

تعیین سهم عوامل سه گانه انسان، وسیله نقلیه و راه در تصادفات استان اصفهان

مقاله علمی - پژوهشی

علی توکلی کاشانی*، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و مرکز تحقیقات ایمنی کاربردی حمل و نقل جاده‌ای،

دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

معید ذهبیون، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

محمدعلی صلواتی، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

مهدی هادی‌نیا، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و مرکز تحقیقات ایمنی کاربردی حمل و نقل جاده‌ای،

دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

متین چنگیز، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و مرکز تحقیقات ایمنی کاربردی حمل و نقل جاده‌ای،

دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: alitavakoli@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۸ - پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱

صفحه ۳۳۶-۳۲۳

چکیده

هدف اصلی این مطالعه، بررسی و تعیین سهم عوامل سه گانه انسان، وسیله نقلیه و راه در تصادفات استان اصفهان است. برای این منظور به بررسی علت رخداد تصادفات و علت آسیب‌های ناشی از تصادفات که منجر به مجروح یا فوت شدن راننده و سرنشینان می‌شود، پرداخته شده و سهم عوامل سه گانه در این مورد محاسبه شدند. همچنین در این مطالعه تفاوت ماهیت قبل از تصادف و هنگام تصادف (از ماتریس هادن) مورد بررسی قرار گرفته است؛ که سهم عامل انسان در ۹۷٫۵ درصد، عامل راه در ۳۶٫۹ درصد و عامل وسیله در ۸٫۹ درصد تصادفات (علت رخداد تصادفات) استان اصفهان نقش ایفا می‌کند؛ همچنین تحلیل‌های عمقی نشان دادند که عامل‌های انسانی نظیر عدم توجه به جلو، سرعت زیاد و مجموعه رفتارهای نامناسب رانندگان بیشتر از ۸۵ درصد کل تصادفات را به خود اختصاص می‌دهند و در صورتی که این عوامل برطرف شوند، انتظار خواهیم داشت که ۸۵ درصد از تصادفات رخ ندهند؛ همچنین بطور کلی با برطرف شدن هر یک از عوامل مؤثر در تصادف انتظار می‌رود که تصادفی رخ ندهد. در ادامه سهم عامل وسیله نقلیه، انسان و راه در آسیب‌های هنگام تصادف به ترتیب برابر ۴۵٫۲، ۸۳٫۴ و ۳۰٫۶ درصد محاسبه شدند که نشان می‌دهد وسایل نقلیه بیشترین نقش را در آسیب به راننده و سرنشینان خودرو در هنگام تصادف ایفا می‌کنند که در صورتی که هر یک از این عوامل در تصادفات برطرف شوند، انتظار خواهیم داشت که شدت تصادف رخ داده کاهش پیدا کند. با توجه به کمبود حجم پایگاه داده، در آینده، استفاده از منابع بیشتر، از جمله گزارش‌های بیمه و تعمیرگاه‌ها، برای تحلیل دقیق‌تر سهم عوامل پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تصادفات برون‌شهری، سهم عوامل، ماتریس هادن

۱- مقدمه

گذشته افزایش یافته است (سازمان پزشکی قانونی، آمار متوفیات و مصدومین حوادث رانندگی)، همچنین تصادفات یکی از اصلی‌ترین علت مرگ‌ومیر در کشورهای در حال توسعه است (Bhuiyan et al., 2022)؛ بنابراین تحقیق جهت یافتن علت رخداد تصادفات و آسیب‌های ناشی از آن ضروری بنظر

استان اصفهان آمار بالایی در مرگ‌ومیر و مجروحین تصادفات ترافیکی را در سطح کشور ثبت کرده است؛ بطوریکه جزو پنج استان اول کشور با بیشترین تعداد مرگ‌ومیر و مجروحین حوادث ترافیکی قرار می‌گیرد؛ و همچنان آمار مرگ‌ومیر و مجروحین تصادفات ترافیکی استان اصفهان و همچنین کشور طی ۵ سال

داده‌اند و علاوه بر آن بدون ارائه مدل مشخصی سهم عوامل راه و وسیله را نیز تعیین کرده‌اند. آنها در این مطالعه آیت‌های خاص انسانی مانند شغل راننده، نوع گواهینامه و غیره را به زیرمجموعه‌های مفصل‌تری تقسیم نموده‌اند و اثرات این زیرمجموعه‌ها را بر هر مجموعه مطالعه کرده‌اند. توکلی کاشانی و همکاران (توکلی کاشانی *et al.*, 1394) در مطالعه‌ای به بررسی خواب‌آلودگی رانندگان بر تصادفات پرداختند و به این نتیجه رسیدند که رانندگان کامیون بیشترین ریسک تصادف در صورت خواب‌آلودگی را دارند که علت آن می‌تواند به تردد بیشتر رانندگان کامیون در جاده‌ها نسبت به دیگر رانندگان مربوط شود. فتاحی و کشفی (فتاحی و کشفی، ۱۳۹۶) طی مطالعه‌ای در استان ایلام به بررسی عامل راه در تصادفات جاده‌ای پرداخت که نشان داد عواملی نظیر مشکلات طرح هندسی، راه‌های دوطرفه جدانشده، عرض کم راه، نبود گاردریل، نقض روشنایی و کمبود علائم به ترتیب بیشترین نقش را در تصادفات استان ایلام دارند. همچنین نیتی روستاگی و همکاران (Rustagi *et al.*, 2018) ماتریس هادن^۱ را برای تعیین راهکارهای لازم برای کاهش تصادفات در کشور هندوستان بکار بردند. در این مطالعه اگرچه میزان سهم هر عامل مشخص نگردیده است؛ ولی از ایده کلی ماتریس هادن استفاده شده است (جدول ۱) و طبقه‌بندی مشخصی بر روی متغیرهای مختلف جامعه آماری انجام گرفته است که نشان می‌دهد وقوع یک تصادف بیشتر به علت چه عواملی است. مطالعه‌ای در ایالات متحده آمریکا به بررسی سهم عوامل در تصادفات پرداخته و هر کدام از آنها را دسته‌بندی نموده و گزارشی کامل در جهت بررسی عوامل مؤثر در تصادفات نموده است (Treat *et al.*, 1979). همچنین مطالعات مختلفی به بررسی عوامل انسانی در تصادفات پرداخته و نشان داده‌اند که تصادفات با سرعت زیاد، مصرف مشروبات الکلی، خستگی و خواب‌آلودگی مرتبط هستند؛ همچنین این مطالعات نشان داده‌اند که کیفیت وسایل نقلیه بر روی ریسک تصادفات اثر گذار هستند که شامل تایرها، سیستم ترمز، روشنایی و اضافه بار می‌شود (Klinjun *et al.*, 2021).

می‌رسد. برای این منظور، ۱۵۷ کروکی تصادفات (شامل تصادفات جرحی و فوتی) و تصاویر محل حادثه در سطح راه‌های برون‌شهری استان اصفهان در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ جمع‌آوری که برای بررسی هر کدام یک از این تصادفات، ابتدا کروکی‌های تهیه شده توسط پلیس راه استان اصفهان و تصاویر گرفته شده محل حادثه توسط سازمان راهداری استان اصفهان مورد بررسی قرار گرفته و به بررسی عواملی که در وقوع تصادفات از منظر عوامل انسانی، وسیله نقلیه و راه نقش کلیدی دارند، پرداخته خواهد شد. بنابراین، هدف از این پژوهش تعیین سهم عوامل سه‌گانه (انسان، وسیله نقلیه و راه) در رخداد تصادفات و آسیب‌های وارده هنگام تصادف است که برای این منظور تنها از تصادفات جرحی و فوتی استفاده می‌کنیم. ادامه این مطالعه شامل ۴ بخش است، در بخش دوم به مرور ادبیات در زمینه عوامل سه‌گانه، سهم آنها در تصادفات و آسیب‌های ناشی از آنها، در بخش سوم داده‌ها را توصیف نموده و روش مورد استفاده در این مطالعه مورد بررسی قرار خواهند گرفت، در بخش چهارم نتایج ناشی از روابط و مدل‌های استفاده شده در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته و در مورد آنها بحث خواهد شد؛ و در نهایت در فصل پنجم به نتیجه‌گیری این مطالعه خواهیم پرداخت.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- عوامل سه‌گانه انسان، وسیله نقلیه و راه

خیرآبادی و بوالهری (خیرآبادی و بوالهری، ۱۳۹۱) در یک مطالعه مروری به بررسی نقش عوامل انسانی در تصادفات پرداختند. در این مطالعه دسته‌بندی مفیدی از عوامل انسانی مختلف مانند اثر مصرف دارو، وضعیت نشستن پشت فرمان خودرو، جنسیت، سن، شخصیت، سطح تحصیلات، شخصیت و غیره که سبب بروز تصادف هستند، ارائه شد. پاک‌گوهر و همکاران (پاک‌گوهر *et al.*, 1388) نقش عامل انسانی و میزان اثر آیت‌های مهم آن مانند عدم توجه به جلو، خواب‌آلودگی و ... را در شکل‌گیری تصادفات، به‌وسیله رگرسیون مورد بررسی قرار

جدول ۱. ماتریس هادن برای تصادفات

زمان	عامل		
	انسان	وسیله نقلیه	محیط فیزیکی (راه)
قبل از حادثه	رفتار راننده مانند رانندگی در مستی، مصرف مواد مخدر، خواب‌آلودگی	طراحی و عملکرد خودرو مانند کنترل‌شدن خودرو، چراغ‌ها ترمزها	طراحی راه مانند طرح هندسی اصولی، اصطکاک کم، آب‌وهوا
حادثه	استفاده از تجهیزات ایمنی خودرو مانند کمربند و ایربگ‌ها، تعداد سرنشین مازاد بر ظرفیت وسیله	ایمنی و استانداردها خودروها مانند توانایی خودرو در حفاظت از سرنشینان، واردکردن حداقل آسیب به عابر پیاده	ایمنی راه مانند وسعت فضای اطراف جاده که عاری از مانع باشد، گاردریل‌ها و نواحی فرار
بعد از حادثه	موارد تأثیرگذار در امداد رسانی مانند تعداد، انواع و شدت صدمات مستلزم درمان در زمان وقوع تصادف، آشنایی با کمک‌های اولیه	ایمنی خودرو و استانداردها مانند آتش‌گرفتن خودرو پس از تصادف، درهای قفل‌شده	قابلیت اعتماد دسترسی و زمان سفر در راه مانند دسترسی تیم پزشکی به محل تصادف

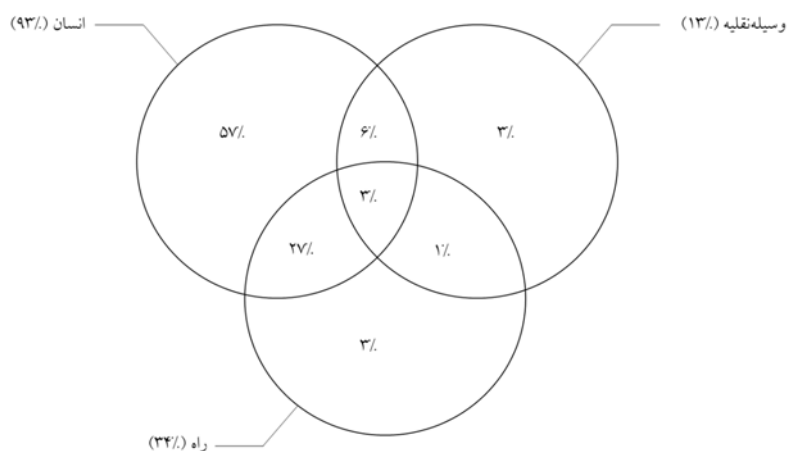
۲-۲- سهم عوامل سه‌گانه در تصادفات

تحقیقات در زمینه بررسی سهم عوامل انسان، وسیله و راه در ارتباط با رخداد حوادث ترافیکی به نکات قابل توجهی اشاره می‌کنند. مطالعات گذشته (پاک گوهر et al., 1389) سهم انسان در رخداد تصادفات را بالای ۹۰ درصد گزارش می‌کند. همچنین این مطالعات نشان می‌دهند سهم انسان به تنهایی، در صورتی که فقط عامل انسان در رخداد تصادف موثر باشد، به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد. پاتل و همکاران طی مطالعه‌ای در هندوستان، نقش عامل انسان، راه و وسیله نقلیه در رخداد تصادفات را به ترتیب ۸۱،۵، ۲۴،۵ و ۱۹،۵ درصد تخمین زدند (Patel et al., 2015)؛ در صورتی که به تنهایی عوامل را مورد بررسی قرار دهیم، سهم عوامل انسان، راه و وسیله نقلیه به ترتیب برابر ۵۷، ۱ و ۱۶،۵ درصد خواهد بود. آئین‌نامه ایمنی راه‌های آمریکا^۲ (HSM) نیز نقش عوامل در تصادفات را مطابق شکل ۱ بیان می‌کند (Highway Safety Manual, 2010). در مجموع

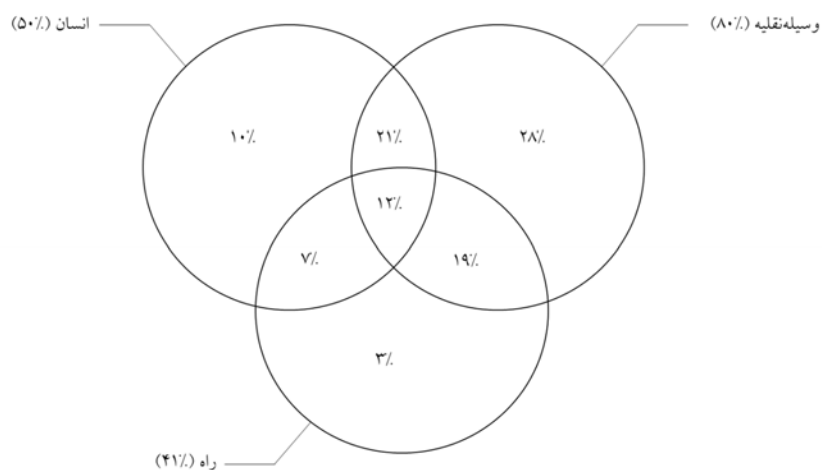
تحقیقات نشان می‌دهند که بیشترین سهم در علت تصادفات به ترتیب مربوط به عامل انسان، راه و وسیله نقلیه مربوط می‌شود.

۲-۳- سهم عوامل سه‌گانه در آسیب

آسیب رخدادی تلقی شده که بعد از تصادف رخ می‌دهد و باعث فوت یا مجروح شدن رانندگان و یا سرنشینان می‌گردد. مطالعه‌ای در هندوستان به بررسی سهم عوامل در ایجاد آسیب بعد از تصادف پرداخته است (Patel et al., 2015). پاتل و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که خودرو بیشترین سهم را با ۸۰ درصد در ایجاد آسیب‌های بعد از تصادفات دارد، و بعد از آن عامل انسانی با ۵۰ درصد و عامل راه با ۴۱ درصد سهم تقصیر، باعث ایجاد آسیب در رانندگان و سرنشینان می‌شود. حجم زیادی از آسیب‌ها طبق این مطالعه ناشی از خودروها می‌باشد که می‌تواند نمایانگر ضعف شدید در بدنه خودروها، مانند ضعف در ستون خودرو، باشد.



شکل ۱. نقش عوامل سه‌گانه در رخداد تصادفات مطابق HSM



شکل ۲. نقش عوامل سه‌گانه در آسیب مطابق مطالعات پاتل و همکاران

چه درصدی بر آسیب‌های ناشی از تصادف، یا به عبارت کلی شدت تصادف، نقش دارند.

۳- داده‌ها و روش تحقیق

۳-۱- انواع خطا در عوامل سه‌گانه

انواع خطاها در این مطالعه به ۶ دسته تقسیم می‌شوند، ۳ دسته شامل عوامل انسانی، وسیله‌ای و راهی در علت تصادفات و ۳ دسته دیگر شامل عوامل انسانی، وسیله‌ای و راهی در علت آسیب رخ داده خواهند بود که در ادامه تعاریفی در این باره ارائه می‌شود.

مطالعات گذشته در شدت تصادفات معمولاً با استفاده از مدل‌هایی نظیر رگرسیون لجستیک، درخت دسته‌بندی و سایر صورت پذیرفته (Kim & Oh, 2021; Tavakoli, 2022) که به بررسی عواملی که عموماً در زمان قبل از حادثه (در جدول ۱ قابل مشاهده است) در وقوع تصادف نقش دارند، می‌پردازند؛ اگرچه مطالعاتی نیز بر وقایع هنگام تصادف صورت پذیرفته است، مانند استفاده از کمربند ایمنی (شریعت‌مهمینی و توکلی‌کاشانی، ۱۳۸۹)؛ اما نقش این عوامل در کمتر مطالعه‌ای مورد بررسی قرار گرفته که مشخص نماید هر کدام از این عوامل سه‌گانه انسان، راه و وسیله نقلیه به

مابقی مربوط به تصادفات جرحی است. در این پایگاه داده اصطلاحاتی نظیر رانندگی نامناسب به عدم رعایت حق تقدم، حرکت در خلاف جهت، عدم رعایت فاصله طولی و مانند آنها اشاره می‌کند و از طرفی جبران بیش از حد نیز به تصادفاتی مانند تصادفات خروج از جاده‌ای اطلاق می‌شود که رانندگان با تغییر مسیر ناگهانی تصادف می‌کنند؛ همچنین اقدام اجتنابی نامناسب به آن دسته از تصادفی اطلاق می‌شود که راننده خودرو برای جلوگیری از تصادف اقدام به تغییر مسیر نموده اما در صورتی که از انجام آن خودداری می‌نمود، تصادفی رخ نمی‌داد؛ و شانه سازی هم مشکلاتی را شامل می‌شود که به علت اختلاف شانه با سطح روسازی در آن مقطع از جاده تصادف رخ داده است. پایگاه داده جمع‌آوری شده متشکل از داده‌هایی نظیر کروکی‌ها (کام ۱۱۴)، گزارش‌ها و تصاویر بدست آمده از سر هر صحنه تصادف است که به دقت هر کدام از آنها مورد بررسی قرار گرفته و نکات موجود در هر کدام از آنها مورد بررسی قرار گرفتند. به‌عنوان مثال از کروکی‌ها علل تامه تصادف و همچنین نحوه وقوع تصادف استخراج شده‌اند؛ اطلاعاتی نظیر مسیر خروج خودرو در تصادفات خروج از جاده، وجود تابلوهای اختطاری قبل از محل وقوع تصادف و مجموعه‌ای از اطلاعات دیگر استخراج شدند. همچنین تصاویر و گزارش‌های تهیه شده توسط سازمان راهداری حمل‌ونقل جاده‌ای استان اصفهان در بررسی عمقی تصادفات این پایگاه داده، مورد بررسی قرار گرفتند. به کمک مجموعه‌ای از این تصاویر و گزارش‌ها، درکی از مکان، شرایط جاده (آب‌وهوایی، پروفیل جاده، وضعیت کاربری‌ها و ...) و وسیله نقلیه بدست آمد که به کمک آنها، پایگاه داده به دقت مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌ای از این تصاویر را در ادامه می‌توانید مشاهده کنید. با بررسی هر کدام یک از این تصاویر می‌توان به نکات قابل توجهی دست یافت؛ به عنوان مثال در شکل ۳ می‌توان شیب زیاد ناحیه عاری از مانع را نام برد که به عامل راه (محیط) در زمان هنگام تصادف (ماتریس هادن) مربوط می‌شود و عاملی اثر گذار بر شدت تصادف است؛ یعنی با رعایت شیب ناحیه عاری از مانع، می‌توان انتظار داشت شدت تصادف کاهش پیدا کند.

به کلیه خطاهایی که در اثر ارتکاب آنها احتمال ایجاد تصادف وجود دارد، خطای انسانی گفته می‌شود و از آن در این مطالعه به‌عنوان عامل انسانی یاد می‌کنیم. به‌عنوان مثال عدم توجه به جلو به دلیل برگرداندن نگاه از جاده، مصرف داروهای خواب‌آور، حرکت با سرعت غیر مطمئنه، بی‌مبالاتی در رانندگی و دیگر موارد را می‌توان در این دسته جای داد که سبب ایجاد تصادفات می‌شوند. همچنین عوامل انسانی در بروز صدمات در حین تصادف نیز تأثیر گذارند که به می‌توان از عدم استفاده از کمربند ایمنی، وجود سرنشینان بیشتر از ظرفیت وسیله نقلیه، وجود اشیاء مهارنشده در وسیله و موارد دیگر نام برد. به کلیه خطاهایی که در راه وجود دارد و می‌تواند به تصادف منجر شود و یا به کلیه خطاهایی که در حین تصادف می‌تواند آن را تشدید کند و منجر به بروز صدمات برای سرنشینان وسیله شود، عامل راهی گفته می‌شود. عوامل راهی زیادی می‌توانند در شکل‌گیری یک تصادف نقش داشته باشند که از آن جمله می‌توان به اصطکاک پایین رویه راه در شرایط خشک، عدم وجود خط سفید، دماغه‌های چهارخطه به دوخطه غیراستاندارد و موارد دیگر اشاره کرد. همچنین عواملی مانند عدم وجود عرض کافی برای شانه، عدم وجود شیب شیروانی مناسب، عدم وجود خاک کوبیده شده در ناحیه بی‌مانع کناری، عدم وجود نیوجرسی یا حفاظ مناسب نرده‌ای روی پل‌ها و در محدوده آنها و موارد دیگر سبب آسیب در حین تصادف هستند که به عامل راه مربوط می‌شوند. به کلیه خطاهای موجود در وسیله نقلیه نیز که سبب ایجاد تصادف یا آسیب در حین تصادف می‌شود، عامل وسیله گفته می‌شود. به‌عنوان مثال عدم کارکرد مناسب ترمزهای یک وسیله قدیمی (عدم وجود ترمز ABS) در زمان تصادف جز عوامل ایجاد تصادف و استحکام ضعیف سقف و ستون‌های یک وسیله در حین تصادف را می‌توان جز عوامل وسیله در بروز آسیب دانست.

۳-۲- پایگاه داده

داده‌های این مطالعه شامل ۱۵۷ عدد کروکی تصادفات جاده‌های برون‌شهری استان اصفهان است که توسط پلیس‌راه و سازمان راهداری این استان جمع‌آوری شده است. از این تعداد، ۱۱۶ (۷۳٫۹ درصد) عدد از کروکی‌ها مربوط به تصادفات فوتی و



شکل ۳. شیب زیاد ناحیه عاری از مانع، محور اردستان کاشان



شکل ۴. وضعیت خودرو سواری پراید بعد از واژگونی، محور نائین اصفهان

شکل ۵ ترکیبگی لاستیک به علت از بین رفتن آج لاستیک خودرو، که مربوط به عامل وسیله نقلیه در زمان قبل تصادف (ماتریس هادن) می‌شود؛ در صورت عدم ترکیبگی لاستیک در این صحنه، تصادفی رخ نمی‌دهد.

شکل ۴ ضعف بدنه و ستون خودرو سواری پراید بعد از واژگونی، مربوط به عامل وسیله نقلیه در زمان هنگام تصادف (ماتریس هادن) می‌شود که نمایانگر ضعف شدید بدنه، سقف و ستون خودرو، است.



شکل ۵. ترکیدگی لاستیک، محور داران، تیران



شکل ۶. فاصله میان حفاظ‌های صلب، آزادراه شهید کاظمی

که در رابطه ۱، B نمایانگر میزان صدمات و A نمایانگر احتمال بسته بودن کمر بند است. همچنین احتمال وقوع یک تصادف از رابطه ۲ بدست می‌آید.

$$P(A \cap B \cap C) = P(A)P(B|A)P(C|A \cap B) \quad (2)$$

در رابطه ۲، A ، B و C به ترتیب برابر احتمال وقوع تصادف بر اساس عوامل انسانی، وسیله نقلیه و راه است.

۴- نتایج و تفسیر آنها

بررسی و تحلیل تصادفات را می‌توان به دو صورت منفرد و تجمعی انجام داد. در بررسی تصادف به صورت منفرد دلایل وقوع تصادف و آسیب‌های ناشی از آن با جزئیات زیاد به دست می‌آید؛ تحلیل کروکی تصادف، بازدید میدانی از صحنه تصادف و عکس‌برداری از صدمات وارده بر وسایل درگیر در تصادف و

شکل ۶ نیز فاصله میان حفاظ‌های صلب (نیوجرسی) را به عنوان عامل راه در زمان هنگام تصادف (ماتریس هادن) نمایش می‌دهد که همین فاصله میان نیوجرسی‌ها باعث افزایش شدت آسیب به راننده، سرنشینان و خودرو می‌شود. در نهایت هر یک از این تصاویر نشان می‌دهند که هر یک از عوامل سه‌گانه انسان، راه و وسیله نقلیه می‌توانند هم در وقوع تصادف و هم در شدت تصادف نقش داشته باشند.

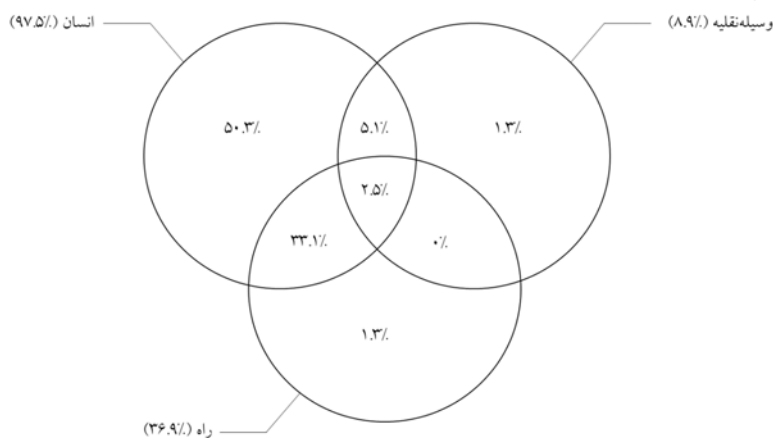
۳-۳- احتمال مقدماتی و شرطی

برای تحلیل سهم عوامل سه‌گانه در تصادفات استان اصفهان و تشکیل نمودارهای مربوطه از احتمال مقدماتی و احتمال شرطی استفاده می‌کنیم (توکلی کاشانی و بشارتی، ۱۳۹۹).

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad (1)$$

بررسی نمود و در صورت نیاز آنها را اصلاح نمود. به عنوان مثال نشریه ۲۶۷ که به عنوان آیین نامه ایمنی راه های ایران مطرح است، در نسخه قدیمی تر طول حفاظ دهانه پل ها را صرفاً محدود به روی دهانه پل نموده بود؛ ولی با بررسی خردنگر تصادفات رخ داده در سال های اخیر مشخص گردید، اکثر خودروها در فاصله مشخصی از دهانه پل از جاده خارج و سپس در دهانه پل سقوط می کنند و لذا طول لازم برای حفاظ دهانه پل ها در نسخه جدید نشریه ۲۶۷ اصلاح گردید. در این مطالعه، با استفاده از ماتریس هادن (جدول ۱) به تحلیل و بررسی عوامل قبل وقوع تصادف یا علت رخداد تصادفات و عوامل هنگام وقوع تصادفات یا آسیب های ناشی از تصادفات به صورت جداگانه پرداخته خواهد شد.

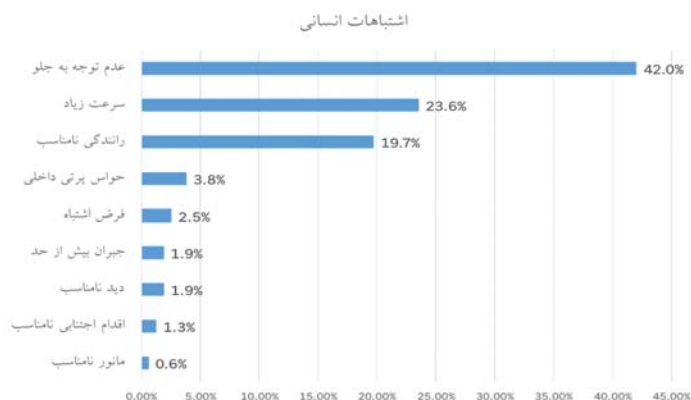
تهیه عکس از محل تصادف برای بررسی های فنی و مهندسی باید برای این مهم در دستور کار باشد. بدین صورت می توان وجود یا عدم وجود اثر عوامل سه گانه انسان، راه و وسیله را در شکل گیری تصادف و آسیب های ناشی از آن تعیین نمود. البته تعیین سهم دقیق هر کدام از عوامل در یک تصادف، به عنوان مثال تعیین شود که در یک تصادف ۶۰ درصد عوامل راه و ۳۰ درصد عامل انسان نقش داشته است، امکان پذیر نیست؛ زیرا معیاری برای اندازه گیری آن در بررسی یک تصادف مجزا وجود ندارد. با توجه به تفاسیر گفته شده، سهم سه گانه عوامل در دو حالت علت تصادف و علت آسیب بررسی می شوند. یک نتیجه مهم در بررسی تصادفات به روش مذکور، استخراج نکات آموزنده ای است که از آنها می توان گرفت. بدین صورت می توان کفایت آیین نامه های طرح هندسی و آیین نامه های ایمنی راه را



شکل ۷. سهم عوامل سه گانه در علت رخداد تصادفات

سهم را در رخداد تصادفات فوتی و یا جرحی دارند. از این نمودار (شکل ۷) می توان به این موضوع پی برد که این دو (عامل) انسان به تنهایی و تعامل عامل انسان و راه با یکدیگر به تنهایی بیشترین اثر بر روی تصادفات را می گذارند و در مجموع ۸۳٫۴ درصد تصادفات را شامل می شوند؛ که تمامی نتایج بدست آمده از این نمودار، مطالعات پیشین خود را با توجه به مناطق مختلف مورد مطالعه نظیر آمریکا، هند و ایران به نوعی تأیید می کنند. برای بررسی دقیق تر عامل انسانی، آن را به دو بخش اشتباهات انسانی، علت وقوع تصادف نظیر عدم توجه به جلو، و علل انسانی، وضعیت انسان در زمان تصادف مانند خستگی تقسیم نموده و عامل انسانی از این دریچه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. باید توجه داشت که اشتباهات انسانی معلول علل انسانی بوده و به عبارتی بدون علل انسانی، اشتباهی از انسان رخ نمی دهد.

همان طور که از شکل ۷ (نمودار ون سهم عوامل سه گانه در رخداد تصادف) مشخص است، سهم بالای انسان (۹۷٫۵ درصد) در رخداد تصادفات نتایج مطالعات پیشین را تأیید می کند؛ عوامل انسانی در این بخش می تواند شامل خستگی و خواب آلودگی، سرعت زیاد، عدم توجه به جلو و غیره بوده که در این مورد بیشتر بحث خواهد شد. عامل راه در ۳۷ درصد وقوع تصادفات تصادفات نقش دارد، از عمده ترین عوامل راه در تصادف می توان به مشکلات طرح هندسی (مشکلات مربوط به طرح قوس ها افقی و دُور)، نبود تابلو و علائم، شانه سازی نامناسب، جاده های لغزنده و مشکلات روسازی پرداخت؛ و در نهایت عامل وسیله نقلیه نیز نهایت در ۸٫۹ درصد تصادفات جرحی و فوتی نقش دارند که نقض های این عامل می تواند شامل پوسیدگی لاستیک، نقض ترمز و غیره باشند. همچنین عامل انسان به تنهایی به اندازه ۵۰٫۳ درصد در رخداد تصادفات فوتی و یا جرحی نقش دارد و بعد از آن ترکیب دو عامل انسان و راه با ۳۳٫۱ درصد بیشترین



شکل ۸. اشتباهات انسانی و سهم آنها در تصادفات

همچنین برخلاف عامل انسانی، هیچ کدام از این علل، تفاوت چشمگیری با یکدیگر ندارند. همچنین برخلاف مطالعه گذشته (Treat et al., 1979)، شاهد هستیم که در این مطالعه، مشکلات طرح هندسی بیشترین عامل راه در تصادفات را با ۱۰ درصد به خود اختصاص داده‌اند که این مقدار برای آمریکا حدود ۳٫۵ درصد است که نشان از تفاوت حدود ۳ برابری میان این مطالعه، با مطالعه انجام شده در کشور آمریکا، در سال ۱۹۷۹، است. بنابراین می‌توان گفت با گذشت ۴۴ سال از مطالعه تریت و همکاران، وضعیت جاده‌ها در ایران نسبت به آمریکا در سال ۱۹۷۹ وضع اسفناکی داشته و می‌بایست به کاهش مشکلات طرح هندسی مانند تقاطعات در جاده‌های دوطرفه دوخطه بپردازیم. شکل ۱۱ نیز عامل خودرو را مورد بررسی قرار می‌دهد که این نمودارها نمایانگر آن است که نقض ترمز در خودرو بیشترین اثر را در ایجاد تصادف از نظر عامل وسیله نقلیه را دارد. این نتایج نیز نتایج مطالعات پیشین خود را تأیید می‌کنند (Patel et al., 2015; Treat et al., 1979). در گذشته تصادفات به‌صورت تک علتی یا تک عاملی مورد بررسی قرار می‌گرفتند که عموماً عامل انسان در آن نقش داشت؛ اما امروزه تصادفات به‌صورت چندعاملی یا دینامیک بررسی می‌شوند؛ بطوریکه با حذف یکی از عامل‌های رخداد تصادف، به رخ‌ندادن آن تصادف منجر می‌شود؛ بنابراین با ارائه راهکار برای رفع این عوامل (علل و اشتباهات انسانی با بیشترین اثرگذاری) می‌توان انتظار داشت تعداد قابل‌توجهی از تصادفات رخ ندهند. مطالعات گذشته خبر از نقش ۱۰ درصدی و بیشتر عامل وسله نقلیه در تصادفات می‌دهند در حالی که در این مطالعه، سهم این عامل در تصادفات ۸٫۹ درصد تخمین زده (محاسبه) شده است که می‌تواند نشان از عدم صحت آن باشد. از دلایل این موضوع می‌توان به عدم

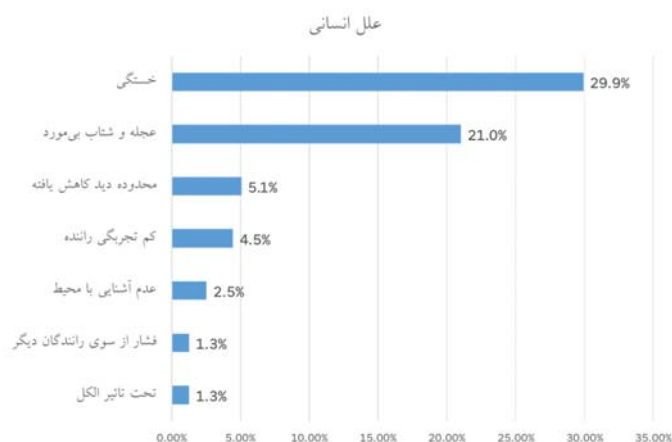
باتوجه به شکل ۸، بیشترین اشتباهاتی که رانندگان در استان اصفهان مرتکب می‌شوند، عدم توجه به جلو بوده که ۴۲ درصد از کل تصادفات مربوط به این اشتباه انسانی می‌شود؛ همچنین اثر سرعت زیاد و رانندگی نامناسب نیز در وقوع تصادفات این استان قابل توجه است. اما مهم‌ترین نکته قابل توجه در این نمودار، اثر گذاری مجموع این سه اشتباه بوده که بالغ بر ۸۵ درصد رانندگانی که تصادف (جرحی و یا فوتی) می‌کنند، یکی از این سه اشتباه را مرتکب می‌شوند که نشان از رفع این سه ایراد برای جلوگیری از وقوع تصادفات دارند. با مقایسه‌ای میان نتایج شکل ۸ با مطالعه تریت و همکاران (Treat et al., 1979)، به شباهت بسیار بالای اشتباه‌های انسانی میان این دو مطالعه پی می‌بریم، بطوریکه رانندگی نامناسب، سرعت زیاد و عدم توجه به جلو بیشترین سهم را در میان اشتباه‌های انسانی دارند.

شکل ۹ نیز عامل انسانی را از دریچه علل انسان مورد بررسی قرار می‌دهد، به طوری که خستگی و عجله داشتن رانندگان، بیشترین اثر را بر روی تصادفات داشته‌اند و مانند استنباط انجام شده بر روی اشتباهات انسانی، اثر این دو علت (در مجموع ۵۱ درصد تصادفات)، بیشتر از مجموع سایر علت‌های دیگر است. برخلاف مطالعات پیشین، به علت ممنوع بودن مصرف مشروبات الکلی شاهد این هستیم که درصد خیلی کمتری از رانندگان در ایران (به طور خاص استان اصفهان) به علت مصرف مشروبات الکلی، تصادف می‌کنند. شکل ۱۰ به تفکیک علل راه در وقوع تصادفات پرداخته و نشان می‌دهد که مشکلات مربوط به طرح هندسی، شانه سازی و عدم وجود تابلو مناسب، جاده‌های لغزنده جزو این دسته از مشکلات به حساب می‌آیند که ۳۰ درصد کل تصادفات را شامل می‌شوند.

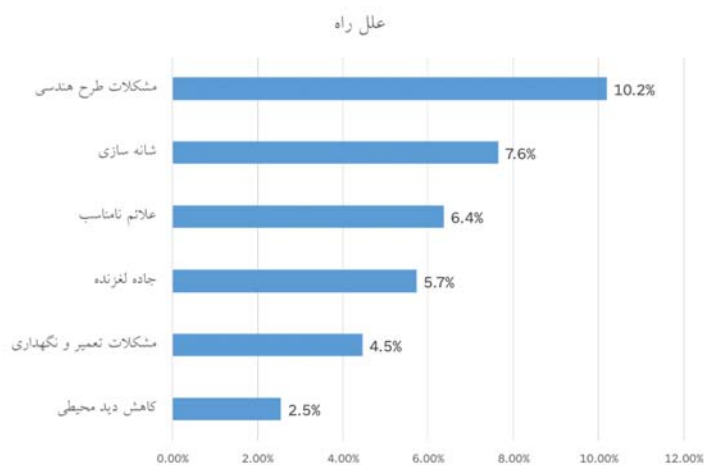
به اندازه کمی بیش از ۵۰ درصد نمودار قبلی و افزایش چشم گیر سهم عامل وسیله نقلیه است؛ که نتایج مطالعه پیشین خود را در کشور هندوستان تأیید می کند (Patel et al., 2015). از مقایسه این دو نمودار این نتیجه حاصل می شود که عامل انسان در شکل گیری تصادفات سهم بسیار زیادی دارد اما به تنهایی اشتباهات انسانی نمی تواند باعث رخداد یک تصادف جرحی یا فوتی شود، بلکه نقض در خودرو نیز سهم خود را در جرحی یا فوتی شدن تصادفات ایفا می کند؛ بطوریکه اگر خودرو استاندارد بوده و دچار خرابی و شکست های گسترده در هنگام تصادفات نشود، با وجود رخداد تصادف انتظار داریم که شدت تصادف کاهش پیدا کند.

دسترسی به گزارشات بیمه و تعمیرگاه های مجاز پرداخت که وظیفه این دو گزارش بررسی خودرو آسیب دیده می باشد؛ که با بررسی بیشتر خودرو می تواند نقض های خودرو قبل تصادف را، مانند ضعف ترمزها، فرمان و سیستم تعلیق و...، مشخص کنند که در این صورت این عوامل نیز می توانند در وقوع یک تصادف نقش داشته باشند، در حالی که ممکن است این عوامل از چشم پلیس راهور و ماموران سازمان راهداری پنهان مانده باشد و در گزارش های خود اشاره ای به این نواقص نشود.

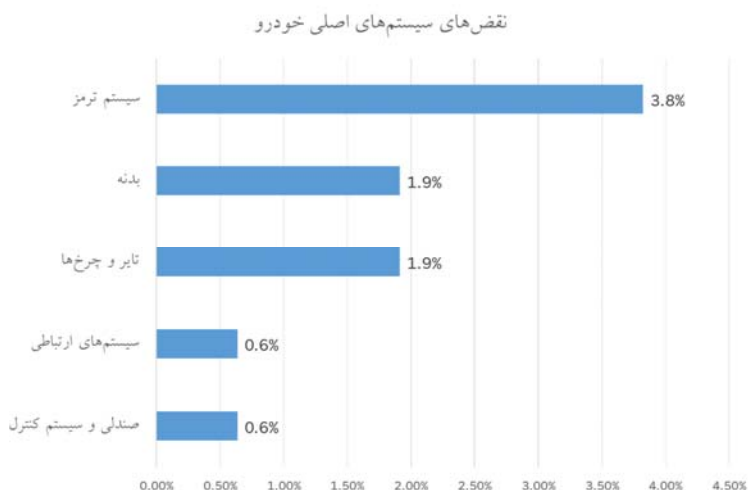
در شکل ۱۲ و برخلاف شکل ۷، این نمودار نشان می دهد که سهم وسیله نقلیه با ۸۳،۴ درصد، بیشتر از سهم عوامل دیگر است. از نکات قابل توجه این نمودار، کاهش سهم عامل انسانی



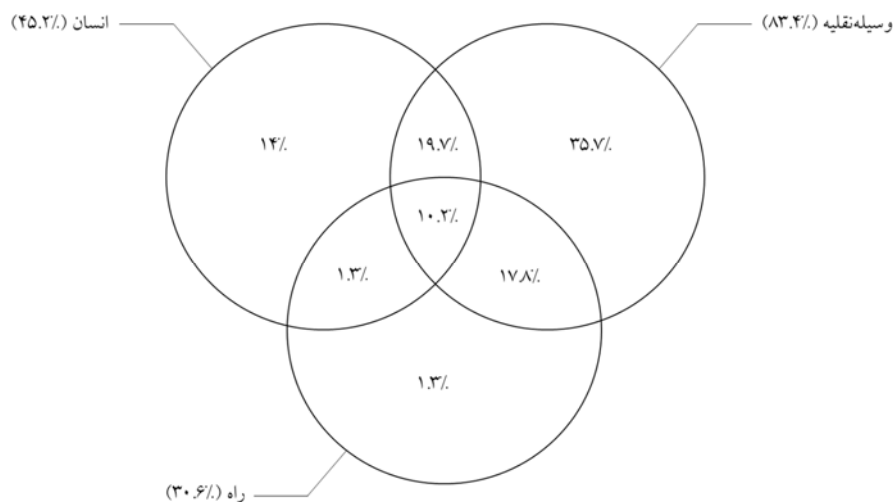
شکل ۹. علل انسانی و سهم آنها در تصادفات



شکل ۱۰. علل راه و سهم آنها در تصادفات



شکل ۱۱. نقض سیستم‌های اصلی خودرو و سهم آنها در تصادفات



شکل ۱۲. سهم عوامل سه‌گانه در علت آسیب تصادفات

۵- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه، بررسی و تعیین سهم عوامل سه‌گانه انسان، وسیله نقلیه و راه در تصادفات استان اصفهان بوده که به این منظور ۱۵۷ کروکی پلیس جمع‌آوری شده و با استخراج پارامترهای مورد نظر، به بررسی روابط میان آنها با یکدیگر پرداخته شد. در این مطالعه با کمک احتمالات مقدماتی و شرطی، دیگر عوامل را در زمینه علت رخداد تصادفات و علت آسیب‌های ناشی از تصادفات رسم نموده و علت تفاوت این نمودارها بیان شد. علت برخورد متفاوت با این دو ناشی از تفاوت ماهیت ایجاد تصادفات (قبل از وقوع تصادف در ماتریس هادن) با ایجاد صدمات (هنگام وقوع تصادف در ماتریس هادن) است. همچنین

از مهم‌ترین عوامل وسیله نقلیه در وقوع یک تصادف جرحی یا فوتی می‌توان به ضعف بدنه اشاره کرد. همچنین از عوامل مهم انسانی در آسیب و صدمه می‌توان به عدم استفاده از کمربند ایمنی و کلاه ایمنی اشاره کرد. نکته‌ای که در مورد عدم کلاه ایمنی می‌توان به آن توجه کرد آن است که به علت آب‌وهوای گرم و خشک استان اصفهان، استفاده از کلاه ایمنی باعث ایجاد عدم راحتی برای موتور سواران شده و باعث می‌شود آنها از استفاده از کلاه ایمنی امتناع کنند. همچنین از مهم‌ترین عوامل راه در علت آسیب تصادفات جاده‌ای استان اصفهان، می‌توان به عدم کارایی و یا نبود حفاظ‌های جاده‌ای نظیر گاردیل و نیوجرسی‌ها اشاره کرد.

۶- سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از اداره کل راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استان اصفهان، به جهت حمایت و همکاری در انجام این پروژه مطالعاتی که با مشارکت دانشگاه علم و صنعت ایران و مرکز تحقیقات ایمنی کاربردی حمل و نقل جاده‌ای صورت پذیرفت، ابراز می‌دارند.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Haddon Matrix
2. Highway Safety Manual

۸- مراجع

-پاک گوهر، علیرضا، خلیلی، محدثه و صفارزاده، محمود (۱۳۸۸). بررسی نقش عامل انسانی در بروز و شدت تصادفات جاده‌ای بر اساس مدل‌های رگرسیون LR و CART. *فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک*، ۴(۱۳)، ۶۶-۴۹.

-پاک گوهر، علیرضا، خلیلی، محدثه، و صفارزاده، محمود (۱۳۸۹). بررسی علل و عوامل موثر در کاهش تصادفات جاده‌ای ایران با استفاده از مدل‌های رگرسیونی GLM و CRT و LR. *فصلنامه پژوهش‌های دانش انتظام*، ۱۲(۱)، ۷۷-۱۰۶.

-توکلی کاشانی، علی و بشارتی، محمد مهدی (۱۳۹۹). آمار و احتمالات در مهندسی حمل و نقل. دانشگاه علم و صنعت.

-توکلی کاشانی، علی و وامق، علی، و محمدیان، احمد (۱۳۹۴). ارزیابی پارامترهای ایجاد تصادفات ناشی از خستگی و خواب آلودگی در بزرگراه‌ها و آزادراه‌های برون شهری ایران چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

-خیرآبادی، غلامرضا، و بوالهروی، جعفر (۱۳۹۱). نقش عوامل انسانی در تصادفات جاده‌ای. *تحقیقات علوم رفتاری*، ۱۰(۱)، ۶۹-۷۸.

-سازمان پزشکی قانونی، آمار متوفیات و مصدومین حوادث رانندگی.

-شریعت‌مهمینی، افشین و توکلی کاشانی، علی (۱۳۸۹). تحلیل شدت مصدومیت ناشی از تصادف‌ها در راه‌های دوخطه

در این مطالعه به بررسی اتفاقات بعد از تصادف به علت نبود اطلاعات لازم پرداخته نشد که در این راستا فرض شد تفاوتی در تصادفات جرحی و فوتی به هنگام رسیدگی به آنها، نظیر ارسال کمک‌های پزشکی و یا حضور به موقع اورژانس، وجود ندارد. مطالعات گذشته خبر از سهم ۹۳ درصدی عامل انسان، سهم ۳۴ درصدی عامل راه و سهم ۱۳ درصدی عامل وسیله نقلیه می‌دادند؛ همچنین آن مطالعات نشان دادند که از این بین سهم تصادفاتی که فقط عامل انسان و عوامل انسان و راه، که بصورت تعاملی با هم در ارتباط هستند، را شامل می‌شوند بیشترین سهم را در مجموع تصادفات دارند. این مطالعه در این زمینه نتایج مطالعات پیشین خود را تأیید می‌کند که سهم این عوامل (فقط انسانی و ترکیب عوامل انسانی و راه) نزدیک به ۸۳،۴ درصد می‌رسد. همچنین در این مطالعه به طور جداگانه به بررسی علت آسیب ناشی از تصادفات با مشخص کردن سهم عوامل سه‌گانه پرداخته شد (این عمل تنها با دیدن عکس‌های مربوط به محل حادثه میسر بود) که نتایج مشخص کردند بیشترین سهم را در آسیب‌های منجر به مجروحی و فوتی مربوط به عامل خودرو است؛ که خود نمایانگر دو مورد است؛ مورد اول آنکه علت آسیب با علت رخداد تصادف متفاوت است (با مراجعه به ماتریس هادن رخداد تصادف در زمره زمان قبل از تصادف و علت آسیب در زمره زمان هنگام تصادف دسته‌بندی می‌شوند)، یعنی با آنکه سهم انسان در رخداد تصادف بالای ۹۷ درصد است اما این ضعف وسیله نقلیه، بخصوص ضعف در بدنه، است که باعث مجروح یا فوت شدن راننده و سرنشینان آن می‌شود و این مورد با سخنان مسئولین پلیس راهور کشور در مورد ضعف بدنه خودروها مطابقت دارد اما این مطالعه نمی‌تواند در مورد برند و مدل خودرو اظهار نظری کند. از مشکلات این مطالعه می‌توان به کوچک بودن حجم پایگاه داده و عدم بررسی عامل وسیله نقلیه به صورت کامل‌تر مانند کنترل گزارش‌های بیمه یا تعمیرگاه‌های مجاز پرداخت؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده نه تنها از پایگاه داده بزرگ‌تری استفاده شود، بلکه از گزارش‌های بیمه و یا تعمیرگاه‌های مجاز نیز در بررسی سهم عوامل نیز کمک گرفته شود.

- Patel, M., Kumar, S., Balakumar, S., Patel, A., Mariappan, B. B. A., Painter, M., Padmanaban, J. (2015). A new methodology for determining accident and injury contributing factors, and its application to road accidents on the Mumbai-Pune Expressway Expert Symposium on Accident Research (ESAR), *Hannover* .
- Rustagi, N., Kumar, A., Norbu, L., & Vyas, D. (2018). Applying Haddon Matrix for Evaluation of Road Crash Victims in Delhi, India. *Indian Journal of Surgery*, 80(5), 479-487.
doi.org/10.1007/s12262-017-1632-0
- Tavakoli Kashani, A., Nazari, N., Amirifar, S., & Afshar, A. (2022). Attitude to Speeding in Iran: Identifying Drivers Characteristics. *International Journal of Transportation Engineering*, 9(4), 819-832.
doi.org/10.22119/ijte.2021.288100.1574
- Treat, J. R., McDonald, S. T., Shinar, D., Mayer, R. E., & Stansifer, R. L. (1979). Tri-level study of the causes of traffic accidents: final report. Executive summary .
- برون شهری با استفاده از مدل‌های داده کاوی. پژوهشنامه حمل و نقل، ۷(۲)، ۱۶۵-۱۵۳.
- فتاحی، علی و کشفی، سید سعید (۱۳۹۶). نقش عامل راه در شدت تصادفات رانندگی جاده‌ای. فصلنامه علمی مطالعات مدیریت ترافیک، ۱۲(۲) ۹۲-۷۳.
- Bhuiyan, H., Ara, J., Hasib, K. M., Sourav, M. I. H., Karim, F. B., Sik-Lanyi, C., Yasmin, S. (2022). Crash severity analysis and risk factors identification based on an alternate data source: a case study of developing country. *Scientific Reports*, 21243, (1)12.
doi.org/10.1038/s41598-022-25361-5
- Highway Safety Manual*. (2010). (first ed.). American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO) .
- Kim, S., & Oh, C. (2021). Freeway crashes involving drowsy driving: Crash characteristics and severity in South Korea. *Journal of Transportation Safety & Security*, 13(1), 93-107.
doi.org/10.1080/19439962.2019.1605641
- Klinjun, N., Kelly, M., Praditsathaporn, C., & Petsirasan, R. (2021). Identification of Factors Affecting Road Traffic Injuries Incidence and Severity in Southern Thailand Based on Accident Investigation Reports. *Sustainability*, 13, (22).

The Contribution of Human, Vehicle and Road Factors in Crashes in Isfahan Province

Ali Tavakoli Kashani, Associate Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran and Road Safety Research Center, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Moeid Zahabiun, M.Sc., Grad., School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Mohammad Ali Salavati, Ph.D. Candidate, School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Mahdi Hadinia, M.Sc. Student, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran and Road Safety Research Center, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Matin Changiz, M.Sc. Student, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran and Road Safety Research Center, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

E-mail: Alitavakoli@iust.ac.ir

Received: November 2024- Accepted: February 2025

ABSTRACT

The main objective of this study is to investigate and determine the share of the three factors of human, vehicle and road in crashes in Isfahan province. For this purpose, the causes of crashes and the causes of injuries resulting from crashes that lead to injury or death of drivers and passengers have been studied and the share of the three factors in this case have been calculated. Also, in this study, the difference between the nature before and during the crash (from the Haddon matrix) has been examined; that the share of human factor in 97.5 percent, road factor in 36.9 percent and vehicle factor in 8.9 percent of crashes (cause of crashes) in Isfahan province play a role; also, in-depth analyses showed that human factors such as lack of attention to the front, high speed and a set of inappropriate behaviors of drivers account for more than 85 percent of all crashes and if these factors are eliminated, we expect that 85 percent of crashes will not occur; also, in general, by eliminating each of the factors affecting the crash, it is expected that no crash will occur. In the following, the share of vehicle, human and road factors in injuries during the crash were calculated to be 83.4, 45.2 and 30.6 percent, respectively, which shows that vehicles play the most role in injuring drivers and passengers of vehicles during the crash and if each of these factors are eliminated in crashes, we expect that the severity of the crash will decrease. Due to the lack of volume of the database, in the future, the use of more sources, including insurance and repair shop reports, is suggested for more accurate analysis of the share of factors.

Keywords: Rural Crashes, Contribution of Factors, Haddon Matrix