ارایه مدل درخت تصمیم اثر نوع خرابی روسازی بر الگوی رفتاری رانندگان بین شهری در مدیریت روسازی نواحی کویری

مقاله علمی - پژوهشی

سید مبین حمیدی اورتی*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران
محمدمهدی خبیری، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران
ابوالفضل خویشداری، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:hamidi.m@stu.yazd.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰- پذیرش:۱۴۰۱/۰۸/۰۵
صفحه ۷۲-۶۱

چکیده

وضعیت روسازی از منظر شاخص وضعیت روسازی می‌تواند بطور اساسی در شدت و میزان تصادفات جاده‌های نقش داشته باشد و همچنین رفتار رانندگان در ارتباط با آن می‌باشد. به منظور مطالعه‌ی انواع خرابی‌های ذکر شده در شرایط محیطی (جاده خشک با دوره بارندگی در فواصل زیاد مطالعه موردی شهر یزد) به بررسی الگوی رفتار رانندگان در مقابل این خرابی‌ها، و در پی آن تاثیر سرعت بر میزان شدت و خسارت ناشی از تصادفات با استفاده از روش داده‌کاوی درخت تصمیم به بررسی ارتباط بین نوع و شدت خرابی و الگوی رفتاری و ارتباط آن با تصادفات جاده‌های توجه می‌شود. با توجه به مشاهدات و برداشت‌های میدانی و محاسبه شدت خرابی متوجه شدیم که خرابی چاله بیشترین تاثیر را در رفتار و نوع واکنش رانندگان حین برخورد با خرابی دارد. پس از آن خرابی پوست سوسماری شدید خرابی اثرگذار بعدی بود ولی در اکثر مواقع شاهد واکنش نوع دوم در این نوع خرابی بودیم و میزان انحراف در مسیر در این نوع از خرابی‌ها کمتر بود. دریافتیم که ابعاد و اندازه چاله و خرابی‌های شدید نیز بر نوع الگوی رفتاری رانندگان تاثیر گذار است.

واژه‌های کلیدی: وضعیت خرابی، راه‌های کویری، مدل درخت تصمیم، مدیریت روسازی

۱- مقدمه

وضعیت روسازی از منظر شاخص وضعیت روسازی می‌تواند بطور اساسی در شدت و میزان تصادفات جاده‌های نقش داشته باشد و بطور کلی هزینه صدمات جانی و مالی ناشی از تصادفات در ارتباط مستقیم با شاخص یاد شده و همچنین رفتار رانندگان در ارتباط با آن می‌باشد. از طرفی محققین بسیاری برای اجزاء مختلف روسازی، نظیر طرح اجراء ترانشه‌ها تا لایه آسفالتی در تلاش برای بهبود وضعیت حمل ونقل جاده‌ای هستند(Foroudian, Hazeghian, and Barkhordari, 2020; Khabiri,Alidadi, 2015) بنابراین بررسی کمی و کیفی وضعیت روسازی در مرحله اول و سپس رفتار کاربران مختلف در برخورد با وضعیت‌های مختلف و در شرایط متفاوت می‌تواند موجب سهولت در رسیدن به شرایط پایدارتر و بهتر از نظر کاهش تصادفات و خسارات واردهی ناشی از آن شود. به منظور مطالعه‌ی انواع خرابی‌های ذکر شده در شرایط متفاوت محیطی (جاده خشک با دوره بارندگی در فواصل زیاد مطالعه موردی شهر یزد) به بررسی الگوی رفتار رانندگان در مقابل این خرابی‌ها و در پی آن تاثیر سرعت بر میزان شدت و خسارت ناشی از تصادفات با استفاده از روش داده‌کاوی درخت تصمیم به بررسی ارتباط بین نوع و شدت خرابی و الگوی رفتاری

و ارتباط آن با تصادفات جاده‌های توجه می‌شود. تاکنون مطالعات گسترده‌ای برای تعیین اثر خرابی راه‌ها بر ایمنی وسایل نقلیه انجام شده است. ولی از روش آماری درخت تصمیم در این نوع مطالعات توجه زیادی نشده است، آقای چان و همکارانش (۲۰۰۸) تأثیر شرایط روسازی را بر ایمنی ترافیک بررسی کردند. در این مطالعه ، تأثیر عمق شیار، شاخص ناهمواری بین المللی (IRI) و نشان خدمتدهی روسازی (PSI) بر تعداد تصادفات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که عمق شیار فقط در شب و در شرایط بارانی بر نرخ تصادفات تاثیرگذار است(Chan, et al., 2008).

در سال ۲۰۱۳، چانگ تأثیر اختلاف ارتفاع سطح دریچه‌های آدم‌رو با سطح روسازی بر حرکت موتورسواران بررسی کرد و نتیجه گرفت که شرایط روسازی روی دریچه‌ی آدم‌رو و اندازه دریچه بر حرکت موتورسواران تأثیر دارد. عوامل دیگری مانند شرایط ترافیکی، عرض خط و سرعت موتورسوار نیز بر حرکت آن تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه بیان شد که اگر اختلاف ارتفاع سطح دریچه و روسازی برابر یا کمتر از 0.۳۵ سانتی متر باشد ، تاثیری در واکنش موتورسواران ندارد (Chang, 2014). رویز و همکاران به بهبود ایمنی جاده‌ها از طریق مهندسی مناسب و تعمیر و نگهداری صحیح روسازی پرداختند. تحقیقات حاصل از کار آنها نتایج زیر را در پی داشت؛ خرابی ساختاری یک روسازی انعطاف‌پذیر هنگامی رخ می‌دهد که خرابی خستگی انباشته شده ناشی از کل وسایل نقلیه عبوری از بخشی از یک آستانه مشخص فراتر رود. در سال ۲۰۱۹ رویز و همکاران با ارائه یک فرمول ریاضی به تجزیه و تحلیل خستگی روسازی‌های انعطاف‌پذیر پرداختند. آنها مدلی ارائه کردند که رشد شاخص خرابی روسازی را در طول زمان مدلسازی می‌کند. نتایج به دست آمده حاصل از کار آنها، نیاز به در نظر گرفتن بارهای دینامیکی در طراحی روسازی و اهمیت استفاده از استراتژی‌های بازدارندهی مناسب را تأیید می‌کند. این اقدامات، شاخص خرابی روسازی و به تبع ضریب تقویت بار دینامیکی را در مقادیر کم نگه می‌دارد و بدین ترتیب طول عمر روسازی افزایش می‌یابد (Ruiz,et al.,2019).

در سال ۲۰۱۸ هاشم و همکاران برای مطالعه بر روی ۱۳ جاده دو خطه دو طرفه در شهرهای منوفیا و قربیا در کشور مصر اثر شرایط مختلف روسازی بر تغییر سرعت انواع مختلف وسایل نقلیه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از کار آنها به شرح زیر می‌باشد: ۱- تجزیه و تحلیل روسازی در بخش‌های شامل خرابی و بخش‌های بدون خرابی نشان داد که شرایط بد و ضعیف روسازی منجر به کاهش قابل توجه در سرعت وسایل نقلیه می‌شود. ۲- تجزیه و تحلیل میانگین سرعت برای وسایل نقلیه متفاوت نیاز به تفکیک وسایل نقلیه در سطوح مختلف و طبقه بندی بر اساس سرعترا نشان می‌دهد. ۳- انحراف بیشتر سرعت‌ها از استاندارد کلی عمدتا در بخش‌های روسازی شامل خرابی اتفاق می‌افتد(Hashim, et al., 2018)

در طول چند دهه گذشته بیشترین چیزهایی که متوجه تاثیر خصوصیات روسازی بر ایمنی شدند شامل اصطکاک روسازی و بافت سطح، طراحی هندسی آسفالت و با ویژگی‌های مقطعی، زبری آسفالت و خرابی، خواص مواد روسازی و شرایط سیستم تعلی وحرکت وسایل نقلیه می‌باشند. با بهبود یک یا چند مورد از موارد بالا، تصادفات جاده‌ها می‌توانند کاهش یابند(Vinayakamurthy, Mamlouk, and Underwood, 2017). در سال ۲۰۱۵ لی و همکاران به توسعه رابطه بین شرایط ضعیف روسازی و سطح شدت تصادف با استفاده از مجموعه‌ای از مدل‌های لجستیک بیزی برای جاده‌های با سرعت کم/متوسط/بالاو موارد برخورد تک و چندگانه پرداختند. مدل رگرسیون لجستیک بیزی نشان داد که وضعیت نامناسب روسازی، شدت برخورد یک وسیله نقلیه را در جاده‌های کم سرعت کاهش و در جاده‌های سرعت بالا افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، وضعیت نامناسب روسازی، شدت تصادفات چندین وسیله نقلیه باهم را در همه جاده‌ها افزایش می‌دهد. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به آژانس‌های حمل و نقل در سطح فدرال، ایالتی و محلی کمک کند تا استراتژی‌های مناسب نگهداری و بازسازی روسازی را برای کاهش سطح شدت تصادفات انتخاب کنند(Lee, BooHyun, and Abdel-Aty, 2015; Li, Chunxia., and Liang, 2013).

هزینه تصادفات در بزرگراه‌ها با در نظر گرفتن تلفات جانی، صدمات و بسته شدن راه‌ها فشار عمده‌ای بر اقتصاد نیجریه گذاشته است. بنابراین بررسی علل این گونه

تصادفات از منظر وضعیت جاده با هدف محدود کردن فراوانی و درجه شدت آنها امری معقول است. سه جاده فدرال در ایالت باوچی برای این مطالعه در نظر گرفته شدند. جاده‌ها به ترتیب جوس-باوچی، باوچی-گمب و مرز باوچی یوبه می‌باشند. داده‌های وضعیت روسازی نشان می‌دهد که مسیر باوچی-جوس بالاترین امتیاز وضعیت جاده‌های و مسیر باوچی-گومب کمترین امتیاز وضعیت جاده‌ها را دارند. مسیر جوس با وجود داشتن بهترین شرایط روسازی بیشترین تعداد تصادفات و فوتی را به خود اختصاص داده، در حالی که مسیر یوبه کمترین تعداد تصادفات و فوتی را به خود اختصاص داده است. نتایج تأیید می‌کنند که ارتباط زیادی بین وضعیت روسازی و ایمنی ترافیک وجود ندارد، اما به نظر می‌رسد برخی از مسائل طراحی و برنامه‌ریزی مانند میزان انحنای قوس‌های افقی و عمودی و تعداد شهرها و روستاها نقش اساسی ومهمی در ایمنی ترافیک دارند (Tighe, et al., 2000).

مُحامِد و همکاران به تجزیه و تحلیل در بزرگراه‌های ایالت‌های آریزونا، کارولینای شمالی و مریلند بین سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ به منظور بررسی روابط بین نرخ تصادف، ناهمواری روسازی و شیارشدگی روسازی پرداختند. دو نوع از داده‌ها جمع‌آوری شد: داده‌های خرابی از سوابق تصادفات و داده‌های ناهمواری و عمق شیارشدگی از پایگاه داده سیستم مدیریت روسازی در هر ایالت. نرخ تصادفات با استفاده از روش سازمان حمل و نقل ایالات متحده محاسبه شد که تعداد تصادفات هر وسیله نقلیه در هر مایل در سال ضرب در صدمیلیون شده است. تغییرات نرخ تصادفات با هر دو شاخص ناهمواری بین المللی (IRI) و عمق شیارشدگی بررسی شد. برای بررسی ارتباط بین پارامترها، تحلیل رگرسیون خطی انجام شد. این تجزیه و تحلیل همبستگی مثبتی بین ناهمواری جاده و عمق شیارشدگی را در تمام موارد بدون در نظر گرفتن سطح شدت تصادفات نشان داد. مقادیر ناهمواری و عمق شیارشدگی برای بخش‌های شامل خرابی و بخش‌هایی که تصادفی در آن صورت نگرفته نزدیک به یکدیگر بودند، که نشان می‌دهد ناهمواری و شیارشدگی تنها عوامل موثر بر تعداد تصادفات نیستند اما احتمالاً در ترکیب با عوامل دیگر مانند حجم ترافیک، عوامل انسانی و غیره تاثیرگذارند. به طور خلاصه، می‌توان نتیجه گرفت که هر دو عامل ناهمواری و عمق شیارشدگی بر میزان تصادف تأثیر می‌گذارند و مقامات نگهداری بزرگراه باید شرایط روسازی را به منظور کاهش وقوع تصادفات حفظ کنند(Mohammed,et al.,2015). در این تحقیق با استفاده از داده‌های آماری اکتسابی از ادارات مربوطه و داده‌های میدانی به پیش‌بینی و سنجش عکس‌العمل رانندگان در حین مواجه شدن با خرابی‌های آسفالتی (متغیر هدف) پرداختیم. بدین منظور پس از انتقال داده‌ها به نرم‌افزار به معرفی و ترسیم نمودار توصیفی متغیرهای مورد استفاده پرداخته می‌شود و سپس به معرفی محدوده مطالعاتی و مدل‌های ایجاد شده با استفاده از نرم افزار SPSS می‌پردازیم. در انتها مدل‌های ایجاد شده مورد تحلیل و بحث قرار می‌گیرند.

۲- روش تحقیق و معرفی روش داده‌کاوی

در این مطالعه، به دلیل پیچیدگی روابط عمومی و تغییر در پارامترها، می‌توان از روش‌های داده‌کاوی برای تعیین عوامل موثر بر الگوی رفتاری رانندگان استفاده کرد. داده‌کاوی هنر و دانش استخراج اطلاعات پنهان از مجموعه‌ای از داده‌های فراوان است. این روش‌ها مجموعه‌ای از روش‌ها در روند کشف دانش هستند که برای شناسایی الگوها و روابط ناشناخته در داده‌ها استفاده می‌شوند. داده‌کاوی روشی برای یافتن الگوهای جدید، پنهان و غیرمنتظره است که در داده‌ها استفاده می‌شود. هدف این مطالعه بررسی الگوی رفتاری رانندگان حین برخورد با خرابی‌های روسازی بود. متغیرهای مستقل این مطالعه سرعت، شدت خرابی و ترافیک می‌باشند. با سوار شدن بر تعداد مشخصی از وسایل نقلیه بدون آگاهی راننده از هدف تحقیق، میزان سرعت حین رویت خرابی و میزان انحراف حین رویت خرابی‌ها به دست آمدند. در این مطالعه به منظور تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS، درخت تصمیم داده‌ها رسم شده است. برای ترسیم درخت تصمیم از الگوریتم‌های متفاوتی می‌توان بهره برد. با توجه به داده‌های مورد بررسی، انتخاب الگوریتم مناسب جهت اعمال بر داده‌ها امری ضروری است. لذا، ابتدا الگوریتم‌های موجود بررسی می شوند تا الگوریتم مناسب انتخاب شود. چهار الگوریتم موجود در نرم‌افزار SPSS شامل CHAID، Exhaustive CHAID، QUEST و CRT است. الگوریتم QUEST برای این مطالعه مناسب نیست زیرا برای متغیرهای اسمی وابسته استفاده می‌شود. دو الگوریتم CRT و CHAID برای متغیرهای رتبه‌ای و ترتیبی مناسب هستند. الگوریتم CRT برای درختان باینری (به عنوان مثال درختانی که هر گره به دو گره تقسیم می‌شود) استفاده می‌شود. با این حال،

در الگوریتم CHAID می‌توان یک گره را به بیش از دو گره تقسیم کرد. این الگوریتم برای داده‌های بزرگ مناسب است (Familian, 2011).

در این پژوهش جاده‌های برون‌شهری استان یزد مورد مطالعه قرار گرفتند. محورهای راه مورد مطالعه در استان یزد به ترتیب محورهای یزد – میبد، میبد – یزد، یزد – مهریز، مهریز – یزد و یزد – بافق هستند. شکل ۱ (الف و ب)، موقعیت جغرافیایی محدوده‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

(الف)

(ب)

شکل۱. الف: محور راه یزد – میبد، ب: محور را یزد – مهریز

متغیر وابسته در این تحقیق شامل عکس‌العمل رانندگان در مواجهه با خرابی‌های روسازی می‌باشد یعنی نوع عکس العمل رانندگان به شرایط خرابی روسازی از قبیل شرایط آب و هوایی، شدت خرابی روسازی و همچنین سرعت راننده در زمان روئیت خرابی و ترافیک وابسته است. واکنش رانندگان در هنگام رویارویی با خرابی به ٤ دسته تقسیم‌بندی شده است. جدول ۱ دسته‌بندی واکنش رانندگان در مواجه با خرابی‌های روسازی را نشان می‌دهد.

جدول۱. دسته‌بندی واکنش رانندگان در مواجه با خرابی‌های روسازی

شماره واکنش	شرح واکنش
۱	راننده بدون هیچ عکس‌العملی از خرابی می‌گذرد و به مسیر خود ادامه می‌دهد.
۲	راننده سرعت خود را به طور ناگهانی کاهش می‌دهد.
۳	راننده به طور ناکهانی تا میزان حداکثر ۵۰ سانتی‌متر منحرف می‌شود.
٤	راننده خودرو را به طور ناگهانی و بیش از ۵۰ سانتی‌متر منحرف می‌کند ولی از خط عبور خود خارج نمی‌شود.

متغیرهای مستقل در این تحقیق شامل سرعت وسیله نقلیه حین رویت خرابی، شدت خرابی روسازی و حجم ترافیک عبوری می‌باشند. تغییر در یک یا چند متغیر می‌تواند احتمال نوع واکنش رانندگان را تغییر دهد.

شکل۲. خرابی چاله با شدت متوسط

(محور راه‌های بین شهری – استان یزد)

شکل۳. ترک پوست سوسماری با شدت متوسط

(محور راه‌های بین شهری – استان یزد)

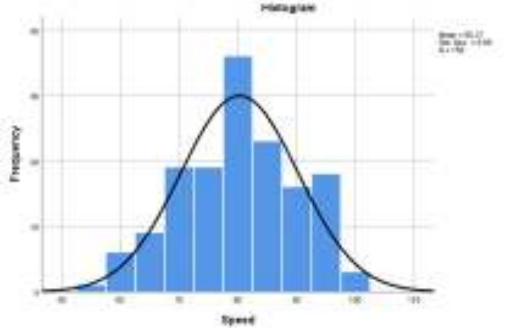
جهت انجام تحلیل برای تعیین نوع واکنش رانندگان حین رویت خرابی‌های روسازی که متغیر وابسته و هدف است، نیاز به اطلاعات ورودی از جنس متغیرهای مستقل سرعت وسایل نقلیه حین رویت خرابی، شدت خرابی روسازی و حجم ترافیک عبوری می‌باشد. از آن‌جا که اکثر اطلاعات مورد نیاز در ادارات مربوطه موجود نبودند یا امکان دسترسی به آن‌ها فراهم نشد انجام بررسی‌های میدانی جهت بدست آوردن آمار و اطلاعات در اولویت قرار گرفت. جهت ثبت اطلاعات مربوط به سرعت وسایل نقلیه حین رویت خرابی، به طور تصادفی سوار بر تعداد مشخصی از وسایل نقلیه بدون آگاهی راننده از هدف تحقیق شده و میزان سرعت وسایل نقلیه حین رویت خرابی و کاهش، افزایش و یا ثابت ماندن سرعت ثبت گردید.

۳- مدل‌سازی و کاربرد تکنیک‌های داده‌کاوی

نوع عکس‌العمل رانندگان حین مواجه شدن با انواع مختلف خرابی‌ها به شرایط فیزیکی خرابی از جمله شدت خرابی، سرعت وسایل نقلیه در هنگام رویت خرابی توسط شخص راننده و همچنین به حجم ترافیکی بستگی دارد. از این رو استفاده از روش‌های عملی برای پیش‌بینی عکس‌العمل رانندگان و سنجش آن در برخورد با خرابی‌های روسازی دارای اهمیت است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های آماری اکتسابی از ادارات مربوطه و داده‌های میدانی به پیش‌بینی و سنجش عکس‌العمل رانندگان در حین مواجه شدن با خرابی‌های آسفالتی (متغیر هدف) پرداختیم.

۳-۱- نمودار توصیفی متغیر سرعت

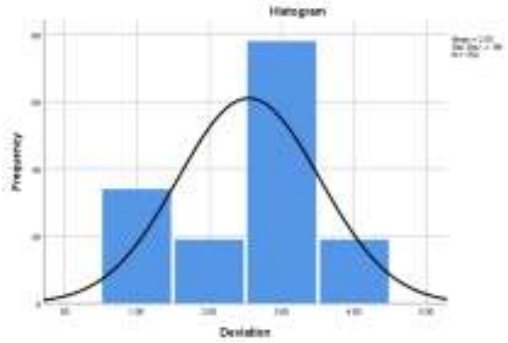
نمودار منحنی نرمال متغیر سرعت وسیله نقلیه هنگام رویت خرابی برای محور راه استان یزد در شکل ٤ ارایه شده است. همانگونه که از نمودار پیداست ٢٤ درصد داده‌ها با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت می‌باشند. میانگن کل داده‌ها ۸۰/۲۷ و انحراف از معیار آن‌ها برابر با ۹/۹۸ می‌باشد.



شکل٤. نمودار منحنی نرمال متغیر سرعت

۳-۲- نمودار توصیفی متغیر میزان انحراف رانندگان

عکس‌العمل رانندگان هنگام مواجه شدن و برخورد با خرابی و میزان انحراف آن‌ها در ان لحظه متغیر وابسته و هدف ما در این پروژه می‌باشد. در شکل ۵ نمودار توصیفی این متغیر ارائه گردیده است. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود ۵۲ درصد داده‌ها با میزان انحراف کمتر از ۵۰ سانتیمتر (واکنش نوع سوم) هستند. میانگین کل برابر با ۲/۵۵ و انحراف از معیار ۰/۹۸ است.



شکل۵. نمودار توصیفی میزان انحراف

٤- سنجش عکس‌العمل راننده در برخورد با انواع خرابی

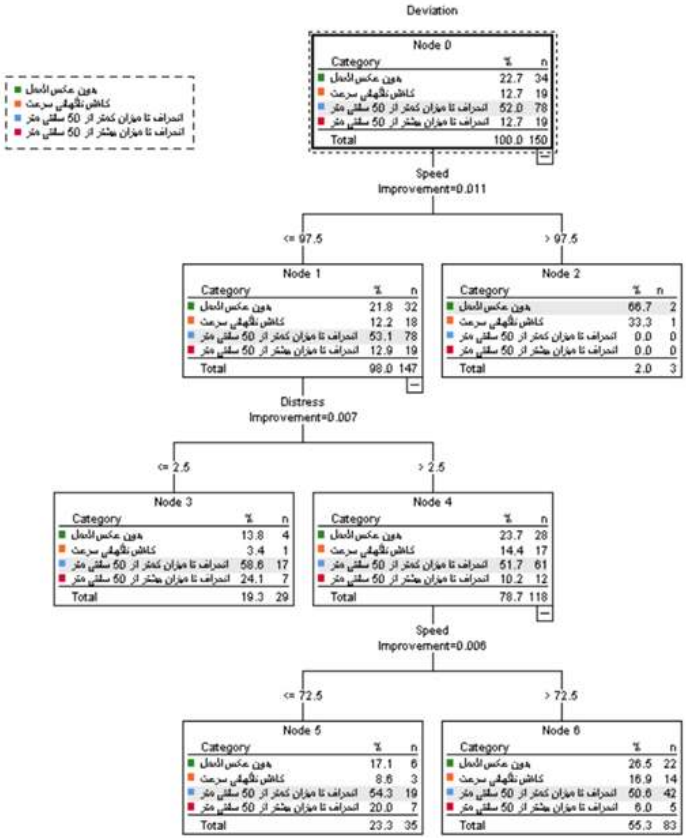
در روش CRT یا دسته‌بندی و درخت رگرسیون، داده‌ها به بخش‌هایی که برحسب متغیر پاسخ، متجانس هستند، تقسیم می‌شوند. گره پایانی برای همه مشاهداتی که دارای متغیر وابسته برابری هستند، گره خالص نامیده شده و به این ترتیب گروه‌ها یا دسته‌ها تشکیل می‌شوند. در این روش رشد درخت تا مرحله‌ای ادامه می‌یابد که در هر گره نهایی مشاهدات یکسانی وجود داشته باشد. در این حالت کامل‌ترین درخت ایجاد می‌شود. درخت ایجاد شده براساس دو متغیر مستقل سرعت وسیله نقلیه حین مواجه شدن با خرابی و شدت خرابی روسازی با متغیر هدف که عکس‌العمل راننده در برخورد با خرابی می‌باشد در شکل ٦ قابل مشاهده است. همچنین مشاهده می‌کنیم که سرعت وسایل نقلیه در تحلیل‌های درخت تصمیم در محدوده خاصی می‌باشد (به عنوان مثال ۹۷/۵ کیلومتر بر ساعت). این امر به علت تصمیمات اتخاذ شده در نرم‌افزار به صورت خودکار می‌باشد و از دامنه اختیارات ما خارج می‌باشد.

در این شکل گره صفر که اولین گره است، توسط متغیر سرعت راننده در حین مواجه شدن با خرابی به دو شاخه تقسیم شده است. گره ۱ و ۲ بیانگر این است که در سرعت‌های کمتر از ۹۷/۵ کیلومتر بر ساعت نوع واکنش راننده با احتمال ۵۳/۱ درصد از نوع سوم و در سرعت‌های بیشتر از ۹۷/۵ کیلومتر بر ساعت نوع واکنش با احتمال ٦٦/۷ درصد از نوع اول خواهد بود. نتیجه‌ی حاصله از این دو گره این است که در سرعت‌های کمتر واکنش رانندگان در مواجه شدن با خرابی نرم‌تر است. گره ٤ به دو زیر گروه گره ٥ و ٦ تقسیم شده است. گره ٥ نشان دهنده این موضوع است که اگر شاخص شدت خرابی بیشتر از ۲/۵ باشد و سرعت وسیله نقلیه کمتر از ۷۲/۵ کیلومتر بر ساعت باشد ٥٤/۳ درصد واکنش‌ها در حین برخورد با خرابی از نوع سوم و ۲۰٪ واکنش‌ها از نوع چهارم هستند. همچنین گره ٦ بیانگر این است که اگر شاخص میزان خرابی بیشتر از ۲/۵ باشد و سرعت وسایل نقلیه بیشتر از ۷۲/۵ کیلومتر بر ساعت باشد، ٥۰/٦ درصد از واکنش‌ها از نوع سوم و ٦ درصد از نوع چهارم خواهند بود.

نتیجه نهایی این ترسیم نشان می‌دهد که در شاخص میزان خرابی بیشتر از ۲/۵ عکس‌العمل رانندگان در حین مواجه شدن با خرابی در سرعت‌های کمتر از ۷۲/۵ کیلومتر بر ساعت شدیدتر از عکس‌العمل رانندگان در سرعت‌های بیشتر از ۷۲/۵ کیلومتر بر ساعت است.

٤-۱- ترسیم درخت تصمیم برای دو متغیر مستقل سرعت و ترافیک عبوری

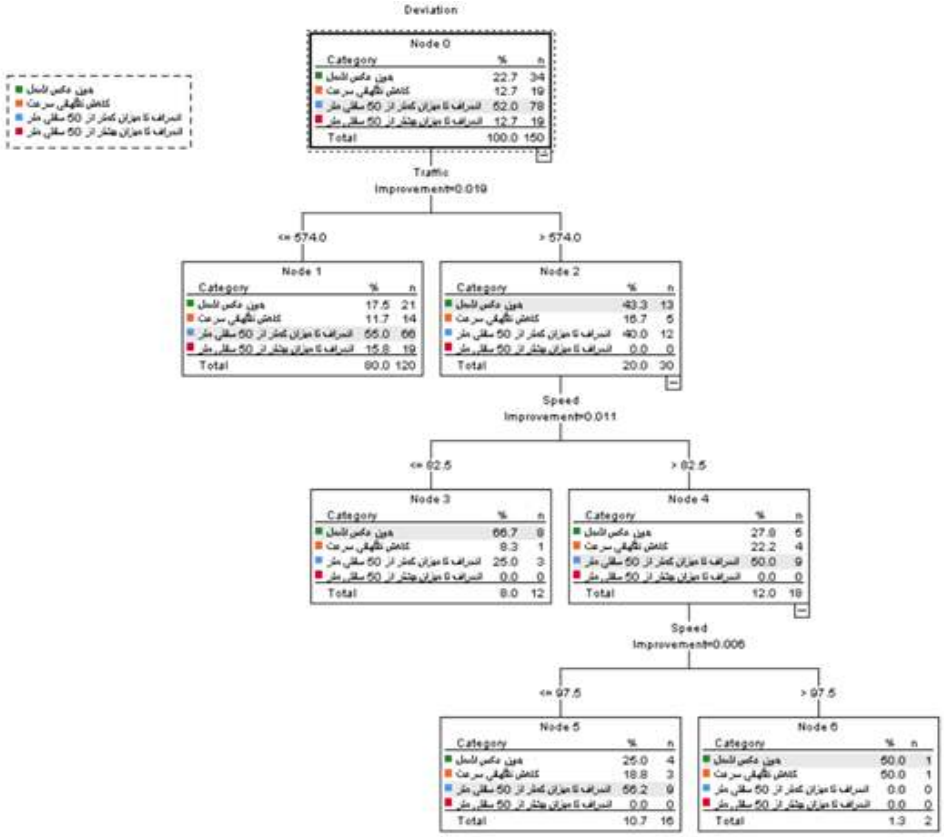
درخت ترسیم شده بر اساس دو متغیر مستقل سرعت و حجم ترافیک عبوری با متغیر وابسته عکس‌العمل راننده در هنگام برخورد با خرابی در شکل ۸ قابل مشاهده است.



شکل٦. درخت تصمیم برای متغیرهای مستقل سرعت و میزان خرابی و متغیر وابسته (هدف) میزان انحراف رانندگان (محور راه‌های استان یزد)

این درخت نیز از ٦ گره تشکیل شده است کـه گـره ۱ و ۲ نشان‌دهنده این موضوع است که در حجم ترافیک عبوری بـا میزان کمتر از وسیله نقلیه/ساعت ٥٧٤، ٥٥٪ واکـنش از نـوع سوم و ۱٥/۸ درصد واکنش‌ها از نوع چهارم هستند. همچنین در حجم ترافیک عبوری با میزان بیشتر از وسیله نقلیه/ساعت ٥٧٤، ٤٠ درصـد واکـنش‌هـا از نـوع سـوم و ٤۳/۳ درصـد واکنش‌ها از نوع اول می‌باشند. گره ٤ به دو زیـر گـره ٥ و ٦ تقسیم شده است. گره ٥ نشانگر این موضـوع اسـت کـه بـا حجم ترافیک عبـوری بیشـتر از وسـیله نقلیه/سـاعت ٥٧٤ و میـزان سـرعت در بـازه ۸۲/٥ کیلـومتر بـر سـاعت تـا ۹۷/٥ کیلومتر بر ساعت، ۲٥ درصـد واکـنش‌هـا از نـوع اول، ۱۸/۸ درصد از نوع دوم و ٦۲/۲ درصد از نوع سوم می‌باشند. گره ٦ بیانگر این مطلب است که با حجم ترافیک عبوری بیشتر از وسـیله نقلیه/سـاعت ٥٧٤ و میـزان سـرعت بیشـتر از ۹۷/٥ کیلومتر بر ساعت، ٥۰ درصـد واکـنش‌هـا از نـوع اول و ٥۰ درصد واکنش‌ها از نوع دوم هستند.

نتیجه نهایی مدل ترسیم شده بیانگر این است که بـا حجـم ترافیک عبوری بیشـتر از وسـیله نقلیه/سـاعت ٥٧٤، واکـنش رانندگان در بازه سرعتی ۸۲/٥ تـا ۹۷/٥ کیلـومتر بـر سـاعت شدیدتر از واکنش رانندگان با سرعت بیشتر از ۹۷/٥ کیلومتر بر ساعت است.



شکل۷. درخت تصمیم برای متغیرهای مستقل سرعت و حجم ترافیک عبوری و متغیر وابسته (هدف) میزان انحراف رانندگان (محور راه‌های استان یزد)

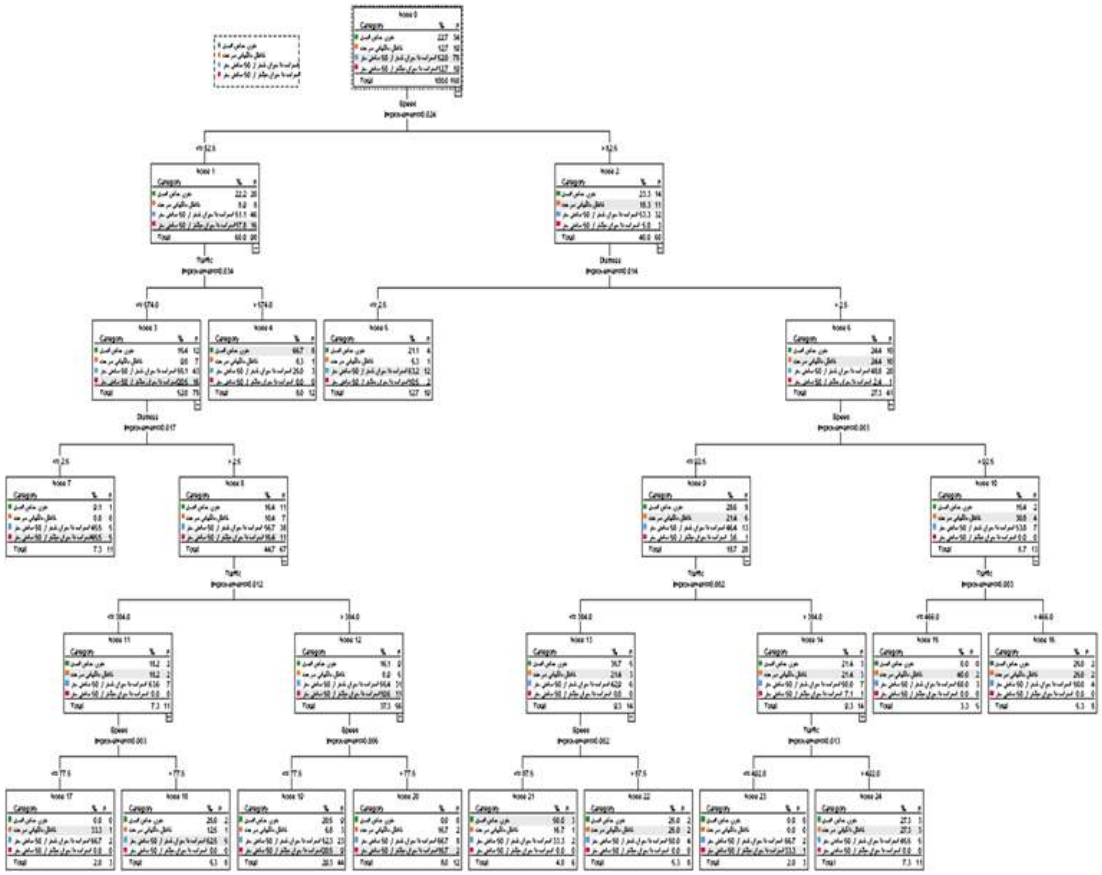
٤-۲- ترسیم مدل نهایی درخت تصمیم

در این قسمت براساس متغیرهای مسـتقل سـرعت وسـیله نقلیه حین رویت خرابی، شدت خرابی روسـازی آسـفالتی و حجم ترافیک عبوری و همچنین متغیر وابسته (هـدف) نـوع عکس‌العمل رانندگان هنگام مواجه شدن با خرابی کـه خـود به ٤ دسته تقسیم می‌شود، مدل نهایی را برای محور راه‌هـای استان یزد ترسیم می‌کنیم. مدل نهایی ترسیم شده در شکل ۸

نشان داده شده است. درخت ترسیم شده در شکل ۸ داری ۲٤ گره می‌باشد. گره صفر گره آغاز و شروع تحلیل است. گره ۱ و ۲ بیانگر این هستند که در سرعت‌های کمتر از ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت، با احتمال ۵۱ درصد واکنش رانندگان از نوع سوم و ۱۷/۸ درصد از نوع چهارم و در سرعت‌های بیشتر از ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت، واکنش رانندگان با احتمال ۵۳/۳ درصد از نوع سوم و ۵ درصد از نوع چهارم هستند. در نتیجه در تحلیل این دو گره واکنش‌های گره اول شدیدتر می‌باشند. گره ۳ و ٤ نشان دهنده‌ی این مطلب هستند که در سرعت‌های کمتر از ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت و با حجم ترافیک عبوری کمتر از ۵۷٤ وسیله نقلیه در ساعت، ۵۵٪ واکنش‌ها از نوع سوم هستند. همچنین در حجم ترافیک عبوری بیشتر از ۵۷٤ وسیله نقلیه در ساعت ٦٦/۷ درصد واکنش‌ها از نوع اول هستند که شدت واکنش‌ها در گره سوم بیشر از چهارم است و گره چهارم حذف می‌شود.

از تحلیل گره ۵ و ٦ این موضوع استنباط می‌شود که در سرعت‌های بیشتر از ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت با شاخص شدت خرابی کمتر از ۲/۵، ٦۳/۲ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و در شاخص خرابی بیشتر از ۲/۵، ٤۸/۸ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ۲٤/٤ درصد از نوع دوم می‌باشند.

گره ۸ از دو زیر گره ۱۱ و ۱۲ تشکیل شده که در گره ۱۱ نشان می‌دهد در حجم ترافیک عبوری کمتر از ۳۸٤وسیله‌نقلیه در ساعت و با شاخص خرابی روسازی بیشتر از ۲/۵ و همچنین در سرعت کمتر از ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت، واکنش رانندگان با احتمال ٦۳/٦ درصد از نوع سوم می‌باشد. گره ۱۲ استنباط کننده این موضوع است که در حجم ترافیک عبوری مابین ۳۸٤ تا ۵۷٤ وسیله نقلیه در ساعت و با شاخص خرابی روسازی آسفالتی بیشتر از ۲/۵ و در سرعت‌های کمتر از ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت، ۵۵/٤ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ۱۹/٦ درصد واکنش‌ها از نوع چهارم هستند.



شکل۸. مدل نهایی ترسیم شده برای محور راه‌های استان یزد

گره ۹ به دو زیر گره ۱۳ و ۱٤ تجزیه شد و نشانگر این مطلب هستند که در سرعت‌های بین ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت تا کمتر از ۹۲/۵ کیلومتر بر ساعت و در شاخص خرابی روسازی بیشتر از ۲/۵ و همچنین در حجم ترافیک عبوری کمتر از ۳۸٤ وسیله نقلیه در ساعت، ٤۲/۹ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ۳۵/۷ درصد واکنش‌ها از نوع اول می‌باشند. همچنین در حجم ترافیک عبوری بیشتر از ۳۸٤ وسیله نقلیه در ساعت، ۵۰٪ واکنش‌ها از نوع سوم و ۲۱/٤ درصد واکنش‌ها از نوع اول می‌باشند.

گره‌های ۱۵ و ۱٦ نیز نشان می‌دهند که در سرعت‌های بالاتر از ۹۲/۵ کیلومتر بر ساعت با شاخص خرابی بیشتر از ۲/۵ و حجم ترافیک عبوری کمتر از ٤٦٦ وسیله نقلیه در ساعت، ٦۰ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ٤۰ درصد از نوع دوم می‌باشند. همچنین اگر حجم عبوری بیشتر از ٤٦٦ وسیله نقلیه در ساعت باشد، ۵۰ درصد واکنش‌ها از نوع سوم، ۲۵ درصد از نوع دوم و ۲۵ درصد از نوع اول می‌باشند. این دو گره نیز مورد قبول واقع نشدند.

گره ۱۱ به دو زیر گره ۱۷ و ۱۸ تقسیم شده است. گره ۱۷ نشان می‌دهد که در سرعت‌های کمتر از ۷۷/۵ کیلومتر بر ساعت و در شاخص خرابی روسازی بیشتر از ۲/۵ و با حجم ترافیک عبوری کمتر از ۳۸٤ وسیله نقلیه در ساعت، واکنش رانندگان با احتمال ٦٦/۷ درصد از نوع سوم و ۳۳/۳ درصد از نوع دوم می‌باشد. گره ۱۸ نیز نشان دهنده این است که در سرعت‌های ۷۷/۵ الی ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت و با حجم ترافیک عبوری کمتر از ۳۸٤ و شاخص خرابی روسازی بیشتر از ۲/۵، ٦۲/۵ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ۲۵ درصد از نوع اول هستند. گره‌های ۱۹ و ۲۰ دو زیرگره از گره ۱۲ هستند. گره ۱۹ این موضوع را استنباط می‌کند که در سرعت‌های کمتر از ۷۷/۵ کیلومتر بر ساعت و در شاخص خرابی روسازی بیشتر از ۲/۵ و حجم ترافیک عبوری ۳۸٤ الی ۵۷٤ وسیله نقلیه در ساعت، ۵۲/۳ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ۲۰/۵ درصد واکنش‌ها از نوع چهارم هستند. گره ۲۰ بیانگر این است که با شاخص خرابی بیشتر از ۲/۵ و حجم ترافیک عبوری در بازه ۳۸٤ تا ۵۷٤ وسیله نقلیه در ساعت و با میزان سرعت ۷۷/۵ الی ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت، ٦٦/۷ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ۱٦/۷ درصد از نوع چهارم هستند. گره‌های ۲۱ و ۲۲ نشان می‌دهند که در شاخص خرابی با میزان بیشتر از ۲/۵ و حجم ترافیک عبوری کمتر از ۳۸٤ وسیله نقلیه در ساعت، اگر سرعت وسایل نقلیه در محدوده ۸۲/۵ تا ۸۷/۵ کیلومتر بر ساعت باشد، ۵۰ درصد واکنش‌ها از نوع اول و ۳۳/۳ درصد واکنش‌ها از نوع سوم هستند. اما اگر سرعت در محدوده ۸۷/۵ الی ۹۲/۵ کیلومتر بر ساعت باشد، ۵۰ درصد واکنش‌ها از نوع سوم، ۲۵ درصد از نوع دوم و ۲۵ درصد از نوع اول می‌باشند. گره‌های ۲۳ و ۲٤ که زیر گره‌های گره ۱٤ محسوب می‌شوند بیانگر این موضوع هستند که اگر حجم ترافیک عبوری در بازه ۲۸٤ الی ٤۹۲ وسیله نقلیه در ساعت باشد و شاخص شدت خرابی بیشتر از ۲/۵ و سرعت وسایل نقلیه در بازه ۸۲/۵ تا ۹۲/۵ کیلومتر بر ساعت باشد، ٦٦/۷ درصد واکنش‌ها از نوع سوم و ۳۳/۳۵ درصد واکنش‌ها از نوع چهارم هستند. همچنین با شاخص خرابی روسازی بیشتر از ۲/۵ و سرعت در بازه ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت الی ۹۲/۵ کیلومتر بر ساعت اگر حجم ترافیک عبوری بیشتر از ٤۹۲ وسیله نقلیه در ساعت باشد، ٤۵/۵ درصد واکنش‌ها از نوع سوم، ۲۷/۳ درصد از نوع دوم و ۲۷/۳درصد از نوع اول هستند.

٤-۳- شبکه عصبی مصنوعی

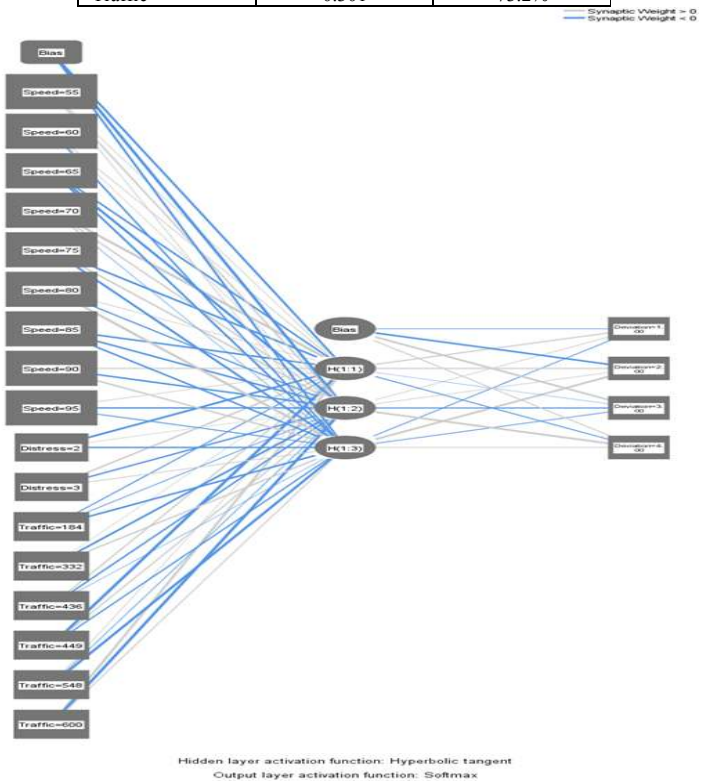
در این بخش، با استفاده از متغیرهای مستقل، سرعت رانندگان حین رویت خرابی روسازی، شدت خرابی روسازی و حجم ترافیک عبوری وسایل نقلیه و متغیر وابسته یا هدف نوع عکس‌العمل راننده حین رویارویی با خرابی به ترسیم شبکه عصبی مصنوعی پرداخته شده است. در شکل ۹ شبکه عصبی مصنوعی بر اساس متغیرهای مستقل و متغیر هدف برای محور راه‌های استان یزد ترسیم شده است. با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که ۷۰/۱٪ داده‌ها تحت عنوان داده‌های آموزش و ۲۹/۹ درصد داده‌ها تحت عنوان داده‌های آزمایش به نرم‌افزار معرفی شدند. همچنین در جدول ۳ و شکل ۱۰ مقدار اهمیت متغیرهای مستقل نشان داده شده است.

جدول۲. درصد داده‌های آموزش و آزمایش

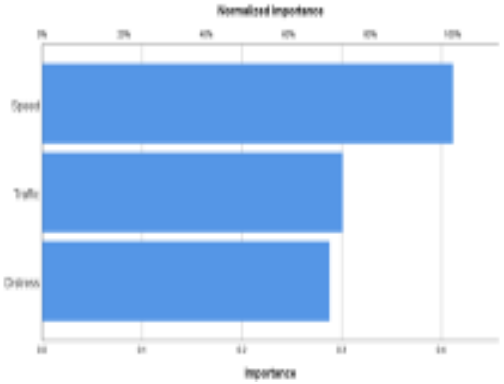
		N	Percent
Sample	Training	103	70.1%
	Testing	44	29.9%
Valid		147	100.0%
Excluded		7	
Total		154	

جدول۳. مقادیر اهمیت متغیرهای مستقل مورد استفاده

	Importance	Normalized Importance
Speed	0.411	100.0%
Distress	0.288	69.9%
Traffic	0.301	73.2%



شکل۹. شبکه عصبی مصنوعی برای داده‌های محور راه‌های استان یزد



شکل۱۰. نمودار اهمیت متغیرهای مستقل

۵- نتیجه‌گیری

با استنباط از نمودار اهمیت متغیرها برای استان یزد با استفاده از درخت تصمیم مشخص که متغیر ترافیک موثرترین پارامتر بر میزان عکس‌العمل رانندگان و متغیر هدف بوده است. پس از ترافیک، میزان سرعت وسایل نقلیه حین مواجه شدن با خرابی دومین عامل موثر و سپس شدت خرابی روسازی عامل تاثیرگذار بعدی بوده است. با استفاده از مدل ترسیم شده‌ی درخت تصمیم شهر یزد این نتیجه حاصل شد.

- اگر سرعت وسیله نقلیه مد نظر کمتر از ۷۷/۵ کیلومتر بر ساعت و حجم ترافیک عبوری نیز در محدوده‌ی ۳۸٤ تا ۵۷٤ وسیله نقلیه بر ساعت باشد و همچنین شاخص شدت خرابی معین شده (از میزان ۱ تا ۵) بیشتر از ۲/۵ بوده یعنی روسازی آسفالتی به سمت خرابی بیشتر برود، ۵۲/۳ درصد واکنش‌های وسایل نقلیه از نوع سوم و با میزان انحراف کمتر از ۵۰ سانتی متر و ۲۰/۵ درصد واکنش‌های مربوطه از نوع چهارم که با میزان انحراف بیشتر از ۵۰ سانتیمتر هستند، می‌باشد. در واقع در این محدوده از سرعت، حجم ترافیک عبوری و شدت خرابی روسازی بیشترین و شدیدترین واکنش‌ها رخ می‌دهند.
- در نمودار توصیفی میزان انحراف، مشاهده شد که ۵۲ درصد داده‌ها با میزان انحراف کمتر از ۵۰ سانتیمتر (واکنش نوع

سوم) هستند. میانگین کل برابر با ۲/۵۵ و انحراف از معیار ۰/۹۸ است.

- در مدل شبکه عصبی مصنوعی برای استان یزد، اولین و موثرترین پارامتر تاثیرگذار بر عکس‌العمل رانندگان در حین مواجه شدن با خرابی سرعت می‌باشد. پس از آن ترافیک عبوری و میزان خرابی روسازی متغیرهای تاثیرگذار به ترتیب متغیرهای تاثیرگذار بر نوع واکنش رانندگان حین رویت خرابی روسازی می‌باشند.

٦- سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات معاونت محترم اداره کل راهداری و حمل ونقل جاده‌ای استان یزد، جناب مهندس رستگاری، که برای تهیه اطلاعات و داده‌های آماری نهایت مساعدت داشتند، سپاسگزاری می‌شود. این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد، باعنوان "بررسی اثر خرابی‌های روسازی بر الگوی رفتاری رانندگان بین شهری با کمک مدل‌های آماری درخت تصمیم" انجام شده در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه یزد است.

۷- پی‌نوشت‌ها

1-Classification and Regression Trees

۸- مراجع

-Chan, C.Y., Huang, B., Yan, X. and Richards, S. (2008), “Effects of Asphalt Pavement Conditions on Traffic Accidents in Tennessee Utilizing Pavement Management System, (PMS)”, Southeastern Transportation Center University of Tennessee, Knoxville.

-Chang, L.Y., (2014), "Analysis of effects of manhole covers on motorcycle driver maneuvers: A nonparametric classification tree approach", Traffic injury prevention 15, No. 2, pp. 206-212.

-Familian, S., (2011), “Analyzing of tort claims and lawsuits against South Carolina Department of Transportation through classification and regression tree analysis”, Clemson University, pp.20-75.

-Foroudian, M., Hazeghian, M., and Barkhordari, K., (2020), “Optimization of nails inclination in slopes stabilized by the soil nailing method, Road”, 28(105), pp.17-28.

-Hashim, Ibrahim H., Mohamed A. Younes, and Saad A. El-hamrawy, (2018), "Impact of Pavement Condition on Speed Change for Different Vehicle Classes", American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS) 43, No. 1, pp.271-290.

-Khabiri, M. M., and Alidadi, M., (2016), “The experimental study of the effect of glass and carbon fiber on physical and micro-structure behavior of asphalt. International Journal of Integrated Engineering, 8(3).

-Lee, J., BooHyun N., and Abdel-Aty, M. (2015), "Effects of pavement surface conditions on traffic crash severity." Journal of Transportation Engineering 141, No. 10 04015020.

-Li, Y., Chunxiao L., and Liang D., (2013), "Impact of pavement conditions on crash severity." Accident Analysis & Prevention 59, pp.399-406.

-Mohammed, A., Umar, S., Samson, D. and Ahmad, T. Y., (2015), "The Effect of Pavement Condition on Traffic Safety: A Case Study of Some Federal Roads in Bauchi State", IOSR J. Mech. Civ. Eng. 12, pp.139-146.

-Ruiz, M., Luis R., Fermín N., Mario A., and López-Navarrete, D., (2019), "A Mathematical Model to Evaluate the Impact of the Maintenance Strategy on the Service Life of Flexible Pavements", Mathematical Problems in Engineering.

-Tighe, S, Ningyuan L., Lynne C. F., and Haas, R., (2019), "Incorporating road safety into pavement management", Transportation Research Record 1699, No. 1 (2000), pp. 1-10.

-Vinayakamurthy, M., Mamlouk, M. and PE Underwood, S.PE. (2017), "Effect of pavement condition on accident rate", Arizona: Arizona State University.

Presentation of a Decision Tree Model of the Impact of the Type of Pavement Failure on the Behavioral Pattern of Intercity Drivers in Pavement Management Desert Areas

Seyed Mobin Hamidi. M.Sc., Grad. Engineering Faculty, Yazd University, Yazd, Iran.

Mohammad Mehdi Khabiri, Associated Professor, Engineering Faculty, Yazd University, Yazd, Iran.

Abolfazl Khishdari, Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

E-mail: hamidi.m@stu.yazd.ac.ir

Received: July 2022- Accepted: November 2022

ABSTRACT

The condition of the pavement from the point of view of the condition index of the pavement may have a major role to play in the severity and extent of road accidents and also in the conduct of drivers in relation to such accidents. In order to study the types of failures identified in dry road environmental conditions with long-distance rainy periods, a case study by Yazd City to study the pattern of behavior of drivers in the face of such failures, and the effect of speed on the severity and damage caused by the use of accidents. The decision tree data mining method examines the relationship between the type and the severity of the failure. After that, serious alligator crack was the next effective damage, but in most cases, we saw a second type reaction in this type of damage, and the amount of deviation in the path in this type of damage was less. We found that the size of the potholes and the severe damage also affect the behavior of the drivers.

Keywords: Failure Status, Desert Roads, Decision Tree Model, Pavement Maintenance