

شناسایی عوامل موثر بر تخلف سرعت با استفاده از روش طبقه‌بندی و تصمیم‌گیری (مطالعه موردی: راه‌های بین‌شهری استان اصفهان)

مقاله پژوهشی

علی قاسم‌آقایی*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
حسین حق‌شناس، استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
سید مهدی ابطی، دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
امیدرضا کیاست، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ali.g.ghaei@gmail.com

دریافت: ۹۸/۰۳/۱۹ - پذیرش: ۹۸/۰۸/۰۵

صفحه ۱۵۱-۱۳۹

چکیده

برای ارزیابی ایمنی، به صورت معمول شاخص‌هایی مانند تعداد تصادفات و هزینه‌های اجتماعی ناشی از آن را در نظر می‌گیرند. در صورتی که این شاخص‌ها معمولاً کنترل‌کننده و تاثیرگذار بر ایمنی نیستند و در بعضی مواقع ممکن است این اطلاعات برای منطقه مورد مطالعه موجود نباشد. بنابراین شاخص‌های ایمنی دیگری برای نظارت و کنترل ایمنی لازم است که به آن‌ها شاخص‌های جانشین تصادفات گفته می‌شود. سرعت وسایل نقلیه یک جزء اصلی در ایمنی راه‌ها است. موضوع مقاله حاضر، شناسایی عوامل موثر بر تخلف از سرعت مجاز به عنوان شاخص جانشین تصادفات به روش درخت رگرسیون و طبقه‌بندی در راه‌های بین‌شهری استان اصفهان است. جمع‌آوری اطلاعات سرعت وسایل نقلیه و تخلف از سرعت در ۱۰ محور بین‌شهری استان اصفهان به کمک دوربین‌های ثبت سرعت روبوت انجام شد. پارامترهای مختلف مربوط به ϵ عامل اصلی موثر بر تخلف سرعت شامل انسان، راه، وسیله نقلیه و عوامل محیطی محورها نیز جمع‌آوری شد. با استفاده از روش درخت رگرسیون و طبقه‌بندی مهم‌ترین پارامترهای معنادار موثر بر تخلف سرعت شناسایی شدند. دقت کلی طبقه‌بندی مدل $74/7$ درصد بدست آمده‌است. نتایج نشان داده‌اند که در بین ϵ عامل موثر بر تخلف سرعت، عامل انسانی شامل تعداد و مدت زمان استراحت در طول مسیر، تجربه رانندگی، زمان سفر، تحصیلات راننده، پاسخ به تلفن همراه حین رانندگی و وجود راننده دوم بیشترین تاثیر را در تخلف سرعت داشته‌اند. پس از عامل انسانی، پارامترهای مربوط به راه شامل تعداد نقاط گردشگری و حجم تردد وسایل نقلیه از اهمیت بیشتری برخوردار بوده‌است. در پایان، پارامترهای مربوط به وسیله نقلیه کمترین نقش را در تخلف سرعت داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تخلف سرعت، جانشین تصادفات، درخت رگرسیون و طبقه‌بندی، شاخص

۱-مقدمه

مالکیت وسایل نقلیه و در نتیجه افزایش تبادلات درون و برون منطقه‌ای، حوادث ترافیکی به یکی از معضلات مهم کشور در بخش حمل و نقل تبدیل شده‌است. اهمیت انجام این پژوهش از جنبه‌های مختلف مورد توجه می‌باشد. آمار تصادفات در سطح استان اصفهان زیاد است، به طوری که

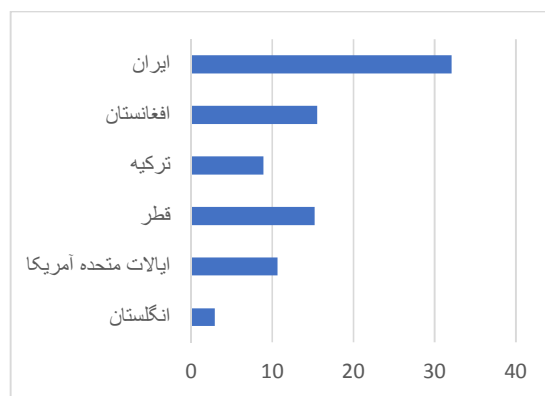
در جهان، صدمات تصادفات جاده‌ای، سالانه جان بیش از ۱/۲ میلیون نفر را به خطر می‌اندازد و علت اصلی مرگ، در بین جوان‌های ۱۵ تا ۲۹ ساله است. (WHO, 2015). تصادفات تاثیر زیادی روی سلامت، توسعه و اقتصاد کشورها دارد. با توجه به وسعت کشور، رشد جمعیت، افزایش

تأثیر عوامل متعدد و اطلاعات مختلف است و از نتایج این پژوهش می‌توان در سیاست گذاری در جهت افزایش ایمنی راه‌های کشور استفاده نمود. در پژوهش‌های گذشته به طور معمول از مدل‌های لجیست و پروبیت در ارزیابی شاخص‌های جانشین تصادفات استفاده شده‌است. در این پژوهش از مدل درخت رگرسیون و طبقه‌بندی به علت ویژگی‌های منحصر به فرد مانند عدم نیاز به تعیین وابستگی پارامترها و ارایه نمودار درخت تصمیم‌گیری استفاده شده‌است. در ادامه ابتدا به بیان مطالعات پیشین پرداخته می‌شود و پس از بیان روش پژوهش و توصیف داده‌ها به مدل‌سازی و بیان نتایج پژوهش پرداخته می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

در جهان تصادفات جاده‌ای منجر به جراحت و مرگ انسان‌های زیادی شده است. مطابق با آمار سازمان بهداشت جهانی، تصادفات جاده‌ای به عنوان هشتمین عامل مرگ انسان‌ها، سالانه موجب مرگ بیش از ۱/۲ میلیون نفر و مصدومیت ۵۰ میلیون نفر می‌شود. (WHO, 2013) در کشور ایران با جمعیت حدود ۷۷,۵ میلیون نفر در سال ۲۰۱۳، نرخ مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر ۳۲/۱ نفر تخمین زده شده‌است. شکل ۱ این نرخ را در ایران و برخی کشورهای همسایه و توسعه‌یافته مقایسه کرده‌است. با توجه به این نمودار نرخ مرگ‌ومیر در ایران نسبت به کشورهای همسایه و کشورهای توسعه‌یافته بسیار بیش‌تر است. (WHO, 2015).

این استان از لحاظ تصادفات فوتی دارای رتبه چهارم و از لحاظ تصادفات جرحی دارای رتبه سوم تا تیرماه سال ۱۳۹۶ در بین استان‌های کشور است. (سایت پزشکی قانونی کشور، ۱۳۹۷) استان اصفهان جزء پهناورترین استان‌های کشور با مساحتی برابر با ۱۰۷۰۱۷ کیلومترمربع است که رتبه ششم را در بین استان‌های کشور دارد. جمعیت این استان در سال ۱۳۹۰، حدود ۵ میلیون نفر بوده که رتبه سوم را در بین استان‌های کشور دارد. (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۴) هم‌چنین، اصفهان در مسیر کریدور شمال- جنوب واقع شده و نیز وجود صنایع مادر فولاد در استان باعث شده که حجم زیادی از جابه‌جایی بار کشور در استان اصفهان انجام شود. برای ارزیابی ایمنی به طور معمول شاخص‌های مانند تعداد و شدت تصادفات را در نظر می‌گیرند، در حالی که این شاخص‌ها به طور مستقیم تأثیرگذار و کنترل‌کننده ایمنی نیستند، بنابراین از شاخص‌های جانشین تصادفات مانند تخلف سرعت، میزان مصرف مشروبات الکلی، میزان نبستن کمربند ایمنی، میزان استفاده نکردن خودروها از صندلی کودک و غیره استفاده می‌شود. تاکنون تعیین عوامل موثر بر تخلف از سرعت مجاز به عنوان شاخص جانشین تصادفات در راه‌های بین‌شهری در خارج از کشور در برخی موارد انجام شده اما در کشور ایران انجام نشده‌است. هدف از انجام این مقاله تعیین عوامل مختلف موثر بر تخلف از سرعت مجاز در ۱۰ محور بین‌شهری استان اصفهان است. پارامترهای مستقل در نظر گرفته شده در این مقاله ویژگی‌های مربوط به انسان، راه، وسیله نقلیه و عوامل محیطی است. در نظر گرفتن این پارامترها به طور همزمان در پژوهش‌ها به ندرت دیده شده‌است که از ویژگی‌ها و نوآوری این مقاله در نظر گرفتن



شکل ۱. مقایسه نرخ مرگ‌ومیر برخی کشورهای همسایه و توسعه‌یافته

ژانگ و همکاران با در نظر گرفتن تخلفات سرعت و رانندگی با حالت مستی با استفاده از روش‌های لجستیک^۱ تاثیر عوامل مربوط به راننده، راه، وسیله نقلیه و محیط اطراف را بر این تخلفات بررسی کرده‌اند. از جمله عوامل تاثیرگذار بر این تخلفات درصد رانندگان مرد، عدم روشنایی راه در شب و عدم دید کافی بوده‌اند. (Zhang, Yau and Gong, 2014).

سستک و همکاران به مطالعه عوامل تاثیرگذار بر تخلف سرعت به روش رگرسیون سلسله مراتبی در بین رانندگان ۱۸ تا ۲۵ سال فرانسوی پرداخته‌اند. تخلف سرعت در بین رانندگان مرد نسبت به رانندگان زن اندکی بیش‌تر بوده‌است. همچنین با افزایش تجربه رانندگی به علت اعتماد به توانایی بیشتر در کنترل وسیله نقلیه تمایل برای تخلف سرعت افزایش می‌یابد. (Cestac, Paran and Delhomme, 2011)

این در حالی است که شو و همکاران در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که رانندگان باتجربه با در نظر گرفتن محیط اطراف و رانندگان دیگر تمایل بیشتری به رعایت قوانین ترافیکی دارند. در مقابل رانندگان تازه‌کار به علت بی‌دقتی و بدون آینده‌نگری مرتکب تخلفات رانندگی می‌شوند. (Xu, Li and Jiang, 2014). در پژوهش‌های گذشته رانندگان مرد (Wickens et al., 2011) و

Wickens, Toplak and Wiesenthal, 2008 رانندگان جوان (Machin and Sankey, 2008; and Horswill, 2006) از جمله عوامل تاثیرگذار بر تخلف سرعت و رانندگی با حالت مستی هستند.

تورگروزا و همکاران با در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به خستگی رانندگان کامیون و ویژگی‌های هندسی راه به تعیین رابطه بین تصادفات و این عوامل در کشور کلمبیا پرداخته‌اند. رابطه قوی بین تصادفات و تعداد توقف و استراحت در طول سفر و متوسط زمان استراحت در هر توقف از جمله نتایج مهم این پژوهش بوده‌اند. (Torregroza-Vargas,

Bonilla, 2014) (Bocarejo and Ramos-) خستگی و خواب‌آلودگی به طور معمول منجر به تصادفات کشنده و یا جراحات شدید شده‌است. (Ellen et al., 2006). تاکنون تعیین عوامل موثر بر تخلف از سرعت مجاز به عنوان

به‌طور معمول برای ارزیابی ایمنی، تعداد و شدت تصادفات را به عنوان پارامتر وابسته در نظر می‌گیرند. در حالی که این شاخص‌ها کنترل‌کننده و تاثیرگذار بر ایمنی نیستند و ممکن است برای منطقه موردنظر موجود نباشد. بنابراین برای کنترل و نظارت بر ایمنی از شاخص‌هایی مانند تخلف سرعت، نیستن کمر بند ایمنی، عدم استفاده از کلاه ایمنی موتورسواران و عدم استفاده خودروها از صندلی کودک با عنوان شاخص‌های جان‌نشین تصادفات استفاده می‌شود. (WHO, 2015). ماسوری و همکاران تخلف سرعت، نیستن کمر بند ایمنی و استفاده از تلفن همراه در حین رانندگی را باعث افزایش تلفات و جراحات دانسته‌اند. (Masuri et al., 2015) علاوه بر این، تخلف سرعت به عنوان عامل نخست در مقایسه با سایر تخلفات بر شدت تصادفات در کارولینا شمالی (Pulugurtha, 2017) (Penmetsa and) به عنوان عامل مهم در تصادفات به خصوص در کشورهای با درآمد متوسط و پایین شناخته شده‌است.

(Global Road Safety Partnership, 2008) حسینلو و همکاران با استفاده از روش پواسون و پواسون صفر کوتاه‌شده به تعیین عوامل موثر در تخلفات و تصادفات در آزادراه‌های ایران که به طور تقریبی تصادفات در هر کیلومتر دو برابر سایر راه‌ها است پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سرعت متوسط تعداد تصادفات افزایش یافته‌است. هم‌چنین تعداد تقاطعات غیرهم‌سطح، تعداد خطوط سبقت، معافیت از پرداخت عوارض و درصد مناظر اطراف راه رابطه عکس با تصادفات و تخلفات داشته‌است.

(Hosseiniou, Mahdavi and Nooghabi, 2018) الور و همکاران با استفاده از روش‌های پروبیت و لجیت دو جمله‌ای به تعیین رابطه بین ویژگی‌های اجتماعی افراد مانند سطح درآمد و سطح سواد آن‌ها، تخلفات ترافیکی مانند تخلف سرعت و نیستن کمر بند ایمنی و تصادفات پرداخته‌اند. رانندگانی که در سه سال آخر رانندگی حداقل یک تخلف رانندگی را مرتکب شده‌اند نرخ تصادفات را ۳/۳۸ درصد افزایش داده‌اند این در حالی است که رانندگانی که به خاطر نیستن کمر بند ایمنی جریمه شده‌اند این میزان را ۴۷/۴۱ درصد افزایش داده‌اند. (Alver, Demirel and Mutlu, 2014)

شده است. (Eustace, Almutairi, Hovey, & Shoup, 2014; Kashani and Mohaymany, 2011)

روش درخت طبقه بندی کارت

از جمله الگوریتم‌های مختلف درخت تصمیم‌گیری می‌توان به درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (کارت) اشاره کرد. روش کارت در هر گره براساس متغیر جداکننده‌ای که بهترین خلوص را ایجاد کند، به دو زیر گروه تقسیم می‌شود، در صورتی که خلوص به میزان کافی باشد رشد درخت متوقف شده و در غیر این صورت این روند ادامه پیدا کرده تا خلوص مورد نظر بدست آید. در شکل ۲ نمای کلی از یک درخت مشاهده می‌شود.

شکل ۲. نمایه روش درخت تصمیم‌گیری

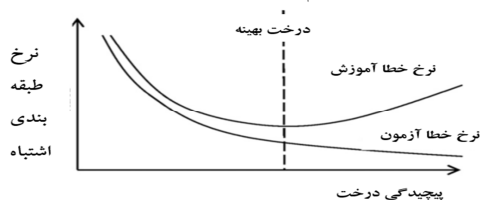


براساس الگوریتم هزینه- پیچیدگی، انجام می‌شود. هر چقدر یک درخت ساده‌تر (با گره‌های نهایی کمتر) باشد، هزینه دسته‌بندی اشتباه آن بیشتر است. اگر با قطع یک زیر درخت، افزایش هزینه دسته‌بندی اشتباه، به اندازه کافی کمتر از کاهش هزینه پیچیدگی آن باشد، شاخه مربوطه هرس شده و درخت جدیدی به وجود می‌آید. با افزایش پیچیدگی (تعداد گره‌های نهایی بیشتر)، هزینه دسته‌بندی اشتباه برای داده‌های آموزشی مرتباً کاهش می‌یابد، به این معنی که در برگ‌های ایجاد شده نهایی، فقط داده‌های مربوط به یک دسته قرار دارند و مدل ایجاد شده به گونه‌ای است که مثلاً اگر یک برگ را با برچسب وقوع تخلف سرعت پیش‌بینی کرده‌است، تمام داده‌های موجود در آن وقوع تخلف سرعت هستند و هیچ داده با عدم وقوع تخلف سرعت در آن قرار ندارد، یعنی هیچ

شاخص جانشین تصادفات در راه‌های بین‌شهری در خارج از کشور در برخی موارد انجام شده اما در کشور ایران انجام نشده است. هدف از انجام این مقاله تعیین عوامل مختلف موثر بر تخلف از سرعت مجاز در ۱۰ محور بین‌شهری استان اصفهان است. پارامترهای مستقل در نظر گرفته شده در این مقاله ویژگی‌های مربوط به انسان، راه، وسیله نقلیه و عوامل محیطی است. در نظر گرفتن این پارامترها به طور همزمان در پژوهش‌ها به ندرت دیده شده است که از ویژگی‌ها و نوآوری این مقاله در نظر گرفتن تاثیر عوامل متعدد است. استفاده از روش درخت رگرسیون و طبقه بندی در تعیین عوامل موثر بر تخلف سرعت در پژوهش‌های گذشته دیده نشده است اما در بررسی شدت تصادفات از این روش بهره گرفته

برای جداسازی هر گره به دو زیر گره شاخص‌های مختلفی وجود دارد که معروف‌ترین آن‌ها برای داده‌های اسمی شاخص جینی است، رشد درخت بر اساس شاخص جینی از همان گره ریشه که اولین گره بوده و در بر گیرنده تمام مشاهدات است، آغاز شده و برای هر درختی که ایجاد می‌شود، هزینه دسته‌بندی اشتباه آن که می‌توان از آن به عنوان شاخص خوبی برازش یاد کرد نیز توسط نرم‌افزار محاسبه می‌گردد. در روش کارت، رشد درخت تا جایی ادامه می‌یابد که در هر گره نهایی، فقط مشاهدات یکسان وجود داشته باشد. در چنین حالتی، بزرگترین درخت، ایجاد شده است که بر روی داده‌های آموزش، برازش بیش از حد دارد. در این مرحله برای این که از پیچیدگی درخت نهایی کاسته شده و درختهای ساده‌تری ایجاد شوند، عملیات هرس کردن آن

درست دسته‌بندی کند، بنابراین هزینه دسته‌بندی اشتباه برای داده‌های آزمایشی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. درخت بهینه درختی است که کمترین هزینه دسته‌بندی اشتباه را برای داده‌های آزمایشی داشته‌باشد. (Kashani and Mohaymany, 2011) برای ایجاد درخت بهینه در این پژوهش از نرم‌افزار SPSS modeler 18 که یکی از قویترین نرم‌افزارهای داده کاوی برای توسعه مدل درختی با روش کارت است، استفاده شد. در شکل ۳ رابطه فرضی بین نرخ طبقه‌بندی اشتباه و پیچیدگی درخت قابل مشاهده است.



شکل ۳. رابطه فرضی بین نرخ طبقه‌بندی اشتباه و پیچیدگی درخت

داده‌ای را به اشتباه در دسته ای غیر از دسته خودش قرار نداده‌است. اما در عمل و برای یک سری داده جدید اگر بخواهد براساس مدلی که قبلاً تهیه کرده‌است عمل کند، چنین امکانی وجود نخواهد داشت و داده‌های زیادی را به اشتباه در دسته‌های غیر مربوط با خودش قرار خواهد داد، به همین دلیل است که وقتی بزرگترین درخت با تعداد زیادی گره نهایی (برگ) موجود است و داده‌های جدیدی مثل داده‌های آزمایشی به آن معرفی می‌شود، هزینه دسته‌بندی اشتباه آن زیاد است و نمی‌تواند طبق قوانینی که براساس داده‌های آموزشی به دست آورده‌بود، داده‌های آزمایشی را هم

توصیف و تحلیل اولیه داده‌ها

و با همکاری اداره راه‌داری و حمل‌ونقل جاده‌ای محاسبه شدند. پارامترهایی مانند ویژگی‌های رانندگان از قبیل سن، جنسیت، تحصیلات و تجربه رانندگی در مصاحبه با حجم نمونه مناسب از رانندگان همزمان با برداشت سرعت راه، در قطعات مختلف راه (در مجموع ۲۰۰۰ مصاحبه) به دست آمد که بر روی راه‌های مورد نظر همفزون گردید. ویژگی‌های راه مانند تعداد خطوط، ایستگاه‌های اخذ عوارض و پلیس و امداد، حجم ترافیک و اطلاعات محیطی مانند میزان بارش از سازمان راه‌داری اخذ گردید. پارامترهای مستقل به کار رفته در مدل‌سازی شامل پارامترهای مختلف مربوط به عوامل انسانی، شرایط راه، عوامل محیطی و ویژگی‌های وسیله نقلیه هستند. شرح پارامترها در جدول ۱ قابل مشاهده است.

در این مقاله ۱۰ محور بین‌شهری استان اصفهان که در شکل ۴ نشان داده شده‌است، بررسی شدند. سرعت تک تک خودروها در زمستان ۱۳۹۵ و بهار ۱۳۹۶ به تفکیک وسایل نقلیه به کمک دوربین‌های ثبت سرعت روبات جمع‌آوری شد. سرعت ۱۴۱۳۵ وسیله نقلیه به تفکیک نوع آن‌ها در جهت رفت و برگشت محورها در میان هفته و پایان هفته برداشت شد. تخلف سرعت به عنوان پارامتر وابسته و با توجه به سرعت مجاز محورها به صورت ۰ و ۱، به این معنی که در صورت تخلف از سرعت مجاز وسیله نقلیه عدد ۱ وارد محاسبات شد. از ویژگی‌های این مقاله بررسی تاثیر عوامل مختلف است. علاوه بر پارامترهایی که از برداشت میدانی بدست آمده‌اند مانند تخلف سرعت، فصل سال و نوع وسیله نقلیه، سایر پارامترها به کمک مصاحبه با رانندگان



شکل ۴. محورهای مورد مطالعه

جدول ۱. پارامترهای به کاررفته در مدل سازی

پارامتر	واحد	منبع اطلاعات
عوامل انسانی		
سن راننده	درصد	مصاحبه با رانندگان
جنسیت راننده	درصد	مصاحبه با رانندگان
تحصیلات راننده	درصد	مصاحبه با رانندگان
تعداد استراحت راننده در طول سفر	درصد	مصاحبه با رانندگان
مدت استراحت راننده در طول مسیر	درصد	مصاحبه با رانندگان
مدت زمان سفر	درصد	مصاحبه با رانندگان
میزان تجربه رانندگی	درصد	مصاحبه با رانندگان
استفاده از سرویس پیام کوتاه حین رانندگی	درصد	مصاحبه با رانندگان
پاسخ به تلفن همراه در حین رانندگی	درصد	مصاحبه با رانندگان
وجود راننده دوم	درصد	مصاحبه با رانندگان
عوامل مربوط به وسیله نقلیه		
نوع وسیله نقلیه	۱۰ و ۱	برداشت میدانی
عوامل مربوط به شرایط راه		
نوع راه	۱۰ و ۱	اداره راهداری
تعداد خطوط راه	عدد	اداره راهداری
تعداد نقاط گردشگری	عدد	اداره راهداری
تعداد ایستگاه‌های اخذ عوارض	عدد	اداره راهداری
تعداد ایستگاه پلیس و امداد و نجات	عدد	اداره راهداری
تعداد مسیرهای جایگزین	عدد	اداره راهداری
حجم ترافیک راه	عدد	اداره راهداری
عوامل مربوط به شرایط محیطی		
میزان بارش سالانه	میلی متر	اداره راهداری
شاخص پروت	ساعتی گراد روز	اداره راهداری
سرعت وزش باد	کیلومتر بر ساعت	اداره راهداری
روز هفته	آخر هفته=۱	برداشت میدانی
فصل سال	زمستان=۱ بهار=۰	برداشت میدانی
فاصله آمار بردار از وسیله نقلیه	متر	برداشت میدانی
تخلف ترافیکی		
تخلف سرعت	عدم رعایت سرعت مجاز=۱	متغیر ساختگی
سایر		
شاخص همسنگ خسارت مالی ^۲ (پارامتر شدت تصادفات)	عدد	متغیر ساختگی

۳- تجزیه و تحلیل نتایج

دقت مدل‌سازی و اهمیت نسبی پارامترها

همانطور که پیش تر در بخش ۳ اشاره شد، برای انجام مدل‌سازی از نرم‌افزار IBM SPSS MODELER 18.0 استفاده شده است که نتایج دقت‌های به‌دست‌آمده در دو بخش آموزش و آزمون در جدول ۲ آورده شده است. برای بررسی اعتبار کلی مدل درخت تصمیم به کار برده شده

بخشی از داده‌ها برای آموزش و بخشی برای آزمون در نظر گرفته شده است، که بالا بودن درصد پیش‌بینی صحیح و نزدیک بودن نتایج آموزش و آزمون حاکی از اعتبار خوب مدل درخت تصمیم است.

جدول ۲. دقت پیش‌بینی مدل

دقت طبقه‌بندی تخلف سرعت				
پیش‌بینی شده			نمونه	
درصد صحیح	۱/۰	۰/۰		
%۶۹/۴	۲۰۱۵	۴۵۶۲	۰/۰	آموزش
%۸۴/۵	۲۸۴۲	۵۲۰	۱/۰	
%۷۴/۵	%۴۸/۹	%۵۱/۱	درصد کلی	
%۷۰/۰	۸۵۶	۱۹۹۴	۰/۰	آزمون
%۸۴/۷	۱۱۴۰	۲۰۶	۱/۰	
%۷۴/۷	%۴۷/۶	%۵۲/۴	درصد کلی	

تجربه رانندگی، زمان سفر، میزان تحصیلات راننده، پاسخ به تلفن همراه حین رانندگی و وجود راننده دوم نقش بیشتری در تخلف سرعت دارند. پس از عامل انسانی، پارامترهای مربوط به شرایط راه نقش پررنگ‌تری در تخلف سرعت دارند. در بین این پارامترها تعداد نقاط گردشگری و حجم تردد وسایل نقلیه بیشترین تاثیر را دارند. در بین پارامترهای مربوط به عوامل محیطی، سرعت وزش باد مهمتر از سایر پارامترها بوده است. نکته قابل توجه دیگر این است که پارامترهای مربوط به ویژگی‌های وسایل نقلیه کمترین نقش را در تخلف سرعت نشان داده‌اند.

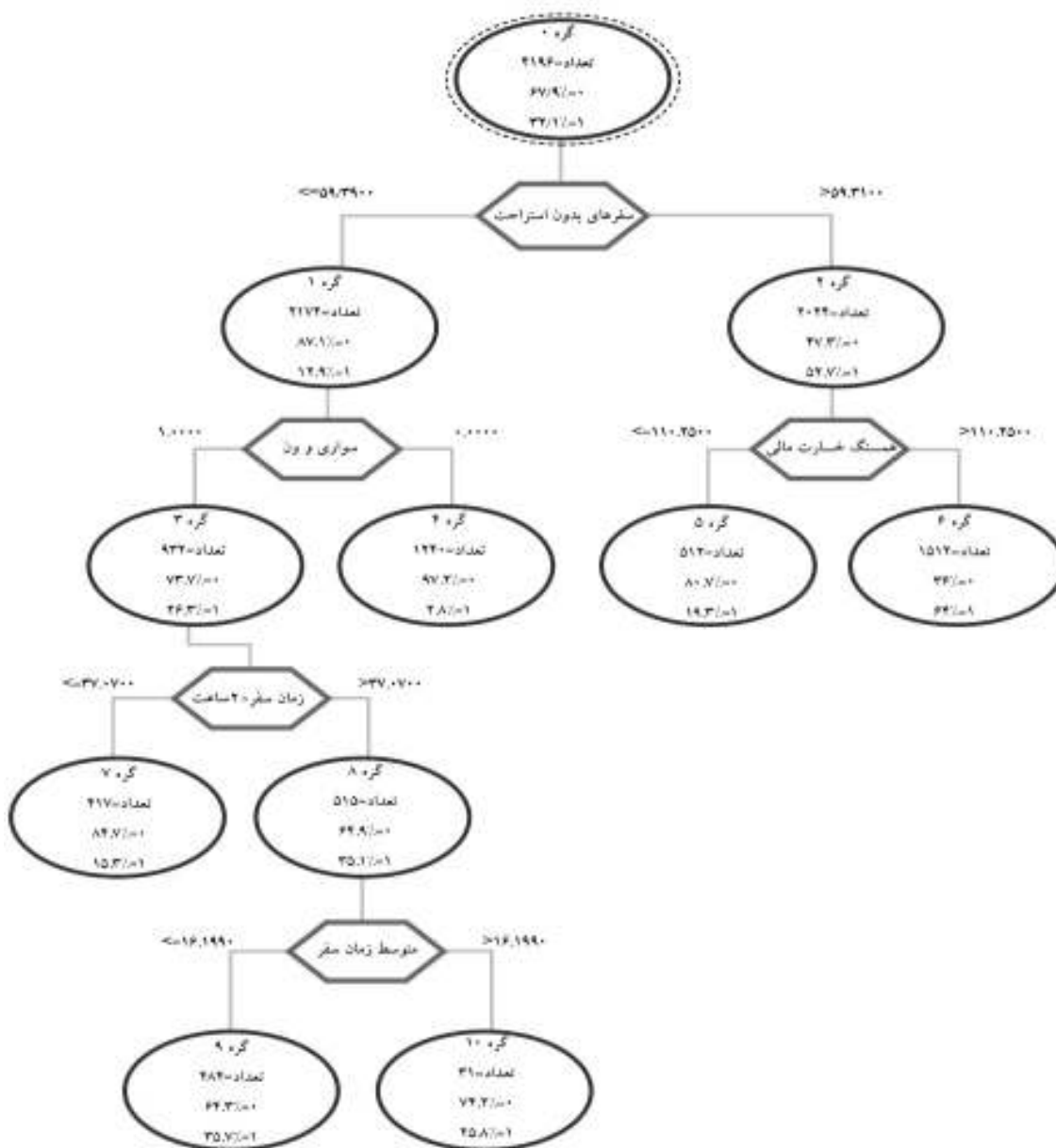
همان‌طور که از نتایج به‌دست‌آمده مشخص است، دقت کلی در پیش‌بینی تخلف سرعت بسیار مناسب بوده است و میان درصد طبقه‌بندی مدل در سطح آموزش و آزمون اختلاف پایینی وجود دارد که این امر نشان‌دهنده هزینه طبقه‌بندی اشتباه پایین در مدل است. یکی از خروجی‌های ارزشمند مدل کارت، اهمیت نسبی پارامترهای معرفی شده به مدل، در دقت طبقه‌بندی مدل است. در جدول ۳ اهمیت نسبی مهمترین پارامترهای موثر بر تخلف سرعت قابل مشاهده است. طبق این جدول، پارامترهای عامل انسانی نسبت به سایر عوامل بیشترین تاثیر را در تخلف سرعت دارند. در بین این پارامترها، تعداد و مدت زمان استراحت در طول مسیر،

جدول ۳. اهمیت نسبی پارامترها

پارامتر	اهمیت نسبی پارامترها به صورت نرمال شده
تعداد استراحت در طول مسیر	
۰	%۹۵/۹
۵-۱	%۹۵/۶
۱۵-۶	%۹۵/۵
۱۵<	%۸۹/۸
مدت استراحت در طول مسیر	
۰	%۹۵/۹
۰-۱۵	%۷۹/۹
۱۵-۴۵	%۹۵/۶
۴۵-۹۰	%۹۵/۵
۹۰-۱۸۰	%۹۵/۵
۱۸۰-۳۶۰	%۸۹/۸
۳۶۰-۷۲۰	%۹۵/۹
۷۲۰<	%۸۹/۸
متوسط زمان استراحت	%۹۵/۹
تجربه رانندگی	
۱۰-۱	%۹۵/۷
۳۰-۱۱	%۶۵/۴
۳۰<	%۹۹/۷
متوسط تجربه رانندگی	%۹۵/۶
زمان سفر	
۲>	%۸۸/۵
۴-۲	%۳۵/۹
۶-۴	%۴۳/۰
۶<	%۸۶/۱
متوسط زمان سفر	%۸۲/۵
تحصیلات راننده	
بیسواد	%۳/۰
ابتدایی و سیکل	%۸۴/۷
متوسطه	%۹۱/۲
دیپلم	%۹۸/۰
فوق دیپلم	%۶۱/۶
لیسانس	%۴۳/۳
فوق لیسانس و بالاتر	%۹۳/۰
متوسط تحصیلات	%۳۰/۸
سن راننده	
۴۰-۱۸	%۶۱/۱

٪۶۷/۴	۶۰-۴۰
٪۳۵/۴	۶۰<
٪۶۷/۷	متوسط سن
جنسیت راننده	
٪۳۵/۹	مرد
سایر پارامترهای انسانی	
٪۸۴/۱	پاسخ به تلفن همراه حین رانندگی
٪۴۸/۲	استفاده از سرویس پیام کوتاه حین رانندگی
٪۹۶/۵	وجود راننده دوم
٪۶۳/۴	وجود راننده دوم در وسایل نقلیه سنگین
نوع راه	
٪۲/۵	آزادراه
٪۲۸/۵	بزرگراه
٪۱۴/۹	راه اصلی
٪۱۸/۷	راه فرعی
سایر پارامترهای شرایط راه	
٪۱۷/۴	تعداد خطوط راه
٪۶۸/۰	تعداد نقاط گردشگری
٪۲/۵	تعداد ایستگاه‌های اخذعوارض
٪۲۸/۲	تعداد ایستگاه پلیس و امداد و نجات
٪۲۶/۵	تعداد مسیرهای جایگزین
حجم ترافیک راه	
٪۵۳/۲	متوسط حجم تردد ساعتی در طول سال
٪۵۳/۲	متوسط حجم تردد در ۱۰۰ ساعت ماکزیمم سال
٪۵۰/۸	حجم تردد مسافر (میانگین روزانه)
٪۴۷/۷	حجم روزانه
پارامترهای محیطی	
٪۲۷/۸	میزان بارش سالانه
٪۴۹/۵	شاخص برودت
٪۶۳/۸	سرعت وزش باد
٪۰/۶	روز هفته
٪۹/۵	فصل سال
-	فاصله آمار بردار از وسیله نقلیه
نوع وسیله نقلیه	
٪۱۵/۳	سواری و ون
٪۰/۴	اتوبوس
٪۰/۰	تراکتور
٪۲۱/۱	تریلی
٪۲/۶	کامیون
٪۱/۵	کامیونت

موتور	۰/۰۳
آمولانس	-
مینی یوس	۰/۰۳
وانت	۰/۰۱



شکل ۵. نمودار درخت تصمیم گیری

۴- توصیف نمودار درخت تصمیم‌گیری

از جمله مزیت استفاده از روش درخت تصمیم‌گیری در مقایسه با سایر روش‌ها این است که این روش می‌تواند جزئیات بیشتری را به تصمیم‌گیران ارائه دهد. طبق شکل ۵، گره ۰ طبق درصد سفرهای بدون استراحت به دو دسته تقسیم شده است. گره ۲ در سمت راست درخت نشان می‌دهد که با افزایش سفرهای بدون استراحت تخلف سرعت افزایش می‌یابد. بر اساس شاخص همسنگ خسارت مالی (این شاخص حاصل مجموع، ۵ برابر تعداد تصادف فوتی، ۳ برابر تعداد تصادف جرحی و تعداد تصادفات خسارتی است) گره ۲ به گره ۵ و ۶ تقسیم می‌شود. با افزایش شاخص همسنگ خسارت مالی در سفرهایی که استراحت نکرده‌اند تخلف سرعت افزایش می‌یابد. در سمت چپ درخت بر اساس نوع وسیله‌نقلیه سواری و ون گره ۱ به گره نهایی ۴ و گره ۳ تقسیم می‌شود. در سفرهایی که در طول مسیر استراحت داشته‌اند، با افزایش تعداد سواری و ون تخلف سرعت نیز افزایش می‌یابد. گره نهایی ۷ بر اساس درصد سفرهای کوتاه (کمتر از دو ساعت) نشان می‌دهد که با افزایش این سفرها تخلف سرعت افزایش می‌یابد. در پایان گره نهایی ۹ و ۱۰ که بر اساس متوسط زمان سفر (برحسب ساعت) تشکیل شده است نشان می‌دهد که با افزایش زمان سفر تخلف سرعت کاهش می‌یابد.

روش به خوبی عوامل مؤثر بر تخلف سرعت را طبقه‌بندی کرده است. عوامل انسانی، شرایط راه، عوامل محیطی و ویژگی‌های وسایل نقلیه به عنوان پارامترهای مستقل در نظر گرفته شد. عوامل انسانی بیشترین تأثیر را در تخلف سرعت داشته است. در بین پارامترهای انسانی، تعداد و مدت زمان استراحت در طول مسیر، تجربه رانندگی، زمان سفر، میزان تحصیلات راننده، پاسخ به تلفن همراه حین رانندگی و وجود راننده دوم نقش بیشتری در تخلف سرعت داشته‌اند. پس از آن، عوامل مربوط به شرایط راه به خصوص تعداد نقاط گردشگری در طول مسیر و حجم تردد وسایل نقلیه اهمیت زیادی در تخلف سرعت داشته‌اند. در بین پارامترهای مربوط به عوامل محیطی سرعت وزش باد مهم‌تر از سایر پارامترها بوده است. در پایان، پارامترهای مربوط به ویژگی‌های وسایل نقلیه کمترین نقش را در تخلف سرعت نشان داده‌اند.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1-Classification and regression tree
- 2-Zero-Truncated Poisson
- 3-Ordered Probit Model
- 4-Binary Logit Model
- 5-Logistic Regression Model
- 6-Hierarchical Regression
- 7-EPDO (Equivalent Property Damage Only)

۷- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دفتر ایمنی سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای سپاسگزاری می‌کنند.

۸- مراجع

- سایت پزشکی قانونی کشور، (۱۳۹۷)، "اطلاعات آماری متوفیات و مصدومین ناشی از تصادفات رانندگی کشور".
- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۴)، "سالنامه آماری کشور"، تهران: انتشارات مرکز آمار ایران.

-Alver, Y., Demirel, M., & Mutlu, M. J., (2014), "Interaction between socio-demographic characteristics: traffic rule violations and traffic crash history for young

۵- نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش تعیین عوامل مؤثر بر تخلف سرعت است. اطلاعات سرعت انواع وسایل نقلیه مربوط به ۱۰ محور بین شهری استان اصفهان در میان هفته و پایان هفته در زمستان ۱۳۹۵ و بهار ۱۳۹۶ در جهت رفت و برگشت جمع‌آوری شد. پس از انجام محاسبات اولیه، عوامل مؤثر بر تخلف سرعت به روش درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (کارت) انجام شد. مطالعات گذشته از روش‌های لوجیت و پروبیت در تعیین پارامترهای مؤثر بر شاخص‌های جانشین تصادفات استفاده کرده‌اند. در این پژوهش از روش درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (کارت) به علت ویژگی‌های منحصر به فرد مانند عدم نیاز به تعیین وابستگی پارامترها و ارائه نمودار درخت تصمیم‌گیری استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که این

- Procedia-social behavioral sciences, 168, pp.341-348.
- McKenna, F. P., & Horswill, M. S. J., (2006), "Risk taking from the participant's perspective: The case of driving and accident risk", *Health Psychology*, 25(2), pp.163-164.
- Penmetsa, P., & Pulugurtha, S. S. J., (2017), "Methods to rank traffic rule violations resulting in crashes for allocation of funds", *Accident Analysis Prevention*, 99, pp.192-201.
- Torregroza-Vargas, N. M., Bocarejo, J. P., & Ramos-Bonilla, J. P. J., (2014), "Fatigue and crashes: The case of freight transport in Colombia", *Accident Analysis Prevention*, 72, pp.440-448.
- WHO, (2013), "Global status report on road safety : supporting a decade of action", World Health Organization (WHO).
- WHO, (2015), "Global status report on road safety 2015", World Health Organization.
- Wickens, C. M., Mann, R. E., Stoduto, G., Ialomiteanu, A., & Smart, R. G. J., (2011), "Age group differences in self-reported aggressive driving perpetration and victimization", *Transportation research part F: traffic psychology behaviour*, 14(5), pp.400-412.
- Wickens, C. M., Toplak, M. E., & Wiesenthal, D. L. J., (2008), "Cognitive failures as predictors of driving errors, lapses, and violations", *Accident Analysis Prevention*, 40(3), pp.1223-1233.
- Xu, Y., Li, Y., & Jiang, L. J., (2014), "The effects of situational factors and impulsiveness on drivers' intentions to violate traffic rules: Difference of driving experience", *Accident Analysis Prevention*, 62, pp.54-62.
- Zhang, G., Yau, K. K., & Gong, X. J., (2014), "Traffic violations in Guangdong Province of China: speeding and drunk driving", *Accident Analysis Prevention*, 64, pp.30-40.
- drivers", *Accident Analysis Prevention*, 72, pp.95-104.
- Cestac, J., Paran, F., & Delhomme, P. J. S. s., (2011), "Young drivers' sensation seeking, subjective norms, and perceived behavioral control and their roles in predicting speeding intention: How risk-taking motivations evolve with gender and driving experience", *Safety science*, 49(3), pp.424-432.
- Ellen, R. L., Marshall, S. C., Palayew, M., Molnar, F. J., Wilson, K. G., & Man-Son-Hing, M. J., (2006), "Systematic review of motor vehicle crash risk in persons with sleep apnea", *Journal of clinical sleep medicine*, 2(02), pp.193-200.
- Eustace, D., Almutairi, O., Hovey, P. W., & Shoup, G., (2014), "Using Decision Tree Modeling to Analyze Factors Contributing to Injury and Fatality of Run-Off-Road Crashes in Ohio", Paper presented at the Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.
- Global Road Safety Partnership, (2008), "Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners".
- Hosseini, M. H., Mahdavi, A., & Nooghabi, M. J. J., (2018), "Validation of the influencing factors associated with traffic violations and crashes on freeways of developing countries: A case study of Iran", *Accident Analysis Prevention*, 121, pp.358-366.
- Kashani, A. T., & Mohaymany, A. S. J., (2011), "Analysis of the traffic injury severity on two-lane, two-way rural roads based on classification tree models", *Safety science*, 49(10), pp.1314-1320.
- Machin, M. A., & Sankey, K. S. J., (2008), "Relationships between young drivers' personality characteristics, risk perceptions, and driving behaviour", *Accident Analysis Prevention*, 40(2), pp.541-547.
- Masuri, M. G., Dahlan, A., Danis, A., & Isa, K. A. M. J., (2015), "Public participation in shaping better road users in Malaysia",

Recognition of Effective Factors on Speed Violation by Using Classification and Regression Tree Model (Case Study: Intercity Roads in Isfahan Province)

A. Ghasemaghaei, M.Sc., Student, Civil Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

H. Haghshenas, Assistant Professor, Faculty of Transportation Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

S. M. Abtahi, Associate Professor, Faculty of Transportation Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

O. R. Kiasat, M.Sc., Grad., Civil Engineering Department, Iran university of Science & Technology, Tehran, Iran.

E-mail: ali.g.ghaei@gmail.com

Received: June 2019- Accepted: October 2019

ABSTRACT

Usually indicators like number of crashes and possible costs related to it are considered for safety assessment while those indicators are not controller and have no effects on safety and sometimes this information are not accessible for understudied area. Therefore, other safety indicators are required for safety control and supervisory which are called surrogate indicators. Vehicle speed is a key factor in road traffic safety. Theme of current paper is identifying effective factors on speed violation as surrogate indicator in intercity roads of Isfahan province by using classification and regression tree (CART) model. Information of vehicle speed and violating road speed limit in 10 intercity roads axis of Isfahan province are gathered by using Robot speed cameras. Also 4 main category of factors affecting speed violation including human, road, vehicle and environmental factors of those roads axis are gathered. Speed violation model has 74.7% of total accuracy. Results indicated that among 4 main categories of factors affecting speed violation, human factors have the most impact on speed violations. Among these human factors, frequency and duration of rests, driver experience level, travel time, driver literacy level, talking on phone while driving and presence of second driver in vehicle have more importance in the model classification improvement. After human factors, road factors are more important than other factors in classification of speed violation in which number of attractive points and volume have the most impact. In contrast to above mentioned factors, vehicle related a factor shows the least importance to model classification.

Keywords: Speed Violation, Surrogate Indicator, Classification and Regression Tree, Factor