

# مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده

مرتضی اسد امرجی، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

محمود صفار زاده (مسئول مکاتبات)، استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران

امین میرزا بروجردیان، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران

طیبه فردوسی، استادیار، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، ایران

E-mail: saffar\_m@modares.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۸ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۵

## چکیده

یکی از مهم‌ترین و مقدم‌ترین مراحل عکس العمل راننده تشخیص صحیح عوامل خطر در زمان مناسب است. زمانی یک خطر در جاده بموقع تشخیص داده می‌شود که کاملاً برای راننده قابل رویت باشد. انواع مختلفی از عوامل خطر نظیر موانع ثابت، عابرین و حیوانات در جاده‌ها وجود دارند که برخی از آنها از عرض جاده عبور می‌کنند. در این شرایط تشخیص بموقع و واکنش پس از آن در پیشگیری از تصادف بسیار حایز اهمیت است. در این پژوهش فرضیه این است که افزایش سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده در تشخیص خطر راننده موثر است. به منظور بررسی فرضیه مذکور، گروه‌های مختلف راننده شامل رانندگان بدون تجربه، کم تجربه و دارای تجربه زیاد رانندگی انتخاب شدند و سناریوهای مختلفی طراحی گردید. همچنین برای جمع آوری داده‌های واکنش رانندگان و سایر متغیرهای رانندگی از شبیه ساز رانندگی استفاده شد. در نهایت مدل پیشنهادی، فازی سوگنو بود که ارتباط بین امتیاز تشخیص خطر راننده و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده را برآورد می‌نمود. نتایج نشان داد حرکت عرضی عوامل خطر موجود در جاده و همچنین افزایش سرعت حرکت آنها موجب افزایش امتیاز تشخیص خطر راننده و واکنش سریع تر او می‌شود. شیب صعودی نمودار امتیاز تشخیص خطر راننده نسبت به افزایش سرعت عوامل خطر در شرایط مختلف بین ۲ تا ۵۰ درصد است. نتایج این پژوهش در طراحی سناریوهای آموزشی و آزمون تشخیص و درک خطر راننده بخصوص رانندگان کم تجربه و همچنین آشکارسازی خطرات ثابت و دارای سرعت کمتر در جاده‌ها مفید است.

واژه‌های کلیدی: تشخیص خطر، درک خطر، راننده، سرعت حرکت عوامل خطر

## ۱. مقدمه

پیش‌بینی خطرات و درک بصری آن‌ها مخاطره‌آمیز است. کریک و دوستانش درک خطر را به مفهوم قابلیت تشخیص موقعیت‌های خطرناک ترافیکی تعریف کرده‌اند. [McKenna and Crick, 1990] همچنین درک خطر زمان و موقعیتی است که راننده خطری را در محیط جاده و در حوزه عبور خویش درک می‌کند [Horswill and McKenna, 2004]. اولین مرحله در روند درک خطر تشخیص بموقع و مناسب آن است و در این صورت است که فرآیندهای بعدی یعنی درک خطر، تصمیم‌گیری و واکنش بموقع صورت می‌پذیرد. در ایران به موضوع تشخیص و درک خطرات ترافیکی توجه چندانی نشده و در آزمون‌های رانندگی به عنوان بخشی از آزمون در نظر گرفته نشده است.

ایمنی راه و مسایل مرتبط با درک خطر در سال‌های اخیر پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای داشته است اما این پیشرفت به طور یکسان همه کاربران راه را مورد توجه قرار نداده است. در موضوعات ایمنی و موارد مربوط به درک خطر راننده کاربران آسیب پذیر نیاز به توجه بیشتری دارند [Shinar, 2012].

به منظور افزایش درک خطر توسط راننده و توجه بیشتر رانندگان می‌توان از روشهای مختلف مهندسی و آموزشی استفاده نمود. طرح‌های مناسب برای عابرین پیاده نه تنها شامل احداث تسهیلات جدید بلکه شامل اصلاح تسهیلات موجود عابرین می‌گردد، زیرا در صورتی که دسترسی‌های عابرین پیاده افزایش یافته و شرایط مناسب تری برای آنان فراهم شود طبعاً تعداد بیشتری از عابرین از تسهیلات موجود و مکان‌های در نظر گرفته شده برای پیاده روی استفاده خواهند کرد. لازم است تسهیلات عابرین پیاده ایمن جذاب و مناسب باشد تا به سهولت مورد استفاده قرارگیرد. در صورتی که طراحی تسهیلات عابر پیاده اصولی و صحیح باشد، دوام آن بیشتر و حفظ و نگهداری آن نیز آسان‌تر خواهد بود. بدیهی است در صورتی که طراحی و ارائه تسهیلات عابر پیاده ضعیف باشد، عابرین پیاده هنگام استفاده از آن احساس ناامنی و عدم آسایش می‌نمایند و

تصادفات رانندگی و تلفات ناشی از آن در حال حاضر به صورت یک معضل در سطح جهان مطرح است. این مساله بخصوص در کشورهای در حال توسعه و از جمله کشور ما اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا در حدود ۹۰ درصد تلفات رانندگی در این کشورها بوقوع می‌پیوندد. یکی از دلایل اصلی مرگ و میر در کشور، تصادفات است به همین دلیل بررسی تصادفات و مشکلات ایمنی راه‌ها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است [Asadamraji and Nahavandi, 2017].

بر اساس آمار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، حوادث رانندگی دومین عامل فوت و اولین عامل عمر از دست رفته در ایران است (در آمار جهانی رده نهم به این عامل تعلق دارد) و ۶۰٪ از حوادث منجر به جرح و فوت به حوادث رانندگی تعلق دارد، درحالی‌که در آمار جهانی این رقم کمتر است [Amini, 2015].

تصادفات رانندگی بر اثر سه عامل اصلی محیط، خودرو و انسان رخ می‌دهد و یا اینکه عامل آن به طور دقیق شناخته شده نیست. در اکثر پژوهشها در کشورهای مختلف بیشترین سهم مربوط به عامل انسانی است [Singh, 2015]. بسیاری از قربانیان و آسیب دیدگان حوادث دارای میانگین سنی کمتر از ۴۰ سال جامعه هستند که این موضوع اثرات جبران ناپذیری برای اقتصاد کشور خواهد داشت. رانندگان جوان و کم تجربه بدلیل عدم تجربه شرایط مختلف خطر و همچنین عدم تشخیص بموقع عوامل خطر با توجه به ویژگی‌های آن‌ها در زمان مناسب واکنش نشان نمی‌دهند و در نتیجه احتمال وقوع تصادف افزایش می‌یابد. رفتار شناسایی و درک خطر در صورتی قابل قبول است که به اندازه کافی زود اتفاق بیفتد تا بتواند در کاهش سوانح احتمالی موثر واقع شود.

"تشخیص خطر" به عنوان یک مهارت بالا در رانندگی شناخته می‌شود [Egea et al. 2016]. به طور کلی درک خطر دربرگیرنده مواردی است که در آن اطلاع از انواع خطرات،

## مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده

عبور یک عابر پیاده از عرض مسیر و بخصوص در جاهایی که گذرگاه عابر پیاده وجود ندارد اتفاق می‌افتد [Al-Ghamdi, 2002].

پارامترهای مختلفی در درک خطر راننده از عوامل خطر عبوری از عرض جاده تأثیر دارند و در مطالعات گذشته بیشتر به عوامل انسانی نظیر تجربه، سن، جنسیت و پارامترهای روانشناسی توجه شده است و کمتر عوامل و بخش‌های تشخیص خطر مد نظر قرار گرفته است. به عنوان مثال در پژوهش سال ۲۰۱۳ بروفسکی و همکاران ارزیابی مقایسه‌ای و آنالیز حساسیت درک خطر رانندگان تازه‌کار و باتجربه در موقعیت‌های خطر بررسی شده است [Borowsky and Oron, 2013] و یا در بسیاری پژوهش‌ها نشان داده شده است که سن، مهارت رانندگی و آموزش در درک خطر رانندگان تأثیر دارد [Borowsky et al. 2012] در برخی نیز که اخیراً انجام شده مدل‌های روانشناختی ارایه گردیده و وضعیت روانی رانندگان را در درک خطر موثر دانسته است [Danno and Taniguchi, 2015]. در برخی از پژوهش‌ها نیز مشخص شده است که ویژگی‌های شخصیتی نظیر تمرکز، توجه، انتظار راننده و انعطاف‌پذیری در نمره آزمون درک خطر راننده تأثیر دارند [Asadamraji et al. 2017].

در این بین مطالعاتی به تأثیر رنگ و علائم هشداردهنده در خصوص خطر توجه کرده‌اند. به عنوان مثال در یک پژوهش که در سال ۱۹۹۷ انجام شد مشخص گردید که رنگ قرمز در محدوده جاده بیشترین سطح هشدار را به رانندگان می‌دهد. [Wogalter et al. 1997]. در سال ۲۰۰۰ پژوهش‌های مشابه نشان داد که تغییر در رنگ و لوگو می‌تواند تشخیص خطر را تحت تأثیر قرار دهد. نتیجه پژوهش این بود که در بین رنگ‌ها و ترکیبات آن‌ها قرمز تنها، قرمز در ترکیب با زرد، مشکی و نارنجی بیشترین تأثیر را در تشخیص خطر دارند [Smith and Wogalter, 2000].

بررسی واکنش رانندگان با استفاده از تجهیزات مختلفی نظیر شبیه‌سازهای رانندگی و مانیتورها نیز نشان می‌دهد درک خطر

بنابراین میزان استفاده آنان از این‌گونه تسهیلات کاهش خواهد یافت. تسهیلات نا کارآمد با طراحی ضعیف باعث می‌شود عابران پیاده از آن استفاده نکنند و این امر باعث هدر رفتن سرمایه می‌شود [Shafiyi et al. 2009].

علاوه بر این موضوع، موارد آموزشی و افزایش درک و توجه عابرین پیاده نیز باید در اولویت راهکارهای ایمنی قرار گیرد تا به عنوان مثال عابر با سرعت مناسب از مسیر مخصوص به خود عبور نماید و با لباس‌های مناسب و قابل دیدی بخصوص در شب تردد نماید.

هدف این مطالعه بررسی سرعت عوامل خطر در حال عبور از جاده و تأثیر آن‌ها در تشخیص خطر توسط رانندگان است. سوال اصلی این است که در صورتی که سرعت عبور عرضی عوامل خطر از عرض جاده تغییر کند با در نظر گرفتن سایر ویژگی‌های عوامل خطر، راننده در چه زمانی موقعیت خطر را تشخیص می‌دهد. به این منظور یک مدل امتیازی فازی پیشنهاد می‌گردد که با توجه به سرعت عبور عرضی عامل خطر میزان امتیاز تشخیص راننده پیش بینی می‌شود. در این راستا برخی ویژگی‌های دیگر عامل خطر نیز تغییر داده می‌شود و این سناریوها در شب و روز به عنوان سطوح اصلی و برای رانندگان کم تجربه و دارای تجربه بررسی می‌گردد.

## ۲. بررسی مطالعات گذشته

تصادفات عابر پیاده و حیوانات به دلیل آسیب پذیر بودن عابر معمولاً با شدت بیشتری همراه است و منجر به جرح و فوت می‌گردد. شدت تصادفات در شرایطی که توجه و درک راننده از عوامل خطر نامناسب باشد و سرعت وسیله نقلیه یا عابر نیز زیاد باشد و همچنین فرصت عکس العمل کافی وجود نداشته باشد، بیشتر نیز هست. در پژوهشی که در سال ۲۰۰۲ به چاپ رسید یک تحلیل آماری در خصوص تصادفات عابر پیاده و دلایل جرح و فوت آن‌ها انجام پذیرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که اکثر تصادفات عابر پیاده منجر به فوت به دلیل

در شب) رانندگان را مجبور می‌سازد که برای اندازه گیری سرعت و فاصله از سایر وسایل نقلیه، بیشتر به چراغ‌های جلو و یا چراغ‌های عقب تکیه کنند. آزمایش‌هایی که روی رانندگان جوان انجام شده نشان داده که برخی از خطراتی که دارای انسداد بصری هستند و در پشت یک مانع موجود در محیط قرار دارند، مانند عابر پیاده ای که از پشت یک خودروی پارک شده می‌آید تشخیص داده نمی‌شود و جهت تشخیص بموقع و جلوگیری از تصادف باید تجربه و آموزش لازم کسب شده باشد. [Krauss and Heckman, 2012].

در سال ۲۰۱۵ پژوهشی درخصوص آزمون درک خطر برای عابرین پیاده پیشنهاد شد و سناریوهای عبور عابرین پیاده از خیابان را در شرایط مختلف طراحی نمود. نتیجه پژوهش مذکور این بود که سن، آموزش و جنسیت عابر پیاده تأثیر در عبور عرضی از معبر دارد [Rosenbloom et al. 2015]. با توجه به اینکه پژوهش‌های گذشته بیشتر تأکید بر ویژگی‌های راننده داشته‌اند و سرعت وسیله نقلیه را مدنظر قرار داده‌اند و کمتر ویژگی‌های فیزیکی و سرعت عوامل خطر عبوری از عرض جاده را در نظر گرفته‌اند در این پژوهش تأکید بیشتر بر روی ویژگی‌های عبور عرضی عابر پیاده و یا حیوان است. همچنین ارزیابی رانندگان در ایران در هنگام دریافت گواهینامه در راه‌های درون شهری است و به راه‌های برون شهری تأکیدی نشده است. با توجه به اینکه به طور میانگین بیش از ۷۰ درصد متوفیان در تصادفات رانندگی ایران سهم تصادفات راه‌های برون شهری است در این پژوهش به عوامل خطر راه‌های برون شهری توجه شده است.

### ۳. روش پژوهش و مراحل انجام پژوهش

روند کلی این پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که این شکل نشان می‌دهد ابتدا نمونه‌های آزمایش باید تعیین شوند و پس از آن آزمون تشخیص خطر با استفاده

رانندگان در شرایط مختلف خطر تفاوت‌هایی دارد. به عنوان مثال واکنش رانندگان در شرایطی که خطر در صفحه وسط مانیتور شبیه ساز رانندگی است یا شرایطی که تعداد مانیتور ۳ تایی استفاده می‌شد بهتر بود. همچنین افزایش عرض مانیتور و نشان دادن بخش‌های بیشتری از محیط جاده بخصوص در مرکز مانیتور موجب افزایش سرعت عکس العمل و کاهش زمان واکنش رانندگان می‌گردد [Shahar et al. 2010].

در پژوهش دیگر با استفاده از شبیه ساز رانندگی که با بررسی ۴۲ راننده در محیط شهری و در محدوده عبور عابر پیاده انجام شد زمان ترمز و تغییر سرعت راننده در مواجهه با عوامل خطر مورد بررسی قرار گرفت [Underwood, 2011]. نتایج نشان داد که راننده وضعیت دید راننده، وضعیت محیطی و شرایط عابر، سرعت نزدیک شدن راننده به سمت عابر پیاده را تحت تأثیر قرار می‌دهد و می‌تواند از مانورهای ناگهانی اجتناب کند. این موضوع همچنین موجب کاهش احتمال برخورد و تصادف با عابر می‌گردد [Bella and Silvestri, 2016].

گاهی اوقات عوامل خطر به صورت ناگهانی از عرض جاده عبور می‌نمایند. در سال‌های اخیر پژوهش‌ها نشان داده که غیرمنتظره بودن عوامل خطر و ناگهانی بودن آن‌ها موجب افزایش زمان عکس العمل و درک دیرتر خطر می‌گردد و در این شرایط احتمال وقوع تصادف با عوامل خطر عبوری از جاده بیشتر است. به عنوان مثال در پژوهش دانشگاهی سال ۲۰۱۵ نشان داده شد که در سناریوهای ابتدایی با توجه به اینکه عوامل خطر حالت غیر منتظره و ناگهانی دارد در نتیجه دیرتر تشخیص داده می‌شود و با تکرار خطرها زمان تشخیص و عکس العمل کم‌تر می‌شود [D'Addario, 2014].

عواملی نیز وجود دارد که شناسایی عابر عبوری و یا حیوانات در جاده را دچار مشکل می‌کند از آن جمله می‌توان انسداد بصری مانند تاج تپه و یا پیچ جاده، و یا شرایط دید کم مانند بارش شدید برف و مه آلود بودن جاده را نام برد. همچنین محدودیت‌های دیگری مثل شرایط روشنایی کم (مانند رانندگی

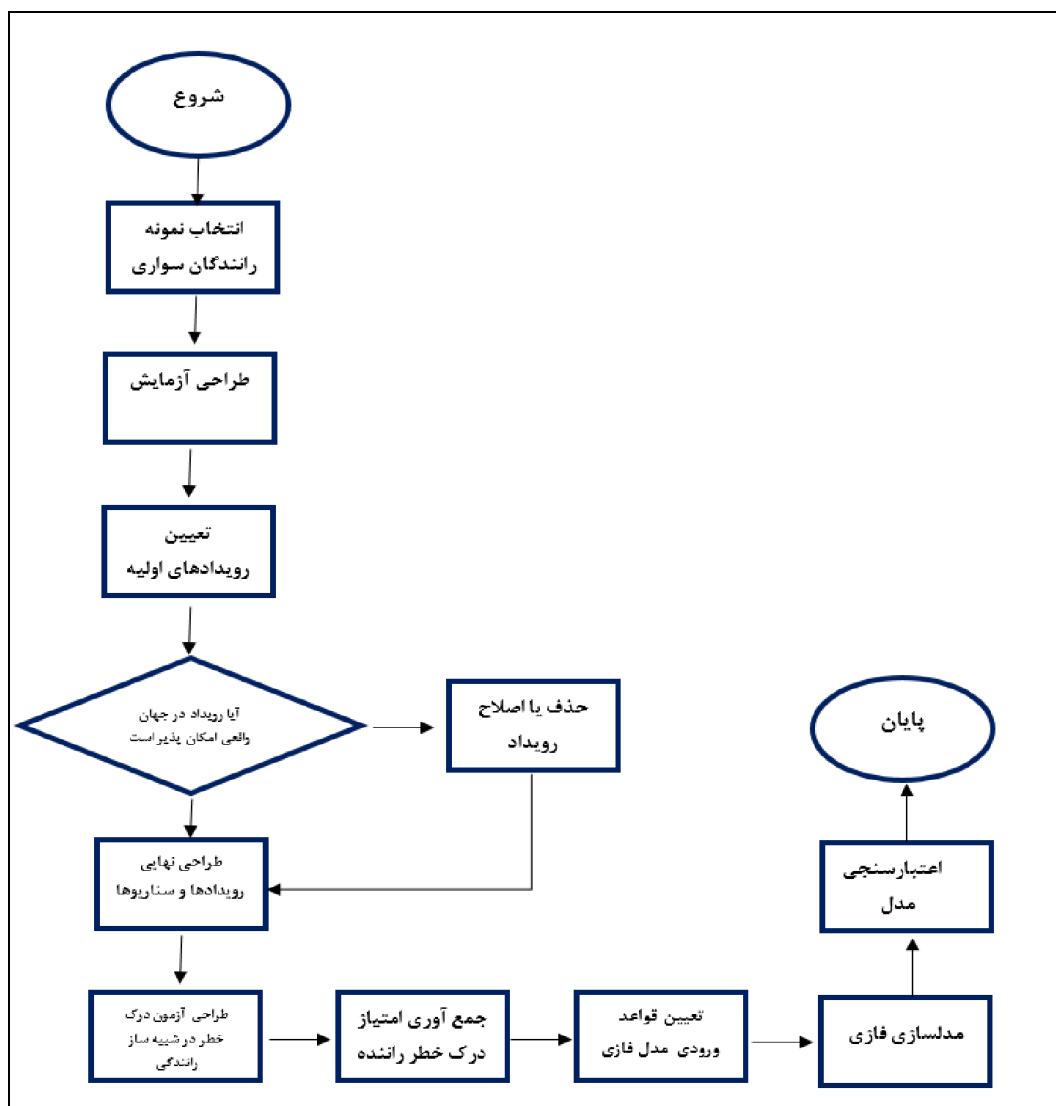
مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده

نداشتند. ۷۱ نفر از شرکت کنندگان و ۳۹ نفر زن بودند. مدت زمان دریافت گواهینامه افراد با تجربه بین ۱ تا ۱۵ سال بود و کلیه افرادی که در شبیه ساز رانندگی جهت آزمون تشخیص خطر قرار گرفتند از لحاظ بینایی و شنوایی آزمایش شدند و همه دارای دید و شنوایی نرمال بودند. این شرکت کنندگان دارای سابقه تصادف منجر به جرح و منجر به فوت نبودند و همه ساکن شهر تهران بودند. در مجموع حدود ۱۱۷۸ رخداد با توجه به عوامل خطر مختلف ثبت گردید.

از شبیه ساز رانندگی باید برگزار شود و با استفاده از نتایج آن مدل تشخیص خطر راننده ساخته شود.

۱-۳ شرکت کنندگان

تعداد شرکت کنندگان در این پژوهش ۱۱۲ نفر بود که ۶۰ درصد از آنها دارای تجربه رانندگی بودند (۶۷ نفر) و تعدادی کم تجربه (۴۵ نفر) محسوب می شدند و کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر رانندگی کرده بودند و سابقه رانندگی در راه های برون شهری را



شکل ۱. گام به گام انجام پژوهش

### ۳-۲ ابزار آزمون تشخیص خطر

در راستای شبیه سازی شرایط نزدیک به واقعی به نسبت آزمون های درک خطر کامپیوتری از یک دستگاه شبیه ساز رانندگی استفاده گردید. دستگاه شبیه ساز مورد استفاده در این پژوهش دستگاهی به نام شبیه ساز رانندگی نصیر است. دستگاه مذکور توسط گروه واقعیت مجازی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی طراحی و ساخته شده است. دستگاه مذکور شامل دو بخش عمده ی ساختار فیزیکی و نرم افزار شبیه ساز محیط مجازی است. بخش فیزیکی دستگاه به صورت یک نیم بدنه خودروی پراید بود و محیط مجازی بر روی سه نمایشگر ۲۵ اینچ LG با زوایای ۱۳۵ درجه نسبت به یکدیگر نمایش داده می شود و سایر بخش های خودرو نظیر فرمان نیرویی جهت Feedback، پدال های گاز، ترمز و کلاچ نیز همانند خودروی واقعی است.

بخش نرم افزاری شامل مدل دینامیکی خودروی واقعی (۱۴) درجه آزادی، و همراه با رفتارهای خودرو و محاسبه بی درنگ (real time) معادلات دینامیک بود و اطلاعات پائل عقب ربه ها روی نمایشگر محل گنج نمایش داده می شد. ضمن اینکه صدای شرایط مختلف نظیر تعویض دنده، صدای موتور، صدای برخورد و... در محیط کاملاً برای راننده قابل درک بود.

### ۳-۳ محیط مسیر شبیه سازی شده

مسیر مورد استفاده برای آزمایش یک مسیر برون شهری دو خطه جدا شده مستقیم به طولی بین ۲۳/۵ تا ۳۱/۵ کیلومتر (با توجه به سناریوهای طراحی شده) در محیطی کاملاً هموار شبیه سازی شده بود که در منظر حاشیه جاده یک محیط خاکی با پوشش گیاهی، درخت و تعدادی تپه و علائم ترافیکی در طول مسیر بود. در بخش های اطراف مسیر بنا بر نوع شرایط منظر جاده ای متناسب اختصاص داده شده بود. با توجه به نوع عوامل خطر و اشیایی که در محیط شبیه سازی وجود داشت ویژگی هایی فیزیکی به آن ها اختصاص داده شده بود که به محیط واقعی نزدیک تر باشند. به عنوان مثال در صورت برخورد با یک

مانع، صلبیت شیء کاملاً توسط راننده احساس می شد و امکان عبور از مانع وجود نداشت. پس از این مرحله، این اشیا از محیط نرم افزار 3D Max استخراج گردیده و مجموعه حاصل به کمک نرم افزار پشتیبان مخصوص جهت استفاده در نرم افزار شبیه ساز آماده گردید. شکل ۲ نمایی از دستگاه و محیط شبیه ساز رانندگی و یک آزمون دهنده در حال رانندگی را نشان می دهد.

### ۳-۴ انواع عوامل خطر در سناریوها

خطراتی که مورد آزمایش قرار گرفته اند، در خصوصیات نظیر اندازه، رنگ، ثابت و متحرک بودن با یکدیگر متفاوت هستند. انواع این خطرات به طور کلی شامل اشیای ثابت (سنگ)، عابر بزرگسال، عابر کودک، حیواناتی شامل شتر، گاو و گربه است.

### ۳-۵ طراحی سناریوها

در راستای طراحی اولیه آزمایش همه ویژگی های عوامل خطر بجز اندازه دوسطحی در نظر گرفته شد که شرایط آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

نکته قابل ذکر اینکه تحرک عوامل خطر دارای سرعت های مختلف در نظر گرفته شد. در طراحی رویدادها ۴۸ حالت وجود داشت که با توجه به شرایط امکان پذیر در دو حالت شبانه روز ۴ سناریوی کلی که هر یک شامل ۷ یا ۸ رویداد بود. دو سناریو در شب و دو سناریو در روز طراحی شده بود. علت حذف برخی از گزینه ها وابستگی بین مشخصات عوامل خطر نظیر کتراست، رنگ و شرایط شبانه روز بود که برخی از شرایط در دنیای واقعی وجود نداشت. ۱۵ رویداد از ۳۰ رویداد نهایی که در دو سناریوی روز و شب مورد استفاده قرار گرفت در جدول ۲ نشان داده شده است. هر راننده ای یک سناریو از روز و یک سناریو از شب را تجربه نمود. تقسیم آزمون دهندگان به صورتی بود که رانندگان با تجربه و کم تجربه به صورت مساوی در سناریوهای مختلف باشند.

مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده



شکل ۲. نمایی از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی و یک آزمون دهنده در حال رانندگی

جدول ۱. سطوح ویژگی‌های عوامل خطر و محیط در جاده

مشخصه عامل خطر	سطح ۱	سطح ۲
تحرک در عرض	ندارد	دارد
مساحت خطر	کوچک	سطح ۲ متوسط سطح ۳ بزرگ
رنگ خطر	بسیار تیره (مشکی)	بسیار روشن (سفید)
کنتراست خطر	کم	زیاد
شبانه روز	روز	شب

جدول ۲. رویدادها در سناریوی روز و شب

توضیحات	شماره رویداد	شماره سناریو
عبور عابر بزرگسال، با لباس به رنگ قرمز در روز	۱	۱
عبور شتر با رنگ روشن در روز	۲	۱
سنگ تیره با ابعاد ۰,۵ در روز در وسط خط عبور	۳	۱
سنگ تیره با ابعاد ۰,۵×۱ در روز در وسط خط عبور	۴	۱
عبور کودک در روز با لباس به رنگ سفید	۵	۱
سنگ سفید در روز وجود تابلوی ریزش سنگ وسط مسیر تک خطه	۶	۱
عبور گاو سیاه در روز	۷	۱
عبور گربه با رنگ روشن در روز	۸	۱
سنگ تیره با ابعاد ۰,۵×۱ در وسط مسیر تک خطه در شب	۹	۲
عبور شتر با رنگ روشن در شب	۱۰	۲
سنگ تیره با ابعاد ۰,۵×۲ در وسط مسیر تک خطه در شب	۱۱	۲
عبور عابر بزرگسال با رنگ لباس سفید در شب	۱۲	۲

شماره سناریو	شماره رویداد	توضیحات
۲	۱۳	عبور گربه با رنگ تیره در شب
۲	۱۴	عبور بزرگسال با لباس مشکی در شب
۲	۱۵	عبور گاو تیره در شب

### ۳-۶ متغیر وابسته در آزمایش

در این آزمون به منظور اینکه مشخص شود هر یک از آزمون دهندگان متوجه خطرات جاده شده اند قبل از آن به آن‌ها گفته شد زمانی که متوجه هر موقعیت خطرناکی شدید بوق بزنید. این زمان در آزمون ثبت گردید. یکی دیگر از زمانهایی که ثبت گردید زمان وقوع خطر در محیط جاده است. هرچه فاصله زمانی یا مکانی بین این دو زمان کمتر باشد در نتیجه راننده زودتر متوجه عامل خطر شده است. یکی دیگر از زمانهایی که ثبت گردید زمان رسیدن خودروی راننده بموقعیت خطر بود که این زمان نیز ثبت گردید. هرچه فاصله زمانی بین وقوع خطر و تشخیص خطر راننده نسبت کوچکتری از فاصله وقوع خطر تا رسیدن خودرو به خطر (هم مختصات شدن خودرو و عامل خطر) باشد یعنی احتمال وقوع تصادف کمتر است و تشخیص خطر راننده در موقعیت زمانی بهتری صورت پذیرفته است. به عبارت ساده تر هرچه زمان تشخیص خطر راننده تا زمان هم-مختصات شدن خطر و خودرو بیشتر باشد بهتر است. شاخصی که از این نسبت حاصل می‌گردد به عنوان شاخص اصلی امتیاز تشخیص خطر منظور شده است. شاخص مورد استفاده در رابطه ۲ نشان داده شده است.

$$DI = \frac{\Delta t_{vh}}{\Delta t_{va}} \quad (2)$$

$\Delta t_{vh}$  = فاصله زمانی ورود عامل خطر به محدوده جاده تا بوق زدن و یا واکنش دیگر راننده  
 $\Delta t_{va}$  = فاصله زمانی وقوع خطر (ورود عامل خطر به محدوده جاده) تا زمان رسیدن خودرو بموقعیت عامل خطر

### DI = شاخص تشخیص خطر

با توجه به اینکه شاخص DI بین ۰ تا ۱ است و هرچه کمتر باشد متناظر با امتیاز بیشتری بوده در نتیجه امتیاز متناظر بین این دو عدد به عنوان امتیاز تشخیص خطر و متغیر وابسته انتخاب شده و عددی بین ۰ تا ۱۰۰ است. امتیاز ۰ متناظر با شاخص ۱ و امتیاز ۱۰۰ متناظر با شاخص ۰ است. معادله خط بین این دو شاخص و امتیاز متناظر با آن نشان‌دهنده سایر امتیازها است. در نتیجه رانندگانی که زودتر عوامل خطر را تشخیص دهند امتیاز بالاتری کسب می‌کنند.

### ۳-۷ مدل سازی

بدلیل عدم قطعیت برخی از متغیرهای کنترلی از منطق فازی برای مدل سازی استفاده شد. مدل فازی برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط دکتر لطفی زاده ابداع شد [Dumitras and Moschytz, 2007]. سیستم‌های فازی از یک سو نگاهت‌هایی بصورت چند ورودی و یک خروجی از یک بردار با مقادیر حقیقی به یک اسکالر با مقدار حقیقی است (نگاشت چند خروجی را می‌توان با ترکیب چند نگاهت یک خروجی بوجود آورد) که روابط دقیق ریاضی این نگاهت‌ها را می‌توان بدست آورد و از سویی دیگر سیستم‌های فازی، سیستم‌های مبتنی بر دانش بوده که از روی دانش بشری به شکل قواعد "اگر-آنگاه" (if-then) ساخته می‌شوند.

یکی از مفاهیم مهم در سیستم‌های فازی تابع عضویت است. تابع عضویت یک مجموعه فازی، تعمیم یافته تابع مشخصه در مجموعه‌های کلاسیک است. در منطق فازی این



## مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده

در راستای ایجاد قواعد فازی با توجه به مجموعه داده‌های ورودی- خروجی است. یک قاعده در مدل فازی سوگنو دارای شکل کلی زیر است:

If  $x$  is  $A$  and  $y$  is  $B$  then  $z = (x.y)$

که  $A$  و  $B$  مجموعه‌های فازی و  $z = f(x,y)$  یک تابع در قسمت نتیجه قاعده است. معمولاً  $f(x,y)$  یک چند جمله‌ای با متغیرهای  $x,y$  است البته هر تابعی که قابلیت توصیف خروجی مدل از طریق ناحیه فازی مربوط به قسمت فرض قواعد را داشته باشد را می‌توان به عنوان این تابع انتخاب نمود. اگر  $f(x,y)$  یک چند جمله‌ای درجه یک باشد، از سیستم استنتاج فازی حاصل تحت عنوان مدل فازی سوگنو درجه اول یاد می‌شود. همچنین اگر  $f(x,y)$  برابر یک ثابت باشد، از سیستم تحت عنوان مدل فازی سوگنو درجه صفر یاد می‌شود [kia, 2014].

در این مقاله از سیستم فازی سوگنو برای پیش‌بینی امتیاز تشخیص خطر رانندگان استفاده می‌شود. در گام ابتدایی باید ورودی‌های سیستم فازی مشخص شوند. ورودی‌ها شامل متغیر سرعت و رنگ و اندازه عامل خطر، تجربه راننده و شب و روز بودن محیط هستند و امتیاز تشخیص خطر راننده که بین ۰ تا ۱۰۰ است به عنوان متغیر خروجی است. بر اساس نتایج آزمون‌های تشخیص و درک خطر و بر اساس شرایط متفاوت خطر و محیط و برگزاری تست برای رانندگان مختلف نمرات درک خطر رانندگان تعیین شد و بر همین اساس جدول قواعد سیستم فازی تشکیل گردید. در مجموع ۳۰ قاعده به عنوان ورودی سیستم فازی تعیین شد که ۱۰ نمونه از آن‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

تابع نشان دهنده درجه حقیقت به عنوان بسطی از ارزیابی است.

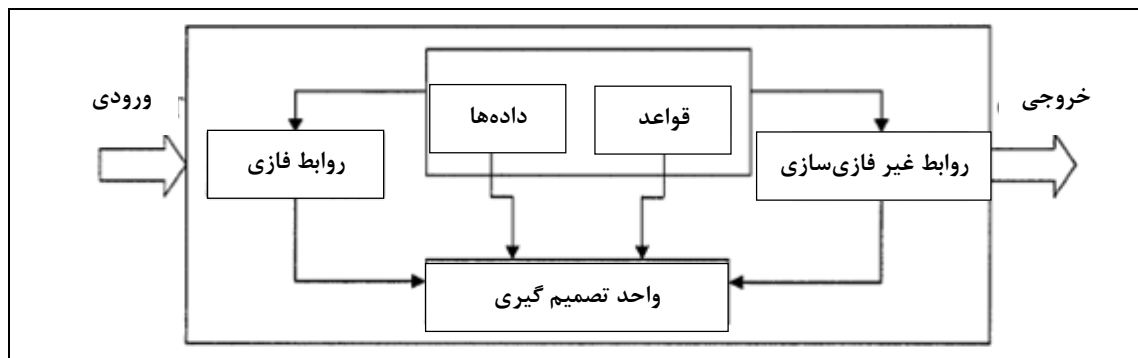
روابط فازی، مجموعه‌های فازی در  $X \times Y$  هستند که هر عضو در  $X \times Y$  را به یک درجه عضویت بین ۰ و ۱، نگاشت می‌کند. مشخصاً می‌توان گفت، روابط یگانه فازی، مجموعه‌های فازی با توابع عضویت یک بعدی هستند؛ روابط دودویی فازی، مجموعه‌های فازی با توابع عضویت دو بعدی هستند و این روند به همین شکل ادامه دارد. کاربرد روابط فازی در زمینه‌هایی نظیر کنترل فازی و تصمیم‌گیری فازی است.

یک نوع از توابع عضویت گاوسی است که در این پژوهش نیز از آن استفاده شده است. توابع عضویت گاوسی با دو پارامتر  $\{c, \sigma\}$  به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شوند:

$$gaussian(x; c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

که  $c$  معین مرکز تابع عضویت و  $\sigma$  عرض آن را نشان می‌دهد.

ساختار اصلی یک سیستم فازی در شکل ۳ نشان داده شده است. پایگاه قواعد فازی مجموعه‌ای از قواعد اگر-آنگاه (if-then) فازی را نشان می‌دهد. موتور استنتاج فازی این قواعد را به یک نگاشت از مجموعه‌های فازی در فضای ورودی به مجموعه‌های فازی در فضای خروجی بر اساس اصول منطق فازی ترکیب می‌کند. مشکل اصلی در رابطه با سیستم‌های فازی خالص این است که ورودی‌ها و خروجی‌های آن مجموعه‌های فازی هستند. برای حل این مشکل سوگنو نوع دیگری سیستم-های فازی معرفی کرده‌اند که ورودی‌های آن توسط فازی سازها، فازی می‌شود و خروجی‌های آن متغیرهایی با مقادیر واقعی هستند. مدل‌های سوگنو که توسط تاکاگی سوگنو و کانگ<sup>۱</sup> پیشنهاد شد، تلاشی برای توسعه یک سیستم روش‌مند



شکل ۳. ساختار اصلی یک سیستم فازی

جدول ۳. مثال‌هایی از قواعد ورودی سیستم فازی

شماره قاعده	اندازه (مساحت)	رنگ	شب/روز	تجربه	سکون/تحرک	امتیاز تشخیص خطر
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۵۸
۲	۱	۱	۲	۱	۱	۱۲
۳	۱	۲	۱	۲	۲	۳۶
۴	۲	۱	۱	۱	۱	۷۱
۵	۲	۱	۲	۱	۱	۶۱
۶	۳	۱	۱	۲	۱	۷۸
۷	۳	۲	۱	۱	۲	۹۲
۸	۱	۱	۲	۱	۲	۱۵
۹	۱	۲	۱	۲	۱	۳۲
۱۰	۲	۲	۲	۲	۱	۲۳

#### ۴. یافته‌ها

به منظور پیاده سازی مدل فازی سوگنو از کدنویسی در نرم افزار متلب<sup>۲</sup> استفاده شد و توابع ورودی به صورت گاوسی در نظر گرفته شد. این توابع با دو پارامتر مرکز تابع عضویت و عرض نشان داده می شود. در شکل ۴ برای پارامتر ورودی مدل یعنی سرعت عامل خطر نمودار عملکرد عضویت و اندازه آن نشان داده شده است. همانطور که شکل ۴ نشان می دهد برای سرعت عامل خطر دو حالت مرزی ساکن و متحرک با سرعت در نظر گرفته شده است.

#### ۴-۱ تأثیر متغیر سرعت عامل خطر بر امتیاز تشخیص

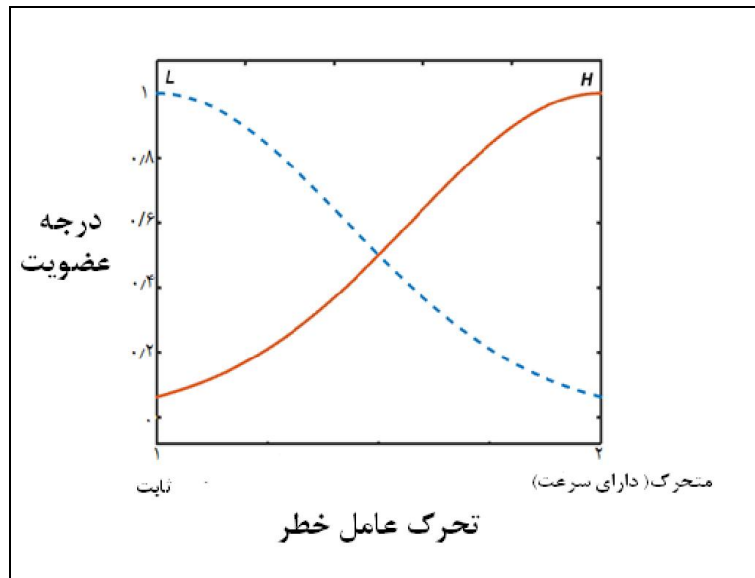
##### خطر

برای بررسی تأثیر تغییر سرعت عامل خطر، امتیاز تشخیص خطر توسط راننده که خروجی های مدل است مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا این متغیر به صورت تکی در نظر گرفته شد و تأثیر آن بر امتیاز تشخیص خطر تحلیل گردید. فرضیه اصلی این بود که هرچه میزان تحرک و سرعت عامل خطر در عرض بیشتر باشد تشخیص آن توسط راننده راحت و سریع تر خواهد بود. به منظور بررسی این شاخص نمودار تغییرات امتیاز تشخیص خطر بر اثر تغییر سرعت از حالت ساکن تا بیشترین

مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده

فرضی ترسیم گردید. نمودار تغییرات امتیاز تشخیص خطر در بهترین حالت در شکل ۴ نشان داده شده است. شرایط مربوط به بهترین حالت در جدول ۴ نشان داده شده است.

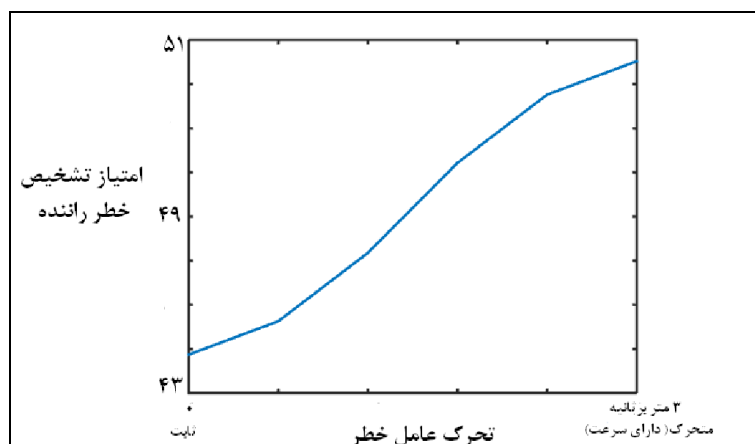
سرعت در شرایط ثابت بودن متغیرها به عنوان خروجی نرم افزار در نظر گرفته شد. این نمودار در دو حالت ثابت بودن سایر متغیرها در شرایط بهترین حالت فرضی و بدترین حالت



شکل ۴. نمودار تابع عضویت تحرک و سرعت عامل خطر در سیستم فازی

جدول ۴. شرایط متغیرهای مربوط به عامل خطر، محیط و راننده در بهترین شرایط

تجربه	هشدار	شب و روز	رنگ	سایز
با تجربه	دارای هشدار	روز	تیره	بزرگ



شکل ۵. نمودار تغییرات امتیاز تشخیص خطر در اثر تغییر سرعت تحرک عامل خطر در عرض جاده ( در شرایط ثابت بودن سایر متغیرها و بهترین شرایط فرضی)

## ۴-۲ تأثیر متغیر سرعت عامل خطر به همراه یک متغیر

## کنترلی دیگر بر امتیاز تشخیص خطر

علاوه بر حساسیت سنجی امتیاز تشخیص خطر با استفاده از متغیر سرعت عامل خطر در عرض جاده، تأثیرات تغییرات این امتیاز با استفاده از متغیر سرعت عامل خطر به همراه یک متغیر کنترلی دیگر و با بکارگیری نمودارهای رویه‌ای بررسی گردید. اولین متغیر بررسی شده تجربه بود که به همراه سرعت عامل خطر هر دو تغییر می‌کرد و در این شرایط امتیاز تشخیص خطر نیز دارای تغییراتی می‌شد. در شکل ۵ این تغییرات مشاهده می‌گردد.

همانطور که شکل ۷ نشان می‌دهد تغییرات تجربه تأثیرات بیشتری بر روی امتیاز تشخیص خطر دارد و هرچه راننده با تجربه تر باشد و همچنین عامل خطر دارای سرعت بیشتری در عرض باشد امتیاز تشخیص راننده بیشتر می‌شود در شرایطی که عامل خطر ثابت است و راننده بدون تجربه است امتیاز تشخیص خطر حدود ۴۰ بوده اما زمانی که سرعت حرکت عامل خطر در عرض ۳ متر بر ثانیه و راننده نیز با تجربه است، امتیاز تشخیص خطر حدود ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. این تغییرات به صورت غیر خطی و افزایشی بین شرایط حداقل و حداکثر فرض شده وجود دارد.

متغیر کنترلی دیگری که همراه با سرعت عامل خطر مورد بررسی قرار گرفت شب و یا روز بودن است. تغییرات امتیاز تشخیص خطر راننده همراه با تغییرات روز و شب و همچنین سرعت حرکت عامل خطر در عرض جاده در شکل ۷ نشان داده شده است.

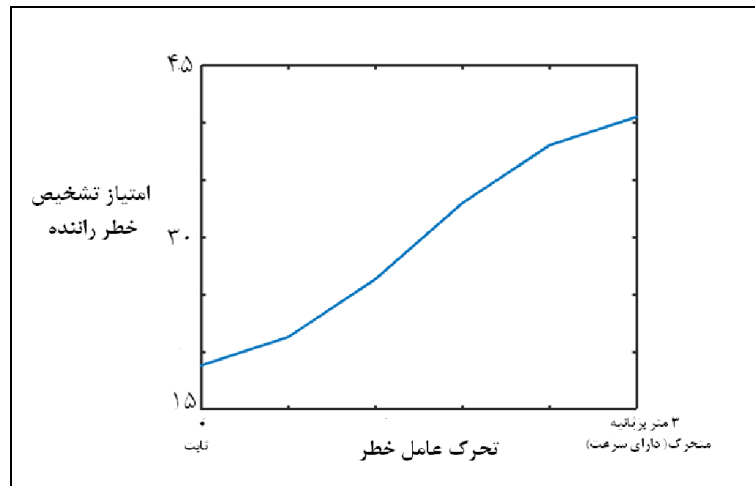
متغیر بعدی که نمودار رویه‌ای امتیاز تشخیص خطر با تغییرات آن متغیر به همراه سرعت حرکت عامل خطر مورد بررسی قرار گرفت رنگ بود که در شکل ۸ نشان داده شده است.

همانطور که شکل ۵ نشان می‌دهد حرکت عامل خطر در عرض موجب افزایش قدرت تشخیص خطر می‌گردد. یعنی تغییر شرایط ساکن بودن عامل خطر به شرایط متحرک خود موجب افزایش قدرت تشخیص راننده خواهد شد. هرچه سرعت عامل خطر بیشتر شود امتیاز تشخیص آن بیشتر خواهد شد. نکته قابل توجه تغییر میزان شیب امتیاز تشخیص خطر در افزایش سرعت های مختلف است. در ابتدا تغییر شرایط عامل خطر و افزایش سرعت آن تا ۰,۶ متر بر ثانیه موجب می‌گردد امتیاز تشخیص خطر با شیب حدود ۲ درصد تغییر کند اما پس از سرعت ۰,۶ متر بر ثانیه تا سرعت ۲,۴ متر بر ثانیه افزایش سرعت عابر امتیاز تشخیص خطر با شیب حدود ۳,۳۳ درصد تغییر کند. پس از آن و در حداصل سرعت ۲,۴ تا ۳ متر بر ثانیه شیب تغییرات امتیاز تشخیص خطر همان ۲ درصد است.

نمودار تغییرات امتیاز تشخیص خطر در بدترین حالت در شکل ۶ نشان داده شده است. شرایط بدترین حالت نیز در جدول ۵ نشان داده شده است.

همانطور که شکل ۶ نشان می‌دهد حرکت عامل خطر در عرض در نامناسبترین شرایط سایر پارامترهای کنترلی نیز موجب افزایش قدرت تشخیص خطر می‌گردد. در این حالت نیز هرچه سرعت عامل خطر بیشتر شود امتیاز تشخیص خطر راننده بیشتر خواهد شد. در شرایط نامناسب محیط و تجربه و سایر پارامترهای کنترلی با توجه به اینکه رانندگان کم تجربه هستند و همچنین آزمون تشخیص خطر در شب انجام می‌پذیرد در نتیجه میانگین نمرات تشخیص خطر به نسبت بهترین شرایط کاهش محسوسی داشته است. در ابتدا تغییر شرایط عامل خطر و افزایش سرعت آن تا ۰,۶ متر بر ثانیه موجب می‌گردد امتیاز تشخیص خطر با شیب حدود ۴ درصد تغییر کند اما پس از سرعت ۰,۶ متر بر ثانیه تا سرعت ۲,۴ متر بر ثانیه افزایش سرعت عابر امتیاز تشخیص خطر با شیب حدود ۹,۵ درصد تغییر کند. در حداصل سرعت‌های ۲,۴ متر بر ثانیه تا ۳ متر بر ثانیه امتیاز تشخیص خطر راننده با شیب ۵ درصد تغییر می‌کند.

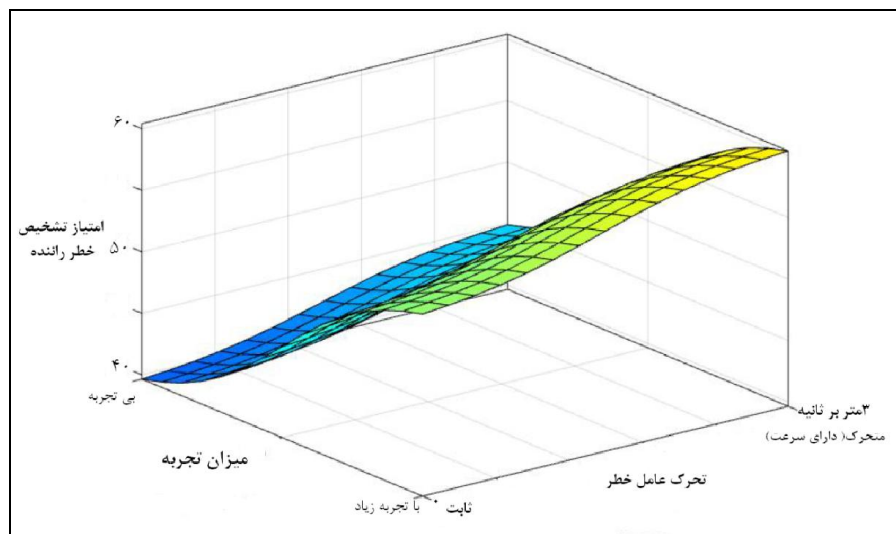
مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده



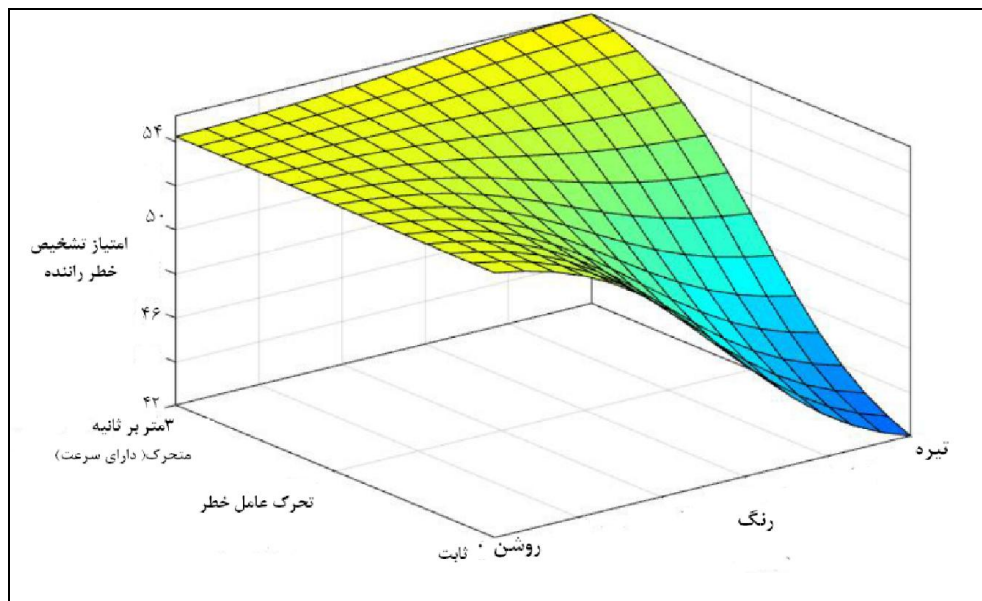
شکل ۶. نمودار تغییرات امتیاز تشخیص خطر در اثر تغییر سرعت تحرک عامل خطر در عرض جاده (در شرایط ثابت بودن سایر متغیرها و بدترین شرایط فرضی)

جدول ۵. شرایط متغیرهای مربوط به عامل خطر، محیط و راننده در بدترین شرایط

تجربه	هشدار	شب و روز	رنگ	سایز
ندارد	ندارد	شب	تیره	کوچک



شکل ۷. نمودار رویه‌ای تأثیر تغییرات سرعت حرکت عامل خطر همراه با تجربه راننده بر امتیاز تشخیص خطر



شکل ۸. نمودار رویه‌ای تأثیر تغییرات رنگ و سرعت حرکت عامل خطر بر امتیاز تشخیص خطر

قابل افزایش می‌یابد. هرچه مساحت عامل خطر افزایش می‌یابد تأثیر سرعت آن در تشخیص خطر با شیب کمتری تأثیر می‌گذارد اما در مجموع قدرت تشخیص خطرات افزایش می‌یابد. در شرایط سایز بزرگ عامل خطر با مساحت بیش از ۵ متر مربع امتیاز تشخیص خطر تا ۵۰ می‌رسد اما تفاوت امتیاز تشخیص عوامل خطر ثابت و متحرک با سرعت ۳ متر بر ثانیه تنها ۲ امتیاز است.

### ۵. اعتبار سنجی

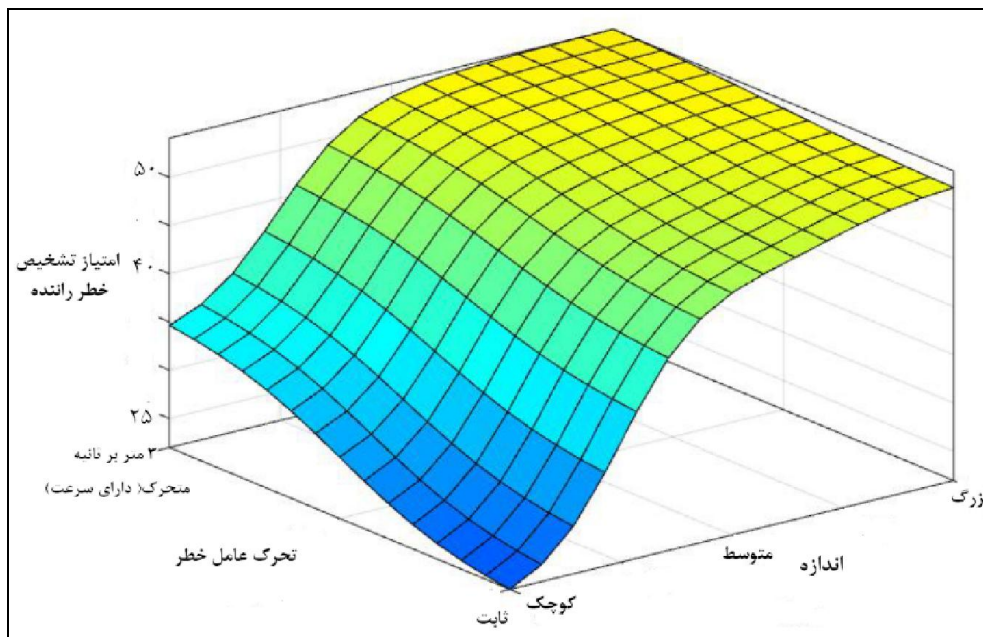
به منظور بررسی نتایج مدل فازی سوگنو و کدنویسی انجام شده در نرم‌افزار مطلب، نتایج امتیاز تشخیص خطر مربوط به ۳۰ نمونه واقعی مورد بررسی قرار گرفت و با نتایج حاصل از مدل سوگنو مقایسه گردید. در شکل ۱۰ نتایج این مقایسه نشان داده شده است.

همانطور که شکل ۱۰ نشان می‌دهد بسیاری از نمونه‌ها با خطای حداقل پیش بینی شده‌اند و اندازه خطای جذر میانگین مربعات نیز با توجه کمتر بودن از ۱,۲۵، قابل قبول است.

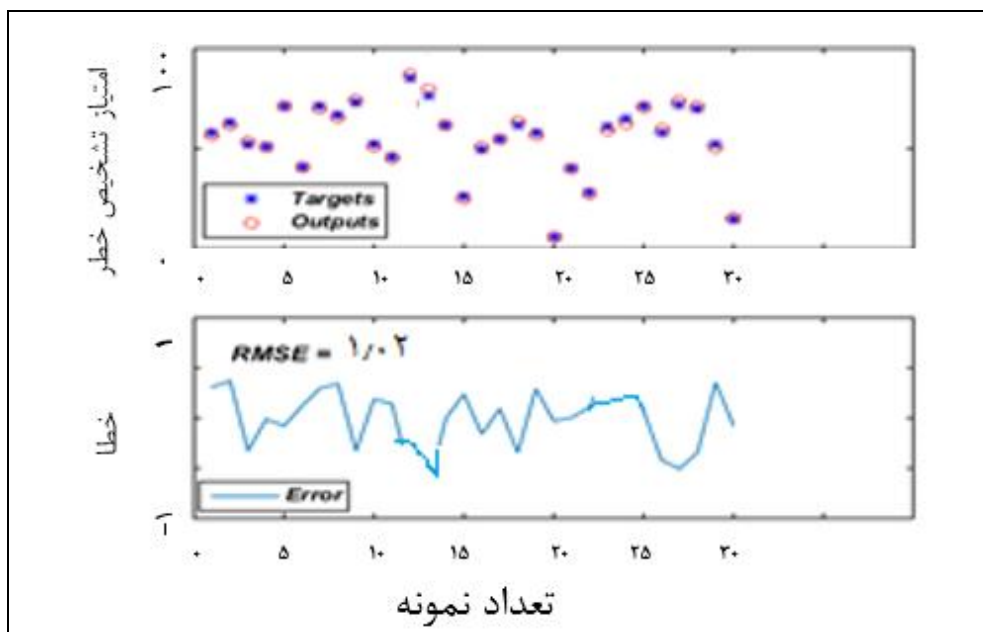
شکل ۸ نشان می‌دهد در شرایط روشن بودن رنگ تغییرات سرعت عامل خطر تغییر چندانی بر روی امتیاز تشخیص خطر راننده ندارد، اما در شرایط تیره بودن رنگ آن افزایش سرعت خطر امتیاز تشخیص خطر را از ۴۲ به ۵۴ به مقدار ۲۹ درصد افزایش می‌دهد. این موضوع در آزمایش‌هایی که در شب بر روی رانندگان انجام شد بیشتر مشهود بود. متغیر آخری که در خصوص عامل خطر مورد بررسی قرار گرفت اندازه بود که به همراه سرعت آن ارزیابی گردید. نمودار تغییرات تشخیص خطر همراه با سرعت حرکت عرضی عامل خطر به همراه اندازه آن در شکل ۹ نشان داده شده است.

همانطور که شکل ۹ نشان می‌دهد در اندازه‌های کوچکتر عامل خطر هرچه سرعت حرکت آن بیشتر می‌شود در نتیجه امتیاز تشخیص خطر بیشتر خواهد شد. این نمودار نشان می‌دهد امتیاز خطر در صورتی که اندازه عامل خطر در شرایط ابعاد کوچک آن ثابت با مساحت کمتر از ۱ متر مربع باشد حدود ۲۰ می‌شود اما اگر با همین ابعاد موجودی مثل گربه با سرعت ۳ متر بر ثانیه از معبر عبور کند امتیاز تشخیص خطر تا عدد ۳۵

مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده



شکل ۹. نمودار روبه‌ای تأثیر تغییرات اندازه و سرعت حرکت عامل خطر بر امتیاز تشخیص خطر



شکل ۱۰. نمودار مقایسه خروجی‌های مدل فازی سوگنو و نمونه‌های واقعی

## ۶. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه عکس‌العمل مناسب راننده در گام نخست نیاز به تشخیص صحیح عامل خطر دارد در نتیجه وابسته بودن مرحله تشخیص رانندگی به متغیرهای مختلف می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های ایمنی موثر و کارا باشد. این موضوع بخصوص

در خصوص عابرین پیاده، اشیا و موانع جاده‌ای و حیوانات خیلی دارای اهمیت است. هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر سرعت حرکت عرضی عامل خطر در جاده بر تشخیص خطر رانندگان بود. در این راستا علاوه بر بررسی ویژگی سرعت و حرکت عامل خطر سایر ویژگی‌های آن نیز به عنوان متغیر کنترلی مد نظر قرار گرفت. علاوه بر آن انواع مختلف

■ در شرایط رنگ تیره تحرک عامل خطر موجب افزایش تشخیص آن می‌گردد اما در حالت روشن بودن، سرعت حرکت آن تأثیر زیادی روی تشخیص خطر ندارد. این موضوع نشان می‌دهد در خصوص خطرات ثابت تیره کنار راه حتماً باید تمهیدات افزایش وضوح و مشخص کردن عامل خطر را مد نظر قرار داد. همچنین عامل خطر متحرکی مثل عابر پیاده نیز باید آموزش‌های لازم را در خصوص عبور با سرعت مناسب از معبر را بخصوص در محدوده مدارس حاشیه راه دیده باشند.

■ یکی از نتایج کاربردی پژوهش بکارگیری پرچمدارهای متحرک (غیر انسان) در محدوده مناطق عملیاتی و کار است زیرا تحرک عامل خطر موجب افزایش تشخیص خطر می‌گردد.

■ در کلیه سناریوها بررسی متغیر سرعت حرکت خطر دارای یک نتیجه بود و عامل خطر متحرک و دارای سرعت حرکت عرضی بیشتر، زودتر تشخیص داده می‌شد و رانندگان امتیاز بالاتری کسب می‌کردند. به طور میانگین رانندگان باتجربه در زمانی حدود ۹ درصد بهتر عامل خطر متحرک را به نسبت شرایط ثابت آن تشخیص دادند و رانندگان کم تجربه در زمانی حدود ۱۸۰ درصد بهتر خطر متحرک را تشخیص دادند. این موضوع نشان می‌دهد نکات آموزشی مربوط به عامل خطر ثابت برای رانندگان جوان و تازه کار بسیار حایز اهمیت است.

تفاوت این پژوهش در نوع تعریف محدوده درک خطر، متغیرهای موثر در درک خطر، روش ارزیابی، شاخص درک خطر و همچنین نوع خطرات و سناریوها است. بسیاری از آزمون‌های درک خطر سایر کشورها نظیر انگلستان و نیوزیلند و همچنین برخی از مقالات روش امتیازدهی ۵ شماره ای را به عنوان معیار تشخیص درک خطر منظور نموده اند و در این راستا یک محدوده برای کلیک ماوس توسط آزمون دهندگان تعریف کرده اند اما در این پژوهش معیار ارزیابی و نمره دهی به تشخیص راننده یک نمره بدون بعد بین ۰ تا ۱۰۰ است و آن هم از تقسیم دو معیار زمانی بدست می‌آید و در آن هم زمان وقوع خطر، هم زمان تشخیص خطر و هم زمان رسیدن به خطر

عوامل خطر نظیر حیوانات مختلفی که در جاده‌های ایران تردد می‌کنند و همچنین کودکان و بزرگسالان و اشیای ثابت در رویدادهای هر سناریو گنجانده شدند.

این پژوهش و اکثر محققان در مفهوم درک خطر تعریف شده توسط مکنا و گریک<sup>۳</sup> به عنوان قابلیت تشخیص موقعیت‌های خطر ناک ترافیکی و زمان تشخیص بموقع یک خطر که توسط هورسویل<sup>۴</sup> بیان شده و همچنین اینکه این قابلیت یک مهارت مهم و اساسی در رانندگی است هم نظر هستند.

نتایج اصلی که با انجام این پژوهش حاصل گردید به شرح زیر است:

■ تغییر شرایط عامل خطر از حالت ثابت به حالت متحرک و افزایش سرعت حرکت عرضی آن موجب افزایش امتیاز تشخیص خطر می‌شود. این موضوع در بهترین شرایط ویژگی‌های عامل خطر و محیط و راننده و بدترین شرایط، نتیجه مشابهی داشت. البته ذکر این نکته ضروری است که سرعت عامل خطر موجب افزایش ایمنی نمی‌شود اما قدرت تشخیص راننده را افزایش می‌دهد. موضوع مذکور نکته اشاره شده در راهنمای ایمنی بزرگراه‌ها را در خصوص نقص در تشخیص راننده در شرایط ثابت بودن خطر اثبات می‌نماید.

■ در بهترین شرایط محیطی، جاده‌ای و وضوح بهتر عامل خطر، شیب بیشتر افزایش تشخیص خطرات جاده توسط راننده در فاصله سرعتی ۰٫۶ متر بر ثانیه تا ۲٫۴ متر بر ثانیه است که اکثر عابران پیاده با این سرعت از عرض معبر عبور می‌کنند.

■ در شب و در شرایطی که عامل خطر وضوح و اندازه کوچکتری دارند سرعت حرکت عامل خطر موجب افزایش بیشتری در تشخیص خطر خواهد شد و شیب تغییرات بیشتر از شرایط بهتر انتخاب شده در سناریوها است.

■ بررسی نمودارهای رویه‌ای خروجی مدل فازی نشان داد متغیرهای اندازه عامل خطر، روشنایی محیطی و تجربه راننده تأثیر افزایشی بر قدرت تشخیص راننده دارند و به همراه متغیر تحرک عامل خطر موجب بهبود تشخیص می‌گردد.



## ۸. مراجع

- اسدامراجی، مرتضی و نهاوندی، نسیم (۱۳۹۶) "رتبه بندی قطعات جاده‌های برونشهری با استفاده از ترکیب شاخص شدت تصادفات و ممیزی ایمنی"، فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی حمل و نقل، دوره نهم، شماره ۱، ص ۱-۱۵
- امینی، امیر (۱۳۹۴) "سیمای ایمنی راه‌های ایران (۲) گزارش ملی وضعیت ایمنی رانندگی در ایران"، تهران، وزارت راه و شهرسازی
- شفیع‌سیدمجیبی (۱۳۸۸) "راهنمای طراحی مسیره‌های عبور عابر پیاده در معابر شهری"، تهران، شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، وزارت کشور
- کیا، سید مصطفی (۱۳۹۳) "منطق فازی در MATLAB"، انتشارات دانشگاهی کیان

- Al-Ghamdi, A. S. (2002) "Pedestrian-vehicle crashes and analytical techniques for stratified contingency tables, Accident Analysis and Prevention, Vol. 43, No. 2, pp. 205-214.

- Asadamraji, M., Saffarzadeh, M. and Mirzaee Tayeghani, M. (2017) "Modeling driver's hazard perception using driver's personality characteristics", International Journal of Transportation Engineering, Vol. 5, No. 2, pp. 167-182.

- Asadamraji, M., Saffarzadeh, M. and Mirzaee Tayeghani, M. (2017) "Hazard perception as a function of Iranian driver's personality characteristics", Road Safety and Simulation International Conference, Netherlands: 17 - 19 October. 2017.

- Bella, F. and Silvestri, M. (2016) "Driver's braking behavior approaching pedestrian crossings: a parametric duration model of the speed reduction times", Journal of Advanced Transportation, Vol. 50, No. 4, pp. 630-646.

- Borowsky, A., Oron-Gilad, T., Meir, A. and Parmet, Y. (2012) "Drivers' perception of vulnerable road users: A hazard perception

منظور شده است. مزیت این روش این است که معیار پیشنهادی در این پژوهش با توجه به میانگین نمره رانندگان با تجربه که برخی از پژوهش‌ها به آن‌ها اشاره کرده بود بدست نیامده و از یک رابطه فیزیکی منطقی حاصل شده است.

شاخص بکار گرفته شده در بررسی امتیاز تشخیص خطر رانندگان نسبتاً خوب عمل کرد و اکثریت فرضیاتی که در زمینه سرعت حرکت عامل خطر و سایر خصوصیات آن در تشخیص خطر داشت اثبات شد. این شاخص علیرغم سادگی می‌تواند در آزمون‌های تشخیص خطر و همچنین آزمون‌های رانندگی مورد استفاده قرارگیرد. البته یک نکته قابل ذکر تفاوت بین شبیه ساز مورد استفاده در کشور و شبیه‌سازهای دیگر کشورها است که تجهیزات آن‌ها پیشرفته تر است، ضمن اینکه از ابزارهای جانبی نظیر دستگاه مردمک چشم نیز استفاده می‌کنند اما در این پژوهش بدلیل کالیبره نبودن امکان بکار گرفتن آن نبود.

علاوه بر متغیرهایی که با توجه به محدودیت‌های موجود بکار گرفته شد موقعیت عوامل خطر در دید مرکزی و جانبی راننده نیز می‌تواند بررسی گردد. همچنین تأثیر آموزش و راهکارهای مهندسی نظیر تغییرات منظر جاده، آشکارسازی و ایمن سازی محدوده حادثه‌خیز و محدوده عملیات اجرایی بکار گرفته شود. علاوه بر کاربردهای ذکر شده می‌توان از نتایج این پژوهش در توسعه ممیزی ایمنی مسیر و همچنین مطالعات تصادفات جلو به جلو، تصادفات جلو به عقب و تصادفات با عابر پیاده، حیوانات و تصادفات با شی ثابت و برخی تصادفات واژگونی استفاده نمود.

## ۷. پی‌نوشت‌ها

1. Takagi, Sugeno, and Kang
2. MATLAB
3. McKenna and Crick
4. Horswill

- pedestrians”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 79, pp. 160-169.
- Shahr, A., Alberti, C. F. Clarke, D. and Crundall, D. (2010) “Hazard perception as a function of target location and the field of view”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 42, No. 6, pp. 1577-1584.
  - Shinar, D. (2012) “Safety and mobility of vulnerable road users: Pedestrians, bicyclists, and motorcyclists”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 44. No. 1, pp. 1-2
  - Singh, S. (2015) ”Critical reasons for crashes investigated in the national motor vehicle crash causation survey (No. DOT HS 812 115)
  - Smith-Jackson, T. L. and Wogalter, M. S. (2000) “Users' hazard perceptions of warning components: An examination of colors and symbols. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting”, Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, Vol. 44, No. 32, pp. 6-55
  - Underwood, G., Crundall, D. and Chapman, P. (2011) “Driving simulator validation with hazard perception”. Transportation Research Part F: Traffic Psychology And Behaviour, VOL. 14, No 6, pp. 435-446.
  - Wogalter, M. S., Frederick, L. J., Magurno, A. B. and Herrera, O. L. (1997) “Connoted hazard of Spanish and English warning signal words, colors, and symbols by native Spanish language users”. In Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Assn, Vol. 3, pp. 353-355.
  - Dumitras, A. and Moschytz, G. (2007) “Understanding fuzzy logic: An interview with LotfiZadeh [DSP History]. IEEE Signal Processing Magazine, VOL. 24, No 3, pp. 102-105.
  - Borowsky, A. and Oron-Gilad, T. (2013) “Exploring the effects of driving experience on hazard awareness and risk perception via real-time hazard identification, hazard classification, and rating tasks”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 59, pp. 548-565.
  - Danno, M. and Taniguchi, S. (2015) “The analysis of drivers' hazard detecting ability using Empathizing–Systemizing model”. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 33, pp. 106-116.
  - D’Addario, P. M. (2014) “Perception-response time to emergency roadway hazards and the effect of cognitive distraction”, University of Toronto.
  - Egea-Caparrós, D. A., García-Sevilla, J., Pedraja, M. J., Romero-Medina, A., Marco-Cramer, M. and Pineda-Egea, L. (2016) “Late detection of hazards in traffic: A matter of response bias?”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 94, pp. 188-197.
  - Horswill, M. S. and McKenna, F. P. (2004) “Drivers' hazard perception ability: Situation awareness on the road”, A cognitive approach to situation awareness: Theory and application, pp. 155-175.
  - Krauss, D. A. and Heckman, G. M. (2012) “The critical window, looming and implications for accident avoidance”, Institute of Transportation Engineers. ITE Journal, Vol. 82, No. 7, pp. 36.
  - McKenna, F. and Crick, J. (1990) “Experience and expertise in hazard perception In Behavioral research in road safety”, Proceeding of a seminar held at Nottingham University, No. PA 2038/91.
  - Rosenbloom, T., Mandel, R., Rosner, Y. and Eldror, E. (2015)” Hazard perception test for

مدل تشخیص خطر راننده بر مبنای تحرک و سرعت حرکت عوامل خطر در عرض جاده

مرتضی اسد امرجی، درجه کارشناسی در رشته عمران- عمران را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه سراسری سمنان و درجه کارشناسی ارشد در رشته عمران- راه و ترابری را در سال ۱۳۸۴ از دانشگاه تربیت مدرس تهران اخذ نمود. در سال ۱۳۹۷ موفق به کسب درجه دکتری در رشته عمران- راه و ترابری از دانشگاه تربیت مدرس تهران گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی و سیستمهای حمل و نقل هوشمند، مدیریت بحران و مهندسی ترافیک است.



محمود صفارزاده، درجه کارشناسی در رشته عمران- عمران را در سال ۱۳۶۶ از دانشگاه باهنر کرمان و درجه کارشناسی ارشد در رشته عمران- راه و ترابری را در سال ۱۳۷۰ از دانشگاه کارلتون کانادا اخذ نمود. در سال ۱۳۷۴ موفق به کسب درجه دکتری در رشته عمران- راه و ترابری، از دانشگاه کارلتون کانادا گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی فرودگاه، طرح هندسی راه و مهندسی ترافیک بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استاد در دانشگاه تربیت مدرس است.



امین میرزا بروجردیان، درجه کارشناسی در رشته عمران- عمران را در سال ۱۳۸۱ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و درجه کارشناسی ارشد در رشته عمران- راه و ترابری را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه تربیت مدرس تهران اخذ نمود. در سال ۱۳۸۹ موفق به کسب درجه دکتری در رشته عمران- راه و ترابری از دانشگاه تربیت مدرس تهران گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی و طرح هندسی راه بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه تربیت مدرس است.



طیبه فردوسی، درجه کارشناسی در رشته روانشناسی را در سال ۱۳۶۳ از دانشگاه تهران و درجه کارشناسی ارشد در رشته روانشناسی عمومی را در سال ۱۳۷۰ از دانشگاه تربیت مدرس تهران اخذ نمود. در سال ۱۳۸۹ موفق به کسب درجه دکتری در رشته روانشناسی سلامت از دانشگاه تهران گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان جنبه های مختلف روانشناسی سلامت، روانشناسی اسلامی و جنبه های روانشناختی حوادث ترافیکی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه تهران است.

