان اثر فاکتورهای مختلف از قبیل خصوصیات عابر پیاده و راننده ، زیرساخت‌های و خصوصیات مسیر ، ویژگی‌های ترافیکی , خصوصیات زمانی و مکانی را در وقوع و شدت تصادفات عابر پیاده کشف می‌کردند(آلفارسون و همکاران[4]، ۲۰۱۰).

مطالعات قبلی بر روی نقش فاکتورهای مربوط به‌شدت تصادفات عابر پیاده به‌صورت اساسی تمرکز کرده‌اند(آبای[5]، ۲۰۱۳) اما تعداد بسیار اندکی از مطالعات به تحلیل فاکتورهای مربوط به خطر درگیر شدن در تصادفات مربوط می‌شوند(لام و همکاران[6]، ۲۰۱۴).

در تحقیقی یک رویکرد غیرمستقیم برای شناسایی و مقایسه فاکتورهای شخصی مرتبط با خطر ایجاد برخورد بررسی شده است که شامل عابر پیاده در نقاط شهری هستند(خیمنز، ۲۰۱۵).

[1] Aygencel et al
[2] Hui Zhao et al
[3] Nasar & Troyer
[4] Ulfarsson et al
[5] Abay
[6] Lam et al

فاکتورهای خطر برای تصادفات عابر پیاده غالبا از جنبه‌های خصوصیات عابر پیاده ، رفتار رانندگان ، نوع وسیله ، شرایط مسیر و شرایط محیطی موردبررسی قرار می‌گیرد. مردان و عابرین کهن‌سال بیشترین سهم را در عاملیت وقوع تصادفات دارند(وایر و همکاران[1]، ۲۰۰۹).

فاکتورهای که بر مرگ و شدت جراحات اثر می‌گذارند شامل مسئولیت تصادفات ، نوع تصادفات ، خصوصیات عابر و رفتارش ، رفتار رانندگان ، نوع وسیله نقلیه ، شرایط وسیله و محیط می‌باشند(دمسر-دری و همکاران[2]، ۲۰۰۳).

۲-۲-۱) فاکتورهای محیطی

در تصادفات عابر پیاده عوامل مختلفی اثرگذارند که در سالهای اخیر تحقیقات متعددی در تمام نقاط دنیا صورت گرفته است در ذیل به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم : خیمنز و همکاران[3] (۲۰۱۶) در تحقیقی رابطه بین فاکتورهای عابر و راننده و میزان خطر ایجاد شده از تصادفات عابر پیاده در مناطق شهری را در اسپانیا بین سال‌های ۱۹۹۳ و۲۰۱۱ بررسی کرده‌اند.

تحلیل و آنالیز فاکتورهای خطر برای تصادفات عابر پیاده در نواحی شهری با اولویت‌بندی کردن استراتژی‌هایی که باهدف کاهش این خطر تبیین می‌شوند توجیه می‌شوند(خیمنز، ۲۰۱۵).

سرعت غیرمجاز و بی توجهی رانندگان به جلو از فاکتورهای مهمی‌اند که علت تصادفات عابرند(استاتس و همکاران[4]، ۱۹۹۶).

نوع وسیله نقلیه و خصوصیات آن نیز اثر زیادی در وقوع تصادفات دارند(ماتسوئی[5]، ۲۰۰۵)

[1] Wier et al
[2] Damsere- Derry et al
[3] Jimenez et al
[4] Stutts et al
[5] Matsui

شرایط مسیر از قبیل طراحی شبکه راه و تنظیمات خطوط میانی راه(شانکار و همکاران[1]، ۲۰۰۳) تعداد خطوط جاده(هس و همکاران[2]، ۲۰۰۴) و معافیت از عوارض مسیر(دونروئی و همکاران[3]، ۲۰۰۸) همگی از فاکتورهای مهم و اثرگذار در وقوع تصادفات عابر پیاده هستند.

علاوه بر این فاکتورهای محیطی از قبیل موقعیت ، حجم ترافیک ، روشنایی مسیر و زمان تصادف نیز اثرات قابل‌توجهی بر احتمال وقوع تصادفات عابرین پیاده دارند(میراندا-مورنو و همکاران[4]، ۲۰۱۱).

تقاطع ها و خطوط پرترافیک‌راه‌ها مستعد بالا بردن نرخ تصادفات عابر پیاده هستند.

از منظر محیطی خطر جراحت عابر پیاده در نقاط با ترافیک سنگین‌تر بیشتر می‌شود(کریستی[5]، ۱۹۹۵) (مودن و همکاران[6]، ۲۰۱۱) دریافته‌اند که فاکتورهای خطر برای جراحت یا مرگ عابر پیاده به‌طور نسبی در تقاطعات بدون چراغ ترافیک افزایش می‌یابد.

پیوتر الزسکی و همکاران[7](۲۰۱۵) اثرات فاکتورهای مؤثر برشدت جراحت از قبیل خصوصیات دموگرافیک ، ویژگی‌های مسیر و خصوصیات تصادفات را بررسی کردند.

۲-۲-۲) فاکتورهای مرتبط با عابر

در اغلب تصادفات عابر پیاده هم عابر و هم راننده هر دو مسئول هستند(آلفارسن و همکاران[8]، ۲۰۱۰).

فاکتورهایی بر مسئول بودن عابرین در وقوع تصادفات تکیه‌دارند ، شامل خصوصیات عابرین پیاده، رفتار، شرایط مسیر و فاکتورهای محیطی و در این میان فاکتورهایی همچون سن عابر جنسیت عابر از مهم‌ترین

[1] Shankar et al
[2] Hess et al
[3] Donroe et al
[4] Miranda-Moreno et al
[5] Christie
[6] Moudon et al
[7] Piotr Olszewski et al
[8] Ulfarsson et al

فاکتورهایی هستند که با مسئول بودن شخص عابر در وقوع تصادفات مرتبط اند(پراتو و همکاران[1]، ۲۰۱۲) رفتار عابران پیاده که در وقوع تصادفات اثرگذارند عبارت است از عصبانیت ، عدم توجه به چراغ راهنمایی رانندگی تقاطعات و عبور از عرض خیابان در حال خوردن و آشامیدن(بانگام و همکاران[2]، ۲۰۰۵) .

(کیم و همکاران[3] ، ۲۰۰۸) دریافتند که افرادی که هنگام عبور از خیابان مشغول خوردن هستند در ایجاد تصادفات نسبت به عوامل دیگر بسیار مؤثرترند

آلفارسون(۲۰۱۰) دریافت که عابرین پیاده‌ای که الکل مصرف کرده‌اند در افزایش نرخ تصادفات عابر پیاده اثرگذار هستند.

در ایالات متحده آمریک آمار نشان می‌دهد ۵۵٪ از عابرانی که بیش از ۱۶ سال سن دارند و به‌شدت مجروح می‌شوند در هنگام غروب در خون آن‌ها ۱۰٪ الکل وجود دارد.(NHTSA[4]، ۱۹۹۷)

لی و عبدالعطی(۲۰۰۵) دریافته‌اند که تصادفات جرحی عابرین پیاده در فلوریدا زمانی که عابرین کهن‌سال و یا مست‌اند ، سرعت زیاد می‌شود ، هوای نامساعد ، شرایط روشنایی ناکافی ، محیط تاریکی که قدرت دید کاهش می‌یابد و زمانی که خودروها بیشتر از ظرفیت مجاز مسافر دارند بسیار زیاد می‌شوند.

۲-۲-۳)فاکتورهای مرتبط با راننده و وسیله نقلیه

اگرچه بعضی از مطالعات پیشنهاد می‌دهند که عابرین پیاده به‌طورکلی در وقوع تصادفات عابر پیاده مسئول هستند(لی و عبدالعطی[5]، ۲۰۰۵). بعضی از مطالعات دریافته‌اند که رانندگان در وقوع تصادفات

[1] Prato et al
[2] Bungum et al
[3] Kim et al
[4] National Highway Traffic Safety Administration
[5] Lee and Abdel-Aty

بسیار مؤثرترند و به‌طورکلی فاکتورهای خطر مرتبط با راننده در خصوصیات و رفتار رانندگان بازتاب دارد(استاتس و همکاران، ۱۹۹۶).

به‌طور خاص مردهای جوان و زنان کهن‌سال که رانندگی می‌کنند بسیار در وقوع تصادفات عابر پیاده اثرگذارند(مک گوین و براون[۱]، ۱۹۹۹).

سرعت غیرمجاز و نوشیدن در حال رانندگی که موجب غفلت و حواس‌پرتی راننده می‌شود نیز از عوامل مؤثر در وقوع تصادفات عابر پیاده است(لدن و همکاران[۲]، ۲۰۰۶). علاوه براین(مک لود[۳]، ۲۰۱۲) نشان داده است که تصادفات برخورد و فرار[۴] در تصادفات عابرین پیاده معمولا در صبح زود، در خیابان‌هایی با نور کم ، تعطیلات آخر هفته ، در شرایط نوشیدن راننده و زمانی که رانندگان گواهینامه ندارند اتفاق می‌افتد.

سرعت غیرمجاز و نوشیدن در حین رانندگی نیز احتمال افزایش شدت جراحت در تصادفات عابر را در پی دارد.

رند(استروم و اریکسون[۵]، ۲۰۰۱).

زهابی و همکاران[۶](۲۰۱۱) فاکتورهای مختلفی را بر روی سطوح مختلف جراحت در تصادفات عابر و راکبین موتور و دوچرخه بررسی کرده‌اند که سرعت مجاز هیچ‌گونه اثری قابل‌ملاحظه‌ای در خصوص افزایش شدت جراحت نداشته است. این یافته‌ها درباره سرعت مجاز مسیر موجب شگفتی در تصادفات

[1] McGwin and Brown
[2] Leden et al
[3] MacLeod et al
[4] Hit-and-runs
[5] Öström and Eriksson
[6] Zahabi et al

عابر پیاده می‌شود و چه‌بهتر است سرعت خودرو در حین برخورد با توجه به شواهد به‌عنوان فاکتور اثرگذار به‌شدت جراحت در تصادفات عابر پیاده اخذ شود(روزن و همکاران[1]، ۲۰۱۱).

در بعضی از تحقیقات علاوه بر بررسی فاکتور های فوق به صورت خاص و مجزا به بررسی فاکتورهای مختلف به صورت تلفیقی پرداخته شده که در زیر به آنها اشاره می شود:

نوع وسیله و شرایط محیطی بر میزان خطر برای شدت جراحت در تصادفات عابر اثر می‌گذارد به عنوان مثال دری و همکاران(۲۰۰۳) ، کیم و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که خودروهای با وزن کمتر با شدت جراحت کمتر عابر پیاده در تصادفات عابر در ارتباط اند.

یافته‌های متداول از مطالعات (الورو و همکاران[2]، ۲۰۰۸) درباره‌ی فاکتورهای خطر مؤثر بر روی شدت جراحات عابر پیاده حاکی از عواملی چون سن بالای عابر پیاده ، سرعت مجاز بالای مسیر، مسیرهای روستایی و زمان‌های تاریک است .

در تحلیل تصادفات عابر پیاده در هنگ‌کنگ(زی و وونگ[3]، ۲۰۰۷) شرایطی که منجر به افزایش ریسک خطر مرگ‌ومیر و شدت جراحات شده‌اند را کشف کرده است که عبارتند از: سن بالای ۶۵ سال عابرین پیاده ، مسیرهایی با سرعت مجاز بالای ۵۰ کیلومتر بر ساعت دارند ، موقعیت‌های نزدیک به محل عبور عابر پیاده مسیر و تقاطع‌های هوشمند با دو یا بیشتر از دو لاین. همچنین محققین در این تحقیق مواردی که ریسک بسیار کمی را ایجاد می‌کنند نیز برشمرده‌اندبررسی نموده اند که عبارتند از از قبیل : عابرین مرد و زیر ۱۵ سال ، محدوده‌ی پیاده‌رو در مناطق پرازدحام ، در طول روز و یا در قسمت‌هایی از مسیر که بسیار شلوغ و پرازدحام است.

[1] Zahabi et al
[2] Eluru et al 2008
[3] Sze and Wong

تی و همکاران[1](۲۰۱۱) اطلاعات تصادفات را در کره جنوبی موردبررسی قرار داده است کشوری که تصادفات عابر پیاده ۳۹٪ از کل تصادفات را شامل می‌شود. آن‌ها مهم‌ترین و اثرگذارترین فاکتورها که موجب افزایش شدت جراحت و مرگ‌ومیر می‌شوند را بررسی کرده‌اند که شامل سن و جنس عابر ، موقعیت تصادف بر روی محل عبور عابر ، مسیرهای عریض‌تر ۱۳متر ، آب‌وهوای نا معتدل ، ساعت شبانه ، ساعت اوج ترافیک ، مناطقی که شهری نشده‌اند(مناطق روستایی یا حومه شهر.

در مطالعه پیرامون تصادفات عابر پیاده در نیویورک و مونترال(محمد و همکاران[2]، ۲۰۱۳) موقعیت تصادف ، سن راننده ، مصرف کردن الکل توسط راننده ، شرایط روشنایی ، خصوصیات مختلف ساختار محیطی فاکتورهایی اثرگذار در ارتباط با تصادفات منجر به فوت یافت شده است.

خودروهای سنگین ، شرایط روشنایی تاریک و یا با نور کم ، زمین های با کاربری مختلف و راه‌های اصلی احتمال تصادفات عابر را افزایش می‌دهد. علاوه براین عبور عابر پیاده از تقاطع شدت جراحت را کاهش می‌دهد.

یک مطالعه در سنگاپور پیرامون تصادفات عابرین پیاده دید در شب که بافاصله از تقاطع عبور و مرور می‌کنند را از فاکتورهای اثرگذار برشدت جراحت دانسته است. سن بالای ۶۵ سال عابر و به‌طور خاص عبور عابر از عرض خیابان موجب افزایش خطر تصادف عابرین پیاده می‌شود(وانگ و همکاران[3]، ۲۰۱۳).

ساسیدهاران و منندز(۲۰۱۴) پنج سال از اطلاعات تصادفات عابرین پیاده در سوئیس را مورد آنالیز قرار داده‌اند ، بر مبنای شدت جراحت تصادف آن‌ها دریافته‌اند که سن عابرین بالای ۷۵ سال ، مقاطعی از

[1] Tay et al
[2] Mohamed et al
[3] Wang et al

مسیر که نور کافی ندارند و موقعیت‌های میانه‌رو موجب افزایش خطر وقوع تصادف و شدت جراحت می‌شوند. اگرچه برخلاف دیگر تحقیقات آن‌ها سرعت مجاز را دارای اثر کمی برشدت جراحت دانسته‌اند.

۲-۳) روش‌های آماری استفاده‌شده در تصادفات عابر پیاده :

۲-۳-۱) روش‌های رگرسیونی

روش‌های رگرسیونی همراه با رابطه بین متغیرهای پاسخ و یک یا تعداد بیشتری متغیرهای توصیفی، جزء جدایی‌ناپذیر هر تحلیل اطلاعاتی است. متداول‌ترین روش رگرسیونی ، تحلیل رگرسیونی خطی و یا غیرخطی می‌باشد، اگرچه زمانی که خروجی (متغیر وابسته) گسسته است تحلیل رگرسیونی مناسب نیست.

جوانیز و چانگ[1](۱۹۸۶) مشکلاتی را در استفاده از رگرسیون خطی که در آن از رگرسیون پواسون به‌عنوان ابزار برای پیش‌بینی تصادفات استفاده کرده بودند یافتند و آن این بود که در بعضی متغیرها پیش‌فرض خطی بودن نقض شده بود.

میلتون و منرینگ[2](۱۹۹۷) بیان کردند که : استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی برای ساختن عبارات احتمالاتی پیرامون وقوع تصادفات رانندگی جاده‌ها نامناسب است. آن‌ها نشان دادند که رگرسیون دوجمله‌ای منفی یک ابزار پیش‌بینی بسیار قوی است که بایستی در پیش‌بینی وقوع تصادفات در آینده بیشتر مورداستفاده قرار بگیرد.

[1] Jovanis and Chang
[2] Milton and Mannering

۲-۳-۲) رگرسیون لوجستیک

کیم و همکاران(۱۹۹۶) یک مدل لجستیک را توسعه دادند و از آن برای توضیح احتمال رانندگانی که در معرض خطرند در برخورد با دوچرخه‌سواران استفاده کردند . متغیرهایی که احتمال خطر برخورد را افزایش دادند شامل : سن رانندگان ، سن دوچرخه‌سواران ، مصرف الکل دوچرخه‌سواران ، مانور و دور زدن دوچرخه‌سواران و موقعیت‌های روستایی بودند.

کیم و همکاران(۱۹۹۴) برای توضیح رابطه بین انواع تصادفات و جراحات دائمی در تصادفات خودروها تلاش کردند. آن‌ها با استفاده از تکنیک تحلیل اطلاعات دسته‌بندی‌شده و داده‌های جامع در تصادفات در هاوایی در سال ۱۹۹۰ یک مدل برای ارتباط انواع تصادفات(برای مثال رو در رو ، پهلو به پهلو و..) ساختند. لذا آن‌ها یک احتمال افزایشی با توجه به شانس وقوع انواع تصادف توسعه دادند. اثرات استفاده از کمربند ایمنی بر روی سطوح جراحت را موردبررسی قرار دادند و فعل‌وانفعالات استفاده از کمربند ایمنی ، نوع تصادف و سطوح جراحت را بررسی کردند. آن‌ها بحث کردند که چگونه مدل لوجیت[1] و تحلیل لگاریتمی خطی[2] ممکن است به تحقیقات ایمنی ترافیک کمک کند.

مرسیر و همکاران[3](۱۹۹۷) از رگرسیون لوجستیک[4] برای اندازه‌گیری سن یا جنسیت یا هردو به‌عنوان یک فاکتور اثرگذار برشدت جراحت در تصادفات رو در رو در راه‌های روستایی استفاده کردند.

رگرسیون لوجستیک به وسیله هیلاکیوی و همکاران[1] (۱۹۸۹) در پیش‌بینی تصادفات مربوط به رانندگان جوان مورداستفاده قرار گرفت. آن‌ها مقادیر قابل پیش‌بینی را که حدود ۱۶ فاکتور مربوط به شخص بودند را در بازه۱۱ماهه مورد بررسی قرار دادند.

---

[1] Logit modeling
[2] Log linear analysis
[3] Mercier et al
[4] Logistic regression

جیمز و کیم[2](۱۹۹۶) یک مدل رگرسیون لوجستیک برای توصیف استفاده از صندلی‌های ایمنی کودکان حادثه دیده در هاوایی از ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۱ مورداستفاده قرار دادند.

مدل‌های رگرسیون لوجستیک به‌صورت مکرر در مطالعات مختلفی برای اندازه‌گیری ارتباط بین خروجی‌های دو دویی و رفتار آن‌ها در حضور متغیرهای مخفی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

خیمنز و همکاران (۲۰۱۵) از مدل رگرسیون لوجستیک در تحقیق خود برای به دست آوردن نسبت سهم تنظیم‌شده در جهت یافتن میزان قدرت ارتباط بین هر متغیر و سهم عابر پیاده در مقصر بودن بهره برده‌اند.

کیم ، برانر و یاماشیتا[3](۲۰۰۸) یک مجموعه اطلاعاتی بسیار جامع از گزارش‌های پلیس را پیرامون تصادفات عابر پیاده از سال ۲۰۰۵ _۲۰۰۲ در هاوایی با استفاده از تکنیک رگرسیون لوجستیک تحلیل کردند. آن‌ها یک طرح عمومی از تصادفات عابرین پیاده فراهم کردند که این تحلیل به‌وسیله‌ی مقایسه اشتباهات رانندگان عابرین پیاده دنبال شده است.

شدت تصادفات یک نگرانی خاص و مورد توجه برای محققان در حوزه‌ی ایمنی ترافیک می‌باشد.

بعضی از تحقیقات علاوه بر تلاش برای پیش‌بینی وقوع تصادفات سعی در کاهش شدت جراحت نیز دارند. یک‌راه برای انجام دادن شناسایی فاکتورهایی با احتمال زیاد است که بر تصادفات اثرگذارند. رگرسیون لوجستیک در بعضی تحقیقات برای تخمین اثرات فاکتورهای مهم آماری بر روی شدت تصادفات مورداستفاده قرارگرفته است.

---

[1] Hilakivi et al
[2] James and Kim
[3] Kim, Brunner, and Yamashita

رگرسیون لوجستیک و دیگر روش‌های رگرسیونی معمولا و اغلب برای ارزیابی فاکتورهای مهم برای وقایع مختلف استفاده می‌شوند. اگرچه رگرسیون لوجستیک غالبا و به‌خوبی در تحقیقات حمل‌ونقل مورداستفاده قرار می‌گیرد(الغمدی[1]، ۲۰۰۱).

۲-۳-۳) روش پروبیت ترتیبی[2]

زاجاک و ایوان[3](۲۰۰۳) از مدل پروبیت ترتیبی برای مطالعه شدت جراحت تصادفات عابر پیاده در مسیرهای روستایی دو خطه[4] و بدون هیچ وسیله‌ی کنترلی استفاده نموده‌اند ، تمرکز تحقیق آن‌ها بر روی مسیر و خصوصیات منطقه‌ای است که احتمال اثرگذاری بر روی شدت جراحت عابرین به‌عنوان خروجی مدل را دارد. آن‌ها دریافتند که متغیرهایی چون عرض مسیر روشن(با دید مناسب) ، نوع خودرو ، راننده الکل مصرف کرده و سن بیشتر از ۶۵ سال به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر روی شدت جراحت عابرین پیاده اثر می‌گذارند.

در تحقیق دیگری لی و عبدالعطی (۲۰۰۵) برای بررسی کردن احتمال وابستگی بین فاکتورهای مختلف و تصادفات عابر پیاده با مدل غیر خطی[5] از گزارش‌های تصادفات عابر ۴ ساله در فلوریدا استفاده کردند. آن‌ها دریافتند مردان راننده در رده‌ی سنی (۲۶-۶۴) و عابرین پیاده بیشتر در وقوع تصادفات دخیل هستند.

به لحاظ نوع وسیله ، مسافران خودروها در تصادفات عابر بیشتر از انواع دیگر مرتبط هستند. علاوه بر این فاکتورها مسیرهای جدا نشده ، تعداد خطوط بالای مسیر ، راننده‌ی مست و در حال خوراکی خوردن در ساعات شبانه در تصادفات عابر پیاده بیشتر نمایان هستند. در این تحقیق از مدل مدل پروبیت ترتیبی

[1] Al-Ghamdi
[2] Ordered probit model
[3] Zajac and Ivan
[4] Line
[5] Log-linear

برای نشان دادن اثر فاکتورهای مختلف بر روی جراحت و مرگ‌ومیر در عابر پیاده استفاده‌شده است. این مدل نشان می‌دهد که عابرین مست و کهن‌سال ، سرعت وسیله ، کاهش قدرت بینایی برای عابر راننده ، خودروهای بزرگ‌تر شدت جراحت در تصادفات عابر را بیشتر می‌کند.

کیم ، آلفارسون و شانکار(۲۰۰۸) از مدل ارزش مازاد تعمیم یافته[1] برای یافتن شدت جراحت در تصادفات عابر پیاده استفاده کردند. فاکتورهای رانندگی در حالت مستی و تاریکی (با بودن تجهیزات روشنایی) که به ترتیب ۷.۲ و بین ۴-۲ بار ریسک جراحت عابر را افزایش می‌دهند. فاکتورهایی چون افزایش سن راننده ، رانندگی در ساعات اوج ترافیک بعدازظهر و رانندگی در پیاده‌رو از کم‌خطرترین فاکتورهای مرتبط با جراحات تصادفات عابر بوده‌اند.

۲-۳-۴)روش لوجیت ترکیبی[2]

کیم ، آلفارسون، شانکار و منرینگ(۲۰۱۰) از مدل لوجیت ترکیبی برای یافتن عوامل مختلف تعیین‌کننده بالقوه درشدت جراحت عابرین پیاده بخصوص در تحلیل آن به دلیل فاکتورهای ناشناخته مربوط به عابر (مانند سلامت فیزیکی , قدرت , رفتار) استفاده کردند.

مطالعه‌ای پیرامون تصادفات ۲۰۰۰_۱۹۹۷ در کارولینای شمالی صورت گرفته است. یافته‌ها حاکی از این است که فاکتورهای با اهمیت مختلف بر احتمال جراحت عابر اثر می‌گذراند برای مثال تاریکی بدون نور کافی مسیر،کامیون‌ها ، آزادراه و سرعت غیرمجاز احتمال جراحت و مرگ‌ومیر را به ترتیب ۴۰۰٪ , ۳۷۰٪ , ۳۶۰٪ , ۳۳۰٪, افزایش می‌دهند.

تحقیقات گوناگونی تلاش کرده‌اند تا داده‌های موجود را به گروه‌هایی برمبنای موقعیت جغرافیایی یا انواع تسهیلات تقسیم کنند برای مثال عزیز، آکلسوری و حسن[1] (۲۰۱۳) اطلاعات تصادفات عابر پیاده را از

[1] Generalized extreme value model
[2] Mixed logit model

سال ۲۰۰۶_۲۰۰۲ در شهر نیویورک تحلیل نموده و به ۵ گروه تقسیم نموده‌اند : برونکس ، بروکلین ، منهتن ، کوییز و جزیره استاتن. آن‌ها فاکتورهای خطر مختلفی را برای هر منطقه معین از تحقیق به‌وسیله‌ی مدل لوجیت ترکیبی و با استفاده از نسبت درست نمایی آماری[۲] برای توجیه مدل‌های متفاوت و مجزا استفاده کرده‌اند. بر این اساس دسته‌های مختلفی از اقدامات متقابل برای در نظر گرفتن این گروه‌ها در شهر نیویورک پیشنهاد شد.

در رویکرد استفاده از روش‌های یکسان ، اسلام و جونز[۳](۲۰۱۴) اطلاعات ۵ سال تصادفات عابر پیاده با مقصر قرار دادن عابر در ابتدا و توسعه دادن دو نوع شدت جراحت مجزا برای مناطق شهری و روستایی را بررسی کردند. تحقیقاتشان به‌وضوح تأکید بر تفاوت بین متغیرهای با اهمیت بر مبنای نوع تغییرات تأکید کرد، برای مثال تصادفات رخ داده در تعطیلات آخر هفته اثر بسیار زیادی بر روی شدت جراحت عابر پیاده در مناطق شهری دارد درحالی‌که این پارامتر در نقاط روستایی حائز اهمیت نیست ، علاوه بر این فقط ۳ متغیر به‌صورت مشترک در هر دو ناحیه روستایی و شهری شناسایی شدند: روشنایی کم و تاریکی ، مسیر با دو باند و عابرین کمتر از ۱۲ سال.

هلیم، الوری و گان[۴] (۲۰۱۵) فرضیه‌ای ارائه دادند که ممکن است در خروجی‌ها جراحت عابرین پیاده در تقاطعات هوشمند و غیرهوشمند متفاوت باشد. دو مدل مجزا برای این تقاطع‌ها به‌وسیله استخراج این فرضیه و در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف توسعه‌یافته‌اند، شامل پیش‌بینی‌ها هندسی(متغیرهای ترافیکی ,خصوصیات استفاده‌کنندگان از مسیر) و پیش‌بینی‌های محیطی. با توجه به نتایج فاکتورهای خطر

[1] Aziz, Ukkusuri, and Hasan
[2] Likelihood ratio statistic
[3] Islam and Jones
[4] Haleem, Alluri, and Gan

متفاوتی برای این دو تقاطع شناسایی‌شده است، برای مثال زمانی که متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه[1] (AADT) برشدت جراحت عابر در تقاطع هوشمند اثر قابل‌توجهی دارد این پارامتر در تقاطع‌های غیرهوشمند چنان با اهمیت نیست.

۲-۴) روش‌های تحلیل‌های مکانی و شناسایی نقاط حادثه‌خیز :

۲-۴-۱) سیستم اطلاعات جغرافیایی[2](GIS)

سازمان سلامت جهانی[3] گزارش داده است که تقریباً ۱.۴ میلیون از مردم سالانه در راه‌ها جان خود را از دست می‌دهند ، همچنین تخمین زده است که هزینه تصادفات از میلیاردها دلار بیشتر خواهد شد(توروپان[4]، ۲۰۱۱). شناسایی نقاط مهم تصادفات و افزودن اطلاعات برای فهمیدن فرایند تصادف در نقاط حادثه خیز اهمیت بالایی دارد. تخصیص مناسب منابع و بهبود ایمنی به‌وسیله‌ی شناسایی نقاط حادثه خیز تصادفات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و اضافه کردن اطلاعات کمکی یک درک و شناخت بسیار زیاد و قوی با توجه به شاخص‌های اثرات تصادفی و اتفاقی به ما می‌دهد.

GIS یک فنّاوری برای مدیریت و پردازش کردن موقعیت‌ها و اطلاعات وابسته است (لانگلی و همکاران[5]، ۲۰۰۵).

تحلیل نقاط حادثه خیز تصادفات نیازمند یک درک جامع از فرایند مرتبط با تصادف ، شدت آسیب‌های ناشی از آن و محیط اطراف مسیر است. GIS به طور خاص برای این نوع از مشکلات مناسب است چراکه این سیستم یک فایل کارآمد از متصل شدن تعداد زیادی از نقاط پراکنده داده‌ها را فراهم می‌کند. این امر

---

[1] Average Annual Daily Traffic

[2] Geographic Information System
[3] World Healthy Organization(WHO)
[4] Toroyan
[5] Longley et al

یک سیستم مرجع مکانی برای گزارش خروجی در سطوح مختلف را موجب می‌شود. ورود تجربیات آماری و تاریخی تصادف در پیش‌بینی خطر تصادف در موقعیت‌ها و زمان‌های مختلف و کنترل بر روی هزاران فاکتور خطر تصادفات و شدت جراحت از کاربرد های GIS می باشد.

بیشترین استفاده از GIS برای تحلیل تصادفات در جهت بررسی کردن خصوصیات مکانی موقعیت‌های تصادفات است(استینبرگن و همکاران[1]، ۲۰۰۴).

در این تحقیق نیز از این ویژگی استفاده می شود و به تحلیل مکانی بر روی داده ها پرداخته می شود.

فنّاوری GIS یکی از محبوب‌ترین ابزارهای برای تجسم اطلاعات تصادف و تحلیل نقاط حادثه‌خیز است ازاین‌رو توسط بسیاری از مراکز ترافیکی مورداستفاده قرار می‌گیرد(دیپتی جایان و گانشکومار[2]، ۲۰۱۰).

درک الگوهای مکانی و زمانی تصادفات به متخصصان ایمنی برای تشخیص قطعات و قسمت‌هایی که تعداد زیادی تصادف دارند کمک می‌کند ، برای مقایسه با دیگر موقعیت‌های مشابه این قطعات به‌عنوان نقاط حادثه‌خیز شناخته می‌شوند(مهیمنی و همکاران[3]، ۲۰۱۳).

در این تحقیق تحلیل مکانی توسط GIS و بر روی تصادفات عابر پیاده در سطح شهر مشهد صورت گرفته است.

روش تحلیل مکانی و روش خوشه‌بندی در خلال تصادفات رخداده در لندن در ۵ سال گذشته استفاده شده اند. باوجود بررسی‌های گذشته این تحقیق بر مبنای فرضیاتی که تصادفات در نقاط یکسان رخ می‌دهند استوارشده بود. علاوه بر این تلاش کرده بودند تا نقاط حادثه‌خیز را برای خوشه‌بندی این نقاط

[1] Steenberghen et al
[2] DeepthiJayan and Ganeshkumar
[3] Mohaymany et al

بر مبنای شاخص‌های مکانی بررسی کنند(اندرسون[1]، ۲۰۰۹). لو و یاو[2] (۲۰۱۳) ۶۰۳ الگوی شبیه‌سازی‌شده تصادفات را در ۳ شبکه‌ی فرضی ساده‌شده و الگوی تصادفات تجربی در هنگ‌کنگ در طول ۲ سال تحلیل کردند.

آن‌ها از روش اتصال ویژگی[3] و روش شبکه ی محدود بر مبنای رویداد[4] برای شناسایی نقاط مهم تصادفات استفاده کردند.

نتایج نشان داد که روش اتصال ویژگی و روش شبکه ی محدود بر مبنای رویداد کاربردی هستند اما تفاوت‌های بسیاری بین این دو روش وجود دارد.

۲-۴-۲) نقاط حادثه خیز[5]

ادبیات تصادفات جاده‌ای تعریف مقبولی و پذیرفته‌شده‌ای در سطح جهان به‌عنوان نقاط حادثه خیز (Hot Spot) تصادفات فراهم نکرده است.

تحلیل نقاط حادثه خیز تصادفات به‌طور سنتی بر مقاطع مسیر یا اتصالات ویژه (توماس[6]، ۱۹۹۶) زمانی که منطقه نقاط حادثه خیز که از یک برخورد تولید می‌شود تا حدودی نادیده گرفته‌شده است متمرکز است.

از اواخر ۱۹۷۰ مدل‌های آماری برای تحلیل تصادفات مورداستفاده قرارگرفته شدند، اگرچه مدل‌های اولیه درجایی که تصادفات باید توزیع نرمال فرض می‌شدند ناقص بودند(سدر و لیونه[7]، ۱۹۸۲). مرحله بعد

[1] Anderson
[2] Loo andYao
[3] Link-attribute
[4] Network-constrained event-based
[5] Hot Spot
[6] Thomas
[7] Ceder and Livneh

تطبیق با استفاده از لگاریتم پواسون رگرسیون خطی[1] برای حساب کردن تصادفی بودن تصادفات در زمان و مکان بود(بلاور و همکاران[2]، ۱۹۹۳). بسیاری از مؤلفین مانند (ماهر و سامرسگیل[3]، ۱۹۹۶) از مدل‌های رگرسیون دوجمله ای منفی[4] استفاده کردند.

در تمامی این مدل‌ها تنها تعداد تصادفات در صحنه گزارش‌شده مورداستفاده است بنابراین خصوصیات موقعیت در یک دوره‌ی زمانی مدل شده است.

خوشه‌بندی کردن نقاط حادثه خیز تصادفات عموماً برمبنای اطلاعات موجود در ارتباط با خود تصادف استوار است (زمان در طول روز ، نوع قربانی ، نوع وسیله). با خوشه بندی کردن معمولا وسعت پیچیدگی‌های نقاط حادثه خیز تصادفات را محدود کند.

استفاده از شناسایی گروه های مختلف در تحلیل تصادفات در سراسر ادبیات گذشته پرطرفدار بوده است ، نمونه‌هایی شامل مصرف‌کنندگان مسیر(اکسلی و همکاران[5]، ۲۰۰۵) و کلاس‌بندی به‌وسیله اندازه‌گیری زمانی و مکانی و همچنین انواع تصادفات(لوین و همکاران[6]، ۱۹۹۵). برای مشخص کردن اولویت اهمیت این المان‌ها بر روی رتبه بندی نقاط حادثه خیز تصادفات تمرکز کرده‌اند. شناسایی موقعیت‌های با خطر بالا در شبکه‌ی راه‌ها موجب کاهش تصادفات می شود.

برای پیشرفت ایمنی راه‌ها و ساخت یک محیط امن رانندگی ؛ شناسایی مقاطع مختلف راه که میزان چگالی تصادفات در آن مقاطع در مقایسه با مقاطع دیگر به نسبت بیشتر است بسیار حیاتی است. این

[1] Poisson log linear regression
[2] Blower et al
[3] Maher and Summersgill
[4] Negative Binominal
[5] Oxley et al
[6] Levine et al

نقاط و موقعیت‌ها به‌عنوان نقاط حادثه خیز شناخته می‌شوند و با تمرکز بالای تصادفات نسبت به توزیع تصادفات در کل ناحیه موردمطالعه مشخص می‌شوند(چینی و راتکلیف[1]، ۲۰۱۳).

تحقیقات گذشته نشان می‌دهند که به‌ندرت وقوع تصادفات در زمان و مکان تصادفی‌اند.

وقوع آن‌ها در حقیقت به‌وسیله‌ی بعضی فاکتورهای مهم شامل (حجم ترافیک ، وضعیت هوا ، طرح هندسی راه ، و...) اندازه‌گیری می‌شود(حریرفروش و بلالیت[2]، ۲۰۱۶).

توزیع پواسون برای تحلیل تصادفات اتفاق افتاده در یک سال خاص و مکان خاص مناسب است(ایوب و مک کین[3]، ۲۰۱۱). در حقیقت فرض می‌شود که واریانس و میانگین برابرند ، زمانی که واریانس بزرگ‌تر از میانگین باشد فرض اشتباه است . بنابراین توزیع منفی دو جمله که برای توزیع پواسون استفاده می‌شود می‌تواند در مواردی چون توزیع غیر تصادفی استفاده شود.

۲-۴-۳)چگالی کرنل

تعداد زیادی تحقیق پیرامون تحلیل و تشخیص نقاط حادثه خیز تصادفات وجود دارد(بلک و توماس[4]، ۲۰۰۷).

در این میان روش تخمین چگالی کرنل به‌طور گسترده‌ای مورداستفاده قرارگرفته است ، تخمین چگالی کرنل پروسه‌ای برای ساختن یک پیش‌بینی از عملکرد چگالی از اطلاعات مشاهده‌شده است(بیلی و گترل[5]، ۱۹۹۵). تخمین چگالی کرنل یکی از معروف‌ترین روش‌ها برای تحلیل خواص مرتبه اول یک توزیع نقاط حادثه است و به‌طور گسترده و وسیع برای تحلیل نقاط حادثه خیز تصادفات رانندگی

[1] Chainy and Ratcliffe
[2] Homayoun Harirforoush and Lynda Bellalite
[3] Ayyub and McCuen
[4] Black and Thomas
[5] Bailey and Gatrell

مورداستفاده قرار می‌گیرد. برای مثال چگالی کرنل مسطح در مطالعات شدت نقاط خطرناک موتورسواران و دوچرخه‌سواران در نقاط شهری(دلمله و تیل[1]، ۲۰۰۸) ، تشخیص نواحی تصادفات رانندگی(پولوگورتا و همکاران، ۲۰۰۷) ، تحلیل تصادفات فوتی (اوریس، ۲۰۱۱) . استفاده از چگالی کرنل مسطح فراتر از فضای دوبعدی اقلیدسی از محدودیت‌های تحلیل تصادفات رانندگی است ، چراکه تصادفات معمولا فقط به سهم شبکه‌ی فضایی دوبعدی که شبکه‌ی فضایی نامیده می‌شود محدود است(یامادا و تیل، ۲۰۰۷) . اخیراً تخمین چگالی کرنل بر مبنای شبکه به‌وسیله‌ی ژی و یان(۲۰۰۸) برای تخمین چگالی تصادفات مؤکدا فراتر از فضای شبکه توسعه‌یافته است. تخمین چگالی کرنل بر مبنای شبکه در برنامه‌ای به نام سانت صورت می‌گیرد و به‌وسیله‌ی محققان دانشگاه توکیو توسعه‌یافته است. از یک منظر وسیع تخمین چگالی کرنل بر مبنای شبکه تلاش‌های در حال ظهور برای گسترش کاربرد روش‌های آماری مکانی استاندارد را برای تحلیل نقاط حادثه‌ی مکانی در فضای شبکه نمایش می‌دهد(اکابه و سوگی هارا[2]، ۲۰۱۲).

در نمونه‌های دیگر از تحلیل الگوی نقطه‌ای مکانی تحلیل نقاط حادثه خیز شمارشی تقریباً به‌طور انحصاری بر آمار موقعیت مکانی ، پیشرفت‌های مهم دیگر در GIS و تحلیل مکانی تکیه می‌کند(اسالیوان و آنوین[3]، ۲۰۱۰). آمار موقعیت‌ها یکی از آمارهای توصیفی مرتبط با اطلاعات مکانی است که ارزش آن به‌صورت مکانی متفاوت است . خیلی از تحلیل‌های موقعیت‌ها موجود است و زمینه‌سازی عمومی از آمار موقعیت‌ها می‌تواند آشکار شود(انسلین[4]، ۱۹۹۵). دو مورد از معروف‌ترین آمارهای مکانی موقعیت ها شاخص موران و گتیس-ارد[5] می‌باشد. هردوی این روش‌های برای تشخیص نقاط حادثه خیز تصادفات استفاده می‌شود(ترانگ و سومناهالی[6]، ۲۰۱۱). توزیع غیر تصادفی تصادفات در زمان و مکان غالبا

[1] Delmelle and Thill
[2] Okabe and Sugihara
[3] O'Sullivan and Unwin
[4] Anselin
[5] Getis-Ord
[6] Truong and Somenahalli

سوالاتی را درباره‌ی موقعیت و نتایج مطرح می‌کند(شارمن و همکاران[1]، ۲۰۰۹). برخلاف روش‌های قدیمی تفکر مکانی به شناسایی الگوها کمک می‌کند و نتایج را برای خصوصیات الگوها پیشنهاد می‌دهد(پراساناکومار و همکاران، ۲۰۱۱).

آنالیز مکانی حادثه به تحلیل الگوی نقاط که به‌صورت گسترده‌ای بر روی شبکه راه مورداستفاده قرارگرفته‌اند اشاره دارد(اروین[2]، ۲۰۱۵).

روش تحلیل الگوی نقاط به دودسته تقسیم می‌شود:

۱) برمبنای چگالی

۲) بر مبنای فاصله

دسته اول شدت نقاط حادثه را بر مبنای چگالی در ناحیه موردنظر اندازه‌گیری می‌کند که شامل تکنیک‌هایی از قبیل چگالی کرنل[3] و تحلیل چهار وجهی[4] است.

گروه دوم وابستگی مکانی نقاط حوادث را بر مبنای فاصله هر نقطه از دیگر نقاط اندازه‌گیری می‌کند. این گروه شامل روش‌هایی از قبیل فاصله ی نزدیک ترین همسایه[5] وعملکرد K[6] و شاخص موران[7] است(ژی و یان[8]، ۲۰۰۸).

در این تحقیق برای تحلیل مکانی از هر دو دسته استفاده می شود.

[1] Schuurman et al
[2] Ervin
[3] Kernel Density
[4] quadrat analysis
[5] distances nearest neighbour
[6] K-Function
[7] Moran's I
[8] Xie and Yan

مطالعات قبلی از عملکرد K برای تحلیل توزیع الگوی نقاط در شبکه استفاده کرده بود ، نتایج نشان داد که شانس بسیار بالایی برای تخمین خوشه‌های الگوی نقاط وجود دارد.

در تحلیل تصادفات چگالی کرنل یکی از محبوب‌ترین روش‌ها و بر مبنای چگالی است و به‌طور وسیعی برای تشخیص نقاط حادثه خیز مورداستفاده قرارگرفته است(ژی و یان، ۲۰۱۳).

هدف چگالی کرنل ساخت یک سطح چگالی هموار از نقاط با تعداد حادثه‌ی بالا به‌وسیله شمردن تعداد تصادفات در هر موقعیت به‌عنوان تخمین چگالی است.

برای هر نقطه‌ی حادثه در شبکه یک سطح چگالی کرنل تعریف می‌شود و ارزش چگالی در مرکز آن بیشترین مقدار است و با دور شدن از مرکز مقدار آن کمتر می‌شود(ویمالاپالی[1]، ۲۰۱۵).

این روش برای تجسم کردن اطلاعات تصادف به‌عنوان یک سطح ادامه‌دار مناسب است(چینی و راتکلیف، ۲۰۱۳).

چگالی کرنل می‌تواند به دودسته تقسیم شود چگالی کرنل دووجهی(مسطح) و چگالی کرنل شبکه‌ای.

یک مرور بر مطالعات گذشته نشان می‌دهد که چگالی کرنل مسطح به‌طور گسترده برای آنالیز تصادفات مورداستفاده قرارگرفته است ، برای مثال برای نقاط حادثه خیز (سابل و همکاران[2]، ۲۰۰۵) ، تصادفات آزادراه (اردوغان و همکاران، ۲۰۰۸)، تصادفات با حیوانات وحشی(کریسپ و دورت[3]، ۲۰۰۷) ، تصادفات فوتی(اوریس[4]، ۲۰۱۱) و تصادفات مرتبط با آب‌وهوا(خان و همکاران[5]، ۲۰۰۸).

[1] Vemulapalli
[2] Sabel et al
[3] Krisp and Durot
[4] Oris
[5] Khan et al

روش چگالی کرنل مسطح چگالی تصادف در سلول در حال حرکت در سراسر یک فضای دوبعدی همگن را تخمین می‌زند(چینی و راتکلیف، ۲۰۱۳).

این روش محدودیت‌هایی نیز دارد :

۱) در مواردی که تصادفات درون یک شبکه مسیر اتفاق می‌افتد . فرض فضای دوبعدی نگه‌داشته نمی‌شود(ژی و یان، ۲۰۰۸).

۲) چگالی شبکه راه نادیده گرفته می‌شود.

بعضی سلول‌ها ممکن است یک چگالی یکسان داشته باشند زمانی که آن‌ها شامل تعداد متفاوتی از مقاطع مسیر هستند. بنابراین نتیجه (ارزش چگالی واقعی) جانب‌دارانه است(تائو و همکاران[1]، ۲۰۱۱).

مطالعات مختلف در حال تلاش برای عبور از این نوع محدودیت‌ها به‌وسیله‌ی گسترش روش دووجهی در شبکه فضایی هستند.

در فاز اولیه محققان چگالی کرنل مسطح و چگالی کرنل شبکه‌ای را مقایسه می‌کنند که برتری استفاده از چگالی کرنل شبکه‌ای را نشان می‌دهد(کو و همکاران[2]، ۲۰۱۱).

اخیراً مطالعات مختلفی که از چگالی کرنل شبکه‌ای استفاده کرده‌اند هیچ روش آماری خاصی برای آزمایش نقاط حادثه خیز ندارند(نی و همکاران[3]، ۲۰۱۵).

علاوه بر این روش چگالی کرنل شبکه‌ای بر مبنای فاصله شبکه و اندازه‌گیری چگالی تصادفات در طول یک فضای تک‌بعدی است(تیموتی و همکاران[1]، ۲۰۱۰).

[1] Tao et al
[2] Kuo et al
[3] Nie et al

برای این هدف یک ابزاری بر مبنای GIS به نام سانت[2] وجود دارد که به‌وسیله‌ی عده‌ای از محققین توسعه‌یافته است. آن‌ها یک شبکه محدود کرنل مطرح کرده‌اند (اکابه و همکاران[3]، ۲۰۰۶) و برای محاسبه‌ی چگالی نقاط حادثه در طول یک شبکه استفاده می‌شود(اکابه و همکاران، ۲۰۰۹).

مرور بر مطالعه گذشته نشان می‌دهد که طول قطعات مسیر سهم و اثر بزرگی در نتایج دارند. بعضی مطالعات مانند میااو[4](۱۹۹۴) از طول غیرمساوی قطعات مسیر استفاده کرده است و افراد دیگری مانند (یامادا و تیل[5]، ۲۰۱۰) از طول برابر قطعات مسیر استفاده کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که موقعیت نقاط حادثه خیز و زمان استفاده از طول غیرمساوی قطعات مسیر متفاوت‌اند(نی و همکاران، ۲۰۱۵).

در سال‌های اخیر روش چگالی کرنل شبکه‌ای به‌طور گسترده‌ای برای مطالعات ایمنی راه و برای شناسایی موقعیت‌های حادثه خیز تصادفات مورداستفاده قرارگرفته است(یانگ و پارک[6]، ۲۰۱۴).

با این‌حال بسیاری از این مطالعات از دو فاکتور اصلی در تحلیل تصادفاتشان غفلت کرده‌اند:

اولاً استفاده از نقاط تصادفات جمع آوری شده ی بلندمدت (برای مثال بیشتر از۳ تا ۵ سال) در هر سایت بدون در نظر گرفتن این‌که این تصادفات به‌صورت پی‌درپی و ادامه‌دار در یک موقعیت خاص رخداده است، در حقیقت آن‌ها اگر چگالی بالای تصادفات در یک سایت خاص به دلیل ناشناس یا بعضی مشکلات ادامه‌دار باشد (مانند مشکل طرح هندسی راه در موقعیت معلوم) آن را در نظر نمی‌گیرند. به‌طورکلی تصادفات در یک سایت از یک سال تا سال دیگری در اطراف یک ارزش میانگین ثابت متفاوت است.

---

[1] Timothée et al
[2] SANET
[3] Okabe et al
[4] Miaou
[5] Yamada and Thill
[6] Young and Park

اگرچه به دلیل تفاوت تصادفی رخ دادن تصادفات ، نمونه‌های انتخاب‌شده‌ی اضافی در یک سال ممکن است در سال بعد تعداد کمتری باشد.

ثانیا آن‌ها فقط تعداد تصادفات خام را برای تحلیل خودشان که ممکن است نتایج اطلاعات گمراه‌کننده داشته باشد استفاده می‌کنند(اداره ی بزرگراه فدرال[1]، ۲۰۱۱).

در حقیقت این مطالعات موفق به در نظر گرفتن دیگر پارامترهای ایمنی به‌عنوان اطلاعات نمایشی نشده‌اند(ویمالاپالی، ۲۰۱۵).

اردوغان و همکاران[2](۲۰۰۸) در ترکیه تحقیقی را درباره‌ی ارزیابی توزیع تصادفات در آزادراه واقع در ورودی شهر افیونکاراشیاسار[3] انجام داده‌اند. در این تحقیق از دو روش متفاوت تحلیل چگالی کرنل استفاده‌شده است و بعد از شناسایی نقاط حادثه‌خیز ، شرایط تصادفات را بر مبنای تقسیم‌بندی ساعتی ، روزانه و فصلی در نظر گرفته‌اند. علاوه بر این سه‌نقطه مهم را مشخص نموده‌اند ، محققین در این تحقیق تعدادی استراتژی به سازمان ترافیک برای حل این مشکل ارائه دادند.

در همان حال تحقیقی در لندن صورت گرفت که یک روش برای مطالعه الگوهای تصادفات جرحی بر مبنای GIS و کمک گرفتن از چگالی کرنل نشان داد. این تحقیق برای ارائه یک روش شناسایی نقاط حادثه‌خیز در تصادفات با استفاده از GIS و تحلیل چگالی کرنل با اضافه کردن اطلاعات نواحی تصادفات و شناسایی نواحی مشابه به کمک میانگین عملکرد K صورت گرفت.

[1] Federal Highway Administration
[2] Erdogan et al
[3] Afyonkarashiasar

۲-۴-۴)خوشه بندی مکانی

روش‌های متنوعی برای تعریف خوشه‌های جراحت عابرین پیاده پیشنهادشده است ، تکنیک خوشه‌بندی‌های زمانی _ مکانی در تصادفات موردنیاز هستند. یک رویه از تعریف خوشه‌ها به‌عنوان سایت‌ها با تعداد زیادی از تصادفات عابر پیاده یا چگالی بالا با استفاده از چگالی کرنل است(واردن و همکاران[1]، ۲۰۱۱).

هنوز این روش‌ها به‌وسیله‌ی اندازه اثر پیرامون فاکتورهای اساسی بر توزیع آن‌ها مؤثرند(یامادا و تیل، ۲۰۱۰) . رویه‌ی دیگر برای در نظر گرفتن اندازه‌گیری اثر , استفاده از نرخ جراحت به‌عنوان تعداد جراحت در حجم وسایل ، در حجم عابرین ، در جمعیت ساکن اطراف سایت تصادف است(پالوگورتا و همکاران[2]، ۲۰۰۷).

در کنار فاکتورهای جغرافیایی جراحات عابرین پیاده ، فاکتورهای غیر جغرافیایی نقش حیاتی و حساسی در تصادفات ایفا می‌کنند. تعدادی از فاکتورهای شخصی برای ارزیابی شدت جراحات عابر پیاده لحاظ شده‌اند مانند سن ، جنسیت ، مانور عابرین(گوری و همکاران[3]، ۲۰۰۸) .

جراحات شدید در تصادفات با عبور از مقابل چراغ ترافیک یا وسایل بدون کنترل ترافیکی مرتبط اند(کینگ و همکاران[4]، ۲۰۰۹).

برای شرایط محیطی ، مطالعات(کلیفتون و همکاران[5]، ۲۰۰۹) نشان می‌دهد که احتمال جراحات عابر در تاریکی افزایش می‌یابد اما آب‌وهوا یک فاکتور خطر نیست.

---

[1] Warden et al
[2] Pulugurtha et al
[3] Gorrie et al
[4] King et al
[5] Clifton et al

از منظر برنامه‌ریزی شهری و پیش‌گیری جراحات، کشف مکان مصدوم شدن عابر که "نقطه‌ی سیاه[1]" نامیده می‌شود و فاکتورهایی که با جراحات مرتبط اند حیاتی است ، بنابراین فراهم آوردن اطلاعات بحرانی برای مداخله و پیش‌گیری ضرورت دارد(واردن[2]، ۲۰۰۸).

مطالعات مختلفی برای ساختن الگوهای مکانی در تصادفات عابر و یا وسایل نقلیه برای شناسایی موقعیت‌های بحرانی صورت گرفته است(فلاوهات و همکاران[3]، ۲۰۰۳)..

کیم و یاماشیتا(۲۰۰۷) الگوهای مکانی تصادفات عابر را ازهونولولو و هاوایی به‌وسیله‌ی تکنیک خوشه‌بندی تحلیل کرده‌اند.

باراتیان- قرقی و همکاران[4] (۲۰۱۵) موقعیت‌های با تعداد بالای تصادفات را به‌وسیله‌ی استفاده از یک روش جدید برای پیش‌بینی اولین و دومین احتمال نقاط ورودی بر مبنای موقعیت تصادفات و فاصله‌ی آن‌ها از نقاط موثر بر تصادف رتبه‌بندی کردند.

مطالعه و تحقیق پیرامون تصادفات رانندگی با استفاده از GIS و روش‌های مکانی و زمانی در سال ۱۹۹۶ در نورفولک انگلستان انجام‌شده است.

شفابخش و همکاران[5](۲۰۱۷) در تحقیقی برای شناسایی موجود بودن یا نبودن خوشه‌های نقاط حادثه‌خیز از روش تحلیل عملکرد K[6] استفاده کرده‌اند. هدف این تحقیق ترکیب کردن استفاده از روش‌های پیشرفته‌ی آمار مکانی با GIS برای ارزیابی روش جدید برای تحلیل اطلاعات ایمنی تصادفات بود.

---

[1] Blach Spot
[2] Warden
[3] Flauhaut et al
[4] Baratian-Ghorghi et al
[5] Gholam Ali Shafabakhsh et al
[6] K-Function

محققین به‌وسیله‌یافتن خوشه‌های متمرکز تصادفات قادر به کاهش تعداد تصادفات نواحی مختلف شده‌اند(جونز و همکاران،۱۹۹۶).

مطالعه‌ای بر روی تصادفات در بلژیک در سال ۲۰۰۴ باهدف شناسایی نواحی مهم صورت گرفت. محققین از روش تحلیل خوشه‌های مسطح و خطی و مقایسه‌ی آن‌ها استفاده کردند و قادر به پیدا کردن نقاط حادثه‌خیز شدند(استینبرگن و همکاران، ۲۰۰۴).

فصل سوم

اطلاعات ، روش انجام کار و تحلیل ها

۳) اطلاعات ، روش انجام کار و تحلیل ها :

هدف اصلی انجام این تحقیق بررسی فاکتورهای اثرگذار در تصادفات عابر پیاده و شناسایی نقاط حادثه‌خیز با استفاده از روش خوشه‌بندی مکانی داده‌ها به‌منظور کاهش تصادفات عابر پیاده در شهر مشهد می‌باشد.

۳-۱) روش انجام کار :

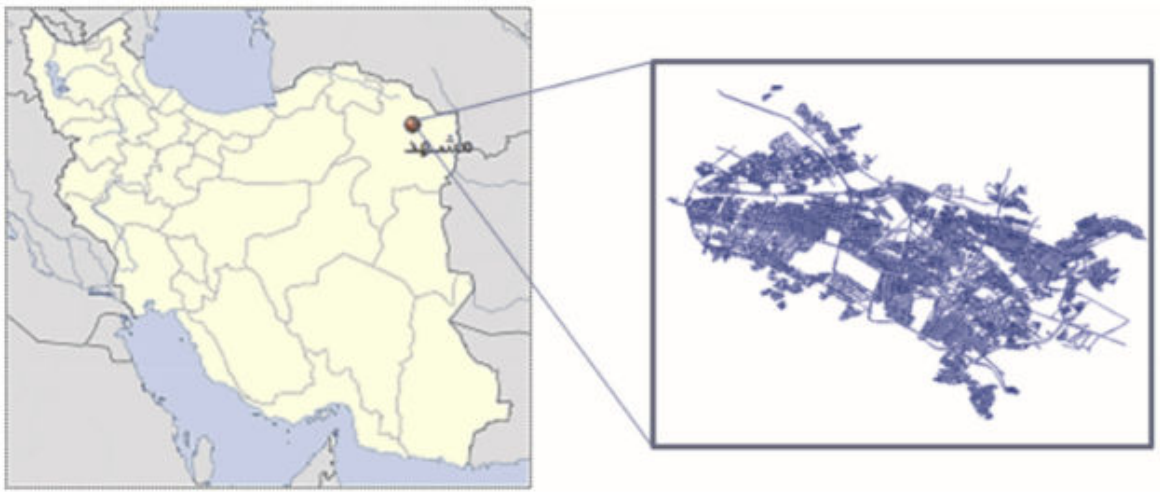
نحوه‌ی کار در این تحقیق بر چند مبنا استوار است و از چند روش و نرم‌افزار مختلف برای رسیدن به نتایج و بررسی آنها بهره برده‌ایم.

در ابتدای کار اطلاعات تصادفات مربوط به سالهای ۱۳۹۲ و۱۳۹۳ هجری شمسی در مشهد از سازمان ترافیک شهرداری اخذ شد.

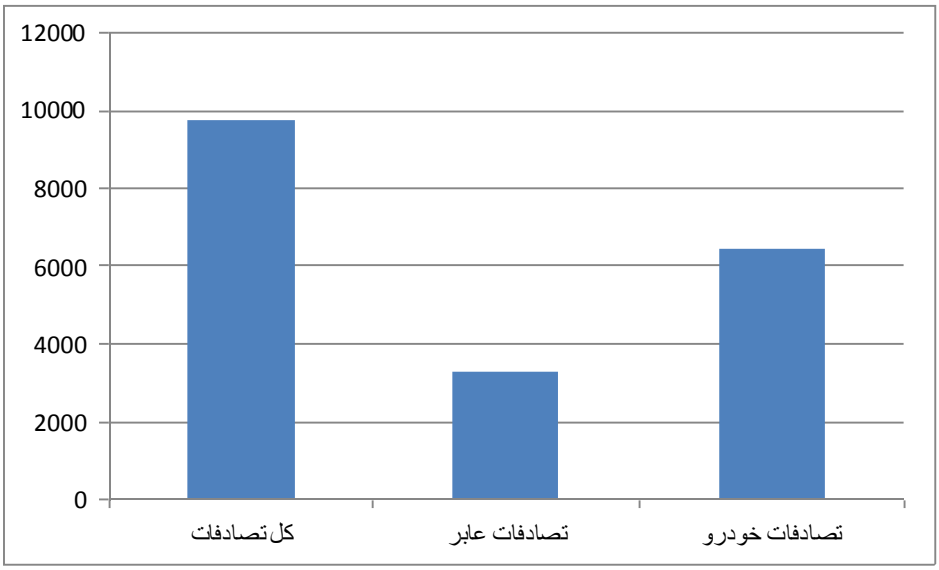
برای شناسایی فاکتورهای مهم و اثرگذار از نرم‌افزار آماری SPSS Version 23 بهره بردیم و پس از مشخص نمودن فاکتورهای اثرگذار با استفاده از نرم افزار GIS به سراغ شناسایی مناطق حادثه‌خیز که تصادفات بیشتری در آن موقعیت‌ها رخداده بود رفتیم، سپس با خوشه بندی مکانی به بررسی و تفسیر تصادفات موجود در آن خوشه ها پرداختیم.

۳-۲) اطلاعات تصادف

اطلاعات‌پایه‌ی مورداستفاده در این تحقیق شامل۹۷۵۷ تصادف در مشهد است (شکل۳-۱) که ۳۲۹۱ از این تصادفات مربوط به عابرین پیاده می‌باشد. این تصادفات در بازه ۱۳۹۲/۱۰/۰۶ تا ۱۳۹۳/۱۲/۲۹ جمع‌آوری شده‌اند که فایل اکسل و همچنین داده‌های GIS مشخصات تصادفات از سازمان ترافیک مشهد اخذشده است.(شکل۳-۲)



شکل۳-۱ نقشه منطقه ی مورد مطالعه



شکل۳-۲ فراوانی داده های ترافیکی

اطلاعات اخذ شده پس از تفکیک و جداسازی تصادفات خسارتی و فوتی در جدول ۳-۱ آورده شده اند.

جدول ۳-۱ اطلاعات خام اولیه

متغیرها	تعداد	درصد
مشخصات راه و وضعیت جوی محل		
کد معبر		
مستقیم	۲۳۳۳	۷۰.۸۹
تقاطع		
میدان	۸۳۰	۲۵.۲۳
	۱۲۸	۳.۸۸
فصل تصادف		
نیمسال اول	۱۸۴۸	۵۶.۱۵
نیمسال دوم	۱۴۴۳	۴۳.۸۵
زمان تصادف		
۶-۱۰	۴۴۱	۱۳.۴۰
۱۰-۱۴	۸۸۰	۲۶.۷۴
۱۴-۱۸	۷۳۴	۲۲.۳۰
۱۸-۲۲	۹۳۶	۲۸.۴۴
۲۲-۶	۳۰۰	۹.۱۲
سمت جهت راه		
دوطرفه مجزا با جداکننده فیزیکی	۱۸۳۴	۵۵.۷۳
دوطرفه غیر مجزا	۸۸۰	۲۶.۷۴
یک‌طرفه	۷۵۷	۱۷.۵۳
متغیرها	**تعداد**	**درصد**
وضع روشنایی		
روز	۲۰۹۱	۶۳.۵۴
شب	۱۰۴۶	۳۱.۷۸
طلوع , غروب(گرگ‌ومیش)	۱۵۴	۴.۶۸

متغیرها	تعداد	درصد
کاربری محل		
مسکونی	۲۲۵۶	۶۸.۵۵
اداری-تجاری	۶۲۶	۱۹.۰۲
غیرمسکونی	۳۲۳	۹.۸۱
تفریحی و آموزشی	۴۴	۱.۳۴
صنعتی	۴۲	۱.۲۸
وضع هوا		
صاف	۳۱۰۳	۹۴.۲۹
غیر صاف	۱۸۸	۵.۷۱
وضع هندسه محل		
مستقیم و مسطح	۳۱۸۲	۹۶.۶۹
شرایط سطح راه		
خشک و معمولی	۳۱۵۲	۹۵.۷۸
مرطوب و خیس	۱۳۹	۴.۲۲
نوع شانه		
شانه ندارد	۲۹۴۱	۸۹.۳۷
شانه خاکی یا آسفالتی	۳۵۰	۱۰.۶۳
موانع دید		
ندارد	۳۰۸۸	۹۳.۸۴
موانع دارد	۲۰۳	۶.۱۶
تعمیرات راه		
در حال تعمیر نیست	۳۲۱۶	۹۷.۷۲
در حال تعمیر است	۷۵	۲.۲۸
خسارت وارده بر تجهیزات		
ندارد	۲۹۲۴	۸۸.۸۴
دارد	۳۶۱	۱۱.۱۶

قوس یا غیر مسطح	۱۰۹	۳.۳۱
خطکشی		
ندارد	۱۵۱۹	۴۶.۱۵
دارد	۱۷۷۲	۵۳.۸۵
حداکثر سرعت مجاز		
کمتر از ۳۰	۳۷۲	۱۱.۲۹
۴۰ , ۵۰	۱۷۰۰	۵۱.۶۱
۶۰ , ۷۰	۱۰۱۲	۳۰.۷۲
بیشتر از۸۰	۲۱۰	۶.۳۸
مشخصات عمومی تصادف مقصر		
عامل وسیله نقلیه مؤثر در تصادف		
نقص ندارد	۳۱۰۲	۹۴.۲۶
نقص دارد	۱۸۹	۵.۷۴
عامل انسانی مؤثر در تصادف		
ندارد	۳۹۵	۱۲.۰۰
عجله و شتاب بی‌مورد	۲۵۱۷	۷۶.۴۸
سایر عوامل...	۳۷۹	۱۱.۵۲
علت تامه تصادف		
عدم رعایت فاصله و حق تقدم	۱۵۳	۴.۶۵
عدم توجه به جلو	۲۶۳۷	۸۰.۱۵
انحراف به‌طرفین	۹۹	۳.۰۱
حرکت با دنده‌عقب	۱۹۱	۵.۸
نقض مقررات	۷۰	۲.۱۳
سایر علل (بازنمودن ناگهانی در خودرو و...)	۱۴۱	۴.۲۸
مشخصات وسیله نقلیه مقصر اصلی		
نوع وسیله نقلیه		
سواری	۲۳۱۱	۷۰.۲۴

موتورسیکلت , دوچرخه	۶۴۳	۱۹.۵۴
وسایل باری(وانت‌بار و کامیون و...)	۲۴۸	۷.۵۵
وسایل عمومی(مینی‌بوس،اتوبوس)	۸۹	۲.۷
متغیرها	**تعداد**	**درصد**
نحوه برخورد		
جلو	۲۴۹۰	۷۵.۶۸
طرفین	۵۷۶	۱۷.۴۹
پشت	۲۲۵	۶.۸۳
مانور وسیله نقلیه		
حرکت به جلو	۲۶۶۵	۸۱
گردش به‌طرفین	۳۸۹	۱۱.۸۱
حرکت‌به‌عقب	۲۳۷	۷.۱۹
نوع برخورد با عابر		
برخورد مستقیم با عابر	۲۳۵۳	۷۱.۴۹
چند برخوردی	۹۳۸	۲۸.۵۱
مشخصات عابرین صدمه‌دیده		
رده‌ی سنی		
کمتر مساوی ۷	۴۱۱	۱۲.۵۱
۸-۱۳	۲۵۰	۷.۵۹
۱۴-۱۹	۱۹۰	۵.۷۷
۲۰-۳۰	۵۴۷	۱۶.۶۴
۳۱-۴۰	۳۸۴	۱۱.۶۶
۴۱-۵۰	۳۵۸	۱۰.۴۷
۵۱-۶۰	۳۶۷	۱۱.۱۷
۶۱-۷۰	۲۷۸	۸.۴۴
بیشتر از ۷۰	۱۹۵	۵.۹۲
جنسیت		
مرد	۱۹۳۲	۵۸.۷۱
زن	۱۳۱۶	۴۱.۲۹

وضعیت عابر		
عبور از عرض راه از مسیر مجاز	۱۲۵۱	۷۹.۸۲
عبور از عرض راه از مسیر غیرمجاز	۱۲۳	۷.۸۳
در حالت ایستاده کنار راه	۸۴	۵.۳۵
در حال سوار یا پیاده شدن از وسیله نقلیه	۱۹	۱.۲۱
عبور همسو با حرکت وسیله نقلیه	۲۲	۱.۴۰
عبور در خلاف حرکت وسیله نقلیه	۷	۰.۴۵
خارج‌ازمسیر سواره‌رو	۹	۰.۵۷
در حال کار کردن / کار روی وسیله نقلیه	۱۱	۰.۷۰
پریدن ناگهانی در جلوی وسیله نقلیه	۵	۰.۳۲
دویدن ناگهانی بر روی راه	۹	۰.۵۷
در حال هل دادن وسیله نقلیه	۱	۰.۰۶
عبور از موانع راه	۱	۰.۰۶
سایر...	۲۶	۱.۶۵
مجموع	۳۲۹۱	۱۰۰

۳-۳) روش های تحلیل تصادفات

۳-۳-۱) تحلیل رگرسیون [1]:

تحلیل رگرسیونی، فن و تکنیکی آماری برای بررسی و به مدل در آوردن ارتباط بین متغیرهاست. کاربردهای رگرسیون، متعدد است. در حقیقت تحلیل رگرسیونی ممکن است فن و تکنیکی آماری با بیشترین و وسیعترین کاربرد بین تکنیکهای آماری باشد. منظور از مدل بندی یا مدل کردن یک فرآیند، در نظر گرفتن یک مدل ریاضی بصورت یک معادله به منظور نشان دادن رفتار و روند کلی آن فرآیند

[1] Regression Analysis

می‌باشد. و رگرسیون یکی ازمهم ترین و پرکاربرد ترین انواع مدل بندی در آمار است که به دو صورت خطی[1] و غیر خطی[2] مطرح می‌شود.

در مدل‌های آماری، تحلیل رگرسیون یک فرایند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می‌باشد. این روش شامل تکنیک‌های زیادی برای مدل‌سازی و تحلیل متغیرهای خاص و منحصربه‌فرد است وقتی‌که تمرکز روی روابط بین متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل باشد. تحلیل رگرسیون خصوصاً کمک می‌کند در فهم اینکه چگونه مقدار متغیر وابسته با تغییر هرکدام از متغیرهای مستقل و با ثابت بودن دیگر متغیرهای مستقل تغییر می‌کند. در همه موارد هدف تخمین یک تابع از متغیرهای مستقل است که تابع رگرسیون نامیده شده است. در تحلیل رگرسیون تعیین پراکندگی متغیر وابسته اطراف تابع رگرسیون مورد توجه است که می‌تواند توسط یک توزیع احتمال توضیح داده شود.

تحلیل رگرسیون به‌صورت گسترده برای پیش‌بینی استفاده‌شده است. تحلیل رگرسیون همچنین برای شناخت ارتباط میان متغیر مستقل و وابسته و شکل این روابط استفاده‌شده است. در شرایط خاصی این تحلیل برای استنتاج روابط عالی بین متغیرهای مستقل و وابسته می‌تواند استفاده شود. هرچند این می‌تواند موجب روابط اشتباه یا باطل شود بنابراین احتیاط قابل توصیه است.

تکنیک‌های زیادی برای انجام تحلیل رگرسیون توسعه داده‌شده است. روش‌های آشنا همچون رگرسیون خطی و حداقل مربعات که پارامتری هستند، درواقع در آن تابع رگرسیون تحت یک تعداد محدودی از پارامترهای ناشناخته از داده‌ها تخمین زده‌شده است. رگرسیون غیر پارامتری به روش‌هایی اشاره می‌کند که به توابع رگرسیون اجازه می‌دهد تا در یک مجموعه مشخص از توابع با احتمال پارامترهای نامحدود قرار گیرند. واژه رگرسیون را ازلحاظ لغوی در فرهنگ لغت به معنی پسروی، برگشت و بازگشت است. اما

[1] Linear
[2] Nonlinear

از دید آمار و ریاضیات به مفهوم بازگشت به یک مقدار متوسط یا میانگین به کارمی رود، بدین معنی که برخی پدیده‌ها به‌مرورزمان ازنظر کمی به‌طرف یک مقدار متوسط میل می‌کنند(دابسن[1]، ۲۰۱۳)

۳-۳-۱-۱) رگرسیون **خطی ساده**[2]

در رگرسیون به دنبال برآورد رابطه ریاضی و تحلیل آن هستیم، به طوری بتوان به کمک آن کمیت یک متغیر مجهول را با استفاده از متغیر یا متغیرهای معلوم، تعیین کرد. با فرض آنکه رابطه علت و معلولی بین دو متغیر کمی وجود دارد و این رابطه به‌صورت خطی باشد، معادله رگرسیون به شکل زیر است:

$$\hat{y} = \alpha + bx$$

رابطه(۳-۱)

۳-۳-۱-۲) **رگرسیون چندگانه**[3]

گاهی دو یا چند متغیر تأثیر عمده‌ای روی متغیر وابسته دارند. در این وضعیت از رگرسیون چندگانه جهت پیش‌بینی متغیر وابسته استفاده می‌شود. در رگرسیون چندگانه نیز فرض خطی بودن متغیرها برقرار می‌باشد و بر همین اساس معادله رگرسیون چندگانه با سه متغیر وابسته به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\hat{y} = \alpha + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_n x_n$$

رابطه(۳-۲)

[1] Dubsen
[2] Linear Regression
[3] Multiple Regression

۳-۳-۱-۳) رگرسیون لجستیک[1]

در بحث تحلیل رگرسیون در مورد موقعیت‌هایی صحبت شد که در آن‌ها متغیرهای وابسته پیوسته بوده است. اما در بسیاری از پژوهش‌ها متغیر وابسته تنها دو نتیجه ممکن دارد و می‌تواند فقط یکی از دو مقدار صفر یا یک را بپذیرد که ارزش یک به معنای وقوع حادثه و ارزش صفر به معنای عدم وقوع آن (یا بالعکس) است.

رگرسیون لجستیک شبیه به رگرسیون معمولی است، با این تفاوت که روش تخمین ضرایب یکسان نیست. در رگرسیون لجستیک به‌جای حداقل کردن مجذور خطاها، (که در رگرسیون معمولی انجام می‌گیرد) احتمالی رخداد یک واقعه را حداکثر می‌کند. همچنین در تحلیل رگرسیون معمولی برای بررسی معنی‌داری بودن رابطه از آماره‌های استاندارد F , t استفاده می‌شود درحالی‌که در رگرسیون لجستیک از آماره‌های «کای دو[2]» و «والد[3]» استفاده می‌شود.

آماره کای دو به‌منظور تعیین میزان اثرگذاری متغیر (متغیرهای مستقل) بر متغیر وابسته و به‌طورکلی برازش کل مدل است و قابل‌مقایسه با آماره F در تحلیل رگرسیون معمول است. آزمون والد نیز معنی‌دار بودن متغیرهای واردشده در معادله رگرسیون را بررسی می‌کند و قابل‌مقایسه با آماره t در رگرسیون معمولی است.

متغیرهایی که در تحلیل رگرسیونی به کار گرفته می‌شوند معمولاً متغیرهای کمی هستند: یعنی این متغیرها دارای یک مقیاس اندازه گیری قابل تعریف می‌باشند. گاهی ضرورت دارد که متغیرهای کیفی یا رسته ای به عنوان متغیر رگرسیونی در رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند.

---

[1] Logistic Regression
[2] Chi-Square
[3] Wald

در بعضی موقعیتها با مسئلههایی روبرو می‌شویم که متغیر پاسخ یک متغیر کیفی دو سطحی می‌باشد که اصطلاحاً به این متغیرها، متغیرهای نشانگرگفته می‌شود زیرا برای معرفی تابع پاسخ از تابع نشانگر استفاده می‌شود. بدین معنی که متغیر پاسخ فقط می‌تواند دو مقدار را بگیرد. بنابراین پاسخ یک متغیر نشانگر با مقدار صفریا یک است. در اینجا متغیر پاسخ اغلب به صورت موفقیت یا شکست است که برای اینگونه مسائل الگوی خطی نرمال مطمئناً مناسب نیست زیرا خطاهای نرمال متناظر با پاسخ صفر یا یک نیستند. روش مهمی که از آن در این وضعیت می‌توان استفاده نمود «رگرسیون لجستیک» است.

رابطه ی ۳-۳ حالت عمومی رگرسیون لوجستیک را نشان می دهد.

$$\operatorname{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta_1 x_{1,i} + \cdots + \beta_k x_{k,i}$$

$$i = 1, \ldots, n,$$

$$p = \Pr(Y_i = 1).$$

$$p = \Pr(Y_i = 1|X) = \frac{e^{\alpha+\beta_1 x_{1,i}+\cdots+\beta_k x_{k,i}}}{1 + e^{\alpha+\beta_1 x_{1,i}+\cdots+\beta_k x_{k,i}}}.$$

رابطه(۳-۳)

در بعضی مسائل با یک متغیر پاسخ نشانگر رابطه بین x, y غیرخطی است، بسیار پیش می‌آید که ملاحظه می‌کنیم که تابع پاسخ شکل S دارد. روشهایی برای برازش چنین تابعی وجود دارد. یکی از

روشهایی که مدلسازی این شکل را شامل می‌شود، مدلسازی با تابع توزیع نرمال استاندارد است. این روش « تحلیل پروبیت[1] » نامیده می‌شود.

برازش تابع لجستیک معمولاً « تحلیل لجیت[2] » نامیده می‌شود.

اگر توزیع تجمعی نرمال باشد، در این صورت بایستی تحلیل پروبیت بکار گرفته شود، در حالیکه اگر توزیع تجمعی لجستیک باشد در اینصورت روش تحلیل لوجیت را اقتضا می‌کند از آنجا که برازش تابع لجستیک تا حدی آسانتر است، استفاده ازآن را روشن می‌کنیم. تابع لجستیک اساساً خطی است.

فرضهایی که در رگرسیون لجستیک وجود ندارد :

۱) فرض وجود رابطه خطی بین متغیرپاسخ (وابسته) و متغیرهای مستقل وجود ندارد، زیرا تابع لجیت

غیرخطی است.

۲) لازم نیست که متغیرپاسخ دارای توزیع نرمال باشد ولی توزیع آن باید از خانواده نمایی باشد.

۳) لازم نیست که واریانس در هر سطح متغیر پاسخ یکسان باشد.

۴) توزیع نرمال خطاها لازم نیست.

۵) در رگرسیون لجستیک لازم نیست که متغیر مستقل، فاصله ای باشد.

۶) در رگرسیون لجستیک لازم نیست که متغیر مستقل، کراندار باشد.

[1] Probit
[2] Logit

فرضهایی که در رگرسیون لجستیک وجود دارند :

۱- جملات خطا باید مستقل باشند.

۲- در رگرسیون لجستیک لازم نیست که بین متغیر پاسخ و متغیرهای مستقل رابطه خطی وجود داشته باشد(رضوی[1]، ۱۳۹۰).

۳-۳-۲) ملاحظات انتخاب مدل

در رگرسیون چندگانه ، چند متغیر مستقل مدلی را می‌سازند که مقدار متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌کنند. از آنجا که امکان دارد این متغیرهای مستقل با یکدیگر رابطه داشته باشند، همیشه این نگرانی وجود دارد که آیا مدل به‌دست‌آمده اعتبار دارد یا خیر. برای نمونه فرض کنید در یک مدل رگرسیون، سه متغیر وجود دارند. ممکن است تک‌تک متغیرهای مستقل با متغیر وابسته رابطه مثبتی داشته باشند ولی زمانی که این متغیرها باهم وارد مدل رگرسیون می‌شوند این امکان وجود دارد که به دلیل وجود رابطه بین متغیرهای مستقل، ضریب رگرسیون یک یا دو متغیر منفی محاسبه گردد و یا امکان دارد ضرایب رگرسیون اصلاً معنی‌دار نشوند. اگرچه امکان دارد که در دنیای واقع، این مدل درست باشد ولی این نگرانی وجود دارد که ممکن است نتیجه برعکس بوده و ناشی از اشتباه در تحلیل آماری رقم خورده باشد. برای حل این مشکل، روش‌هایی برای وارد نمودن متغیرهای مستقل درون مدل رگرسیون ابداع‌شده‌اند:

انتخاب روبه‌جلو[2] : در این روش به ترتیب تک‌تک متغیرهای مستقل وارد مدل رگرسیون می‌شوند و در هنگان اضافه شدن، یک معیار برای پذیرش متغیر مستقل در نظر گرفته می‌شود.

[1] Razavi
[2] Forward Selection

حذف پسرو[1] : در این روش به‌صورت رندم و ابتکاری همه متغیرهای مستقل وارد مدل می‌شوند و به‌صورت مرحله‌به‌مرحله از یک نوع معیار خاص برای حذف هرکدام از متغیرها بهره جسته می‌شود. درصورتی‌که با توجه به معیار موردنظر وجود متغیر غیرضروری باشد، آن متغیر از مدل حذف می‌شود..

نشانگر گام به‌گام[2] : در این روش هم چون انتخاب روبه‌جلو متغیرها تک‌تک اضافه می‌شوند با این تفاوت که بعد از اضافه شدن، تک‌تک متغیرها بر اساس معیار روش حذف پس رو بررسی می‌شوند.

شایان توجه است که در نرم‌افزار spss متدها به شیوه زیر ارائه گشته‌اند:

روش ورود[3] : بدون هیچ قاعده تمام متغیرها وارد شوند.

روش گام به‌گام[4] : همان روش حذف پس‌رو می‌باشد

روش خروج[5] : در این روش یک متغیر حذف موقت شده و مدل رگرسیون دوباره و بدون حضور متغیر حذف‌شده تست می‌شود اگر نتایج بهتر باشد متغیر حذف نهایی می‌شود.

روش پسرو[6] : همان روش نشانگر گام‌به‌گام است.

روش پیشرو[7] : همان روش انتخاب روبه‌جلو است(فربد[8]، ۱۳۹۴).

در این تحقیق از روش گام به گام استفاده شده است.

[1] Backward Elimination
[2] Stepwise Entry
[3] Enter
[4] Stepwise
[5] Remove
[6] Backward
[7] Forward
[8] Farbod

۳-۳-۲-۱) سطح معنی‌داری[1] و آزمون کای دو[2]

موقعی که فرضیه‌ای را تنظیم می‌کنیم، باید با استفاده از آزمون‌های آماری مناسب، صحت یا سقم آن را در سطح خطای معین تعیین کنیم.

سطح معنی‌داری، که در نرم‌افزار SPSS به‌اختصار با(Sig.) نشان داده می‌شود، میزان خطایی است که در رد فرض صفر (H_0) مرتکب می‌شویم. سطح معنی‌داری در علم آمار به مقدار احتمال[3] معروف است. در تفسیر نتایج هر آزمونی، اعم از پارامتری و نا پارامتری، هر چه مقدار .Sig کوچک‌تر باشد، رد فرض صفر ساده‌تر است.

آلفا(α) سطح خطایی است که محقق در نظر می‌گیرد (مقدار آلفا معمولاً ۰.۰۵ یا ۵ درصد است).

بسیاری از محققین در تمایز دو مفهوم .Sig و α از همدیگر دچار اشتباه می‌شوند. در این خصوص باید گفت که α میزان خطای در نظر گرفته شده محقق و .Sig میزان خطای محاسبه شده در رد فرض H_0 است.

به‌طورکلی، می‌توان گفت:

رد فرض H_0 و پذیرش فرض $H_0 1 \rightarrow (0.05)\alpha > (P)Sig$

پذیرش فرض H_0 و رد فرض $H_0 1 \rightarrow (0.05)\alpha \leq (P)Sig$

برای این‌که با استفاده از سطح معنی‌داری به‌دست‌آمده برای هر آزمون، بتوانیم فرض H_0 را رد یا تأیید کنیم، تعیین معنی‌داری در دو سطح امکان‌پذیر است. یعنی این‌که می‌توانیم معنی‌داری یا عدم معنی‌داری هر آزمونی را در دو سطح تعیین و سپس بر اساس آن به قضاوت بپردازیم:

---

[1] Level of Significance
[2] Chi-Square
[3] P-Value

۱) سطح معنی داری کوچک‌تر از ۰.۰۱ :

در این سطح معنی‌داری، با ۹۹٪ سطح اطمینان و خطای ۰.۰۱ فرض H_0 رد می‌شود. این سطح به معنای واقعی نبودن رابطه در یک نمونه از هر ۱۰۰ نمونه می‌باشد .یعنی فقط یک نمونه از هر ۱۰۰ نمونه برحسب تصادف به رابطه مشاهده‌شده در نمونه ما شبیه است (دواس[1]، ۱۳۷۶). چنان چه بتوانیم فرض H_0را در سطح معنی‌داری ۰.۰۱رد کنیم، در آن صورت دقت برآورد پارامتر جامعه از آماره نمونه بیش‌تر است.

۲) سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۰.۰۵ :

در این سطح معنی‌داری، با ۹۵٪ سطح اطمینان و خطای ۰.۰۵ فرض H_0 رد می‌شود. این سطح بدین معناست که فقط ۵ نمونه از هر ۱۰۰ نمونه برحسب تصادف به رابطه مشاهده‌شده در نمونه ما شبیه است (دواس، ۱۳۷۶). بنابراین، سطح اطمینان رد فرض H_0 در این سطح معنی‌داری، کم‌تر از سطح ۰.۰۱ است. در علم آمار و همچنین نرم‌افزارSPSS ، برای رد یا قبول فرض H_0 ، سطح ۰.۰۵ به‌عنوان مبنا در نظر گرفته می‌شود.

نکته: بنابراین، ممکن است یک فرض صفر (H_0) در یک سطح خطا، مثلاً ۰.۰۱، معنی‌دار نباشد، ولی در سطح ۰.۰۵، معنی‌دار باشد. ازاین‌رو، انتخاب سطح معنی‌داری در رد یا تأیید (H_0) عامل بسیار مهمی در رد فرض H_0 است و تعیین این امر به عهده خود محقق می‌باشد(مؤمنی، ۱۳۸۶).

آزمون کای دو: نشان از برازش مدل دارد و هم‌چنین نشان می‌دهد متغیرهای مستقل از توانایی لازم برای پیش‌بینی اثر شاخص‌های موردنظر در متغیر وابسته(جراحت در معابر مختلف) برخوردار می‌باشند.

[1] Duas

۳-۳-۳) تحلیل با چگالی کرنل[1]

چگالی کرنل تراکم یک عارضه را در همسایگی پیرامون آن محاسبه می کند. این ابزار برای محاسبه ی چگالی نقاط و خطوط از قبیل چگالی منازل، گزارش تخلفات و مسیر های مواصلاتی و... کاربرد دارد.

۳-۳-۳-۱) شعاع الگوریتم[2](پهنای باند[3]) :

روش مورد استفاده برای محاسبه ی شعاع الگوریتم که به آن پهنای باند نیز گفته می شود به شرح ذیل می باشد :

۱) محاسبه ی مرکز میانگین نقاط ورودی

۲) فاصله ی همه ی نقاط از مرکز میانگین

۳) محاسبه ی میانگین این فواصل ، D_m

۴) محاسبه ی فاصله ی استاندارد[4] ، SD

۵) اعمال فرمول زیر برای محاسبه ی پهنای باند :

$$SearchRadius = 0.9 * \min\left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m\right) * n^{-0.2}$$

رابطه(۳-۴)

n : تعداد تمام نقاط، چه آنهایی که استفاده شده اند چه آنهایی که جز جمعیت مورد نظر نیستند.

SD : فاصله ی استاندارد

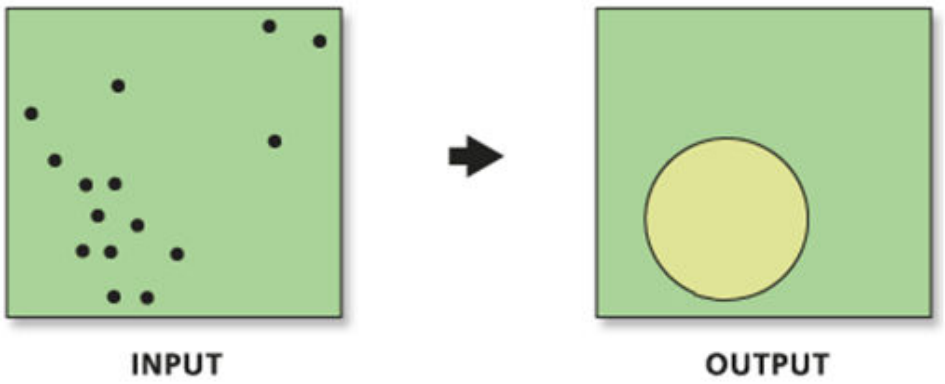
[1] Kernel Density
[2] Radius Algorithm
[3] Bandwidth
[4] Standard Distance

D_m : میانگین فواصل

min : نشان دهنده ی این است که اگر دو مقدار جواب بدست آمد مقدار کوچک تر را در نظر می گیریم.

۳-۳-۳-۲) فاصله ی استاندارد(SD):

برای نشان دادن پراکندگی عوارض[1] اطراف مرکز یک توزیع از مقدار واحدی استفاده می کنند این مقدار واحد یک فاصله است. بنابراین تراکم یک سری عارضه بر روی نقشه با رسم یک دایره به شعاع برابر با فاصله ی استاندارد نشان داده می شود. ابزار فاصله ی استاندارد یک دایره رسم می کند.



شکل ۳-۳ نحوه ی ارائه ی فاصله ی استاندارد

۳-۳-۳-۳) چگالی کرنل برای عوارض نقطه ای[2]

چگالی کرنل تراکم عارضه را در اطراف هر سلول رستری خروجی محاسبه می کند، تصور کنید یک سطح منحنی هموار اطراف هر نقطه ثابت می شود، مقدار سطح در خود عارضه بیشترین و با افزایش فاصله از عارضه کاهش می یابد و در روی شعاع تاثیر به مقدار صفر می رسد.

[1] Features
[2] Point Features

حجم زیر سطح منحنی با مقدار فیلد جمعیت برای هر نقطه برابر است. چگالی در هر سلول رستری خروجی به وسیله ی اضافه کردن تمام مقادیر سطوح کرنل که مرکز سلول رستری را پوشش داده اند محاسبه می شود.

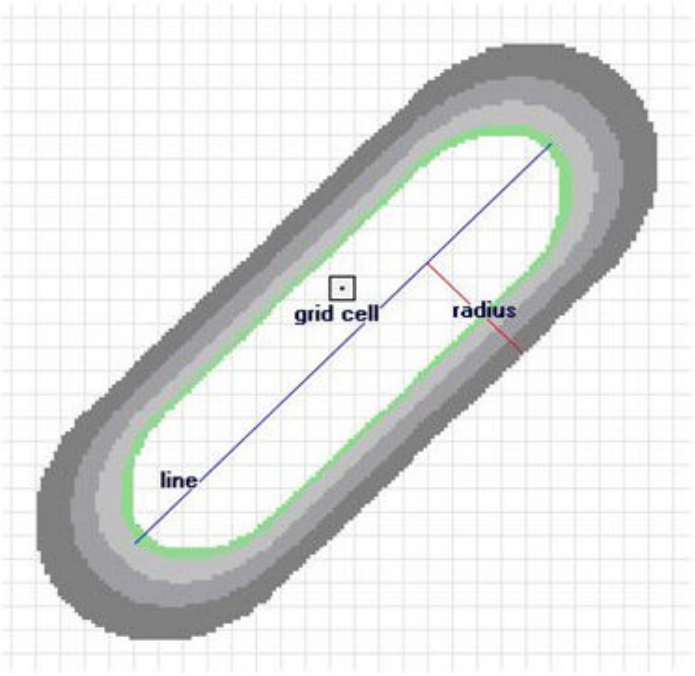
هدف چگالی کرنل ساخت یک سطح چگالی هموار از نقاط با تعداد حادثه‌ی بالا به وسیله شمردن تعداد تصادفات در هر موقعیت به‌عنوان تخمین چگالی است.

۳-۳-۳-۴) چگالی کرنل برای عوارض خطی[1]

چگالی کرنل همچنین می تواند تراکم خطوط عوارض در همسایگی هر سلول رستری خروجی را محاسبه کند.

تصور کنید یک سطح منحنی هموار اطراف هر خط ثابت می شود، مقدار آن بر روی خط بیشترین و با دور شدن از خط کاهش می یابد تا در شعاع تاثیر به صفر می رسد. حجم زیر سطح معین شده برابر است با مجموع طول خط و مقدار فیلد جمعیت. شکل زیر خط و سطح کرنل ثابت شده ی اطراف آن را نشان می دهد. مقدار سطح کرنل در مرکز سلول رستری برابر است با مقدار مشارکت مقطع خط در چگالی(سیلورمن[2]، ۱۹۸۶)

[1] Line Features
[2] Silverman



شکل۳-۴ مقطع خط و سطح کرنل ثابت شده ی اطراف آن

۳-۳-۴) تحلیل نقاط حادثه خیز [1]

این ابزار با دقت نظر در هر عارضه همراه با زمینه ی همسایه های اطراف آن عارضه کار می کند.

خروجی این ابزار شاخص های آماری P-Value و Z-Score می باشد که ارزش خوشه بندی مکانی هر عارضه را بیان می کند.

ممکن است یک عارضه دارای ارزش باشد اما شاید یک نقطه ی خطر با ارزش آماری نباشد، برای رسیدن به این اعتبار یک عارضه بایستی دارای ارزش بالا باشد و به وسیله ی عوارض با ارزش دیگری احاطه شده باشد(میشل[2]، ۲۰۰۵).

[1] Hot Spot Analysis
[2] Mitchell

برای رسیدن به شاخص Z-Score جمع ارزش محلی برای یک عارضه و همسایگانش با جمع ارزش تمام عوارض مقایسه می شود، زمانی که جمع محلی با جمع مورد انتظار تفاوت زیادی داشت واین تفاوت آنقدر زیاد باشد که بعید است نتیجه ی شانس تصادفی باشد، این شاخص حاصل می شود(گتیس و اُرد[1]، ۱۹۹۲).

۳-۳-۴-۱) چگونگی عملکرد Z-Score و P-Value

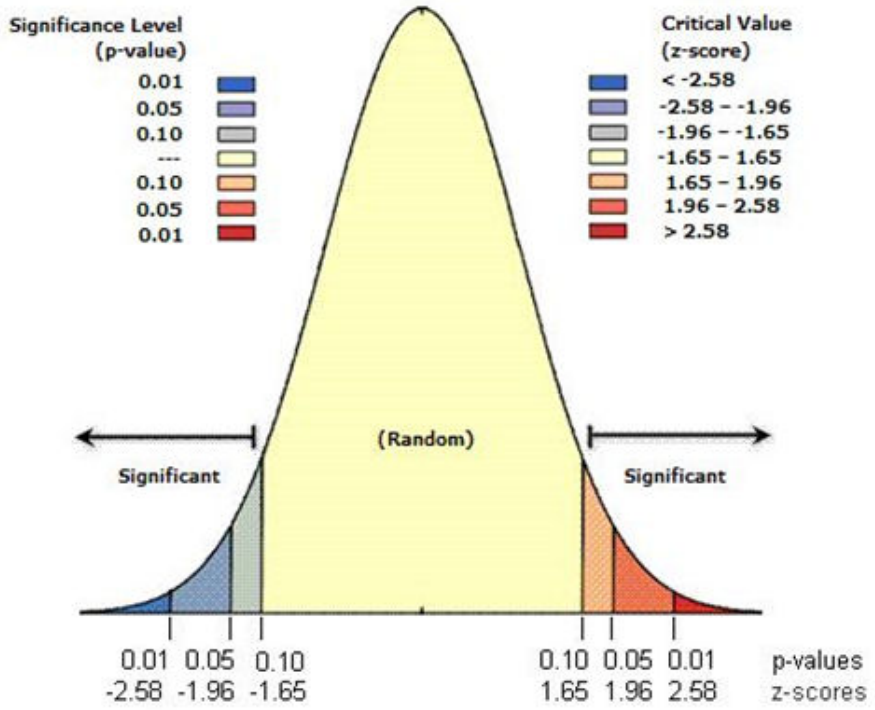
این شاخص های آماری در ابزار های تحلیل الگو[2] برای رد یا قبول فرض صفر کاربرد دارند، که اهمیت آماری پراکندگی[3] یا خوشه بندی[4] را نشان می دهند.

P-Value یک احتمال است. برای ابزار های تحلیل الگو این احتمال وجود دارد که الگو مکانی به وسیله ی برخی فرآیند های تصادفی[5] ساخته شود. زمانی که P-Value بسیار کوچک باشد معنایش این است که احتمال اینکه الگوی مکانی نتیجه ی یک فرآیند تصادفی باشد بسیار پایین است، لذا فرض صفر رد می شود.

Z-Score انحراف استاندارد می باشد. برای مثال اگر پاسخ الگو برای Z-Score برابر ۲.۵ باشد می توان گفت انحراف استاندارد ۲.۵ است.

Z-Score و P-Value با توزیع نرمال در ارتباط اند :

[1] Getis and Ord
[2] Pattern Analysis Tools
[3] Dispersion
[4] Clustering
[5] Random



شکل۳-۵ نمودار توزیع نرمال و شاخص های Z-Score و P-Value

مقادیر خیلی زیاد و خیلی کم Z-Score با مقادیر P-Value بسیار کم در ارتباط هستند و در انتهای توزیع نرمال جای دارند(اِبدن[1]، ۱۹۸۵).

پس از اجرای ابزار های تحلیل الگو اگر خروجی P-Value بسیار کم و Z-Score بسیار کم یا زیاد ارائه داد این نشان دهنده ی آن است که الگوی مکانی مورد نظر بسیار بعید است که منعکس کننده ی الگوی تصادفی به وسیله ی فرض صفر باشد.

برای رد کردن فرض صفر شما بایستی یک قضاوت ذهنی با توجه به درجه و میزان ریسک مورد نظر برای اشتباه بودن فراهم کنید، در نتیجه قبل از اقدام برای آمار فضایی[1] بایستی سطوح اطمینان را انتخاب کنید. سطوح اطمینان متداول عبارتند از ۹۰ و ۹۵ و ۹۹ درصد.

[1] Ebdon

سطح اطمینان ۹۹ درصد بیشترین مقدار محافظه کاری را داراست و ناچیز بودن احتمال ساخته شدن الگو را به صورت شانس تصادفی بیان می کند(کمتر از ۱ درصد احتمال).

جدول۳-۱ مقادیر سطح اطمینان، P-Value و Z-Score

سطح اطمینان[۴]	P-Value (احتمال[3])	Z-Score (انحراف استاندارد[۲])
۹۰%	< ۰.۰۱	< -۱.۶۵ or > +۱.۶۵
۹۵%	< ۰.۰۵	< -۱.۹۶ or > +۱.۹۶
۹۹%	< ۰.۰۱	< -۲.۵۸ or > +۲.۵۸

یک نکته ی کلیدی وجود دارد که مقادیر میانی توزیع نرمال یک خروجی مورد انتظار را نشان می دهد. زمانی که مقادیر Z-Score بسیار زیاد یا کم و مقادیر P-Value بسیار کم باشند شما پارامتر های غیر عادی را مشاهده می کنید.

در ابزار تحلیل نقاط حادثه خیز این حدود به نقاط حادثه خیز [۵] و نقاط کم خطر[۶] تقسیم می شوند و به عوارض با Z-Score مهم آماری مثبت که مقدار آن بسیار زیاد است نقاط حادثه خیز و به عوارض با Z-Score مهم آماری منفی که مقدار آن بسیار کم است نقاط کم خطر می گویند(گودچایلد[۷]، ۱۹۸۶).

[1] spatial statistic
[2] Standard Deviations
[3] Probability
[4] Confidence Level
[5] Hot Spot
[6] Cold Spot
[7] Goodchild

۳-۳-۵) خوشه بندی کامینز[1]

وقتی به دنیای اطرافمان نگاه می کنیم برای ما سازماندهی کردن، گروه بندی کردن، متمایز و فهرست کردن هر چیزی که می بینیم برای کمک به خودمان برای درک بهتر نسبت به آن بسیار طبیعی است، این نوع فرآیند های دسته بندی ذهنی برای فهمیدن و یاد گرفتن بهتر اساسی هستند.

K- Means یکی از ساده ترین الگوریتم های یادگیری بدون نظارت است که مسائل کلاسترینگ معروف را حل می کند. این الگوریتم از یک شیوه ساده برای کلاس بندی کردن یک مجموعه داده در یک تعداد از پیش مشخص شده (k) کلاستر، استفاده می کند.

ایده ی اصلی تعریف k مرکز برای هر یک از کلاستر ها می باشد . این مراکز بایستی با دقت زیاد انتخاب شوند ، زیرا مراکز مختلف ، نتایج مختلف را به وجود می آورند.

بنابراین بهترین انتخاب قرار دادن آنها (مراکز) در فاصله هر چه بیشتر از یکدیگر می باشد . قدم بعدی تخصیص هر الگو به نزدیک ترین مرکز می باشد.

وقتی همه ی نقاط به مراکز موجود تخصیص داده شدند، مرحله اول تکمیل شده است و یک گروه بندی اولیه انجام شده است. در این مرحله نیاز داریم که k مرکز جدید برای کلاستر های مرحله قبل محاسبه کنیم. بعد از تعیین k مرکز جدید ، مجدداً داده ها را به مراکز مناسب تخصیص می دهیم. این مراحل را آنقدر تکرار می کنیم که دیگر k مرکز ، جابجا نشوند.

این الگوریتم تلاش می کند که یک تابع هدف را مینیمم کند.

[1] K-Means Clustering

این الگوریتم از مراحل زیر تشکیل شده است:

۱) مشخص کردن مراکز این نقاط معرفی کنند مراکز گروه های اولیه می باشند.

۲) تخصیص هر الگو به گروهی که نزدیکترین مرکز به الگوی مربوطه را دارد.

۳) وقتی که تمام الگو ها تخصیص داده شدند،موقعیت k مرکز دوباره محاسبه می شود.

۴) مراحل ۲ و ۳ آنقدر تکرار می شوند تا مراکز دیگر جابجا نشوند.

در این تحقیق برای دسته بندی نقاط حادثه خیز از این نوع خوشه بندی استفاده شده است.

فصل چهارم

خروجی مدل ها و بحث پیرامون نتایج

۴) بحث پیرامون نتایج :

مراحل انجام این تحقیق در ۷ فاز مختلف صورت گرفت :

مرحله‌ی اول : اخذ داده‌های تصادفات از سازمان ترافیک و مرتب‌سازی آن‌ها و تفکیک و جداسازی داده‌ها به تصادفات عابر و وسیله‌ی نقلیه و استخراج داده های مربوط به عابر

مرحله ی دوم : تحلیل آماری داده ها توسط نرم افزار SPSS و با استفاده از مدل رگرسیون لوجستیک چند متغیره[۱]

مرحله ی سوم : بررسی تراکم نقاط تصادف با استفاده از چگالی کرنل[۲]

مرحله ی چهارم : تعیین نقاط حادثه خیز با استفاده از تحلیل نقاط حادثه خیز [۳]

مرحله ی پنجم :خوشه بندی مکانی تصادفات با استفاده از تحلیل خوشه بندی K-Means[۴]

مرحله ی ششم : تحلیل آماری به تفکیک هر خوشه توسط نرم افزار SPSS و با استفاده از مدل رگرسیون لوجستیک چند متغیره

مرحله ی هفتم :بازدید میدانی نقاط حادثه خیز هر خوشه

[1] Multinomial Logistic Regression
[2] Kernel Density
[3] Hot Spot Analysis
[4] K-Means Cluster Analysis

۴-۱)تحلیل آماری

۴-۱-۱) مدل رگرسیون لوجستیک چند متغیره

ابتدای امر اطلاعات موردنظر را وارد نرم‌افزار SPSS Version 23 می‌کنیم.

در مدل مذکور متغیر وابسته جراحت در معابر مختلف (بزرگراه ، شریانی درجه ۱ ، شریانی درجه ۲ ، محلی و جمع و پخش‌کننده) و روش آنالیز به‌صورت گام‌به‌گام[1] می‌باشد.

نتایج حاصله از مدل رگرسیون لوجستیک چند متغیره در جدول ۴-۱ آمده است.

جدول ۴-۱ فراوانی متغیرهای مستقل و وابسته

متغیـــــــــــــــــر		تعـــداد	درصد فراوانی
	جراحت در بزرگراه	۳۰۲	%۱۰.۱
	جراحت در شریانی درجه ۱	۷۰۴	%۲۳.۶
نوع جراحت	جراحت شریانی درجه ۲	۷۴۷	%۲۵.۱
	جراحت در محلی و جمع و پخش‌کننده	۱۲۲۹	%۴۱.۲
	مستقیم	۲۱۱۴	%۷۰.۹
کد معبر	تقاطع	۷۵۵	%۲۵.۳
	میدان	۱۱۳	%۳.۸
	۶-۱۰	۴۰۳	%۱۳.۵
	۱۰-۱۴	۸۰۲	%۲۶.۹
زمان تصادف	۱۴-۱۸	۶۷۳	%۲۲.۶
	۱۸-۲۲	۸۴۰	%۲۸.۲
	۲۲-۶	۲۶۸	%۸.۹
	نیمسال اول	۱۷۰۸	%۵۷.۳

[1] Stepwise

فصل سال	نیمسال دوم	۱۲۷۴	٪۴۲.۷
	دوطرفه مجزا با جداکننده فیزیکی	۱۶۵۳	٪۵۵.۴
	دوطرفه غیر مجزا	۸۰۸	٪۲۷.۱
سمت جهت راه	یک‌طرفه	۵۲۱	٪۱۷.۵
	روز	۱۹۰۵	٪۶۳.۹
روشنایی	شب	۹۳۳	٪۳۱.۳
	طلوع ، غروب(گرگ‌ومیش)	۱۴۴	٪۴.۸
شرایط سطح راه	خشک و معمولی	۲۸۵۳	٪۹۵.۷
	مرطوب و خیس	۱۲۹	٪۴.۳
	مسکونی	۲۰۰۹	٪۶۷.۴
	اداری-تجاری	۵۸۹	٪۱۹.۸
کاربری محل	غیرمسکونی	۳۰۶	٪۱۰.۳
	تفریحی و آموزشی	۴۲	٪۱.۴
	صنعتی	۳۶	٪۱.۲
وضع هوا	صاف	۲۸۰۸	٪۹۴.۲
	غیر صاف	۱۷۴	٪۵.۸
خط‌کشی	ندارد	۱۳۷۲	٪۴۶.۰
	دارد	۱۶۱۰	٪۵۴
	نقص ندارد	۲۸۲۸	٪۹۴.۸
عامل وسیله نقلیه	نقص دارد	۱۵۴	٪۵.۲
	ندارد	۳۵۷	٪۱۲
	عجله و شتاب بی‌مورد	۲۲۸۶	٪۷۶.۷
عامل انسانی	سایر عوامل...	۳۳۹	٪۱۱.۴
	عدم رعایت فاصله و حق تقدم	۱۴۱	٪۴.۷
	عدم توجه به جلو	۲۳۹۳	٪۸۰.۲
	انحراف به‌طرفین	۹۶	٪۳.۲
علت تامه تصادف	حرکت با دنده‌عقب	۱۷۷	٪۵.۹
	نقض مقررات	۶۳	٪۲.۱
	سایر علل (بازنمودن ناگهانی در خودرو و...)	۱۱۲	٪۳.۸
	سواری	۲۱۰۲	٪۷۰.۵

نوع وسیله نقلیه‌ی مقصر	موتورسیکلت , دوچرخه	۵۸۰	٪۱۹.۵
	وسایل باری(وانت‌بار و کامیون و...)	۲۲۱	٪۷.۴
	وسایل عمومی(مینی‌بوس،اتوبوس)	۷۹	٪۲.۶
	حرکت به جلو	۲۴۰۶	%۸۰.۷
مانور وسیله نقلیه مقصر	گردش به‌طرفین	۳۸۵	%۱۱.۹
	حرکت‌به‌عقب	۲۲۱	%۷.۴
نوع برخورد با عابر	برخورد مستقیم با عابر	۲۰۸۳	%۶۹.۹
	چند برخوردی	۸۹۹	%۳۰.۱
جنسیت عابر	مرد	۱۷۶۱	%۵۹.۱
	زن	۱۲۲۱	%۴۰.۹
مجموع		**۲۹۸۲**	**۱۰۰.۰٪**

پس از ورود متغیرهای مستقل و متغیر وابسته در مدل مدنظر با انتخاب سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۰.۰۵ تحلیل بر روی متغیرهای معنی‌دار ادامه می‌یابد که این متغیر ها در جدول ۴-۲ ذکر شده اند.

جدول۴-۲ آزمون نسبت درست نمایی[1]

متغیر	کای دو[3]	سطح معنی داری[2]
کد معبر	۹۴.۰۳۷	.۰۰۰ (۴.۳۸۵۷ E-۱۸)
سمت جهت راه	۲۱۰.۶۴۸	.۰۰۰ (۱.۰۲۴۸E-۴۲)
روشنایی	۱۸.۷۷۳	.۰۰۵ (۰.۰۰۴۵۶۴)
شرایط سطح راه	۱۴.۰۸۳	.۰۰۳ (۰.۰۰۲۷۹۵)
کاربری محل	۶۴.۸۶۸	.۰۰۰ (۲.۸۸۴۲ E-۹)
عامل انسانی	۱۵.۷۹۰	.۰۱۵ (۰.۰۱۴۹۲۶)
علت تامه تصادف	۴۲.۴۶۴	.۰۰۰ (۰.۰۰۰۱۹۱)
نوع وسیله نقلیه مقصر	۵۲.۴۶۲	.۰۰۰ (۳.۶۹۵۹ E-۸)
نوع برخورد با عابر	۲۷.۸۴۷	.۰۰۰ (۰.۰۰۰۰۰۴)
جنسیت عابر	۱۱.۵۴۸	.۰۰۹ (۰.۰۰۹۱۰۵)
حداکثر سرعت مجاز	۶۲۵.۰۸۰	.۰۰۰ (۳.۶۸۲۱E-۱۳۵)
سن عابر	۱۹.۳۴۷	.۰۰۰ (۰.۰۰۰۲۳۲)

با توجه به آزمون نسبت درستنمایی سطح معنی داری متغیرهای مستقل و اثر گذاری آنها بر متغیر وابسته به ترتیب اولویت در جدول۴-۳ آمده است.

جدول۴-۳ اولویت بندی متغیر های اثرگذار

۱) حداکثر سرعت مجاز	**۷) علت تامه تصادف**
۲) سمت جهت راه	**۸) سن عابر**
۳) کد معبر	**۹) شرایط سطح راه**
۴) کاربری محل	**۱۰) روشنایی**
۵) نوع وسیله‌ی نقلیه‌ی مقصر	**۱۱) جنسیت عابر**
۶) نوع برخورد با عابر	**۱۲) عامل انسانی**

[1] Likelihood Ratio Tests
[2] Sig.
[3] Chi-Square

متغیرهای فوق فاکتورهای حادثه خیز در وقوع تصادف جرحی در معابر مختلف سطح شهر می‌باشند.

با توجه به جدول۴-۴ ملاحظه می شود که با اطمینان ۵۵.۸ درصد و با استفاده از ۱۲ متغیر مستقل ذکرشده می‌توان تغییرات متغیر وابسته جراحت در معابر مختلف (بزرگراه ، شریانی درجه ۱ ، شریانی درجه ۲ ، محلی و جمع و پخش‌کننده) را تبیین کنیم.

جدول ۴-۴ طبقه بندی متغیر وابسته

پارامترهای متغیر وابسته	جراحت در بزرگراه	جراحت در شریانی درجه ۱	جراحت در شریانی درجه ۲	جراحت در محلی و پخش‌کننده	درصد صحیح
جراحت در بزرگراه	۱۹۸	۳۱	۲۲	۵۱	%۶۵.۶
جراحت در شریانی درجه ۱	۲۶	۲۸۵	۱۴۰	۲۵۳	%۴۰.۵
جراحت در شریانی درجه ۲	۱۰	۱۸۰	۲۳۵	۳۲۲	%۳۱.۵
جراحت در محلی و جمع و پخش‌کننده	۳۲	۱۲۲	۱۲۹	۹۴۶	%۷۷
درصد کل	%۸.۹	%۲۰.۷	%۱۷.۶	%۵۲.۷	%۵۵.۸

پس از بررسی اولیه بر روی ورودی های مدل و ملاحظاتی که مشاهده شد نتایج مدل رگرسیون لوجستیک در جدول ۴-۵ ذکر شده است.

جدول ۴-۵ تخمین پارامترها

متغیر وابسته : جراحت در معابر مختلف	خطای استاندارد	آماره والد	معنی داری	Exp (B)	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای Exp (B)	
					مقدار پایین	مقدار بالا
کد معبر						
مستقیم	.۸۶۱	۸.۶۹۱	**۰.۰۰۳۱۹۷**	.۰۷۹	.۰۱۵	.۴۲۷
تقاطع	.۸۵۷	۶.۹۹۰	**۰.۰۰۸۱۹۹**	.۱۰۴	.۰۱۹	.۵۵۶
میدان	.۹۱۰	۱.۰۶۷	**۰.۳۰۱۵۸۱**	.۳۹۱	.۰۶۶	۲.۳۲۵
سمت جهت راه						
دوطرفه مجزا با جداکننده	.۱۳۸	۷.۱۹۱	**۰.۰۰۷۳۲۷**	۱.۴۴۷	۱.۱۰۵	۱.۸۹۷
دوطرفه غیرمجزا	.۱۵۵	۳۶.۲۳۷	**۱.۷۴۷۵E-۹**	.۳۹۲	.۲۸۹	.۵۳۲
یک‌طرفه	.	.	**.**	.	.	.
روشنایی						
روز	.۲۴۶	۱.۸۶۷	**۰.۱۷۱۸۷۱**	۱.۴۰۰	.۸۶۴	۲.۲۷۰
شب	.۲۵۴	۲.۹۲۲	**۰.۰۸۷۴۰۶**	۱.۵۴۴	.۹۳۸	۲.۵۴۲
طلوع و غروب (گرگ‌ومیش)	.	.		.	.	.
کاربری محل						
مسکونی	.۶۱۲	۱.۱۶۱	**۰.۲۸۱۱۵۷**	۱.۸۲۸	.۵۸۳	۶.۴۱۱
اداری – تجاری	.۶۲۰	.۹۴۸	**۰.۳۳۰۳۲۵**	.۹۶۶	.۵۴۳	۶.۱۶۰
غیرمسکونی	.۶۳۴	.۰۰۳	**۰.۹۵۶۳۵۱**	۱.۱۹۶	.۲۷۹	۳.۳۴۸
تفریحی – آموزشی	.۷۷۶	.۰۵۳	**۰.۸۱۷۶۴۷**	.	.۲۶۱	۵.۴۷۵
صنعتی	.	.	**.**	.۹۰۷	.	.
عامل انسانی						
ندارد	.۲۱۵	.۲۰۵	**۰.۶۵۰۸۳۴**	.۹۱۶	.۵۹۵	۱.۳۸۳
عجله و شتاب بی‌مورد	.۱۶۵	.۲۸۴	**۰.۵۹۴۰۹۰**	.	.۶۶۳	۱.۲۶۶
سایر عوامل	.	.	**.**	.۷۸۸	.	.
علت تامه تصادف						
عدم رعایت فاصله و حق تقدم	.۳۳۳	.۵۱۱	**۰.۴۷۴۵۵۵**	.۵۷۶	.۴۱۰	۱.۵۱۴
عدم توجه به جلو	.۲۴۸	۴.۹۴۰	**۰.۰۲۶۲۴۵**	.۵۰۰	.۳۵۴	.۹۳۷
انحراف به‌طرفین	.۴۰۳	۲.۹۷۲	**۰.۰۸۴۷۲۱**	.۷۰۹	.۲۲۷	۱.۱۰۰
حرکت با دنده‌عقب	.۳۰۸	۱.۲۴۳	**۰.۲۶۴۹۵۹**	۱.۹۳۳	.۳۸۷	۱.۲۹۸
سایر علل (بازنمودن ناگهانی در خودرو و...)	.	.	**.**	.	.	.
نوع وسیله نقلیه‌ی مقصر						
سواری	.۳۵۰	۱.۶۲۶	**۰.۲۰۲۳۲۴**	.۶۴۰	.۳۲۲	۱.۲۷۱
	.۳۶۷	۷.۲۹۳	**۰.۰۰۶۹۲۲**	.۳۷۱	.۱۸۱	.۷۶۲

موتورسیکلت ، دوچرخه وسایل باری(وانت‌بار و کامیون و...) وسایل عمومی(مینی‌بوس،اتوبوس)	.۴۰۰	۷.۷۰۳	**۰.۰۰۵۵۱۲**	.۳۳۰	.۱۵۰	.۷۲۲
	.	.	**.**	.	.	.
نوع برخورد با عابر						
برخورد مستقیم با عابر	.۱۱۸	۲۴.۶۲۴	**۶.۹۶۷E-۷**	۱.۷۹۶	۱.۴۲۵	۲.۲۶۴
چند برخوردی	.	.	**.**	.	.	.
جنسیت عابر						
مرد	.۱۰۱	۳.۶۰۶	**۰.۰۵۷۵۶۷**	.۸۲۵	.۶۷۶	۱.۰۰۶
حداکثر سرعت مجاز	.۰۰۵	۳۹.۷۵۷	**۲.۸۷۶۳E-۱۰**	۱.۰۳۲	۱.۰۲۲	۱.۰۴۲
سن عابر	.۰۰۲	۱۵.۵۵۴	**۰.۰۰۰۰۸۰**	۱.۰۰۹	۱.۰۰۵	۱.۰۱۳

در جدول ۴-۵ متغیرها از حیث معنی‌داری و میزان اثرگذاری بررسی می‌شوند لذا برای بررسی

جدول ۴-۵ متغیرهای مختلف را به سه قسمت تقسیم می‌کنیم و پارامتر های هر متغیر را باهم مقایسه

می کنیم لذا داریم :

۱) پارامترهای محیطی ؛ کد معبر – سمت جهت راه – روشنایی – شرایط سطح راه – کاربری محل – حداکثر سرعت مجاز:

در کد معبر مسیر مستقیم نسبت به میدان در مقایسه با تقاطع ، در سمت و جهت راه راه دوطرفه غیر مجزا نسبت به راه یک طرفه در مقایسه با راه دو طرفه غیر مجزا با جدا کننده فیزیکی ، در روشنایی مسیر شب نسبت به طلوع و غروب در مقایسه با روز ، در شرایط سطح راه رویه‌های خشک و معمولی نسبت به خیس و مرطوب، حداکثر سرعت مجاز و درکاربری‌های محل حادثه کاربری مسکونی اثر بیشتری را بر وقوع جراحت در معابر مختلف دارند.

۲) پارامترهای مربوط به عابر؛ عامل انسانی– نوع برخورد خودرو با عابر –جنسیت عابر- سن عابر:

در عامل انسانی عجله و شتاب بی‌مورد ، در نوع برخورد با عابر برخورد مستقیم با عابر نسبت به چند برخوردی ،سن عابر و و مردان نسبت به زنان اثر بیشتری را بر جراحت در معابر مختلف دارند.

۳) پارامترهای مربوط به راننده و وسیله نقلیه؛ علت تامه تصادف– نوع وسیله‌ی نقلیه‌ی مقصر:

در علت تامه تصادف عدم توجه به جلو و در وسایل نقلیه‌ی مقصر وسایل باری اثر بیشتری را بر جراحت در معابر مختلف دارند.

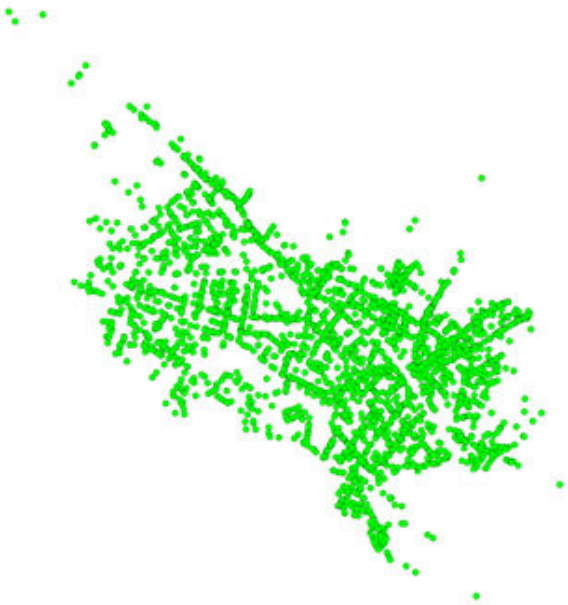
۴-۲) تحلیل مکانی با استفاده از GIS :

به منظور انجام شناسایی نقاط حادثه‌خیز و تحلیل مکانی بر روی داده‌های تصادفات عابر پیاده در شهر مشهد در این تحقیق انجام یک سری امور ضروری است.

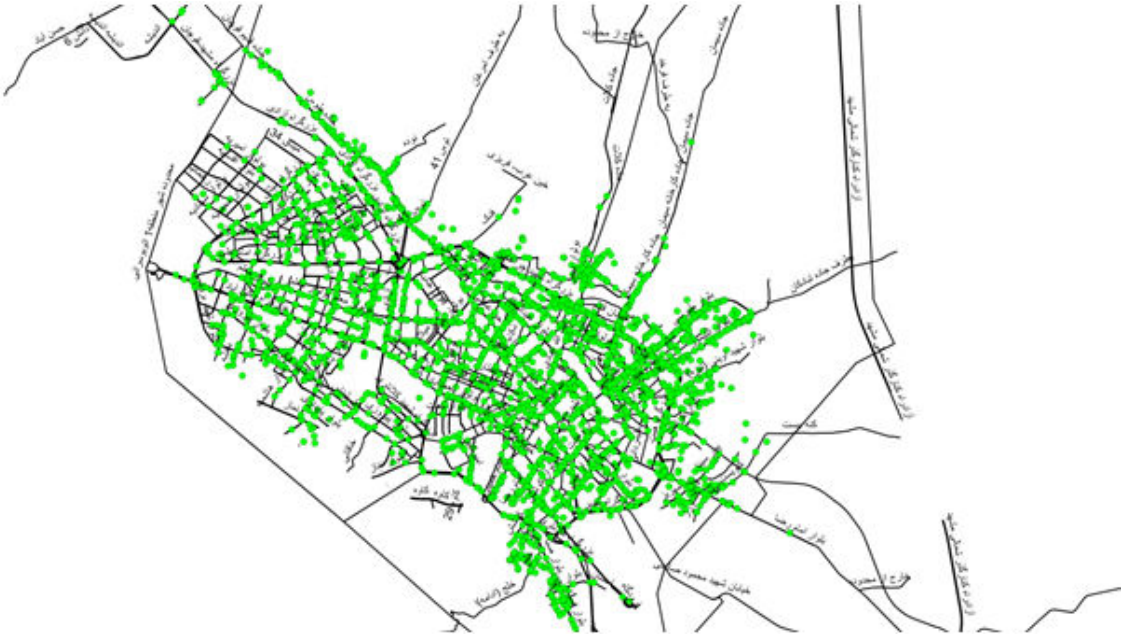
ابتدا برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز بایستی با استفاده از چگالی کرنل و با توجه به تراکم نقاط حادثه در معابر مختلف به یک نقشه‌ی وزن‌دار تصادفات رسید، سپس با استفاده از آنالیز نقاط حادثه خیز نقاط حادثه‌خیز را مشخص می‌کنیم و بعد به بررسی خوشه‌بندی مکانی می‌پردازیم.

نقشه‌ی ابتدایی مسیرها و نقاط کلی تصادفات در اشکال۴-۱ تا ۴-۳ قابل مشاهده هستند :

شکل۴-۱ نقشه معابر شهر مشهد



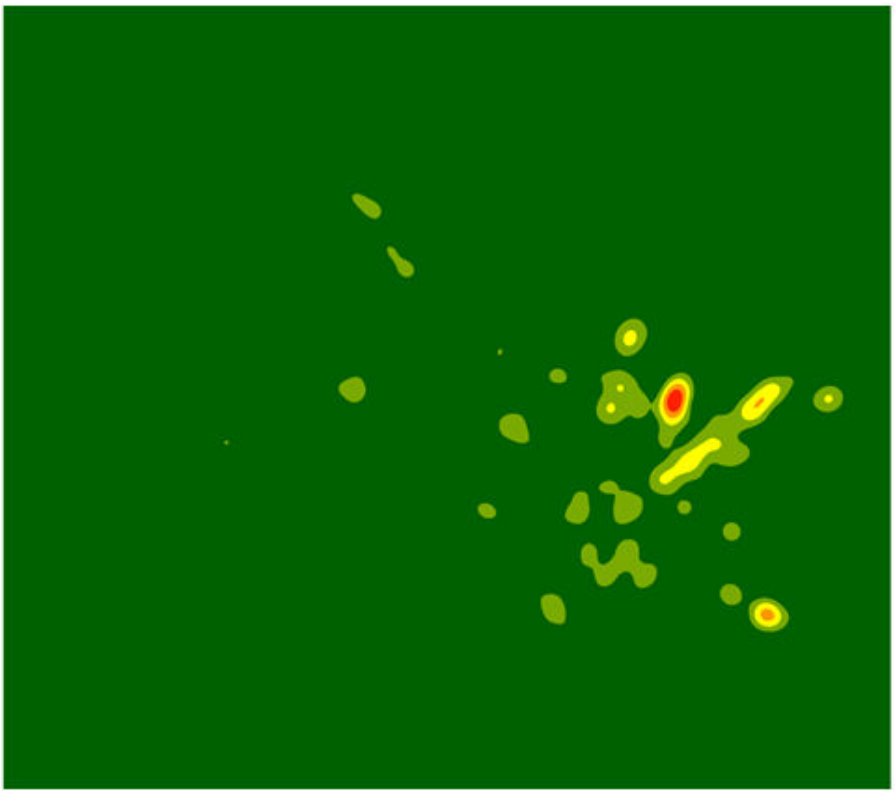
شکل۴-۲ پراکندگی نقاط تصادف عابر پیاده



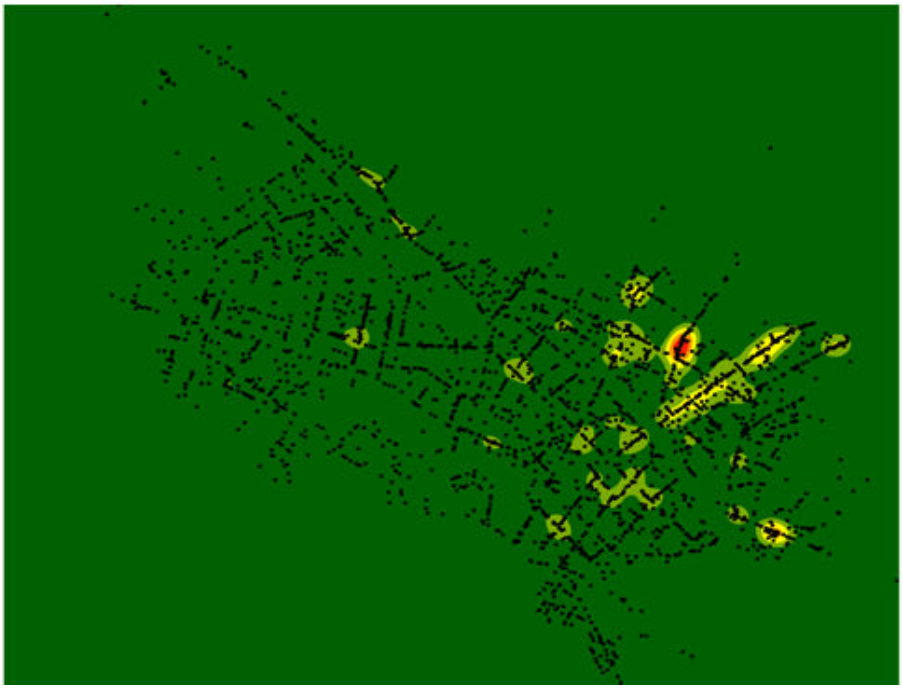
شکل۴-۳ نقشه‌ی مسیرها و نقاط تصادف

۴-۲-۱) چگالی کرنل

برای مشخص کردن چگالی کرنل با توجه به پراکندگی نقاط از شعاع تأثیر به شعاع ۶۸۰ استفاده می‌کنیم. ورودی ما برای اجرای چگالی کرنل داده‌های خام اولیه است و دسته‌بندی آن در ۵ سطح می‌باشد. حاصل عملیات کرنل در اشکال ۴-۴ و ۴-۵ قابل مشاهده می‌باشند.



شکل۴-۴ تراکم نقاط تصادف(خروجی چگالی کرنل)



شکل۴-۵ چگالی کرنل و تمام نقاط تصادف جرحی در سطح شهر

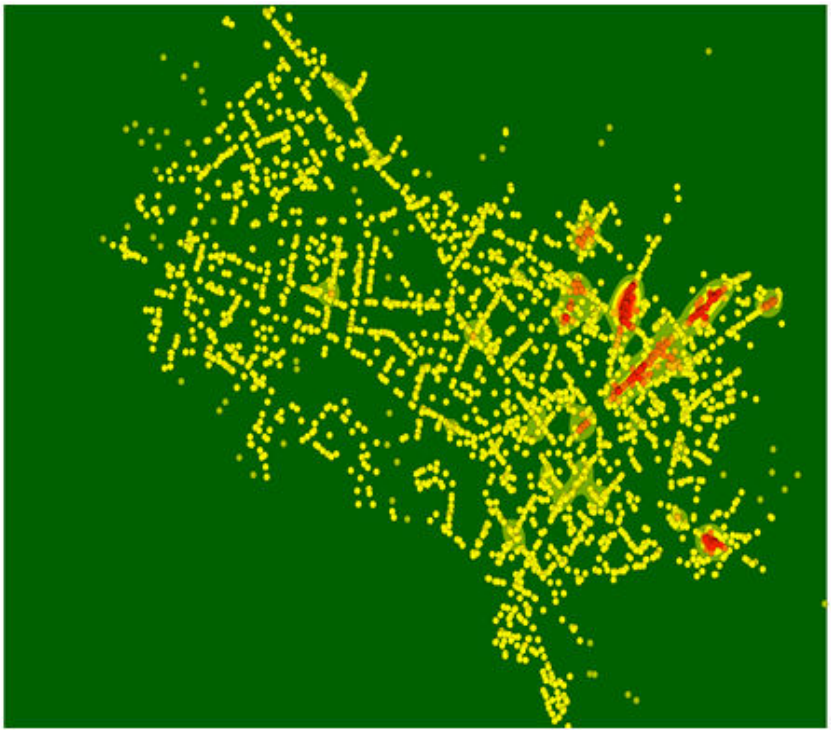
در خروجی چگالی کرنل نقاط از حیث تراکم به ۵ دسته تقسیم می‌شوند که موقعیت‌های قرمز ، نارنجی ، زرد ، سبز کمرنگ و سبز پررنگ به ترتیب نشانگر بیشترین تراکم وقوع حوادث جرحی مربوط به عابر در سطح شهر می‌باشند.

۴-۲-۲) تحلیل نقاط حادثه خیز

حال با توجه به مشخص شدن تراکم تصادفات جرحی در سطح شهر به بررسی نقاط حادثه‌خیز می‌پردازیم. ازآنجایی‌که میزان تراکم با توجه به چگالی وقوع تصادفات جرحی پیش‌بینی‌شده‌اند لذا خروجی ما در چگالی کرنل به‌عنوان ورودی در عملگر تحلیل نقاط حادثه خیز در نرم‌افزار GIS مورداستفاده قرار می‌گیرد که این امر موجب دقت بیش‌ازپیش در تشخیص نقاط حادثه‌خیز می‌باشد.

خروجی تحلیل نقاط حادثه خیز در اشکال ۴-۶ و ۴-۷ مشخص شده‌است :

شکل۴-۶ نقاط حادثه خیز(خروجی تحلیل نقاط حادثه خیز)



شکل۴-۷ تراکم نقاط و نقاط حادثه خیز

تحلیل نقاط حادثه خیز در روند مشخص کردن نقاط حادثه‌خیز موقعیت‌های تصادفات را به ۷ دسته تقسیم می‌کند که ۳ گروه اصطلاحا نقاط گرم و سه گروه نقاط سرد و یک گروه نیز نقاط خنثی هستند. در گروه‌های نقاط گرم و نقاط سرد هر گروه به سه زیرگروه با سطح اطمینان 99 , 95 , 90 درصد مشخص می‌شوند که در گروه نقاط گرم سطح اطمینان ۹۹ درصد با رنگ قرمز ، سطح اطمینان ۹۵ درصد با رنگ نارنجی پررنگ و سطح اطمینان ۹۰ درصد با رنگ نارنجی کم‌رنگ مشخص شده‌اند. همچنین نقاط خنثی یا بدون اهمیت با رنگ زرد و نقاط نقاط سرد با رنگ‌های سبز کم‌رنگ و پررنگ مشخص شده‌اند که البته تعداد بسیار محدودی دارند.

۴-۳) تحلیل خوشه بندی کامینز[1]

پس از مشخص شدن نقاط حادثه خیز (نقاط حادثه خیز) به خوشه بندی مکانی می پردازیم. خوشه بندی با استفاده از روش K-Means صورت گرفته است. شکل ۴-۸ محدوده ی ۱۰ خوشه بدست آمده را در سطح شهر مشهد نشان می دهد.

شکل۴-۸ محدوده ی خوشه ها

موقعیت خوشه های مکانی به شرح زیر می‌باشد :

خوشه‌ی ۱ : ابتدای بلوار حر(ساختمان) تا خیابان کشاورز

خوشه‌ی ۲ : حد فاصل بلوار شارستان رضوی تا چهارراه مقدم طبرسی

خوشه‌ی ۳ : بلوار اول طبرسی از چهارراه مجلسی تا چهارراه گاز شرقی

[1] **K-Means**

خوشه‌ی ۴ : بلوار اول طبرسی از چهارراه گاز شرقی تا میدان فجر

خوشه‌ی ۵ : بزرگراه شهید همت حد فاصل ابتدای بلوار پنجتن تا میدان امام حسین (ع)

خوشه‌ی ۶ : بلوار دوم طبرسی محدوده ی خیابان محصل

خوشه‌ی ۷ : انتهای بلوار دوم طبرسی قبل از تقاطع التیمور

خوشه‌ی ۸ : بلوار رسالت حد فاصل بزرگراه تا میدان اول جاده کارخانه ی سیمان

خوشه‌ی ۹ : بلوار آیت الله عبادی حد فاصل فاطمیه تا میدان امام حسین (ع)

خوشه‌ی ۱۰ : بلوار خواجه ربیع حد فاصل خیابان شهید ناصری و قبرستان خواجه ربیع و بلوار بهمن

۴-۴)تحلیل آماری به تفکیک هر خوشه

پس از مشخص شدن خوشه های مختلف و نقاط حادثه خیز در هر خوشه با استفاده از مدل رگرسیون لوجستیک به تحلیل آماری هر خوشه به صورت مجزا پرداخته ایم.

متغیرهای معنی دار به تفکیک هر خوشه در جدول ۴-۶ نشان داده شده است.

جدول ۴-۶ آزمون نسبت درست نمایی به تفکیک هر خوشه

شماره خوشه	متغیر	کای دو	سطح معنی داری
	کد معبر	۱۱.۲۱۷	.۰۰۱
۱	حداکثر سرعت مجاز	۷.۳۶۱	.۰۰۷
۲	-	–	
۳	علت تامه	۹.۶۶۷	.۰۴۶
۴	-	–	–
	کد معبر	۱۷.۲۳۸	.۰۰۲
	حداکثر سرعت مجاز	۱۱.۳۲۳	.۰۰۳
۵	خط کشی	۱۱.۱۷۹	.۰۰۴
	نوع وسیله نقلیه	۱۲.۸۵۲	.۰۴۵
۶	سمت و جهت راه	۱۴.۴۸۲	.۰۰۶
۷	کد معبر	۵.۳۸۰	.۰۲۰
۸	حداکثر سرعت مجاز	۱۱.۰۱۵	.۰۱۲
	مانور وسیله نقلیه	۸.۳۶۰	.۰۱۵
۹	روشنایی مسیر	۱۰.۱۰۷	.۰۳۹
	کد معبر	۲۲.۳۲۵	.۰۰۵
	حداکثر سرعت مجاز	۵.۵۴۵	.۰۱۹
۱۰	وضع هوا	۵.۵۴۵	.۰۱۹
	مانور وسیله نقلیه	۱۱.۲۳۴	.۰۰۴

با توجه به متغیرهای معنی دار در هر خوشه به بررسی پارامترهای هر متغیر در آن خوشه می پردازیم.

میزان اثر پارامتر های متغیرهای معنی دار هر خوشه به تفکیک در جداول ۴-۷ تا ۴-۱۴ نشان داده شده اند. لازم به ذکر است خوشه هایی که متغیر معنی ندارند ذکر نشده اند.

توضیحات مربوط به هر خوشه در قسمت مشاهدات میدانی بیان شده است.

جدول ۴-۷ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۱

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
۱	کد معبر	مستقیم	۱۳	۵۹.۱
		تقاطع	۹	۴۰.۹
		میدان	-	-
	حداکثر سرعت مجاز	-	-	-

جدول ۴-۸ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۳

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
۳	علت تامه	عدم رعایت فاصله و حق تقدم	۳	۹.۷
		عدم توجه به جلو	۲۵	۸۰.۶
		انحراف به‌طرفین	-	-
		حرکت با دنده‌عقب	-	-
		نقض مقررات	-	-
		سایر علل (بازنمودن ناگهانی در خودرو و...)	۳	۹.۷

جدول ۴-۹ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۵

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
		مستقیم	۳۵	۶۴.۱
	کد معبر	تقاطع	۵	۸.۸
		میدان	۱۷	۲۹.۸
	حداکثر سرعت مجاز	-	-	-
۵	**خط کشی**	ندارد	۲۸	۴۹.۱
		دارد	۲۹	۵۰.۹
		سواری	۳۹	۶۸.۴
		موتورسیکلت ، دوچرخه	۱	۱.۸
	نوع وسیله نقلیه	وسایل باری (وانت‌بار و کامیون و...)	۶	۱۰.۵
		وسایل عمومی (مینی‌بوس،اتوبوس)	۱۱	۱۹.۳

جدول ۴-۱۰ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۶

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
		دوطرفه مجزا با جداکننده فیزیکی	۴	۱۰.۵
۶	**سمت و جهت راه**	دوطرفه غیر مجزا	۸	۲۱.۱
		یک‌طرفه	۲۶	۶۸.۴

جدول ۴-۱۱ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۷

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
		مستقیم	۲۸	۸۰
۷	کد معـبر	تقاطع	۷	۲۰
		میدان	-	-

جدول ۴-۱۲ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۸

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
۸	**حداکثر سرعت مجاز**	-	-	-

جدول ۴-۱۳ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۹

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
		حرکت به جلو	۹۳.۹%	۳۱
	مانور وسیله نقلیه	گردش به‌طرفین	۶.۱%	۲
۹		حرکت‌به‌عقب	-	-
		روز	۵۴.۱%	۱۸
	روشنایی مسیر	شب	۱۵.۲%	۵
		طلوع , غروب(گرگ‌ومیش)	۳۰.۳%	۱۰

جدول ۴-۱۴ میزان اثر پارامترهای متغیرهای معنی دار خوشه ۱۰

شماره خوشه	متغیر	پارامترها	فراوانی	درصد فراوانی
		مستقیم	۲۶	۷۲.۲
	کد معبر	تقاطع	۱۰	۲۷.۸
		میدان	-	-
	حداکثر سرعت مجاز	-	-	-
۱۰	**وضع هوا**	صاف	۲۹	۸۰.۶
		غیر صاف	۷	۱۹.۴
		حرکت به جلو	۲۳	۶۳.۹
	مانور وسیله نقلیه	گردش به‌طرفین	۱۲	۳۳.۳
		حرکت‌به‌عقب	۱	۲.۸

۴-۵) مشاهدات میدانی و ارائه راهکار :

پس از بررسی نقاط حادثه خیز به بررسی و مشاهده میدانی این خوشه ها پرداخته شد که نتایج مشاهدات خوشه های مختلف و تطبیق آنها با نتایج مدل آماری و ارائه راهکار برای حل مشکلات موجود به شرح زیر می باشد :

خوشه ی ۱ :

در این خوشه از لحاظ آماری مسیر مستقیم و تقاطعات و حداکثر سرعت مجاز پارامترهای اثرگذار بر تصادفات عابر پیاده می باشند.

نتایج مشاهدات میدانی نشان می دهد که در فواصل بسیار نزدیک به تقاطع هایی که در این خوشه وجود دارند به دلیل عدم وجود پارکینگ و همچنین عدم رعایت قوانین توسط رانندگان و عدم اعمال قانون مناسب پلیس راهنمایی و رانندگی خودروهای پارک شده ی زیادی مشاهده می شود.

محل های مناسب برای عبور عابرین از عرض خیابان وجود ندارد و در محل هایی که خط کشی عرضی برای عبور عابرین پیاده تعبیه شده تجهیزات بهبود ایمنی (سرعت گیر و چراغ چشمک زن و...) وکاهش سرعت (پیش آمدگی و سرعت کاه و کاهش عرض عبور) فراهم نشده است.

تابلوهای هشدار دهنده جانمایی مناسبی ندارند (به علت وجود درخت و تابلوهای تبلیغاتی و... دید مناسبی وجود ندارد).

در این خوشه می توان با ایجاد موانع فیزیکی و وضع قوانین بازدارنده از پارک وسایل نقلیه در نزدیکی تقاطعات جلوگیری کرد و همچنین در فواصل مناسب برای عبور عابرین از عرض خیابان تجهیزات بهبود ایمنی فراهم نمود.

در مقاطعی که خط کشی عرضی عابر پیاده وجود دارد قبل از این خطوط سرعت کاه و یا پیش آمدگی تعبیه شود تا سرعت خودرو ها هنگام نزدیک شدن به خط کشی عرضی به سرعت قابل کنترل تبدیل شود.

خوشه های ۲و۳ و ۴ :

در این خوشه ها از لحاظ آماری عدم رعایت فاصله و حق تقدم و عدم توجه به جلو رانندگان پارامترهای اثرگذار بر وقوع تصادفات عابر پیاده می باشند.

مشاهدات میدانی نشان می دهد که در این خوشه ها خطوط BRT[1] وجود دارد و در آن محل هایی برای عبور عابرین پیاده مشخص شده است اما در عرض خیابان و همچنین در عرض خود مسیر BRT قبل از محل های عبور عابرین غالبا تجهیزات بهبود ایمنی از جمله سرعت گیر ، وسایل افزایش روشنایی ، تجهیزات کاهنده عرض خیابان ، سرعت کاه و... وجود ندارند.

نکته ی قابل تامل جانمایی بسیار خطرناک و غیر فنی سرعت کاه ها در درون مسیرهای BRT می باشد بطوریکه خطوط عرضی عابرین پیاده و محل عبور عابرین دقیقا روی سرعت کاه قرار دارند لذا عملا زمانی برای عکس العمل عابر و راننده وجود ندارد.

در نزدیکی محل های عبور عابر پیاده و همچنین نزدیک تقاطع ها خودروهای پارک شده ی زیادی وجود دارند و مانع دید مناسب عابرین و راننده ها می شود.

در این خوشه ها می توان با فراهم کردن چراغ چشمک زن و یا وسایل افزایش روشنایی توجه رانندگان را به محل عبور عابرین جلب کرد تا هنگام رسیدن به عابرین دچار عجله و شتاب نشوند.

خوشه ی ۵ :

در این خوشه ها از لحاظ آماری مسیر مستقیم و میدان و حداکثر سرعت مجاز و همچنین خودروهای سواری و عمومی و باری پارامترهای اثرگذار بر وقوع تصادفات عابر پیاده می باشند.

مشاهدات میدانی نشان می دهد که در کنار گذر های مسیرهای این خوشه تجهیزات ایمنی عابران به خوبی تعبیه نشده است.

[1] Bus Rapid Transit

تصادفات این خوشه غالبا در مسیرهای شریانی درجه ۱ و یا کنار گذر آنها رخ داده است و با بررسی میدانی ملاحظه شد که در بعضی محل های حادثه خیز از قبیل محدوده ی میدان امام حسین (ع) برای عبور عابرین از عرض بزرگراه تجهیزات و امکاناتی فراهم نشده است.

لازم به ذکر است که حجم بالایی از عبور و مرور وسایل نقلیه ی عمومی و باری در این خوشه وجود دارد.

در این خوشه با فراهم کردن خطوط ویژه ی عبور وسایل نقلیه ی عمومی و دسترسی های مخصوص عابرین در محل ایستگاهها از میزان تصادفات عابرین پیاده کاسته می شود.

در خطوط کنار گذر بزرگراه که محل اتصال عابرین به روگذر یا زیرگذر می باشند تجهیزات بهبود ایمنی برای عابرین پیاده تعبیه شود.

در میدان امام حسین(ع) می توان قبل از خطوط عرضی عابر پیاده تجهیزات بهبود ایمنی تعبیه کرد تا عابرین بتوانند از عرض خیابان عبور کنند اما با وضعیت فعلی عبور از عرض خیابان تقریبا غیر ممکن و بسیار حادثه آفرین می باشد.

خوشه های ۶ و ۷و ۸ و۱۰ :

در این خوشه ها از لحاظ آماری مسیر مستقیم و تقاطعات و حداکثر سرعت مجاز و همچنین مانور وسیله ی نقلیه اعم از حرکت به جلو و گردش به طرفین پارامترهای اثرگذار بر وقوع تصادفات عابر پیاده می باشند.

مشاهدات میدانی نشان می دهد که این خوشه ها از مناطق حاشیه ی شهر و دارای تراکم بسیار بالای جمعیتی می باشند.

در مسیرهای محلی و جمع و پخش کننده ی این خوشه ها تجهیزات و امکانات بهبود ایمنی عابرین پیاده محدود خارج از استاندارد های تعریف شده می باشد.

ارتفاع میانه ی وسط مسیر در بعضی نقاط زیاد می باشد بطوریکه عابرین برای عبور از عرض مسیر دچار مشکل می شوند.

عرض عبور مسیر عابرین پیاده در بعضی نقاط از مقدار استاندارد کمتر در نظر گرفته شده است.

در این خوشه نیز مانند دیگر خوشه مشکل کمبود و یا نقصان تجهیزات بهیود ایمنی عابرین پیاده وجود دارد و علاوه بر آن تجهیزات موجود نیز نیاز به بازسازی و اصلاح دارند مثلا ارتفاع میانه های وسط راه کاسته شود تا عابرین بتوانند از میانه ها عبور کنند.

خوشه ی ۹ :

از لحاظ آماری مانور وسیله ی نقلیه اعم از حرکت به جلو و گردش به طرفین و روشنایی مسیر پارامترهای اثرگذار بر وقوع تصادفات عابر پیاده می باشند.

مشاهدات میدانی نشان می دهد که در این خوشه از میدان امام حسین (ع) تا تقاطع گاز برای عبور عابرین هیچ یک از تجهیزات بهبود ایمنی برای عبور عابرین فراهم نشده است.

در تقاطع های این خوشه خودروهای بسیار زیادی در فواصل نزدیک به تقاطع پارک نموده و موجب کاهش دید می شوند (به خصوص در هنگام غروب و در طول شب که دامنه و وضوح دید کاهش پیدا می کند).

فصل پنجـــم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵) نتیجه‌گیری و پیشنهاد ها :

۵-۱) نتیجه گیری

در این تحقیق بر روی۳۲۹۱ تصادف جرحی عابر پیاده در سطح شهر مشهد متمرکز شده ایم ، تصادفات با دو رویکرد متفاوت تحلیل شده‌اند؛ بر مبنای مدل‌سازی آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS و تحلیل و خوشه‌بندی مکانی.

با بررسی خروجی تحلیل های مذکور می توان به نتایج زیر به عنوان دستاورد های این تحقیق اشاره کرد :

۱) متغیرهای حداکثر سرعت مجاز ، سمت جهت راه، کد معبر، کاربری محل، نوع وسیله‌ی نقلیه‌ی مقصر، نوع برخورد با عابر، علت تامه تصادف، سن عابر، شرایط سطح راه، روشنایی مسیر، جنسیت عابر و عامل انسانی به ترتیب معنی‌دارترین متغیرها هستند و بیشترین اثر را بر جراحت عابرین می‌گذارند.

۲) عابرین پیاده در مسیرهای مستقیم، رویه های خشک و معمولی و کاربری های مسکونی بیشتر در معرض خطر هستند.

۳) در بین عابرین مردان نسبت به زنان آسیب بیشتری می بینند.

۴) عابرین در برخوردهای مستقیم نسبت به تصادفات چند برخوردی بیشتر آسیب می بینند.

۵) حداکثر سرعت مجاز و سن عابر دو متغیر اثر گذار بر سلامت عابرین هستند.

۶) عجله و شتاب بی مورد و عدم توجه به جلوی رانندگان عابرین را در معرض جراحت قرار می دهند.

۷) خودروهای سواری سلامت عابرین را بیشتر تهدید می کنند.

۸) با توجه به محل خوشه ها و تراکم تصادفات عابر مشخص می شود که بیشترین صدمات عابرین در نواحی حاشیه ی شهر و مکان هایی که تراکم جمعیتی بالایی دارند رخ داده است.

۹) در خوشه های مختلف تجهیزات بهبود ایمنی عابرین پیاده بسیار ضعیف کار شده است و شایان ذکر است که نبود این تجهیزات بسیار حادثه آفرین بوده است.

۱۰) با توجه به مشاهدات میدانی کمبود امکانات و تسهیلات برای عبور عابرین از عرض مسیر ها کاملا مشهود به نظر می رسد و توجه بیشتر مسئولین ذیربط را می طلبد.

۱۱) با توجه به مشاهدات میدانی در بعضی نقاط که تجهیزات نسبتا مناسب وجود داشت به دلیل عدم فرهنگ سازی ترافیکی مناسب یا عوامل دیگری چون عجله و شتاب و... ، عابرین مبادرت به عبور از مکان های غیر مجاز می کنند که لازم است تمهیدات لازم جهت جلوگیری از این نوع عبور و مرور نیز فراهم شود.

۵-۲) پیشنهاد ها

۱) استفاده از داده های شهرهای مختلف و مقایسه ی آنها با هم.

۲) استفاده از داده هایی که سطوح مختلف جراحت به عنوان متغیر وابسته باشد.

۳) استفاده از داده هایی که علاوه بر عابرین مجروح شامل عابرین فوت شده قابل توجه باشند.

۴) استفاده از داده های سالهای پیاپی در تحلیل آماری و مقایسه ی آنها با هم.

۵) خوشه بندی زمانی(سالانه، ماهانه و...) و مکانی-زمانی و مقایسه ی آنها با هم.

مراجع فارسی

الگوی خطی تعمیم یافته با کاربردهای آن در علوم مهندسی، حسینعلی نیرومند

مدل های خطی برای آمار، حسینعلی نیرومند

راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی، کرم حبیب پور و رضا صفری و ابراهیم فربد

آیین نامه ی طراحی راههای شهری، وزارت مسکن و شهرسازی۱۳۷۵

مراجع غیر فارسی

Abay, K.A., 2013. Examining pedestrian-injury severity using alternative disaggregate models. 123–136.

Abdel-Aty, M., 2003. Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models. Journal of Safety Research. 34 (5), 597–603.

Al-Ghamdi, A.S., 2002. Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity. Accident Analysis and Prevention. 34 (6), 729–741.

Al-Shammari, N., Bendak, S., & Al-Gadhi, S. (2009). In-depth analysis of pedestrian crashes
in Riyadh. Traffic Injury Prevention, 10(6), 552–559.

Anderson, R.W.G., McLean, A.J., Farmer, M.J.B., Lee, B.H., Brooks, C.G., 1997. Vehicle travel speeds and the incidence of fatal pedestrian crashes. Accident Analysis and Prevention. 29 (5), 667–674.

Anderson, T.K., 2009. Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. Accident Analysis and Prevention 41, 359–364.

Anselin, L., 1995. Local indicators of spatial association - LISA. Geographical Analysis. 27 (2), 93–116.

Arora P, Chanana A, Tejpal HR. Estimation of blood alcohol concentration in deaths due to roadside accidents. Journal of Forensic and Legal Medicine 2013;20(4):300e4.

Aziz, H.M.A., Ukkusuri, S.V., Hasan, S., 2013. Exploring the determinants of pedestrian–vehicle crash severity in New York City. . Accident Analysis and Prevention. 50,1298–1309.

Bailey, T.C., Gatrell, A.C., 1995. Interactive Spatial Data Analysis. Longman Scientific & Technical, New York.

Ballesteros, M.F., Dischinger, P.C., Langenberg, P., 2004. Pedestrian injuries and vehicle type in Maryland. . Accident Analysis and Prevention. 36, 73–81.

Baratian-Ghorghi, F., Zhou, H., Jalayer, M., et al., 2015. Prediction of potential wrong-way entries at exit ramps of signalized partial cloverleaf interchanges. Traffic Injury Prevention 16(6), 599e604.

Black, W.R., Thomas, I., 1998. Accidents on Belgium's motorways: a network autocorrelation analysis. Journal of Transport Geography. 6 (1), 23–31.

Ceder, A., Livneh, M., 1982. Relationships between road accidents and hourly traffic flow. Accident Analysis and Prevention 14 (1), 19–34.

Chainey, S., Ratcliffe, J., 2005. GIS and Crime Mapping. John Wiley and Sons, UK.

Cheng, W., Washington, S., 2008. New criteria for evaluating methods of identifying hotspots. Transportation Research Record 2083, 76e85.

Chong, S., Poulos, R., Olivier, J., Watson, W.L., Grzebieta, R., 2010. Relative injury severity among vulnerable non-motorised road users: comparative analysis of injury arising from bicycle–motor vehicle and bicycle–pedestrian collisions. Accident Analysis and Prevention. 42 (1), 290–296.

Christie, N., 1995. The high risk child pedestrian: socio-economic and environmental factors in their accidents.Transport Research Laboratory Project Report, PR117.

Clifton, K., Burnier, C., Akar, G., 2009. Severity of injury resulting frompedestrian–vehicle crashes: what can we learn from examining the built envi-ronment? Transp. Transport and Environment publishes original research. 14 (6), 425–436.

Delmelle, E.C., Thill, J.-C., 2008. Urban bicyclists – a spatial analysis of adult and youth traffic hazard intensity. Transportation Research Record. 2074, 31–39.

Dommes, A., Cavallo, V., Oxley, J., 2013. Functional declines as predictors of risky street-crossing decisions in older pedestrians. Accident Analysis and Prevention. 59, 135–143.

Donroe, J., Tincopa, M., Gilman, R.H., Brugge, D., Moore, D.A., 2008. Pedestrian road traffic injuries in urban Peruvian children and adolescents: case control analyses of personal and environmental risk factors. Public Library of Science 3 (9),e3166.

Duque, J. C., R. Ramos, and J. Surinach. 2007. "Supervised Regionalization Methods: A Survey" in International Regional Science Review 30: 195–22.

Duncan, C., Khattak, A., Council, F., 1998. Applying the ordered probit model toinjury severity in truck-passenger car rear-end collisions Transportation Research Record. 1635,63–71.

Ebdon, D., 1985. Statistics in Geography. A Practical Approach. sedond ed.. Wiley-Blackwell, Malden, MA.

Elliott, S., Woolacott, H., Braithwaite, R., 2009. The prevalence of drugs and alcohol found in road traffic fatalities: a comparative study of victims. Science & Justice 49, 19–23.

Eluru, N., Bhat, C.R., Hensher, D.A., 2008. A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes. Accident Analysis and Prevention. 40 (3), 1033–1054.

Elvik, R., 2008. A survey of operational definitions of hazardous road locations in some european countries. Accident Analysis & Prevention 40 (6), 1830e1835.

Elvik, R., Hoye, A., Vaa, T., Sorensen, M., 2009. The Handbook of Road Safety Measures, 2nd ed. Emerald, Bingley, UK.

Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., Gullu, M., 2008. Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. Accident Anal. Prevent. 40,174–181.

Ernst, M., Shoup, L., 2009. Dangerous by design: solving the epidemic of preventable pedestrian deaths (and making great neighborhoods). Transportation for America and Surface Transportation Policy Partner ship.

FHWA, 2011. Roadway Safety Information Analysis – Safety | Federal Highway Administration.

Flauhaut, B., Mouchart, M., Martin, E.S., et al., 2003. The local spatial autocorrelation and the kernel method for identifying black zones: a comparative approach. Accident Analysis &
Prevention 35 (6), 991e1004.

Furuta, T., Suzuki, A., Okabe, A., 2008. A voronoi heuristic approach to dividing networks into equal-sized sub - networks. Forma 23 (2), 73–79.

Gan, A., Haleem, K., Alluri, P., Saha, D., 2012. Standardization of Crash Analysis in Florida. Lehman Center for Transportation Research, Miami.

Gårder, P. E. (2004). The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine. Accident Analysis & Prevention, 36(4), 533–542.

Getis, A. and J.K. Ord. 1992.

Goodchild, M.F., Spatial Autocorrelation. Concepts and Techniques in Modern Geography 47, Geo Books, 1986.

Haleem, K., Abdel-Aty, M., 2010. Examining traffic crash injury severity at unsignal-ized intersections. Journal of Safety Research. 41 (4), 347–357.

Haleem, K., Alluri, P., & Gan, A. (2015). Analyzing pedestrian crash injury severity at

signalized and non-signalized locations. Accident Analysis & Prevention, 81, 14–23.

Hauer, E., 1997. Observational before-after studies in road safety. Pergamon, Oxford.

Hess, P.M., Moudon, A.V., Matlick, J.M., 2004. Pedestrian safety and transit corridors. Journal of Public Transportation. 7, 73–93.

Hinde, A., T. Whiteway, R. Ruddick, and A. D. Heap. 2007. "Seascapes of the Australian Margin and adjacent sea floor: Keystroke Methodology".

Islam, S., & Jones, S. L. (2014). Pedestrian at-fault crashes on rural and urban roadways in Alabama. Accident Analysis & Prevention, 72, 267–276.

James, J.L., Kim, K.E., 1996. Restraint use by children involved in crashes in Hawaii, 1986–1991.TRB, National Research Council, Washington, DC, pp. 8–11.

Jain, A. K. 2009. "Data Clustering: 50 years beyond K-Means." *Pattern Recognition Letters*"
Graham, D.J., Glaister, S., 2003. Spatial variation in road pedestrian casualties: the role of urban scale, density and land-use mix. Urban Studies 40, 1591–1607.

Jang, K., Park, S. H., Chung, S., & Song, K. H. (2010). Influential factors on level of injury in pedestrian crashes: Applications of ordered probit model with robust standard errors. Safe Transportation Research & Education Center.

Jones, A.P., Langford, I.H., Bentham, G., 1996. The application of K-function analysis to the geographical distribution of road traffic accident outcomes in Norfolk, England. Social Science and Medicine 42 (6), 879e885.

Kanchan T, Kulkarni V, Bakkannavar SM, Kumar N, Unnikrishnan B. Analysis of fatal road traffic accidents in a coastal township of South India. The Journal of Forensic and Legal Medicine 2012;19(8):448e51.

Khan, F.M., Jawaid, M., Chotani, H., Luby, S., 1999. Pedestrian environment and behavior in Karachi, Pakistan. Accident Analysis & Prevention. 31, 335–339.

Khan, G., Qin, X., Noyce, D.A., 2008. Spatial analysis of weather crash patterns. Journal of Traffic and Transportation Engineering. 134 (5), 191–202.

Kim, K., Brunner, I., Yamashita, E., 2008b. Modeling fault among accident–i nvolved pedestrians and motorists in Hawaii. Accident Analysis & Prevention. 40 (6), 2043–2049.

Kim, J.K., Ulfarsson, G.F., Shankar, V.N., Mannering, F.L., 2010. A note on modeling pedestrian-injury severity in motor-vehicle crashes with the mixed logit model. Accident Analysis & Prevention. 42 (6), 1751–1758.

Kim JK, Ulfarsson GF, Shankar VN, Kim S. Age and pedestrian injury severity in Motor vehicle crashes: a heteroskedastic logit analysis. Accident Analysis & Prevention 2008; 40(5):1695e702.

King, M.J., Soole, D., Ghafourian, A., 2009. Illegal pedestrian crossing at signalised intersections: incidence and relative risk. Accident Analysis and Prevention 41, 485–490.

Kong C, Yang J. Logistic regression analysis of pedestrian casualty risk in passenger vehicle collisions in China. Accident Analysis & Prevention 2010;42(4):987e93.

Lam, W.W.Y., Yao, S., Loo, B.P.Y., 2014. Pedestrian exposure measures: a time-spaceframework. Travel Behaviour and Society. 1, 22–30.

Larsen, M., 2010. Philadelphia traffic accident cluster analysis using GIS and SANET.In: Master of Urban Spatial Analytics.School of Design, University of Pennsylvania.

Lee,C. , Abdel-Aty, M., 2005. Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crash sat intersections in Florida. Accident Analysis & Prevention. 37, 775–786.

Leden, L., Gårder, P., Johansson, C., 2006. Safe pedestrian crossings for children and elderly. Accident Analysis & Prevention. 38 (2), 289–294.

Long, J. Scott (1997). Regression models for categorical and limited dependent variables. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Longley, et al., 2005. Geographic Information Systems and Science. John Wiley and Sons, Chichester.

MacLeod, K.E., Griswold, J.B., Arnold, L.S., Ragland, D.R., 2012. Factors associated with hit-and-run pedestrian fatalities and driver identification. Accident Analysis & Prevention. 45, 366–372.

Mannering, F.L., Bhat, C.R., 2014. Analytic methods in accident research: method-ological frontier and future directions. Journal of Analytical Methods in Chemistry.1(2014),1–22.

Matsui, Y., 2005. Effects of vehicle bumper height and impact velocity on type of lower extremity injury in vehicle–pedestrian accidents. Accident Analysis & Prevention. 37 (4), 633–640.

Miaou, S.P., 1994. The relationship between truck accidents and geometric design of road sections: Poisson versus negative binomial regressions. Accident Analysis and Prevention 26 (4), 471–482.

Miranda-Moreno, L.F., Morency, P., El-Geneidy, A.M., 2011. The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections. Accident Analysis & Prevention. 43 (5), 1624–1634.

Mitchell, Andy. The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2. ESRI Press, 2005.

Mohamed, M.G., Saunier, N., Miranda-Moreno, L.F., Ukkusuri, S.V., 2013. Aclustering regression approach: a comprehensive injury severity analysis ofpedestrian–vehicle crashes in New York, US and Montreal, Canada. Safety Sci.54, 27–37.

Mohaymany, A.S., Shahri, M., Mirbagheri, B., 2013. GIS - based method for detecting high crash risk road segments using network kernel density estimation.Geo-spatial Information Science. 16 (2), 113–119.

Moudon, A.V., Lin, L., Jiao, J., Hurvitz,P., Reeves, P.,2011.Theriskofpedestrianinjuryand fatality in collisions with motor vehicles, a social ecological study of state routes and city streets in King County, Washington. Accident Analysis & Prevention. 43 (1), 11–24.

Okabe, A., Okunuki, K.I., Shiode, S., 2006. SANET: a toolbox for spatial analysis on anetwork. Geographical Analysis. 38 (1), 57–66.

Okabe, A., Satoh, T., Sugihara, K., 2009. A kernel density estimation method for networks, its computational method and a GIS-based tool. International Journal of Geographical Information Science.23 (1), 7–32.

Okabe, A., Sugihara, K., 2012. Spatial Analysis Along Networks: Statistical and Computational Methods. John Wiley & Sons.

Olszewski, P., Zieli´nska, A., 2012. Badania i modelowanie bezpiecze´nstwa pieszychw ruchu drogowym. Transport Miejski i Regionalny 4, 23–27 (in Polish).

Ord, J.K., Getis, A., 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. Geographical Analysis. 27, 286–306.

Oris, W.N., 2011. Spatial Analysis of Fatal Automobile Crashes in Kentucky.

Öström, M., Eriksson, A., 2001. Pedestrian fatalities and alcohol. Accident Analysis & Prevention. 33 (2), 173–180.

O'Sullivan, D., Unwin, D., 2014. Geographic Information Analysis. John Wiley & Sons.

Oxley, J.A., Ihsen, E., Fildes, B.N., Charlton, J.L., Day, R.H., 2005. Crossing roads safely: an experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. Accident Analysis & Prevention. 37 (5), 962–971.

Oxley, J., Lenne, M., Corben, B., 2006. The effect of alcohol impairment on road-crossing behaviour. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour focuses on the behavioural and psychological aspects of traffic and transport. 9, 258–268.

Prato, C.G., Gitelman, V., Bekhor, S., 2012. Mapping patterns of pedestrian fatal accidents in Israel. Accident Analysis & Prevention. 44 (1), 56–62.

Prasannakumar, V., Vijith, H., Charutha, R., et al., 2011.Spatiotemporal clustering of road accidents: GIS based analysis and assessment. Procedia-Social and Behavioral Sciences 21 (2), 317e325.

Pulugurtha, S., Vanjeeswaren, K., Nambisan, S., 2003. Development of Criteria to Identify Pedestrian High Crash Locations in Nevada, Quarterly Progress Report, University of Nevada, USA.

Pulugurtha, S.S., Krishnakumar, V.K., Nambisan, S.S., 2007. New methods toidentify and rank high pedestrian crash zones: an illustration. Accident Analysis & Prevention. 39, 800–811.

Rolison, J.J., Hewson, P.J., Hellier, E., Husband, P., 2012. Risk of fatal injury in older adult drivers, passengers, and pedestrians. Journal of the American Geriatrics Society. 60, 1504–150810.1111/j.1532-5415.2012.04059.x.

Rosen, E., Stigson, H., Sander, U., 2011. Literature review of pedestrian fatality riskas a function of car impact speed. Accident Analysis & Prevention. 43, 25–33.

Sabel, C., 2006. Kernel Density Estimation as a Spatial-Temporal Data Mining Tool: Exploring Road Traffic Accident Trends, GISRUK 2006, University of Nottingham.

Sabel, C.E., Kingham, S., Nicholson, A., Bartie, P., 2005. Road traffic accidentsimulation modeling - a kernel estimation approach. In: The 17th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre University of Otago,Dunedin, New Zealand, pp. 67–75.

Sarkar, S., Tay, R., & Hunt, J. (2011). Logistic regression model of risk of fatality in vehicle pedestrian crashes on national highways in Bangladesh.

Sasidharan, L., Menendez, M., 2014. Partial proportional odds model – an alternate choice for analysing pedestrian crash injury severities. Accident Analysis & Prevention.72, 330–340.

Schneider, R.J., Ryznar, R.M., Khattak, A.J., 2004. An accident waiting to happen, aspatial approach to proactive pedestrian planning. Accident Analysis & Prevention. 36,193–211.

Schuurman, N., Cinnamon, J., Crooks, V.A., et al., 2009. Pedestrian injury and the built environment: an environmental scan of hotspots. BMC Public Health 9 (1), 1e10.

Shankar, V., Mannering, F., Barfield, W., 1996. Statistical analysis of accident severity on rural freeways. Accident Analysis & Prevention. 28 (3), 391–401.

Shankar, V.N., Ulfarsson, G.F., Pendyala, R.M., Nebergall, M.B., 2003. Modeling crashes involving pedestrians and motorized traffic. Safety Science. 41 (7), 627–640.

Silverman, B., 1986. Density Estimation for Statistics and Data Analysis, 1st ed. Chapman and Hall, London.

Steenberghen, T., Dufays, T., Thomas, I., Flahaut, B., 2004. Intra-urban location and clustering of road accidents using GIS: a Belgian example. International Journal of Geographical Information Science 18 (2),169–181.

Sullivan, J.M., Flannagan, M.J., 2011. Differences in geometry of pedestrian crashesin daylight and darkness. Journal of Safety Research. 42 (1), 33–37.

Sugihara, K., Satoh, T., Okabe, A., 2010. Simple and unbiased kernel function fornetwork analysis. In: Communications and Information Technologies (ISCIT),2010 International Symposium, pp. 827–832, IEEE.

Sze, N.N., Wong, S.C., 2007. Diagnostic analysis of the logistic model for pedestrianinjury severity in traffic crashes. Accident Analysis & Prevention. 39, 1267–1278.

Stutts, J.C., Hunter, W.W., Pein, W.E., 1996. Pedestrian crash types: 1990 update. Transportation Research Record. 1538 (1), 68–74.

Tao, D.P.Y., Nascimento, K.M.M.A., Shekhar, M.M.S., Huang, Y., 2011. Advances in Spatial and Temporal Databases.

Tay, R., Choi, J., Kattan, L., Khan, A., 2011. A multinominal logit model ofpedestrian–vehicle crash severity. International Journal of Sustainable Transportation. 5, 233–249.

Tay, R., Rifaat, S.M., Chin, H.C., 2008. A logistic model of the effects of road way, environmental, vehicle, crash and driver characteristics on hit-and-run crashes. Accident Analysis & Prevention. 40, 1330–1336.

Thomas, I., 1996. Spatial data aggregation: exploratory analysis of road accidents. Accident Analysis and Prevention. 28 (2), 251–264.

Timothée, P., Nicolas, L.B., Emanuele, S., Sergio, P., Stéphane, J., 2010. A network based kernel density estimator applied to Barcelona economic activities. In: In International

Conference on Computational Science and Its Applications (pp.32-45), Springer Berlin Heidelberg.

Toroyan, T., 2013. Global Status Report on Road Safety 2015. Supporting a Decade of Action. World Health Organization, Department of Violence and Injury Prevention and Disability, Geneva.

Truong, L.T., Somenahalli, S.V.C., 2011. Using GIS to Identify Pedestrian-Vehicle Crash Hot Spots and Unsafe Bus Stops. journal Public Transport. 14 (1), 99–114.

Ulfarsson, G.F., Kim, S., Booth, K.M., 2010. Analyzing fault in pedestrian-motor vehicle crashes in North Carolina. Accident Analysis & Prevention. 42, 1805–1813.

Vemulapalli, S.S., 2015. GIS-based spatial and temporal analysis of aging-involvedcrashes in Florida (Doctoral dissertation, The Florida State University).

Wang, X., Abdel-Aty, M., & Brady, P. (2006). Crash estimation at signalized intersections: Significant factors and temporal effect.

Wang, Y.Y., Haque, M.M., Chin, H.C., Goh, Y.J., 2013. Injury severity of pedestriancrashes in Singapore. Australasian Transport Research Forum 2013Proceedings, vol. 8.

Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E.H., Seto, E., Bhatia, R., 2009. An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning. Accident Analysis & Prevention. 41 (1),137–145.

World Health Organization, 2013a. Global Status Report on Road Safety 2013.Supporting a Decade of Action. WHO Press, Geneva.

Xie, Y., Zhang, Y., Liang, F., 2009. Crash injury severity analysis using Bayesianordered probit model. Journal of Traffic and Transportation Engineering. 135 (1), 18–25.

Yamada, I., Thill, J.C., 2004. Comparison of planar and network K-functions intraffic accident analysis. Journal of Transport Geography. 12 (2), 149–158.

Yao, S., Loo, B.P., Yang, B.Z., 2015. Traffic collisions in space: four decades of advancement in applied GIS. Ann. GIS, 1–14.

Yamada, I., Thill, J.-C., 2010. Local indicators of network-constrained clusters in spatial patterns represented by a link attribute. Annals of the Association of American Geographer 100, 269–285.

Yang, J., Deng, W., Wang, J., Li, Q., Wang, Z., 2006. Modeling pedestrians' road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China. Transportation Research. A 40,280–290.

Yau, K.K.W., 2004. Risk factors affecting the severity of single vehicle traffic accidents in Hong Kong. Accident Analysis & Prevention. 36, 333–340.

Yau, K.K.W., Lo, H.P., Fung, S.H.H., 2006. Multiple-vehicle traffic accidents in Hong Kong. Accident Analysis & Prevention. 38, 1157–1161.

Young, J., Park, P.Y., 2014. Hot zone identification with GIS-based post-network screening analysis. Journal of Transport Geography. 34, 106–120.

Zahabi, S.A.H., Strauss, J., Manaugh, K., Miranda-Moreno, L.F., 2011. Estimatingpotential effect of speed limits, built environment, and other factors onseverity of pedestrian and cyclist injuries in crashes. Journal of the Transportation Research Board 2247, 81–90.

Zajac, S.S., Ivan, J.N., 2003. Factors influencing injury severity of motor vehicle-crossing pedestrian crashes in rural Connecticut. Accident Analysis & Prevention. 35 (3),369–379.

Zegeer, C.V., Stutts, J.C., Rodgman, E., 1996.1996: Analysis of elderly pedestrian accidents and recommended countermeasures. Journal of Safety Research.2,128.

Zegeer, C.V., Bushell, M., 2012. Pedestrian crash trends and potentialcountermeasures from around the world. Accident Analysis & Prevention. 44, 3–11.

Zhu, M., Zhao, S., Coben, J.H., Smith, G.S., 2013. Why more male pedestrians die invehicle-pedestrian collisions than female pedestrians: a de compositional analysis. journal of the International Society for Child and Adolescent. 19, 227–231.

Abstract

In recent years pedestrian accidents have become a global problem. The issue of pedestrian safety is a vital argument that can be helped by examining the causes of pedestrian accidents. In this research, we seek to investigate the factors affecting the occurrence of pedestrian accidents and the identification of hot spot points using statistical and spatial analysis. In statistical analysis, we have used multinominal logistic regression model and we use GIS in spatial analysis. In spatial analysis, we use the kernel density method to determine the density of accidents and use hot spot analyze to identify hot spot points.

The results showed that the variables such as maximum speed, direction of the road, riding cars, pavement conditions, pedestrian sex and type of collision most effective variables were the result of pedestrian accidents. Hence, the greatest number of pedestrians injured in various in residential areas, direct roads, roads with normal and dry surfaces, disregard for drivers and rushed and unpredictable acceleration.

Key words: Logistic Regression, Risk Factors, Kernel Density, Hot spot Analysis, Hot spot Points

Shahrood University of Technology

Faculty of Civil Engineering

M.Sc.Thesis in Road and Transport Engineering

Investigation risk factor in pedestrian accident and explore hot spot by spatial clustering – Case study Mashhad

By: Hassan Khodaparast

Supervisor:

Dr. Iman Aghayan

Advisor:

Eng.Abbas Mohammadi

February 2017