پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۵۴، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱
ص. ۵۸۲-۵۶۳

DOI: 10.22059/JHGR.2021.314926.1008216

# تحلیل تصادفات جاده‌ای با تأکید بر خصوصیات محیط و جاده در سیستم اطلاعات مکانی مطالعهٔ موردی: محور کرج- کندوان

علی کلانتری ـ دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه آزاد اسلامی رامسر
سحر علیان*ـ استادیار گروه عمران مؤسسهٔ آموزش عالی رحمان رامسر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۲

## چکیده

**در این مقاله به تحلیل توزیع مکانی و احتمال وقوع تصادفات جاده‌ای و عوامل مؤثر بر آن‌ها به‌ویژه دو عامل محیط و جاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است. منطقهٔ مورد مطالعه محور کرج- کندوان از محورهای کوهستانی ارتباطی تهران- شمال است. با استفاده از روش سلسله‌مراتبی درخت تصمیم‌گیری این پژوهش در چند مرحله انجام گرفت. در مرحلهٔ اول منابع موجود مطالعه و نقاط تصادف جمع‌آوری شد. در مرحلهٔ دوم اصلاح نقاط صورت پذیرفت و نقاط نسبت به مبدأ جمع‌آوری اطلاعات توجیه و به‌صورت کیلومتر اجرا شد. در مرحلهٔ سوم اطلاعات مربوط به شیب جاده، درجهٔ انحنا، نقاط تقاطع، درصد تراکم، اقلیم، و کاربری اطراف منطقهٔ مورد مطالعه جمع‌آوری و سپس لایه‌های اطلاعاتی ایجاد، آماده‌سازی، و استاندارد شد. در مرحلهٔ بعد، لایه‌های استانداردشده توسط مدل درخت تصمیم و درخت تصمیم وزن‌دار پردازش و ترسیم شد. سپس، با تلفیق لایه‌ها نقشهٔ احتمال وقوع تصادف در محدودهٔ مطالعاتی تهیه شد. نتایج مطالعات نشان داد که مهم‌ترین عامل مؤثر در وقوع تصادف با توجه به تحلیل انجام‌شده متغیر انحناست و متغیرهای تقاطع، اقلیم، تراکم، و شیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند.**

**کلیدواژه‌ها: تصادفات جاده‌ای، درخت تصمیم، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کندوان.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

*نویسندهٔ مسئول Email: alian@rahman.ac.ir

## مقدمه

امروزه تصادفات ترافیکی یکی از مهم‌ترین عوامل مهم مرگ و میر انسان‌ها در جهان به‌شمار می‌روند. بنابر پیش‌بینی سازمان بهداشت جهانی، تصادفات رانندگی در سال ۲۰۳۰ همچنان جزو پنج عامل مؤثر بر مرگ و میر خواهند بود (سازمان بهداشت جهانی[1]، ۲۰۱۱؛ گزارش سازمان بهداشت جهانی، ۱۳۸۵). در کشور ما نیز هم‌زمان با گسترش زندگی ماشینی و افزایش روزافزون ترافیک در جاده‌ها این موضوع به معضل بزرگی تبدیل شده و ایران به لحاظ تصادف‌ها و سوانح جاده‌ای و ترافیکی یکی از کشورهای دارای بیشترین موارد تصادف و مرگ و میر ناشی از آن معرفی شده است (نیک‌زاد، ۱۳۸۶). اگر حمل و نقل جاده‌ای را یک سیستم درنظر بگیریم، مهم‌ترین اجزای آن عبارت‌اند از: انسان، وسیلهٔ نقلیه، و جاده (وانگ و همکاران[2]، ۲۰۱۳؛ قبادی و حسن‌زاده، ۱۳۹۶). در سال‌های اخیر با پیشرفت علوم مهندسی تحول چشمگیری در فناوری ساخت و ساز دو جزء وسایل نقلیه و جاده‌ها شده است و سهم انسان و خطاهای انسانی به‌عنوان مهم‌ترین جزء این سیستم بسیار بیشتر از سهم دو جزء دیگر است. به‌طوری که در برخی مطالعات تجربی سهم عامل انسانی در وقوع تصادفات را بین ۵۰ تا ۹۵ درصد تعیین کرده‌اند (اف والبرگ[3]، ۲۰۱۲). هرچند تجمیع خطاهای انسانی و ضعف‌ها و معایب خودروها و جاده‌ها در شرایطی که حجم ترافیک افزایش یابد عاملی برای تشدید و افزایش تعداد تصادفات تلقی می‌شود، بررسی دو فاکتور محیط و جاده در مکان‌ها و زمان‌های مختلف و تأثیر آن در پراکنش و میزان وقوع تصادفات حادثه‌خیز به‌ویژه در جاده‌های بین شهری می‌تواند نقش مؤثری در مدل‌سازی تصادفات داشته باشد (علیان و همکاران[4]، ۲۰۱۶؛ لی[5] و همکاران، ۲۰۲۰).

بر اساس آمار و اطلاعات تصادفات، در برخی ایام سال از جمله تعطیلات عید نوروز، تعطیلات تابستان، و سایر ایامی که جهت مسافرت مناسب باشد هم‌زمان با افزایش حجم ترافیک، به‌ویژه در جاده‌های منتهی به شمال کشور، تصادفات نیز افزایش می‌یابد. شناسایی و بررسی مکانی نقاط حادثه‌خیز برون‌شهری و عوامل مؤثر در وقوع آن‌ها جهت تخصیص منابع مناسب و ارائهٔ راهکارهای عملی در راستای بهبود سطح ایمنی شبکه‌های حمل و نقل بین شهری ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا سیستم اطلاعات مکانی (GIS) یک تکنولوژی مفید جهت ذخیره‌سازی، پردازش، و مدیریت اطلاعات مکانی است (مالچفسکی[6]، ۱۹۹۹). GIS با بهره‌گیری از تکنیک‌های نوین داده‌کاوی و هوش محاسباتی امکان تجزیه و تحلیل مکانی و بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای به‌ویژه دو عامل محیط و جاده و همچنین مدیریت و برنامه‌ریزی برای کاهش تصادفات و ارتقای ایمنی راه‌ها را فراهم می‌سازد (رحمانی، ۱۳۹۵؛ زنگ‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ میلر[7] و هان، ۲۰۰۹).

## مبانی نظری

ایمنی جاده به مسائل ایمنی پیش از تصادف که کاهش‌دهندهٔ خسارات و تلفات تصادف است گفته می‌شود. به عبارتی طراحی راه باید به گونه‌ای باشد که امکان تردد ایمن را فراهم کند و مهندسی آن به گونه‌ای باشد که از بروز سانحه تا حد امکان جلوگیری کند. ایمنی یکی از فاکتورهای جدانشدنی زندگی است که در فعالیت‌هایی همچون رانندگی نقش بسیار

1. WHO
2. Wang
3. Af Wahlberg
4. Alian
5. Le
6. Malczewski
7. Miller and Han

پُررنگی پیدا می‌کند. ایمنی جاده‌ای معمولاً با فقدان تصادفات و تلفات مشخص می‌شود. اهمیت این مسئله معمولاً برعکس اندازه گرفته می‌شود. ایمنی در جاده‌ها مسئلهٔ پیچیده‌ای شامل مؤلفه‌های مختلف بوده و برای دستیابی به سطح مطلوب آن درک عمیق مسئلهٔ ایمنی جاده و شناخت همهٔ مؤلفه‌های مؤثر و تخمین میزان تأثیر هر یک در این مهم امری ضروری است و با هدف تخصیص بهینهٔ بودجهٔ محدود، بهبود ایمنی جاده‌ای انجام می‌گیرد. محققان بر این باورند که مقایسهٔ عملکرد ایمنی تنها با احتساب تعداد تلفات و تصادفات جاده‌ای کمکی به شناخت اصولی مشکل ایمنی جاده و رفع آن نخواهد کرد. برای ارزیابی ایمنی جاده‌ای، روش‌های متعددی ارائه شده است که می‌توان آن‌ها را به روش‌های ارزیابی اقتصادی- اجتماعی برنامه‌های ایمنی جاده‌ای شامل روش‌های تحلیل چندمعیاره و روش منفعت- هزینه و روش‌های ساختاری بررسی ایمنی جاده شامل داده‌کاوی و روش‌های آماری تقسیم‌بندی کرد. از میان روش‌های ذکرشده، روش‌هایی برای ارزیابی ایمنی جاده‌ای مناسب‌اند که بتوانند حداکثر شاخص‌های ایمنی جاده و اندرکنش‌های آن‌ها را به‌طور هم‌زمان تحلیل و بررسی کنند، مانند روش‌های مبنی بر شاخص عملکرد مرکب، تحلیل پوششی داده‌ها، و داده‌کاوی. سایر روش‌ها مثل روش منفعت- هزینه به‌عنوان مکمل این روش‌ها می‌تواند مطرح باشد. شاید ساده‌ترین و در عین حال کامل‌ترین تعریفی که می‌توان برای واژهٔ ایمنی ارائه داد میزان درجهٔ دوربودن از خطر، سانحه، و آسیب است. در تعریف علمی ایمنی می‌توان گفت که درواقع شرایطی است که در آن پتانسیل واردشدن آسیب به افراد و تجهیزات کنترل‌شده بوده و در حداقل باشد. مسئله‌ای که بسیاری از افراد آن را درنظر نمی‌گیرند، این است که ایمنی یک فاکتور نسبی و مقایسه‌ای است و نمی‌توان به آن دیدی مطلق داشت. ایمنی درصدد جلوگیری از بالفعل‌شدن خطرهای بالقوه است و طبیعتاً نمی‌توان هیچ‌گاه سطح ایمنی و حفاظت را به صددرصد رساند. بدون درنظرگرفتن فاکتورها و محدودیت‌های موجود و مقایسه‌کردن شرایط گوناگون، سطح ایمنی قابل تعریف نیست و هیچ‌گاه نیز نمی‌توان به‌صورت کامل از بروز خطر و آسیب جلوگیری کرد. به همین علت است که می‌گوییم ایمنی مطلق نیست و با مقایسه‌کردن ریسک موجود در شرایط گوناگون به‌دست می‌آید و عملاً حفاظت نسبی از خطر و آسیب است (تیسکا[1] و همکاران، ۲۰۱۶).

### ایمنی راه به‌عنوان یک بحث سلامت عمومی در جامعه

واقعیت این است که صدمات ناشی از تصادفات فقط یک موضوع ساده مربوط به حمل و نقل نیست؛ بلکه دغدغهٔ اصلی وزارت بهداشت یا سازمان‌های مسئول تأمین سلامت جامعه است. با بهترشدن وضعیت ایمنی راه‌ها این نهادها و سازمان‌ها نیز منتفع می‌شوند؛ زیرا مراجعه به بیمارستان‌ها کمتر و جراحات وارده نیز خفیف‌تر می‌گردد. علاوه بر این، فراهم‌نمودن امکاناتی به‌منظور تأمین ایمنی عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران نیز به نفع نهادهای ذی‌ربط خواهد بود؛ زیرا مردم می‌توانند با آرامش و بدون هیچ ترسی پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری کنند.

بخش تأمین سلامت عمومی جامعه در بحث ایمنی راه نقش‌های بسیار مهمی را باید ایفا نمایند. این نقش‌ها عبارت‌اند از:

۱. شناسایی و کشف همهٔ جنبه‌های مربوط به صدمات و تصادفات جاده‌ها از طریق جمع‌آوری اطلاعات در خصوص شدت و مشخصات تصادف و نتایج حاصل از آن؛

۲. بررسی دلایل تصادفات، صدمات، و خسارات ناشی از آن و تلاش برای تأمین‌نمودن موارد زیر:

- عواملی که باعث بروز صدمات ناشی از تصادفات می‌شوند،
- عواملی که میزان ریسک و خطر تصادفات را کاهش یا افزایش می‌دهند؛

1. Tisca

– عواملی که ممکن است از طریق مداخلات قابل اصلاح باشند.

۳. بررسی و تحقیق در خصوص راه‌های پیشگیری و کاهش تصادفات جاده‌ای و صدمات جدی آن از طریق طراحی، اجرا، کاربرد، و نظارت و ارزیابی مداخلات؛

۴. کمک به اجرای مداخلاتی که امکان ایجاد آن‌ها وجود دارد، به‌ویژه آن‌هایی که در ارتباط با رفتار انسانی‌اند. انتشار اطلاعات حاصل از خروجی‌ها و ارزیابی اثربخشی و به‌صرفه‌بودن این برنامه‌ها؛

۵. تلاش جهت ترغیب و تشویق سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران برای اینکه آن‌ها پیگیری مسائل ایمنی ترافیک را جدی و لازم تلقی می‌کنند و در پی یافتن روش‌ها و رویدادهای بهینه و اصلاح‌شده تصمیمات مقتضی اتخاذ نمایند؛

۶. ترجمهٔ اطلاعات علمی و تبدیل آن‌ها به خط مشی و دستورالعمل‌هایی که با اجرای آن‌ها از عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران و سرنشینان وسایل نقلیه محافظت بیشتری شود؛

۷. افزایش ظرفیت‌ها و قابلیت‌ها در تمام موارد مربوط به ترافیک راه، به‌ویژه در زمینهٔ گردآوری اطلاعات جهت انجام‌دادن تحقیقات، تشریک مساعی و همکاری بین بخش‌های هم‌عرض نیز در این بحث بسیار لازم و ضروری است. فراهم‌شدن همین موارد است که بخش سلامت عمومی جامعه را در موقعیت مناسبی قرار داده و زمینه را برای ارتقای این موقعیت فراهم می‌آورد.

## ایمنی راه به‌عنوان یک بحث عدالت اجتماعی

مطالعات نشان داده که تصادفات وسایل نقلیهٔ موتوری تأثیر نامطلوب‌تری بر قشر فقیر و آسیب‌پذیر جامعه دارد (نانتولین[1] و ریچ، ۲۰۰۳). مردم فقیر معمولاً دچار جراحات و عوارض شدیدتری می‌شوند و حمایتی از طرف سازمان‌های مربوط در مورد جراحاتی که دورهٔ درمان آن‌ها طولانی است، به دلیل امکانات محدود، وجود نخواهد داشت (موک[2] و میر، ۱۹۹۷). به‌علاوه، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه هزینه‌های مراقبت‌های پزشکی طولانی‌مدت، فوت، یا ناتوانی نان‌آور خانواده، هزینهٔ تشییع‌جنازه و عدم درآمد به دلیل از دست دادن توانایی کاری فرد آسیب‌دیده و مواردی از این قبیل قادر است که یک خانواده را به‌راحتی به سمت فقر بکشاند (هیجار[3] و همکاران، ۲۰۰۳). تعداد زیادی از قربانیان تصادفات جاده‌ای در کشورهای فقیر و آسیب‌پذیر را عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران تشکیل می‌دهند. این قشر از جامعه کمتر از برنامه‌ها و سیاست‌های حمل و نقلی پیشرفته سود می‌برند. ولی سهم نامتعادلی از پیشرفته‌شدن سیستم‌های حمل و نقل عاید آن‌ها می‌شود از قبیل صدمات و خسارات، آلودگی، و جداشدن آن‌ها از اجتماع. باید همهٔ افراد در مقابل نارسایی‌های راه به‌طور یکسان و عادلانه مورد حفاظت و حمایت قرار گیرند و از بی‌عدالتی‌ها، به‌ویژه در خصوص مردم فقیرتر و آسیب‌پذیرتر، جلوگیری شود (نانتولین و ریچ، ۲۰۰۳؛ محنا[4]، ۲۰۰۲). بحث عدالت اجتماعی امری اساسی است؛ به‌گونه‌ای که بتوان برای همهٔ افراد قوانین یکسانی وضع نمود تا در سراسر جهان علاوه بر کاهش میزان تصادفات و کشته‌شدگان زمینه‌های حمایتی یکسان نیز ایجاد شود.

1. Nantulya and Reich
2. Mock and Maier
3. Hijar
4. Mohan

## روش پژوهش

روش تحقیق به‌طور ساده به این صورت است که نخست اطلاعات مکانی و توصیفی مرتبط با موقعیت تصادفات و همسایگی آن‌ها از جنبه‌های مختلف جمع‌آوری، استخراج، یا محاسبه می‌شود. سپس، این اطلاعات در جدول اطلاعات/ تصمیم با توجه به هدف تحقیق تنظیم می‌شود. اطلاعات تنظیم‌شده به دو دستهٔ آموزشی و آزمایشی تقسیم و با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم بررسی و صحت نتایج ارزیابی و تجزیه و تحلیل می‌شود. ویژگی‌هایی که می‌تواند بر تصادفات جاده‌ای تأثیرگذار باشد شامل ویژگی‌های جاده‌ای (مثلاً، سرعت مجاز، عرض جاده، و تعداد باند)، ویژگی‌های توپوگرافیک مانند شیب جاده و وضعیت دید از لحاظ ارتفاعی، ویژگی‌های اقلیمی (مانند بارش، دما، باد، و مه‌گرفتگی)، ویژگی‌های مکانی مانند فاصله از پلیس راه یا شهرهای نزدیک، جهت حرکت، پیچ و خم جاده، تراکم تصادفات در منطقه و غیره که با استفاده از ابزارهای سیستم اطلاعات مکانی قابل استخراج‌اند و سایر عوامل تأثیرگذار در صورت وجود داده باشد. همچنین، ویژگی تصادفات مانند موقعیت آن‌ها، نوع ماشین، و خسارت نیز می‌تواند به‌عنوان ویژگی تصمیم یا کلاس مورد انتظار برای آموزش الگوریتم درخت تصمیم استفاده شود. درخت تصمیم‌گیری یک ساختار دانش سلسله‌مراتبی است که یک توالی از قوانین تصمیم را نشان می‌دهد. هدف از این روش این است که تعیین کند که کدام ویژگی یا کدام معیار از ویژگی‌ها بهترین توزیع از مجموعه دادهٔ واقعی را بدون درنظرگرفتن ارزش ویژگی داده‌شده ارائه می‌دهد (چلگوم[1] و همکاران، ۲۰۰۲). الگوی درخت تصمیم‌گیری دارای مزایای متعددی برای سایر روش‌های ساخت طبقه‌بندی است. این روش نیاز به محاسبات کمتر دارد و ویژگی‌های مربوطه به‌صورت خودکار انتخاب می‌شوند و همچنین خروجی طبقه‌بندی یک سری از قوانین اگر- آنگاه است که قابل تفسیرند (توا[2]، ۲۰۰۳). درخت تصمیم‌گیری از مفهوم آنتروپی معرفی‌شده توسط شانون[3] (۱۹۴۸) برای انتخاب مناسب‌ترین خصوصیات به‌عنوان گره‌های یک درخت طبقه‌بندی استفاده می‌کند. یک فرایند درخت تصمیم یک درخت طبقه‌بندی ایجاد می‌کند که کشف روابط ضمنی بین یک ویژگی هدف و برخی از ویژگی‌های پشتیبانی را تسهیل می‌کند. ویژگی پشتیبانی‌کننده فضای اطلاعاتی را تشکیل می‌دهند که باید از آن قوانینی برای استدلال و طبقه‌بندی مقادیر ویژگی هدف استنباط شود. از ویژگی هدف برای تقسیم و طبقه‌بندی مجموعه داده در چند دسته استفاده می‌شود. معیار طبقه‌بندی به‌کاررفته در فرایند جست‌وجو «آنتروپی» است که توسط شانون در نظریهٔ اطلاعات او (شانون، ۱۹۴۸) و نظریهٔ «بهرهٔ اطلاعاتی» کوینلان[4] (۱۹۷۹) مطرح شده است . آنتروپی درواقع نشان‌دهندهٔ کم‌بودن اطلاعات است. یعنی در مجموعهٔ داده، بر اساسِ یک ویژگی (یک بُعد)، چقدر می‌توان تشخیص داد که کلاسِ نهایی چیست. بهرهٔ اطلاعاتی از آنتروپی در هر مقدار از ویژگی‌ها کمک می‌گیرد و به میزانِ اطلاعاتی که می‌توان از یک ویژگی (بُعد) به‌دست آورد گفته می‌شود؛ یعنی یک ویژگیِ خاص چقدر می‌تواند اطلاعاتِ بیشتری ارائه دهد. در هر سطح از سلسله‌مراتب درخت تصمیم، ویژگی پشتیبانی با بیشترین کاهش آنتروپی، یعنی بیشترین افزایش اطلاعات، به‌عنوان گره درخت انتخاب می‌شود. آنتروپی و بهرهٔ اطلاعات به‌ترتیب به شرح زیر است:

$$Entropy\ (GA) = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 P_i$$

1. Chelghoum
2. Twa
3. Shannon
4. Quinlan

$$Gain\ (GA\ ,SA)=Entropy\ (GA)\ -\ \sum_{v\in Values\ (SA)}\frac{|GA_v|}{|GA|}\ Entropy\ (GA_v)$$

در این تحقیق از اطلاعات و آمار ارگان‌های مختلف، که متولی تهیهٔ نقشه‌های پایهٔ مسیر تهران چالوس‌اند، استفاده شده است؛ از جملهٔ این اطلاعات عبارت‌اند از:

مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با دقت 10 متر از نقشه‌هایی با فرمت DWG از بخش GIS سازمان نقشه‌برداری تهیه شد.

داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی‌های وزارت نیرو برای تعیین میزان بارش در نقاط محدودهٔ مورد مطالعه و در نهایت تهیهٔ نقشهٔ عامل بارش و دما استفاده شده است. این اطلاعات از سازمان هواشناسی کشور و سازمان آب منطقه‌ای کشور دریافت شده است.

نقشهٔ مسیر راه کرج چالوس از داده‌های به‌روز وزارت راه و شهرسازی دریافت شد.

نقشهٔ موقعیت تصادفات تهیه‌شده توسط ادارهٔ حمل و نقل جاده‌ای کشور و نیروی انتظامی اخذ شد. در ادامه با استفاده از داده‌های دریافتی و کیلومتراژ و موقعیت هر تصادف لایه‌های اطلاعاتی که عوامل مؤثر درتصادفات جاده‌ای را شامل می‌شود تهیه شده است (شکل ۱).

با توجه به نحوهٔ ذخیره‌سازی داده‌ها به‌صورت جداول توصیفی، اولین قدم الحاق داده‌های توصیفی به موقعیت‌های جغرافیایی بر روی نقشه و مشاهدهٔ نقاط است. موقعیت تصادفات در این تحقیق به‌صورت مختصات GPS از موقعیت شهر کرج تا ابتدای تونل ثبت می‌شود. مسیر مورد نظر کل تصادفات ثبت‌شده در محور مورد نظر در سال ۱۳۹۸ برابر ۳۰۰ تصادف است. پس از جمع‌آوری داده‌ها، به‌منظور زمین مرجع‌کردن تصادفات ترافیکی واقع در محور فوق، مکان‌های منحصربه‌فرد تصادفات در Google Earth نشان داده شد. فایل‌های موقعیت مکانی تصادفات که باید به Shape File نقطه‌ای (عوارض نقطه‌ای) تبدیل می‌شوند از Google Earth به نرم‌افزار ArcGIS10.2 وارد شدند.

**شکل ۱. فلوچارت اجرای مراحل تحقیق**

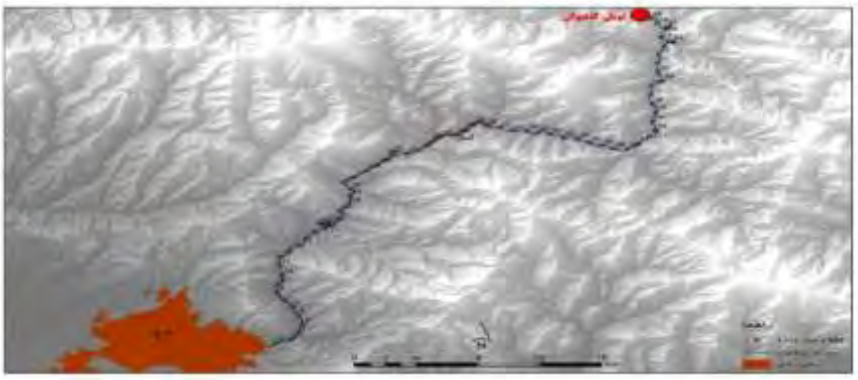
از آنجا که در داده‌های اولیه که از راهداری اخذ شد بخشی از داده‌های تصادفات مربوط به محورهای غیر از محور مورد نظر بودند که ابتدا همهٔ آن‌ها حذف شدند و فقط داده‌های تصادف که مربوط به محور مورد نظر بودند درنظر گرفته شدند، داده‌هایی که مختصاتشان روی مسیر قرار می‌گیرد به وسیلهٔ فاصله اجرا شدند (شکل ۲). برای استفاده از داده‌هایی که در فاصلهٔ ۱۰۰ متری از مسیر هستند با استفاده از نرم‌افزار ArcMap منطقه حائل ۱۰۰متری در اطراف مسیر ایجاد شد و همهٔ داده‌های مختصات‌داری که در محدودهٔ فوق در اطراف مسیر قرار داشتند به مسیر منتقل شدند و پایگاه اطلاعات یکپارچه جهت تحلیل تصادفات در منطقهٔ مورد مطالعه ساخته و آماده شد.

**شکل ۲. موقعیت نقاط تصادف در مسیر موردمطالعه**

## محدودهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مورد مطالعه در این تحقیق منطقه‌ای در حدفاصل شهرستان کرج تا تونل کندوان است که بخشی از جادهٔ اصلی کرج- چالوس است. این منطقه در شمال و شمال غرب استان تهران، بین طول‌های جغرافیای 51 تا 51 درجه و 37 دقیقهٔ شرقی و عرض‌های جغرافیایی 35 درجه و 18 دقیقه تا 36 درجه و 15 دقیقهٔ شمالی واقع شده است (شکل ۳).

به‌جز در مسیر رودخانه، آبراهه‌های اصلی و بخش کمی در جنوب، پوشش گیاهی قابل توجهی در سطح منطقه مشاهده نمی‌شود. روند غالب در این ناحیه به موازات رشته‌کوه البرز شرقی- غربی است. از نظر تقسیم‌بندی ساختاری، منطقهٔ مورد مطالعه بخشی از البرز مرکزی به‌شمار می‌آید. بنابراین، منطقه تحت تأثیر پدیده‌های زمین‌شناختی البرز است. این منطقه از نظر کلیات شمالی- جنوبی مسیر جاده ارتفاعی افزایشی و رو به افزایش در جهت حرکت رفت جاده و رو به کاهش از جهت حرکت برگشت جاده است.



**شکل ۳. موقعیت مسیر کرج- چالوس در ابتدای جادهٔ کندوان (منطقهٔ مورد مطالعه)**

در کل جادهٔ چالوس با چشم‌اندازهای طبیعی و فوق‌العاده بکر از پُرطرفدارترین راه‌های مواصلاتی به شمال کشور است و به همین دلیل در ایام تعطیل سال اغلب با ترافیک سنگین همراه می‌شود. در این مسیر، ده‌ها تونل کوتاه و بلند وجود دارد. تونل کندوان یازدهمین و شاید شناخته‌شده‌ترین تونل است که کرج را به چالوس متصل می‌کند و در فاصلهٔ ۹۰ کیلومتری جنوب چالوس قرار دارد. جادهٔ ۵۹ معروف به جادهٔ چالوس در سال ۱۳۱۲ بهره‌برداری شد. با ساخت سد امیرکبیر این جاده توجه افراد بیشتری را به خود جلب کرد. این سد علاوه بر دوچندان‌کردن زیبایی این جاده مقدمات تبدیل جادهٔ چالوس را به یکی از قطب‌های مهم گردشگری فراهم کرد. در جای جای این مسیر ۱۶۰ کیلومتری مناظری محصورکننده و چشم‌نواز وجود دارد که همین عامل و دسترسی سریع‌تر به شمال کشور باعث ترافیک سنگین و شلوغی این جاده و تصادفات بیشتر شده است. برای ساخت این جاده که درواقع قطر رشته‌کوه البرز را می‌پیماید، تونل‌ها و پل‌های بسیار طولانی ساخته شده است. از آنجا که همهٔ ساخت‌وسازها مربوط به گذشته است، این جاده (شکل ۳) را یکی از ناامن‌ترین جاده‌های ایران می‌دانند. امکانات کم آن زمان باعث شد همهٔ تونل‌ها و پل‌ها با سختی بسیار زیاد و دستمزد قابل توجهی برای کارگران ساخته شود. برای دسترسی به جادهٔ کرج- چالوس باید از شهر کرج در استان البرز یا شهر چالوس در مازندران وارد شد که مبدأ سفر در این جاده محسوب می‌شوند. دسترسی جاده از شهر تهران به‌سمت جاده چالوس از جادهٔ مخصوص به‌طرف شهر کرج و ابتدای جاده چالوس قرار دارد که مبدأ و مقصد ورودی به این جاده محسوب می‌شود.

**شکل ۴. محور مورد مطالعه و روستاها و شهرهای تقاطع این محور**

جاده چالوس از شمال به شهرستان چالوس در استان مازندران، از شرق به شهرستان تهران و شمیرانات، از غرب به منطقهٔ طالقان و از جنوب به شهر کرج محدود می‌شود (شکل ۴). نخستین همراه جاده چالوس رودخانهٔ خروشان کرج‌رود است که درست به موازات جاده امتداد دارد و از البرز جنوبی سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه پس از پشت سر گذاشتن دشت‌های کرج در انتهای مسیر به رودخانهٔ جاجرود می‌ریزد.

## بحث و یافته‌ها

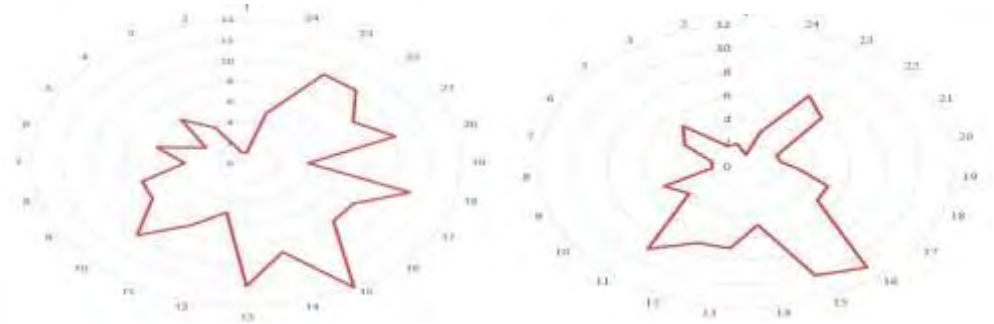
### تحلیل توصیفی تصادفات کرج کندوان

در تحلیل توصیفی تصادفات در حالت الگوی زمانی کلی تصادف در محور در ساعات روز بررسی شد که در شکل ۵ نمایش داده شده است. بیشینهٔ تصادفات در ساعت ۱۵ رخ داده که علت این امر ترافیک بالای ترددها در این ساعت از روز

است. ساعتی که کارهای روزانه به‌پایان می‌رسند و مسافران در حال بازگشت به منازل‌اند و همچنین ساعتی که مسافران آن را پس از ساعت کاری برای شروع مسافرت و خروج از شهر یا بازگشت از مسافرت انتخاب می‌کنند که علت تامهٔ تصادف آن می‌تواند خستگی مسافران از کار روزانه و عدم دقت آن‌ها در رانندگی باشد. همچنین، محدودهٔ اوج دیگری بین ساعت‌های ۲۳ شب مشاهده می‌شود (شکل ۵) که علت آن برگشت مسافران از شمال برای برخوردنکردن با ترافیک روزانه است. دلیل این امر را با پایان میهمانی‌ها در این ساعت و خروج مسافران برای رسیدن به منزل می‌توان تفسیر کرد که خستگی و عجلهٔ آن‌ها در رسیدن به منزل می‌تواند علت وقوع تصادف باشد.

**شکل ۵. الگوی توزیع ساعتی تصادفات**

بر اساس داده‌های تصادفات مسیر و نوع تصادف در محدودهٔ مورد مطالعه به دو طبقه، فوتی و جرحی، دسته‌بندی شد و نمودار عنکبوتی برای آنان ترسیم شد. تصادفات جرحی دارای دو نقطهٔ اوج در ساعت ۱۴ و ساعت ۲۳ است. علت این امر می‌تواند تعجیل در بازگشت از تهران به سمت شمال باشد که همه در آن ساعت قصد خروج از تهران به سمت شمال را دارند. در پیک ساعت ۱۱ علت تامهٔ تصادف خواب‌آلودگی راننده یا خستگی در طول مسافرت است. همچنین، خواب‌آلودگی و خستگی افراد می‌تواند تأثیرگذار باشد. البته این نکته را نیز نباید از یاد برد که هر چه تردد بالاتر باشد احتمال هر نوع برخورد افزایش می‌یابد. بنابراین، در ساعات یادشده افزایش تصادف جرحی بدیهی است، اما مشخص است که این تصادف نسبت به کل تصادفات دارای اختلاف کمتری در ساعات مختلف روز است. بدین معنی که با کاهش تردد سرعت‌ها افزایش یافته و بنابراین شدت تصادف و شدت جراحات نیز در ساعات مختلف افزایش یافته است. در مورد تصادفات فوتی الگو احتمالی و نامنظم و نامشخص است. طبق نمودار عنکبوتی، بیشترین پیک فوتی در مسیر مورد مطالعه در ساعات ۱۳ تا ۱۵ بیشترین اوج تصادفات فوتی اتفاق افتاده است (شکل ۶)، اما نقاط اوج دیگری در ساعت‌های مختلف وجود دارد. تفسیر این نمودار سخت‌تر از نمودار دیگر است. علت‌های زیادی می‌تواند در بروز تصادفات منجر به فوت در ساعات مختلف تأثیر داشته باشد که از مهم‌ترین آن‌ها کیفیت پایین ماشین‌ها و عدم استاندارد آن‌ها در برخورد و تصادف عبور عابر پیاده و تقاطع‌ها و غیره است و در عین حال افزایش سرعت و خواب‌آلودگی رانندگان باعث افزایش تصادف‌هایی با شدت بالا می‌شود که باعث افزایش تصادفات فوتی در این ساعت شده است.



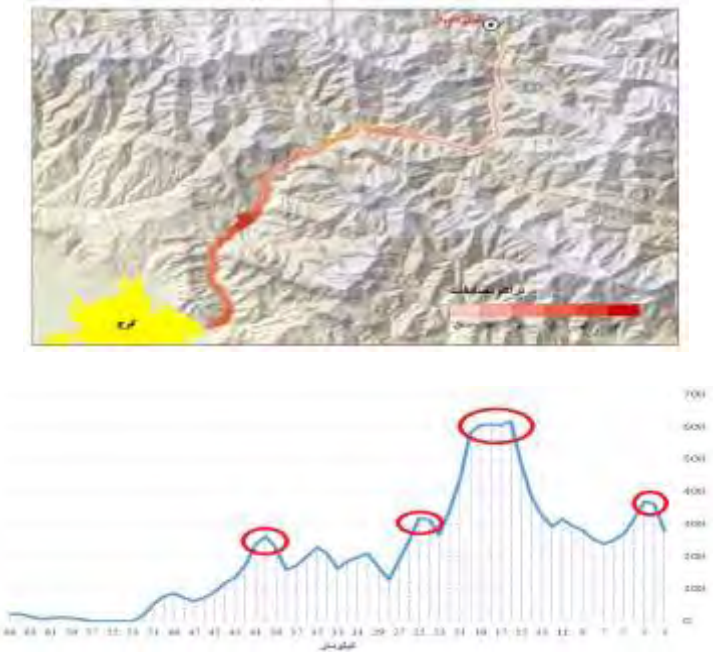
**شکل ۶. الگوی توزیع تصادفات بر اساس نوع صدمهٔ جرحی (راست) و فوتی (چپ) در بزرگراه کرج- چالوس تا ابتدای تونل کندوان**

### تحلیل مکانی تصادفات

با استفاده از تحلیل داده‌های تصادفات که از سازمان راهداری کشور دریافت شده، الگوهای مختلف برای بازه‌های مختلف وقوع تصادف و علت آن‌ها نشان داده شد. در مرحلهٔ بعد الگوی مکانی تصادفات بررسی شد. با توجه به پراکنش مختلف داده‌ها در طول مسیر، ضمن بررسی عوامل در دسترس به مدل‌سازی این عوامل (شیب جاده، درجهٔ انحنای جاده، درصد تراکم، تقاطع، و اقلیم) و سپس انتقال آن‌ها در مدل درخت تصمیم و استخراج اهمیت آن‌ها و درنهایت ترکیب و تحلیل آن‌ها در سیستم اطلاعات مکانی پرداخته شد.

### تراکم تصادفات

با تهیهٔ نقشهٔ پایه و مطالعهٔ مقدماتی این داده‌ها و تهیهٔ نقشهٔ تراکم تصادفات مشخص شد که یک تراکم بسیار زیاد از تصادفات جاده‌ای نزدیک شهر کرج و آسار مشاهده می‌شود و بیشترین تراکم تصادفات نیز در کیلومتر ۱۴ تا ۲۱ مسیر مشاهده شده است که با بررسی میدانی و بررسی از روی تصاویر گوگل مشخص شد (شکل ۷) که انحنای جاده و ارتفاع و شیب زیاد باعث بیشتر تصادفات شده است.



**شکل ۷. تراکم تصادفات در مسیر موردمطالعه**

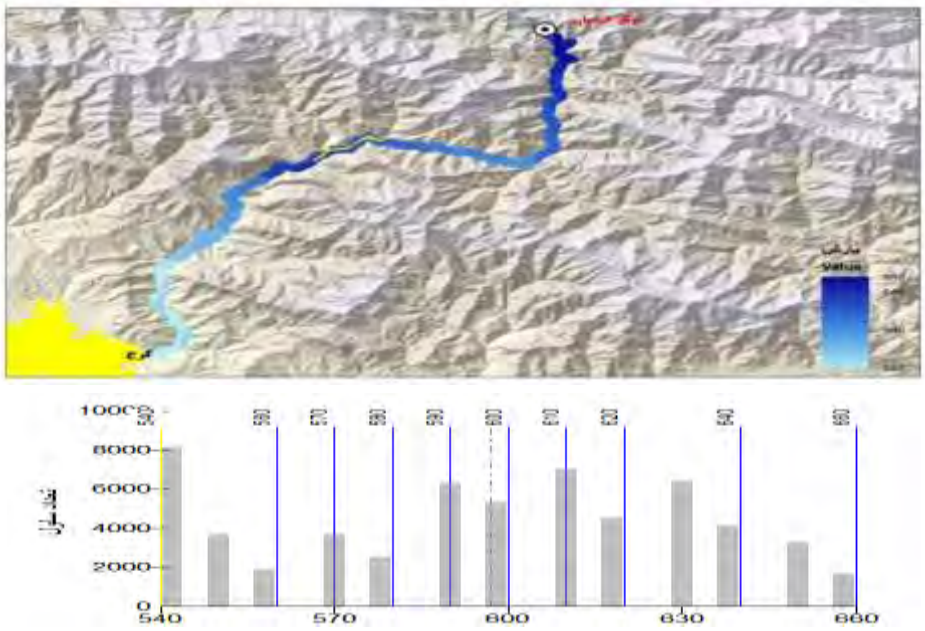
### شیب جاده

برای به‌دست‌آوردن شیب جاده نیاز به مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک 10 متر است که از داده و عکس‌های هوایی ۱:۲۵۰۰۰ به‌دست آمده است. دقت ارتفاعی آن‌ها با مختصات زمینی و نقاط ارتفاعی تصحیح شده است و واحد مکانی در این نوع از داده‌های ارتفاعی ۱۰۰ متر است که امکان تهیهٔ شیب مناسب در محدودهٔ مطالعه را فراهم می‌کند. پس از اخذ داده‌ها و برش آن در سیستم اطلاعات جغرافیایی و استخراج منطقهٔ مورد مطالعه، تهیهٔ پروفیل طولی و تبدیل آن به نقشهٔ متوسط شیب در هر کیلومتر با توجه به طول جاده انجام شد (شکل ۸). سپس، پروفیل مربوطه با استفاده از روش اسپیلاین (Spiline( درون‌یابی شد. تغییرات ارتفاعی جاده در طول محور یک تغییرات نرم و پیوسته است و نهایتاً مقادیر به‌دست‌آمده در پنج طبقه به خوشهٔ شیب تبدیل شد.

**شکل ۸. موقعیت شیب مسیر جاده در مسیر موردمطالعه**

### داده‌های اقلیمی

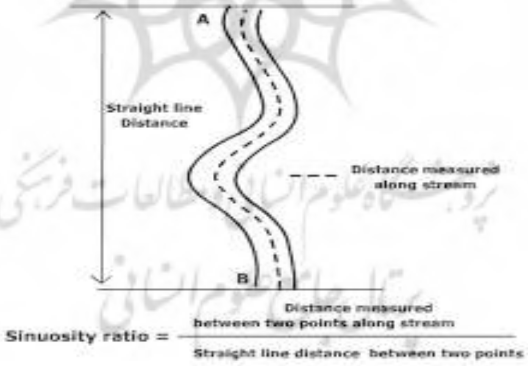
مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که شرایط جوی نامساعد نقش مهمی در بروز تصادفات حادثه‌خیز دارد. برای بررسی شرایط اقلیمی مسیر این جاده از ایستگاه‌های کلیماتولوژی و سینوپتیک در سال‌های 1365 الی 1398 استفاده شده است. برای تعیین وضعیت بارش و ریزش برف در مسیر جاده از درون‌یابی به روش چندجمله‌ای مرکب Spiline استفاده شده است. داده‌ها از سایت سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. سپس، ضمن پالایش و حذف داده‌های پرت و بسیار کوچک به‌صورت ساعتی و در بازهٔ سه‌ساعته ذخیره شد. به خاطر گپ بین داده‌های ساعتی در مرحلهٔ اول یک درون‌یابی بر روی داده‌ها انجام شد (شکل ۹). سپس، مجدداً مرتب‌سازی و دوباره با قوس بیشتر درون‌یابی شد تا داده‌های گم‌شده و مفقودی بازسازی شوند. این داده‌ها از طریق وضع بارش و برف در طول 65 کیلومتر برای یک بازهٔ مشخص یکسان فرض شد و از اطلاعات ایستگاه هواشناسی اقلیمی و سینوپتیک برای کل محور استفاده شد.




**شکل ۹. بارش در مسیر مورد مطالعه**

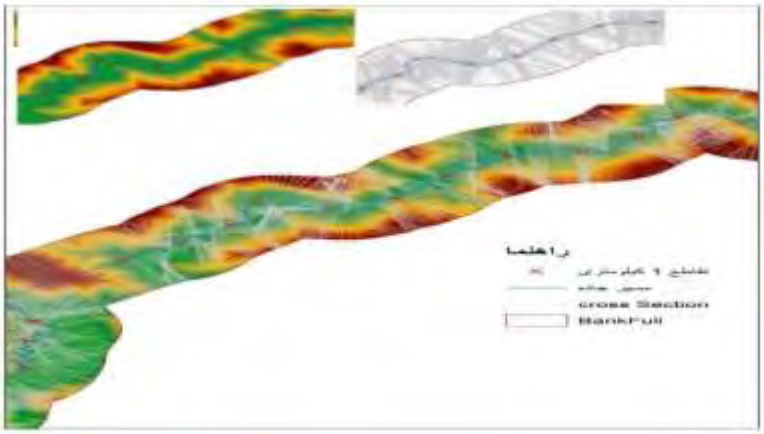
### انحنا و درجهٔ سینوسی جاده

با بررسی انحنا و تصادف در سطح جاده نشان داده شده است که انحنا تأثیر زیادی در وقوع تصادفات داشته و این به‌عنوان یک اصل در پیش‌گیری از تصادفات پذیرفته شده است. با مطالعه و مرور منابع می‌توان دریافت که تعداد تصادف با انحنای جاده رابطهٔ مستقیم دارد (علیان و همکاران، ۲۰۱۶).



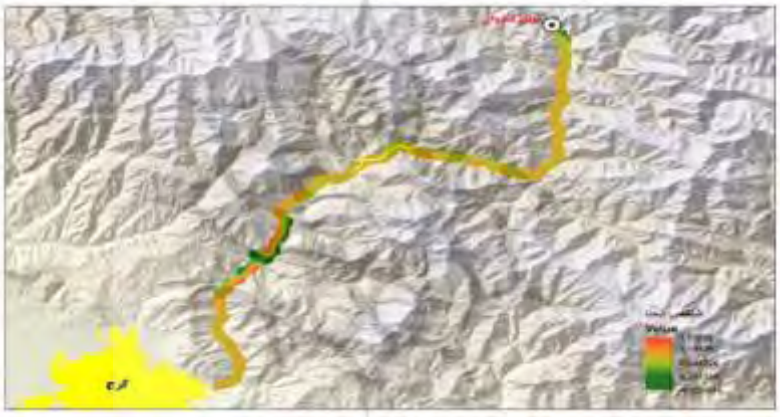

**شکل ۱۰. تشریح انحنای سینوسی در مسیر موردمطالعه**

این شاخص عبارت است از فاصلهٔ طول منحنی قطعهٔ جاده تقسیم بر فاصلهٔ خط مستقیم بین نقطهٔ ابتدا و انتهای منحنی طول محور (شکل ۱۰) که با استفاده از تصاویر گوگل‌ارث و نقشه‌های ۲۵ هزار منطقه و لایهٔ به‌روز جاده‌ها که توسط وزارت راه و شهرسازی تهیه شده اصلاح و آماده‌سازی شد. با استفاده از مدل رقومی ۱۰ متر منطقهٔ پروفیل طولی جاده ترسیم شده و سپس بر اساس کیلومتراژ جاده، که به‌طور مساوی به ۱ کیلومتر تقسیم شده، اجرا شده است (شکل ۱۱). برای محاسبهٔ درجهٔ سینوسی یا انحنای جاده از طریق ترسیم پروفیل جاده با مدل رقومی ارتفاع و ترسیم تقاطع در طول جاده اقدام شده است.




**شکل ۱۱. مقاطع طولی انحنا در مسیر موردمطالعه**

بعد از محاسبهٔ انحنای جاده برای محاسبهٔ توزیع انحنا در طول مسیر با استفاده از درون‌یابی Spiline داده‌های انحنا در طول کل جاده محاسبه شد (شکل ۱۲).



**شکل ۱۲. توزیع انحنای جاده در مسیر مورد مطالعه**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## وجود تقاطع

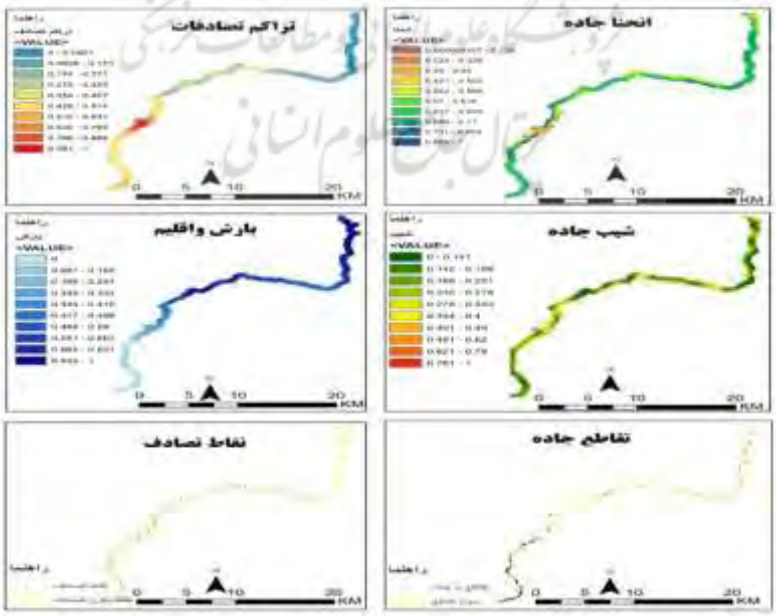
وجود تقاطع باعث می‌شود که احتمال وقوع فراوانی تصادفات در طول جاده افزایش یابد. تقاطع از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایمنی جاده‌هاست (کلارکی[1] و همکاران، ۱۹۹۹). در مناطق شهری، بیشتر تصادفات جدی یا مرگ‌زا در مورد دوچرخه‌سواران در مکان‌های تقاطع رخ می‌دهد. در سراسر یک شبکهٔ جاده‌ای تصادف‌های جاده‌ای به‌طور یکسانی توزیع نشده‌اند. در برخی مکان‌ها آن‌ها به‌صورت مجموعه‌هایی هستند که در طول قسمت‌های بخصوصی از جاده رخ می‌دهند یا در تمام نواحی مسکونی مجاور توزیع می‌شوند. همچنین، مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد در مقایسه بین جاده‌های شهری و بین شهری وجود تقاطع در طول جاده‌های بین شهری تأثیر بیشتری در شدت جراحات ناشی از تصادفات داشته است (خورشادی و همکاران، ۲۰۰۵). موقعیت تقاطع جاده‌ها با GPS برداشت شده و برای تهیهٔ دقیق‌تر و کنترل بیشتر با گوگل‌ارث کنترل و نهایی شده و بعد از اجرا در گوگل به سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی منتقل شده است (شکل ۱۳) و در آنجا به فرمت مورد نیاز در GIS تبدیل گردیده است.

1. Clarke

**شکل ۱۳. توزیع تقاطع جاده در مسیر مورد مطالعه**

### بی‌مقیاس‌سازی، همگن‌سازی، و استانداردسازی داده‌ها

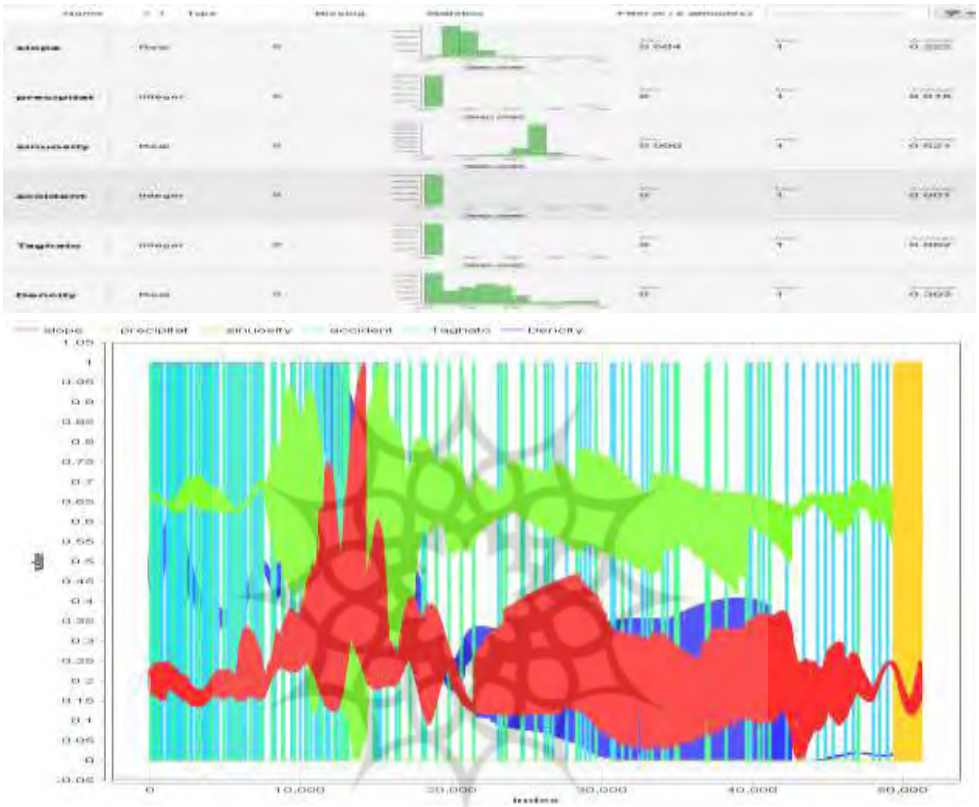
در مراحل قبلی عوامل تأثیرگذار در تعیین تصادفات جاده‌ای تدوین و شناسایی شد که ماحصل آن تولید نقشهٔ معیار در محدودهٔ مطالعاتی بر اساس داده‌ها و اطلاعات موجود بود. نکتهٔ قابل توجه در مورد نقشه‌ها این است که آن‌ها از نظر ابعاد (تعداد سلول‌ها) و نوع دادهٔ شبکه‌ای (عدد صحیح یا اعشار) با یکدیگر متفاوت‌اند. از این رو، برای هماهنگی کامل بین همهٔ نقشه‌ها، بر اساس مرز مورد مطالعه برش زده شد. سپس، با استفاده از دستور اعشاری‌کردن لایهٔ شبکه‌ای هر شش لایه به نقشه‌های شبکه‌ای حاوی مقادیر اعشاری تبدیل شد تا مقادیر سلول همهٔ نقشه‌ها از یک نوع باشد. برای استخراج نقشه‌های معیار قابل مقایسه و در تناسب با هم رویکردهای بسیار زیادی وجود دارد که یکی از مهم‌ترین این رویکردها روش تبدیل مقیاس خطی است (رضایی و نوری، ۱۳۹۷). این رویکرد بر اساس جهت مثبت و منفی داده‌ها اقدام به هم‌مقیاس‌سازی و بی‌بعدکردن داده‌ها جهت استانداردسازی آن‌ها می‌نماید. مزیت عمدهٔ این روش در آن است که دامنهٔ اندازه‌گیری در رابطه با هر معیار دقیقاً بین ۰ و ۱ متغیر (مالچفسکی، ۱۹۹۹) است. شکل ۱۴ نقشه‌های معیار را بر اساس کلاس‌های مختلف داده‌های مؤثر در تصادفات نشان می‌دهد. در همهٔ این نقشه‌ها کلاسه‌بندی به‌صورتی انجام گرفته که با افزایش کلاس‌ها میزان طبقه‌بندی لایه و مناسبت آن‌ها در تصادفات جاده‌ای نشان داده شده است.




**شکل ۱۴. نقشه‌های استانداردشده به وسیلهٔ دامنهٔ نمرات**

### طبقه‌بندی و خوشه‌گذاری و استخراج وزن هر لایه با درخت تصمیم

بعد از نرمال‌سازی داده‌ها، الگوی یکپارچه‌ای از طریق انتقال کلیهٔ لایه‌ها به یک فرمت مختصاتی واحد انجام شد و با انتقال داده‌ها به مدل درخت تصمیم محاسبات تعیین مقیاس داده‌ها انجام شد و داده‌ها در مقیاس مناسب ورود به مدل قرار گرفتند و محاسبات آماری اولیه برای شناخت و توزیع داده‌ها انجام گرفت. تحلیل اولیهٔ مینیم، ماکسیمم و انحراف معیار سری داده‌ها انجام گرفت؛ همان طور که در شکل ۱۵ نشان داده شده است.




شکل ۱۵. توزیع سری داده‌های مدل درخت تصمیم

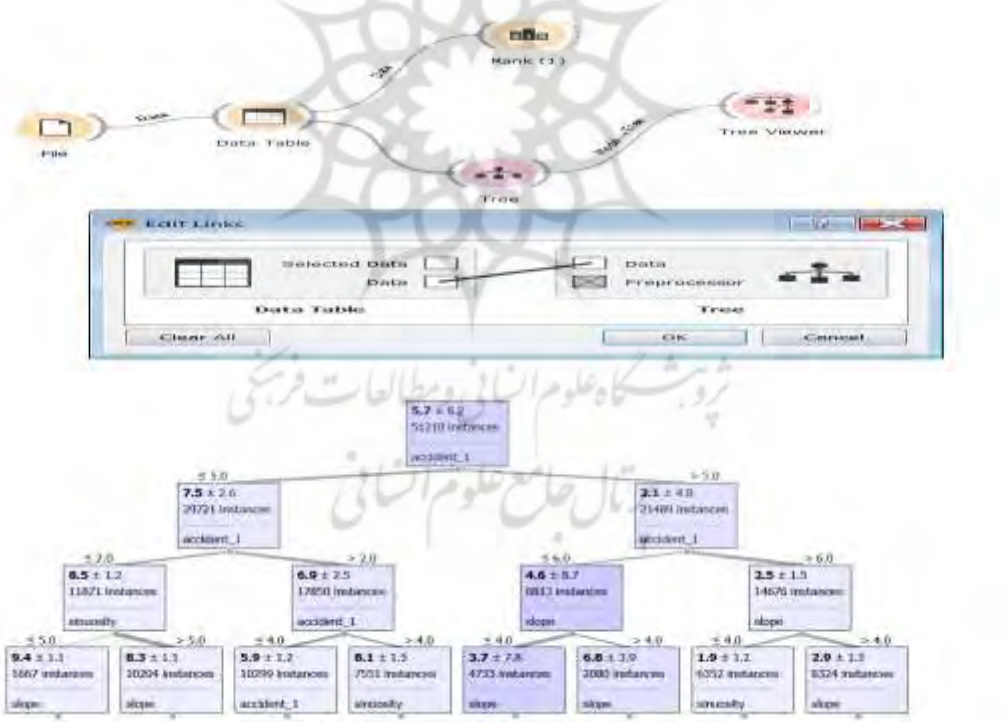
### ساخت درخت تصمیم و استخراج ضرایب لایه‌ها

برای تهیهٔ نقشهٔ مناطق احتمال وقوع تصادف جاده‌ای از مدل درخت تصمیم در تلفیق نقشه‌های معیار استفاده شده است. الگوریتم درخت تصمیم مدل‌های طبقه‌بندی را به شکل ساختار درخت می‌سازد. درخت تصمیم مجموعه داده را به زیرمجموعه‌های کوچک‌تر و کوچک‌تر تجزیه می‌کند و یک درخت تصمیم مرتبط به‌صورت تدریجی توسعه می‌یابد. نتیجهٔ نهایی یک درخت با گره‌های تصمیم‌گیری و گره‌های برگ است. یک گره تصمیم دارای دو یا چند شاخه است. گره برگ یک طبقه‌بندی یا تصمیم را نشان می‌دهد. بالاترین گره تصمیم‌گیری در یک درخت مطابق با بهترین پیش‌بینی‌کننده به نام گره ریشه است. درختان تصمیم‌گیری می‌توانند داده‌های دسته‌ای و عددی را کنترل کنند (شکل ۱۶). در این درخت تصمیم از دو مدل آنتروپی و ضریب جینی برای استخراج و چیدمان اهمیت لایه‌ها در تصمیم استفاده می‌شود.

شکل ۱۶. تعیین متغییر درخت تصمیم در نرم‌افزار دیتاماینینگ

## استخراج درخت تصمیم و ضرایب آن

یک درخت تصمیم‌گیری از بالا به پایین از یک گره ریشه ساخته شده است و شامل تقسیم داده‌ها به زیرمجموعه‌هایی است که حاوی نمونه‌هایی با مقادیر مشابه (همگن) هستند. الگوریتم decision tree از آنتروپی برای محاسبهٔ همگن یک نمونه استفاده می‌کند. اگر نمونه کاملاً همگن باشد، آنتروپی **صفر** است و اگر نمونه تقسیم به همان اندازه باشد، آنتروپی **یک** دارد و با توجه به سطوح تصمیم درخت تصمیم تا آنجا ادامه می‌یابد که همگن‌ترین شاخه ایجاد شود.




شکل ۱۷. نمودار درخت تصمیم در طبقه‌بندی داده‌ها

بعد از واردکردن متغیرها و تعیین مقیاس و طبقات آن‌ها به رتبه‌بندی معیارها اقدام شد (شکل ۱۷). همان‌طور که در جدول ۱۸ مشخص شده، به‌ترتیب در مرحلهٔ اول انحنا، اقلیم، و تراکم تصادف بیشترین ارجحیت را نسبت به متغیرهای دیگر دارند (جدول ۱۸).

**جدول ۱۸. جدول تدوین معیارها در درخت تصمیم تصادفات جاده‌ای**

| معیار | شیب | اقلیم | تقاطع | انحنا | تراکم | تصادف |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wi | ۰,۰۱۲ | ۰,۱۴۴ | ۰,۲۱ | ۰,۵۱ | ۰,۱۲۴ | – |
| Gaini | ۰,۲۳۰ | ۰ | ۱ | ۰۱۵۵ | ۰,۴۴۸ | – |
| نوع شاخص | Max | Max | Binry | Max | Max | Binery |
| نوع مقیاس | Ryel | Ryel | Nominal | Ryel | Ryel | Nominal |

## تهیهٔ نقشه‌های احتمال وقوع تصادف

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدل‌سازی تصادفات جاده‌ای امکان مکان‌یابی مناسب را برای عملکردهای مختلف محافظت از جان انسان‌ها و بهترین عملکرد در حفظ و تعادل امنیت عمومی و جاده فراهم می‌آورد. در این میان استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی بر اساس درخت تصمیم و استفاده از آن برای تصمیم‌گیری در تصادفات جاده‌ای از انعطاف بیشتری برخوردار بوده و هوش و نبوغ انسانی را در تصمیم‌گیری‌ها بهتر نشان می‌دهد. با توجه به توضیحاتی که دربارهٔ بررسی تأثیر پارامترهای مؤثر بر وقوع تصادف جاده‌ای در مسیر کرج- چالوس داده شد، نقش هر یک از پارامترهای مؤثر با استفاده از روش فوق برای هر متغیر محاسبه شده و نتایج به‌دست‌آمده از اجرای روش ذکرشده در تلفیق لایه‌ها تکمیل و مورد بحث قرار گرفته است. بعد از یکسان‌سازی لایه‌ها و آماده‌سازی همهٔ لایه‌های رستری استانداردشده در ادامه با استفاده از روش درخت تصمیم وزنی به تدوین وزن نهایی متغیرها و تلفیق و تهیهٔ نقشهٔ نهایی تصادفات پرداخته می‌شود. بر مبنای ضرایب به‌دست‌آمده از مدل، درخت تصمیم و شاخص‌گذاری لایه‌ها بر اساس مطالعات و رتبه‌دهی آن‌ها و نرمال‌سازی هر کلاس با واسطه رتبهٔ نسبی آن در این پژوهش به‌صورت نقشهٔ نهایی تصادفات احتمالی به‌دست آمد و سپس بر اساس نقاط عطف نتایج طبقه‌بندی و رتبه‌گذاری شد (شکل ۱۹).

**شکل ۱۹. نقشهٔ احتمال وقوع تصادف حاصل از تلفیق نقشه‌های معیار**

برای بررسی دقیق‌تر مدل خروجی تلفیق معیارها تعداد نقاط تصادف جاده بر اساس فراوانی آن‌ها تجمع شد و نقاطی که دارای بیشتر از ۱۰ فراوانی تصادف در جاده بود با نتایج مدل برازش داده شد. با انطباق این نقاط با نقشهٔ حاصل از مدل نهایی امکان تطبیق بهتر مدل فراهم آمد که نشان داد حدود ۱۰۰ درصد نقاط انتخابی بر روی مناطق مهم احتمال وقوع تصادف قرار داشته‌اند.

## نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات نشان داد که در این روش مهم‌ترین عامل مؤثر در وقوع تصادف با توجه به تحلیل انجام‌شده به‌ترتیب عبارت‌اند از: متغیر انحنا با ضریب ۰٫۵۱ به‌عنوان مؤثرترین لایه در احتمال وقوع تصادف منطقهٔ مورد مطالعه معرفی شده است. پس از آن، لایهٔ تقاطع دارای ضریب ۰٫۲۱ است که به‌عنوان دومین متغیر مؤثر در احتمال وقوع تصادف مطرح است. سومین متغیر اقلیم است که ضریب ۰٫۱۴۴ را به خود اختصاص داده است. متغیرهای دیگر مانند تراکم ۰٫۱۲۴ و شیب با ضریب ۰٫۰۱۲ به‌ترتیب از لحاظ تأثیرگذاری بر احتمال وقوع تصادف در منطقهٔ مورد مطالعه در درجه‌های بعدی اهمیت قرار دارند. بر پایهٔ ضرایب به‌دست‌آمده در این روش نقشهٔ پهنه‌بندی احتمال وقوع تصادف تهیه شد ونتایج نقشهٔ تهیه‌شده از کل محدودهٔ مورد مطالعه نشان‌دهندهٔ شدت بالای احتمال وقوع تصادف در نقاط انتخابی است. بر پایهٔ نقشهٔ به‌دست‌آمده بیشترین پهنه با خطر زیاد وقوع تصادف در بخش ورودی به جاده نقاط تقاطع و مکان‌هایی است که در انحنای جاده قرار دارند و نشان‌دهندهٔ دقت مدل است.

شناسایی و مدل‌کردن همهٔ پارامترهای مؤثر در تصادف کار آسانی نیست و در برخی موارد ناممکن است. نتیجهٔ دیگر این تحقیق نشان داد که همراه با جمع‌آوری اطلاعات در خصوص متغیرهای بالقوهٔ مؤثر در تصادف با دقت بیشتر در سال‌های اخیر، لزوم استفاده از روش‌های تحلیل متناسب با این‌گونه داده‌ها در کشور احساس می‌شود. بسیاری از مدل‌ها که برای تحلیل تصادفات مورد استفاده قرار می‌گیرند به‌علت فقدان داده‌های کافی بیشتر به مدل‌کردن شمارش تصادفات و بررسی ارتباط آن با سایر متغیرها یا تأثیر متغیرهای مکانی بر وقوع تصادفات عمدتاً در مقیاس بزرگ پرداخته‌اند. و در تعدادی نیز به‌علت نبود داده یا آشنانبودن به استخراج و تحلیل داده‌های مکانی از دخالت‌دادن تعدادی از متغیرهای مکانی در مدل صرف‌نظر نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که با درنظرگرفتن پارامترهای مختلف محیطی در کنار عوامل مکانی و زمانی تصادفات و مدل‌های هوشمند مثل درخت تصمیم می‌توان مدل تصادفات را ایجاد کرد تا دقت خوبی در پیش‌بینی وقوع تصادفات رانندگی داشته باشند. با توجه به اهمیت نقش راننده و خطاهای انسانی در وقوع تصادفات، جمع‌آوری داده‌های مرتبط و بررسی عوامل انسانی مؤثر در وقوع تصادفات از جمله سرعت راننده در کنار عوامل مکانی و محیطی می‌توانند از موادری باشند که در پژوهش‌های پیش رو مورد استفاده قرار گیرند. نتایج این تحقیق و اولویت‌بندی فاکتورهای مؤثر در بروز تصادفات می‌توانند نقش مؤثری در کاهش هزینه‌های مورد نیاز برای ارتقای ایمنی راه‌ها داشته باشند.

پرتال جامع علوم انسانی

## منابع


۱. اطلاعات آماری مستخرج از پایگاه اینترنتی سازمان پزشک قانونی کشور، ۱۳۹۸، برگرفته از سایت www.imo.ir

۲. اطلاعات آماری مستخرج از پایگاه اینترنتی سازمان پزشک قانونی کشور، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹، برگرفته از سایت www.imo.ir

۳. رحمانی، محمد، ۱۳۹۵، پهنه‌بندی تصادفات جاده‌ای با هدف تعیین نقاط حادثه‌خیز با استفاده از GIS (نمونهٔ موردی: مسیر همدان– ملایر)، فصل‌نامهٔ *آمایش محیط*، شمارهٔ ۳۴، صص ۱۵۵–۱۷۵.

۴. رضایی، محمدرضا و نوری، محبوبه، ۱۳۹۷، نقش سرمایهٔ اجتماعی در آمادگی افراد قبل از وقوع زلزله (مطالعهٔ موردی: شهروندان شهر کرمان)، *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*.

۵. زنگی‌آبادی، علی؛ شیران، غلامرضا و گشتیل، خیری، ۱۳۹۱، بررسی علل تصادفات در بزرگراه‌ها (مورد مطالعه: بزرگراه‌های درون‌شهری اصفهان)، فصل‌نامهٔ علمی– ترویجی *راهور*، سال نهم، شمارهٔ ۱۷، صص ۳۷– ۵۷.

۶. سازمان بهداشت جهانی، ۱۳۸۵، *گزارش جهانی در خصوص پیشگیری از صدمات ناشی از تصادفات جاده‌ای*، ناشر: پژوهشکدهٔ حمل و نقل، صص ۱–۱۰۱.

۷. عبادی‌نژاد، سیدعلی؛ شادفر، صمد؛ شادمانی، علیرضا و جعفریان، محمدحسن، ۱۳۸۵، نقش مه در ایجاد حوادث جاده‌های کشور، فصل‌نامهٔ *دانش انتظامی*، ۸ (۴)، ۵۷-۶۶.

۸. قبادی، محمد و حسن‌زاده، محمدرضا، ۱۳۹۶، بررسی عوامل مؤثر در وقوع تصادفات شهری، فصل‌نامهٔ *مطالعات مدیریت ترافیک*، سال ۱۲، شمارهٔ ۴۴، صص ۷۱-۸۶.

۹. کامیابی، سعید و علی‌پور، سیدخلیل، ۱۳۹۲، ارزیابی تصادفات جاده‌ای در شرایط مختلف جوی در جاده‌های اصلی استان سمنان، فصل‌نامهٔ پژوهشی *راهور*، ۳ (۸)، ۱۱۵-۱۳۶.

۱۰. مالچفسکی، ی.، ۱۹۹۹، *سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری*، ترجمهٔ علی‌اکبر پرهیزکار، تهران: سمت.

۱۱. ماهپور، علی‌رضا، ۱۳۹۳، بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات برون‌شهری و ارائهٔ مدل مناسب (مطالعهٔ موردی: استان تهران)، طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کاربردی پلیس راهور نهاجا، *گزارش پژوهشی*، شمارهٔ ۷.

۱۲. نیک‌زاد، میرفاضل، ۱۳۸۶، *سوانح ترافیکی کشور و خسارات ناشی از آن*، تهران: پلیس راهنمایی و رانندگی ناجا.

13. Af Wåhlberg, A., 2012, *Driver behaviour and accident research methodology: unresolved problems*: Ashgate Publishing, Ltd.
14. Alian, S.; Baker, R. G. V. and Wood, S., 2016, Rural casualty crashes on the Kings Highway: A new approach for road safety studies. *Accident Analysis & Prevention*, 95, 8-19.
15. Chelghoum, N.; Zeitouni, K. and Boulmakoul, A., 2002, A decision tree for multi-layered spatial data. In *Advances in Spatial Data Handling* (pp. 1-10). Springer, Berlin, Heidelberg.
16. Clarke, D. D.; Forsyth, R. and Wright, R., 1999, Junction road accidents during cross-flow turns: a sequence analysis of police case files. *Accident Analysis & Prevention*, 31(1-2), 31-43.
17. ESRI, 2006, ArcView GIS, ESRI Inc.,http://www.esri.com/base/products/arcview/arcview.html (accessed 15/10/06).
18. Haddo, Jr W., 1968, The changing approach to the epi-demiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based. American Journal of Public Health, 58, 1431-1438.
19. Han, J. and Kamber, M., 2001, *Data mining concepts and techniques*, Morgan Kaufmann Publishers. San Francisco, CA, 335-391.
20. Hijar, M.; Vazquez-Vela, E. and Arreola-Risa, C., 2003, Pedestrian traffic injuries in Mexico: a country update. Injury Control and Safety Promotion, 10, 37-43.
21. Huxhold, W. E., 1991, *An introduction to urban geographic information systems*. OUP Catalogue.
22. Karsahim, M. and Sedral, T., 2002, Distribution of Hazardous Location on Highway through GIS. International Symposium on GIS, 23-26.
23. Khorashadi, A.; Niemeier, D.; Shankar, V. and Mannering, F., 2005, Differences in rural and urban driver-injury severities in accidents involving large-trucks: an exploratory analysis. Accident Analysis & Prevention, 37(5), 910-921.
24. Konduri, S.; Labi, S. and Sinha, K.C., 2003, Incident occurrence models for freeway incident management. Transportation Research Record, 1856, 125-135.
25. Le, K.G.; Liu, P. and Lin, L.T., 2020, Determining the road traffic accident hotspots using GIS-based temporal-spatial statistical analytic techniques in Hanoi, Vietnam. *Journal of Taylor and Francis*, 23 (2), 153-164.
26. Lonero, L., 2002, *Road safety as a social construct*. Ottawa, *Northport Associates*, 2002 (Transport Canada Report No. 8080-00-1112).
27. Malczewski, J., 1999, *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
28. Mehmood, A., 2010, An integrated approach to evaluate policies for controlling traffic law violations, Accident Analysis & Prevention, 42(2), 427-436.
29. Miller, H. J. and Han, J. (Eds.), 2009, *Geographic data mining and knowledge discovery*. CRC press.
30. Mock, C. N. and Maier, R. V., 1997, Low utilization of formal medical services by injured persons in a developing nation: health service data underestimate the importance of trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 42(3), 504-513.
31. Mohan, D., 2002, Road safety in less-motorised environment: future concerns. *International Journal of Epidemiology*, 31, 527-532.

32. Naboureh, A.; Feizizadeh, B.; Naboureh, A.; Bian, J.; Blaschke, T.; Ghorbanzadeh, O. and Moharrami, M., 2019, Traffic Accident Spatial Simulation Modeling for Planning of Road Emergency Services. International Journal of Geo-Information. 8(371), 1-16.
33. Nantulya, VM. and Reich, MR., 2003, Equity dimensions of road Traffic injuries in low- and middle income countries. Injury Control and Safety Promotion, 10, 13-20.
34. Park, S. H.; Kim, S. M. and Ha, Y. G., 2016, Highway traffic accident prediction using VDS big data analysis. *The Journal of Supercomputing*, 72(7), 2815-2831.
35. Quinlan, J. R., 1979, *Discovering rules by induction from large collections of examples*. Expert systems in the micro electronics age.
36. Sanaeinasab, H.; Irani, Gh. A.; Rafati, H. and Karimi, A. A., 2009, Traffic accidents: A survey on traffic accidents frequency and effective factors in a military base in Tehran. Police Management Studies Quarterly Science Journal, 4(1), 19-30, (in Persian).
37. Seifollahi, S. and Nemati, F., 2012, The effective social factors of driving accidents' occurrences in Tehran (Case of Study: Fatal Accidents), Journal of Iranian Social Development Studies, 4(2), 113-129, (in Persian).
38. Shannon, C. E., 1948, A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
39. Tisca, I.A.; Istrat, N.; Dumitrescu, C.D. and Cornu, G., 2016, Issues concerning the road safety concept, *Journal of Procedia Economics and Finance*, 39: 441- 445.
40. Twa, M. D.; Parthasarathy, S.; Raasch, T. W. and Bullimore, M. A., 2003, Decision tree classification of spatial data patterns from videokeratography using Zernike polynomials. In *Proceedings of the 2003 SIAM International Conference on Data Mining* (pp. 3-12). Society for Industrial and Applied Mathematics.
41. Verma, D. and Nashine, R., 2012, Data Mining: Next Generation Challenges and FutureDirections. *International Journal of Modeling and Optimization*, 2(5), 603.
42. Voget, A. and Bared, J., 1999, Accident models for two lane rural segments and intersection, *Transportation Research Record*, Issue 1635, pp. 18-29.
43. Waller, P., 2001, Public health's contribution to motor vehicle injury prevention. American Journal of Preventive Medicine, 21(Suppl. 4), 3-4.
44. Wang, C.; Quddus, M. A. and Ison, S. G., 2013, The effect of traffic and road characteristics on road safety: A review and future research direction. Safety Science, *57*(0), 264-275.
45. WHO, 2010, *Mobile phone use: a growing problem of driver distraction*. Geneva, Switzerland: World Health Organisation.


پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی