فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

Key words: delay, simulation, VISSIM, urban network.

تحلیل تصادفات عابرین پیاده در ایران با استفاده از تکنیک درخت خطا

علی توکلی‌کاشانی[۱]، محمدمهدی بشارتی[۲]، محمدهادی بشارتی[۳]

۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران،

۲- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران،

۳- کارشناس مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

چکیده

عابرین پیاده یکی از آسیب‌پذیرترین کاربران راه به‌حساب می‌آیند. هدف پژوهش حاضر، ارائه یک دید جامع نسبت به مکانیسم وقوع تصادفات عابرین پیاده و شناسایی مهم‌ترین رویدادهایی است که می‌تواند منجر به وقوع این نوع تصادف گردد. در این پژوهش، ۹۴۱۲۳ تصادف عابرین پیاده در ایران طی سال‌های ۸۸ تا ۹۱ مورد بررسی قرارگرفته و ابزار تحلیلی مورد استفاده، تکنیک تحلیل درخت خطا می‌باشد. احتمالات مربوط به هریک از رویدادهای اولیه در درخت خطا با استفاده از داده‌های تصادفات محاسبه گردید. سپس، محتمل‌ترین رویدادهایی که منجر به وقوع تصادف شده است، شناسایی شد.

براساس نتایج به‌دست آمده، برخی از پرخطرترین رویدادهایی که منجر به تصادفات عابرین پیاده گردیده عبارتند از؛ عدم توجه راننده به جلو، حرکت با دنده عقب، عدم دید مناسب بدلیل وجود خودرو درحال حرکت، عدم رعایت حق تقدم و عدم توانایی راننده در کنترل خودرو. در پایان، براساس پرخطرترین رویدادهای شناسایی‌شده، اقداماتی برای کاهش احتمال وقوع تصادفات عابرین‌پیاده پیشنهاد شده‌است. نتایج نشان می‌دهد که تکنیک درخت خطا می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای شناسایی پرخطرترین رویدادهایی که درنهایت منجر به وقوع تصادف می‌شوند، مورد استفاده قرارگیرد.

کلید واژه: تصادفات عابرین‌پیاده، عامل انسانی، عامل راه، تحلیل درخت خطا

۱- مقدمه

درحدود ۲۲٪ از تلفات ناشی از تصادفات ترافیکی در جهان و حدود ۲۵٪ از تلفات ترافیکی در ایران را عابرین پیاده تشکیل می‌دهند. این سهمِ قابل‌توجه عابرین‌پیاده از کل تلفات ترافیکی در ایران، گویای نیاز به افزایش تحقیقات در این زمینه و ارائه اقدامات موثرتر برای کاهش تصادفات و تلفات عابرین پیاده می‌باشد.

درصورتی‌که تصادف را به‌عنوان شکست در عملکرد سیستم حمل‌ونقل درنظربگیریم؛ براساس تئوری سیستم‌ها، وقوع تصادف را باید نتیجه نهایی وقوع زنجیره‌ای از رخدادهای اولیه و میانی در عملکرد و شرایط اجزاء سیستم حمل‌ونقل دانست. این اجزاء شامل کاربران راه، خودروها، راه و محیط می‌شود. مطالعات نسبتا اندکی در کشور ما به بررسی تصادفات بصورت فرآیندی از رویدادها که در نهایت منجر به وقوع تصادف می‌شود، پرداخته‌اند. تحلیل تصادفات به صورت سیستمی می‌تواند به درک بهتر مکانیسم تصادف، شناسایی اجزاء ضعیف‌تر و توسعه اقدامات پیشگیرانه مناسب‌تر کمک کند.

یکی از رایج‌ترین روش‌های تحلیل سیستمی، روش درخت خطاها[1] می‌باشد. این روش تاکنون بطور گسترده در تحلیل قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم‌ها، مورد استفاده قرارگرفته‌است[۱]. ترسیم حالت‌های شکست سیستم بصورت درخت خطاها، امکان شناسایی ضعیف‌ترین اجزاء سیستم، بحرانی‌ترین حالت‌های شکست سیستم و نیز ارائه پیشنهاداتی برای کاهش احتمال شکست آن را تسهیل می‌کند.

1 Fault tree

هدف پژوهش حاضر، دسته‌بندی مهم‌ترین رویدادهایی است که منجر به وقوع شکست در عملکرد و تعامل اجزاء سیستم حمل‌ونقل (شامل انسان، خودرو و راه) شده و به تبع آن، موجب وقوع تصادفات عابرپیاده می‌شود. برای این منظور، از تکنیک درخت خطاها استفاده شده‌است. با استفاده از چنین ابزار توصیفی، مسئولین حوزه ایمنی ترافیک می‌توانند محتمل‌ترین حالت‌های شکست سیستم (که منجر به وقوع تصادف می‌شود) را شناسایی کرده و با انجام اقدامات مناسب، قابلیت اطمینان عملکرد صحیح هریک از اجزاء و نیز تعامل میان آن‌ها را افزایش داده و بدین ترتیب، در راستای کاهش احتمال وقوع تصادف، گام بردارند.

۲- پیشینه تحقیق و مبانی نظری

تحلیل درخت خطاها، یکی از روش‌های تحلیلی رایج در حوزه ایمنیِ مهندسی سیستم‌ها می‌باشد[۱]. این روش، یکی از روش‌های منطق استقرایی است که به کمک یک نمودار درختی بدنبال تشریح روابط منطقی میان رویدادهای اولیه‌ای[1] است که در نهایت منجر به وقوع رویداد نهایی[2] می‌شوند. این روش، با ارائه یک دید جامع نسبت به مکانیسم وقوع رویداد موردنظر، بحرانی‌ترین حالت‌های وقوع آن رویداد را مشخص‌کرده و براین‌اساس، مسئولین حوزه مربوطه می‌توانند اقدامات پیشگیرانه مناسب‌تری را برای اطمینان از ایمنی عملکرد سیستم، انجام دهند[۲].

با ساختن درخت خطاها، می‌توان فرآیند منطقی که با رویداد(های) اولیه شروع‌شده و درنهایت به رویداد نهایی (در اینجا تصادف) منجر می‌شود را تشریح کرد. در این روش، منظور از رویدادهای اولیه، حالت‌هایی است که در آن، عملکرد یک یا چند عضو از اعضای سیستم موردنظر، با شکست روبرو می‌شود. همچنین، رویداد نهایی، رویداد شکست سیستم می‌باشد. واضح‌است که با توجه به خصوصیات سیستم مورد مطالعه، ممکن‌است مجموعه‌ای از رویدادهای اولیه‌ای وجود داشته‌باشند که با وقوع آن‌ها، احتمال شکست سیستم افزایش می‌یابد. تمامی مسیرهای درخت خطاها، ارتباط و توالی رویدادهای اولیه‌ای است که منجر به وقوع رویداد نهایی می‌گردد.

تحلیل درخت خطاها به دو صورت کیفی و کمی انجام می‌شود. در تحلیل کیفی درخت خطاها، با اتخاذ یک رویکرد نظام‌مند، حالت‌های شکست سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین، پس از ساخت درخت خطاها، می‌توان با محاسبه احتمال وقوع حادثه نهایی از طریق مسیرهای ممکن، بحرانی‌ترین حالت‌هایی که منجر به وقوع تصادف می‌شوند را نیز شناسایی کرد.

در سال‌های گذشته از این روش برای تحلیل تصادفات ترافیکی در سایر کشورها نیز استفاده شده‌است. برای مثال، جاشوا و گاربر (۱۹۹۲)، از روش درخت خطاها برای تحلیل تصادفات خودروهای سنگین در ایالات ویرجینیای آمریکا استفاده کردند[۳]. درخت ساخته‌شده توسط آن‌ها، از همان ابتدا براساس ۳ عامل انسان، خودرو و محیط به سه زیرشاخه تقسیم شده و هر تصادف به یکی از این عوامل ارتباط داده‌شد. این کار بدین معناست که این سه فاکتور مستقل از هم هستند. اما در دنیای واقعی اینگونه نیست و تعامل انسان با خودرو و محیط در وقوع تصادف بسیار مهم است. بنابراین، برای درنظرگرفتن این تعامل‌ها، در پژوهش مذکور و در شاخه‌های زیرین هر عامل، المان‌هایی از سایر عوامل آورده شد.

کوزمینسکی و همکاران (۱۹۹۵)، با استفاده از این روش، مدلی برای تصادفات "خروج از جاده" توسعه دادند[۴]. در این پژوهش، درخت خطاها با جزئیات زیادی ساخته‌شد. در نتیجه، بدلیل محدود بودن منابع اطلاعاتی موجود درمورد مشخصات تصادف، بدست‌آوردن احتمال وقوع همه حوادث اولیه، غیرممکن گردید. بنابراین، آن‌ها مجبور به کوتاه‌سازی درخت خطاها شدند.

در همین راستا، در پژوهش چن و همکاران (۲۰۱۲)، رویکرد مناسب‌تری برای استفاده از روش درخت خطاها در جهت شناسایی عوامل دخیل در وقوع تصادف در تقاطعات اتخاذ شد[۵]. در این رویکرد، اساس درخت خطاها بر عامل انسانی بنانهاده شد و تعامل راننده با خودرو و محیط، مورد بررسی قرارگرفت. همچنین، از ابتدا درخت خطاها براساس متغیرهای موجود در پایگاه داده تصادفات ساخته شد و بدین ترتیب، امکان تعیین احتمال نسبی وقوع حوادث اولیه وجود داشت. با اتخاذ این رویکرد، پژوهش مذکور توانست نواقص مطالعات قبلی را مرتفع کرده و درخت خطاهای مناسب‌تری را برای بررسی مکانیسم وقوع تصادف در تقاطعات ارائه کند.

علاوه براین، تاکنون، مطالعات دیگری نیز از این تکنیک برای تحلیل تصادفات ترافیکی و غیرترافیکی استفاده کرده‌اند[۶-۸].

1 Basic event
2 Top event

در سال‌های اخیر، از این روش تحلیلی برای ارزیابی ایمنی در سیستم حمل‌نقل ریلی نیز استفاده شده‌است[۱, ۹].

برای مثال، در پژوهش‌هان و همکاران(۲۰۱۴) از تکنیک درخت خطاها و مجموعه‌های انقطاع برای نمایش رویدادهایی که بیشترین احتمال منجرشدن به تصادف را دارند، استفاده گردید[۱]. در پژوهش دیگری، لو وهمکاران (۲۰۱۵)، از تحلیل درخت خطاها، برای بررسی ایمنی سیستم‌های حمل‌ونقل‌زمینی مواد شیمیایی خطرناک استفاده نمود[۱۰].

با وجود استفاده از این روش در تحلیل تصادفات در سایر کشورها، پژوهشی که در آن از این روش برای تحلیل تصادفات در ایران استفاده شده‌باشد، یافت‌نشد. همچنین، در مطالعات پیشین از این روش برای تحلیل تصادفات عابرین پیاده استفاده نشده‌است.

۳- روش‌تحقیق

۳-۱- داده‌های تصادفات

داده‌های تصادفات ترافیکی مربوط به سال‌های ۸۸ تا ۹۱ که در پایگاه‌داده تصادفات پلیس راهور نگهداری می‌شود؛ برای پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفت. پس از متصل‌کردن جداول مربوط به مشخصات عامل انسانی، وضعیت خودرو، ویژگی‌های راه، محیط اطراف و سایر مشخصات تصادف، در نهایت ۹۴۱۲۳ تصادفات مرتبط با عابرپیاده برای انجام تحلیل، شناسایی شد. داده‌های ذخیره شده در پایگاه‌داده مذکور از درون یک فرم ثبت اطلاعات تصادف بنام کام۱۱۴ استخراج شده است. این فرم اطلاعات مختلفی در ارتباط با ویژگی‌های تصادف را در خود گنجانده‌است. متغیرهایی از پایگاه‌داده مذکور که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفتند، شامل نقص عامل انسانی، نقص خودرو، نقص راه، موانع دید، علت واسط تصادف و علت تامه مربوط به عابر و راننده می‌باشد.

احتمالات مربوط به هریک از رویدادهای اولیه در پژوهش حاضر، از طریق بررسی ۹۴۱۲۳ تصادف عابرپیاده بدست آمد. در اکثر تصادفات ثبت‌شده توسط پلیس، بیش از دو عامل در وقوع تصادف موثر تشخیص داده‌شده‌است. بنابراین، برای محاسبه احتمالات مربوط به هر رویداد اولیه، ابتدا فراوانی کل هریک از عوامل، محاسبه شده و سپس باتوجه به روابط تعیین شده میان رویدادها در درخت خطاها، احتمالات نسبی مربوط به هر رویداد محاسبه‌گردید.

۳-۲- ساخت درخت خطاها

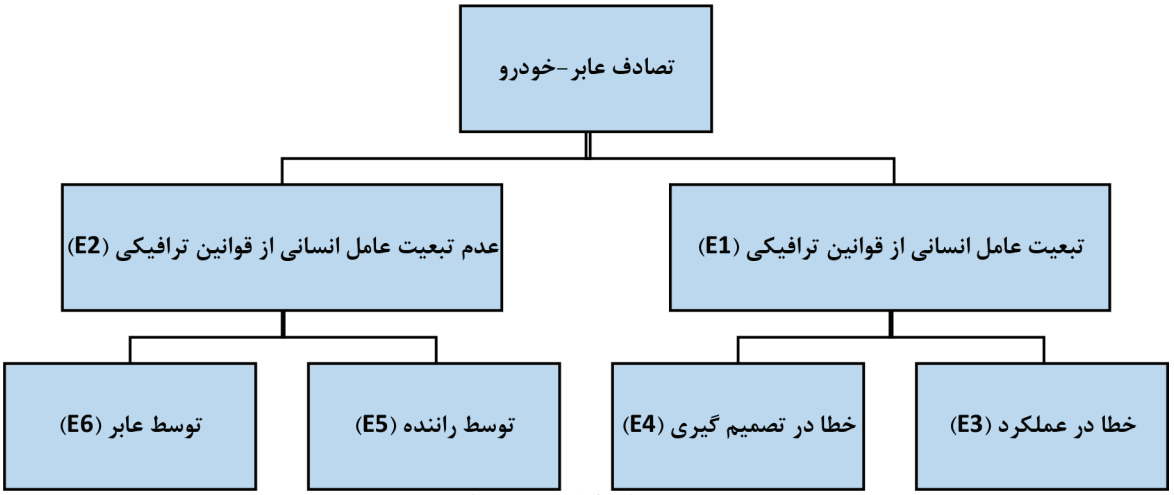
باید توجه داشت که درخت خطاها، رویکردی برای شناسایی و تحلیل مهم‌ترین حالت‌هایی است که منجر به وقوع حادثه نهایی موردنظر می‌گردد. بعلاوه، لیست خطاها، کامل نبوده و تنها مهم‌ترین خطاهایی که توسط تحلیل‌گر ارزیابی و شناسایی شده را پوشش می‌دهد. در پژوهش حاضر نیز لیست خطاها با توجه به مطالعات پیشین و از درون پایگاه داده استخراج شده و فرض شده‌است که تشخیص افسرپلیس در مورد عوامل اصلی وقوع تصادف، صحیح بوده‌است.

ساخت درخت خطاها، یک فرآیند بالابه‌پایین است. برای این‌کار، ابتدا براساس درخت‌های پیشنهادشده در مطالعات پیشین در سایر کشورها و متغیرهای موجود در فرم ثبت اطلاعات تصادفات در ایران، زنجیره تمامی رویدادهای اولیه‌ای که ممکن است منجر به تصادف گردد، شناسایی شده و شاکله درخت خطاها ترسیم گردید. در مرحله بعد، فراوانی وقوع هریک از رویدادهای مذکور در پایگاه‌داده موجود، محاسبه گردید. در مرحله آخر، با استفاده از فراوانی وقوع رویدادهای اولیه، در هریک از سطوح درخت، احتمالات نسبی مربوط به هریک از حوادث، محاسبه گردید. بدین ترتیب، احتمال نسبی وقوع تصادف درصورت وقوع هریک از رویدادهای اولیه محاسبه شد. در نهایت، با داشتن مقادیر این احتمالات، مهم‌ترین و بحرانی‌ترین رویدادهایی که می‌توانند منجر به وقوع تصادف شوند، شناسایی شد.

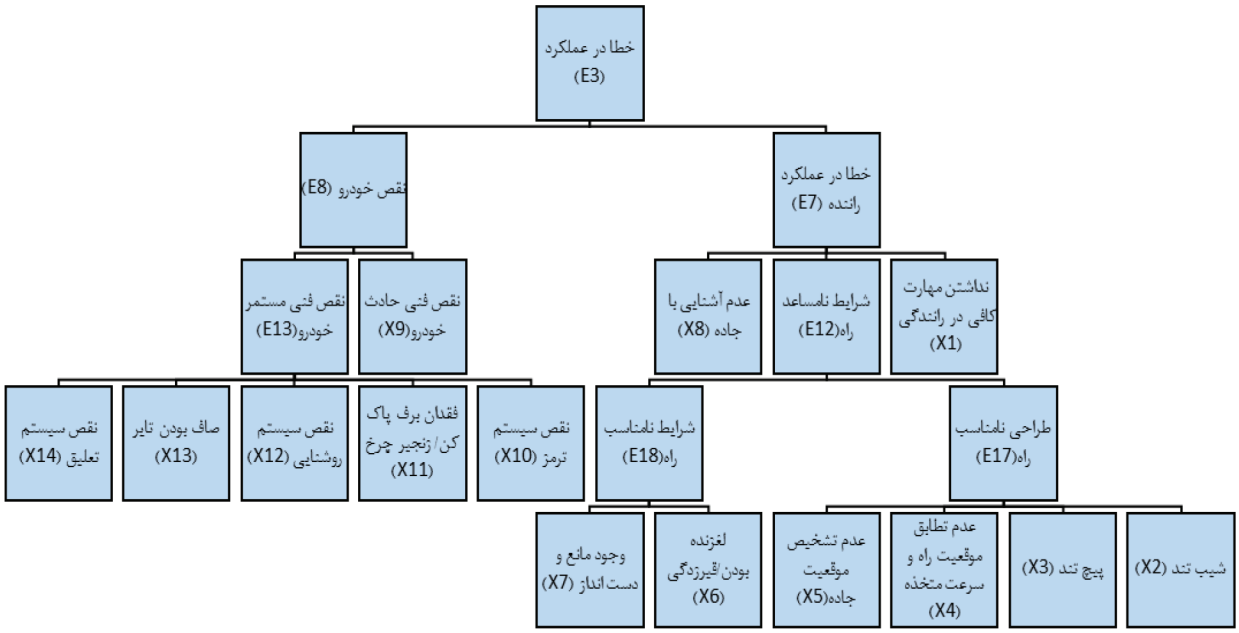
شکل ۱، بالاترین سطح درخت خطاهای ساخته شده در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد؛ که درآن، تصادف عابر-خودرو، بعنوان حادثه نهایی درنظر گرفته‌شده‌است. توجه‌شود که در درخت خطاهای ساخته‌شده در این پژوهش، رویدادهای میانی با حرف E و رویدادهای اولیه با حرف X نمایش داده‌شده‌اند.

همانطور که در شکل۱ مشاهده می‌شود، رویدادهای دخیل در وقوع تصادف در اولین گام براساس اینکه آیا عملکرد عامل انسانی منطبق بر قوانین بوده یا خیر، به دو دسته تقسیم شد. در پژوهش حاضر، خطای انسانی به دو دسته خطای عمدی(یا عدم‌تبعیت از قوانین) و سهوی تقسیم شده‌است. برای‌مثال، تخطی از سرعت‌مجاز یکی از مصادیق عدم‌تبعیت از قوانین راهنمایی‌ورانندگی است. در مقابل، یکی از مصادیق خطای سهوی، موقعیتی است که در آن، راننده علیرغم رعایت قوانین راهنمایی‌ورانندگی بدلیل کافی نبودن روشنایی معبر، موفق به

انجام به‌موقع مانور مناسب نشده و این رویداد، منجر به وقوع تصادف شده‌است.



شکل ۱. سطوح اولیه درخت خطاها



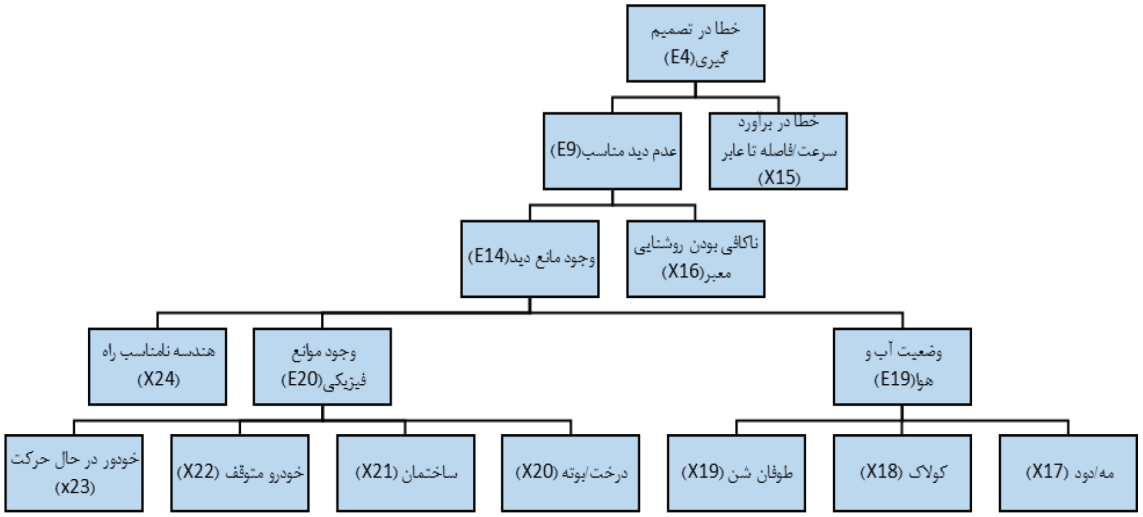
شکل ۲. زیرشاخه «خطا در عملکرد»

بر این اساس، شاخه سمت راست درخت در اولین سطح، شرایطی را نمایش می‌دهد که علیرغم انطباق رفتار راننده با قوانین ترافیک، تصادف رخ داده‌است. این رویداد، ممکن‌است به‌علت «خطا در تصمیم‌گیری» و یا «خطا در عملکرد» خودرو یا عامل انسانی باشد.

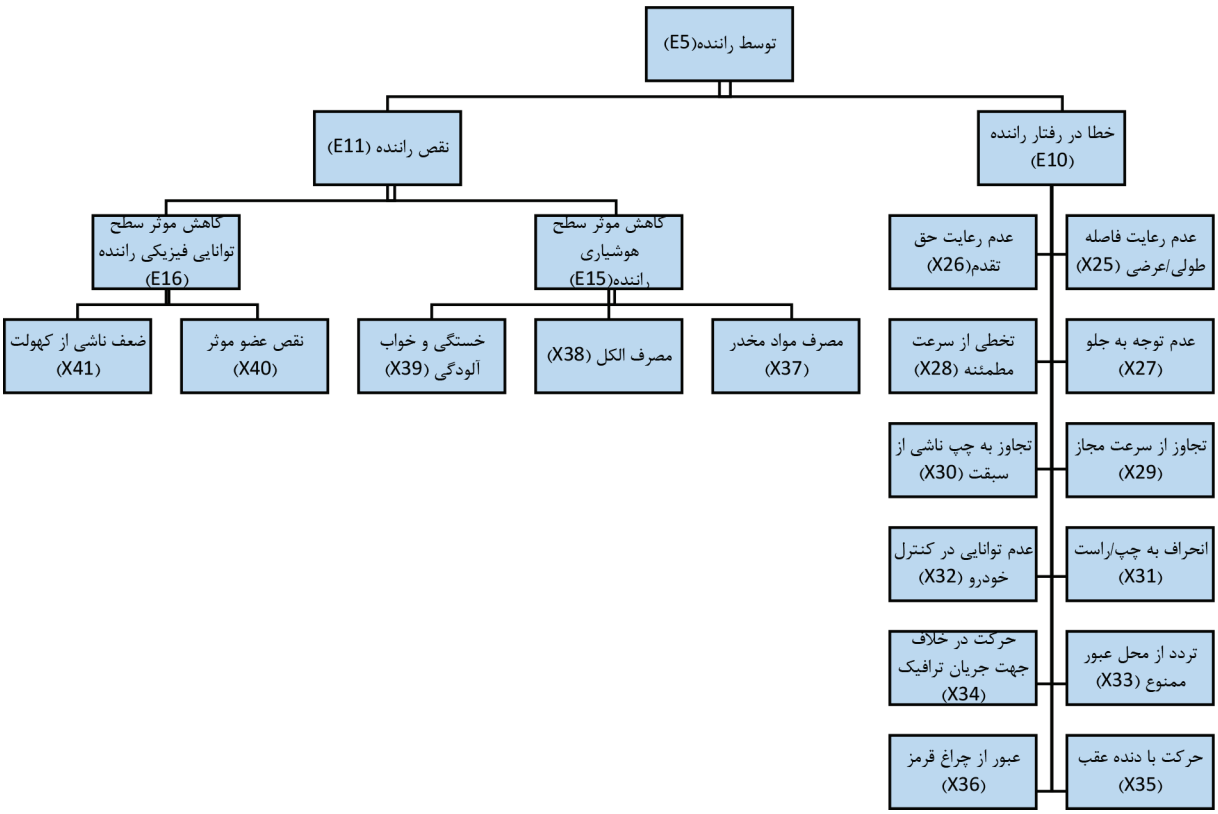
زیرسیستم «تصمیم‌گیری»، بصورت توانایی عامل انسانی برای شناسایی، درک و اتخاذ تصمیم صحیح و همچنین، زیرسیستم «عملکرد»، بصورت توانایی راننده و خودرو برای عملکرد مورد انتظار، تعریف گردید. بعبارت دیگر، خطا در عملکرد ممکن‌است بدلیل خطای راننده و یا نقص خودرو بوده باشد.

از سوی دیگر، شاخه سمت چپ، در اولین سطح، حالتی را نشان می‌دهد که درآن، عامل انسانی(راننده و یا عابر پیاده) از قوانین ترافیکی تبعیت نکرده‌است.

خطا در عملکرد (شکل۲) به‌معنای شکست راننده در انجام اعمالی است که برای رانندگی ایمن مورد نیاز است. این موضوع ممکن‌است بدلیل خطا در عملکرد راننده و یا نقص خودرو باشد. خطا در عملکرد راننده ممکن‌است بدلیل «نداشتن مهارت کافی در رانندگی»، «عدم آشنایی با جاده» و یا «شرایط نامساعد راه و محیط» باشد. بعلاوه، «شرایط نامساعد راه و محیط» را می‌توان به دو دسته «طراحی نامناسب راه» و «شرایط نامساعد سطح راه» تقسیم نمود که عوامل مربوط به هریک از این زیرسیستم‌ها در شکل ۲ نمایش داده‌شده‌است.



شکل ۳. زیرشاخه «خطا در تصمیم‌گیری»



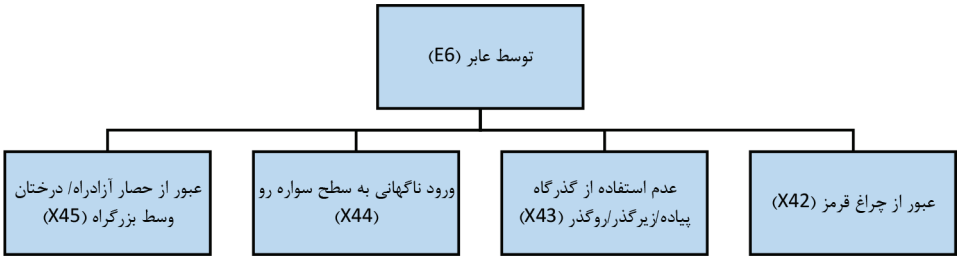
شکل ۴. زیر شاخه «عدم تبعیت راننده از قوانین ترافیکی»

از سوی دیگر، خطا در تصمیم‌گیری (شکل۳) زمانی رخ می‌دهد که عامل انسانی (راننده یا عابر) بدلیل نامناسب بودن شرایط، تصمیم نادرستی اتخاذ کرده و موجب وقوع تصادف شود.

بدلیل در دسترس نبودن اطلاعات مربوط به خطای تصمیم‌گیری عابر پیاده، در این زیرشاخه، تنها راننده خودرو بعنوان عامل انسانی درنظرگرفته شده‌است.

خطای راننده در تصمیم‌گیری، ممکن‌است بدلیل خطا در برآورد فاصله خودرو تا عابر و یا بدلیل تاخیر در رویت اتفاق بیفتد. بعلاوه، «تاخیر در رویت» می‌تواند به‌علت «وجود مانع دید» و یا «ناکافی بودن روشنایی معبر» باشد. همچنین، «وضعیت نامساعد آب‌وهوا»، «وجود مانع فیزیکی» و نیز «هندسه نامناسب راه»، می‌توانند از موانع دید باشند.

در حالتی که راننده خودرو از قوانین ترافیکی تبعیت نکرده‌باشد؛ سطوح بعدی رویدادها ممکن‌است بدلیل «خطا در رفتار راننده»



شکل ۵. زیرشاخه «عدم تبعیت عابر از قوانین ترافیکی»

جدول ۱ احتمال منجرشدن رویدادهای اولیه به وقوع تصادف

رویداد	احتمال وقوع
عدم توجه راننده به جلو (X۲۷)	۰,۷۳۲
حرکت با دنده عقب (X۳۵)	۰,۰۴۴
عدم دید مناسب بدلیل وجود خودرو درحال حرکت (X۲۳)	۰,۰۴۲
عدم مهارت راننده در کنترل خودرو (X۳۲)	۰,۰۳۵
عدم رعایت حق تقدم (X۲۶)	۰,۰۱۸
تجاوز از سرعت مناسب با توجه به شرایط محیطی (X۲۸)	۰,۰۱۸
نداشتن مهارت کافی در رانندگی (X۱)	۰,۰۱۲
عدم رعایت فاصله طولی/عرضی کافی با سایر خودروها (X۲۵)	۰,۰۰۹
تجاوز از سرعت مجاز (X۲۹)	۰,۰۰۹
حرکت در جهت مخالف (X۳۴)	۰,۰۰۷
نقص سیستم ترمز خودرو (X۱۰)	۰,۰۰۷
خستگی و خواب‌آلودگی راننده (X۳۹)	۰,۰۰۷
عدم استفاده عابر از گذرگاه /زیرگذر/روگذر عابر (X۴۳)	۰,۰۰۶
عدم دید مناسب بدلیل وجود درخت (X۲۰)	۰,۰۰۶
عدم دید مناسب بدلیل وجود خودرو متوقف (X۲۲)	۰,۰۰۶
عدم دید مناسب بدلیل هندسه نامناسب راه (X۲۴)	۰,۰۰۴
تاخیر در رویت بدلیل ناکافی بودن روشنایی معبر (X۱۶)	۰,۰۰۴

و یا «نقص راننده» باشد. زیرشاخه‌های هریک از این رویدادها در شکل ۴ نمایش داده‌شده‌است.

در نهایت، برای حالتی که عابرپیاده از قوانین ترافیکی تبعیت نکرده‌باشد؛ زیرشاخه موردنظر براساس متغیرهای موجود در پایگاه داده تصادفات پلیس، بصورت شکل ۵ توسعه داده‌شد.

پس از ساخت درخت خطاها، با توجه به فراوانی وقوع هریک از رویدادهای اولیه در پایگاه داده‌های تصادف، می‌توان احتمالات نسبی مربوط به هریک از رویدادها را محاسبه نمود. سپس، با داشتن احتمالات نسبی رویدادهای اولیه، می‌توان احتمال تبدیل شدن این رویدادها، به رویداد نهایی را بوسیله ضرب احتمالات رویدادهای متوالی، بدست آورد.

۴– یافته‌های تحقیق

همانطور که قبلا اشاره‌شد، از طریق تحلیل درخت خطاها و با در نظرگرفتن فراوانی هریک از رویدادهای نمایش داده‌شده در درخت خطاها، محتمل‌ترین رویدادهایی که ممکن‌است منجر

به وقوع تصادف عابرپیاده شود، شناسایی گردید. جدول ۱، ۱۵ مورد از بحرانی‌ترین رویدادهایی که ممکن‌است منجر به وقوع تصادف عابر پیاده در کشور ایران شود را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، رویدادی که بیشترین احتمال منجرشدن به تصادف را به خود اختصاص داده‌است؛ «عدم توجه راننده به جلو» با احتمال ۰،۷۳ می‌باشد. این موضوع در برخی از مطالعات پیشین در سایر کشورها نیز مشاهده شده‌است. برای مثال، نتایج مطالعه انجام‌شده توسط نیل و همکاران، نشان داد که در ۷۸٪ از تصادفات، بی‌توجهی راننده جزو عوامل تاثیرگذار در وقوع تصادف بوده‌است[۱۱].

حرکت با دنده عقب و حرکت در خلاف جهت جریان ترافیک نیز از جمله مواردی است که موجب غافلگیری عابرین پیاده و وقوع تصادف می‌شود. عدم دید مناسب بدلیل وجود موانع دید، از دیگر مواردی است که می‌تواند احتمال وقوع تصادف را افزایش دهد. همچنین، ناکافی بودن مهارت راننده در رانندگی و کنترل خودرو از جمله موارد شناسایی‌شده در این زمینه می‌باشد. به‌علاوه، به‌نظر می‌رسد عدم رعایت فاصله طولی یا عرضی کافی با سایر خودروها موجب صلب امکان انجام مانور به‌موقع از راننده برای جلوگیری از وقوع تصادف شده و از جمله مواردی‌است که تاثیر بسزایی در وقوع تصادفات داشته‌است.

۵- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با استفاده از متغیرهای نقص عامل انسانی، نقص خودرو، نقص راه، موانع دید، علت واسط تصادف و علت تامه مربوط به عابر و راننده، تلاش‌شد رویدادهایی که در وقوع تصادفات عابرین پیاده بیشترین دخالت را دارند، شناسایی شوند. در این‌راستا و به منظور شناخت بهتر رابطه میان حوادث اولیه(عوامل دخیل در تصادف) و حادثه نهایی(تصادف عابرپیاده)، مکانیسم وقوع تصادف عابرپیاده با استفاده از تکنیک درخت خطاها مدل‌سازی شد. درمرحله بعد، با استفاده از داده‌های تصادفات، احتمال وقوع هریک از رویدادهای اولیه در درخت خطاها، تعیین گردید. سپس مهم‌ترین رویدادهایی که منجر به تصادف خودرو با عابر شده، شناسایی گردید. براساس نتایج به‌دست آمده، به‌نظر می‌رسد اقدامات زیر می‌تواند به کاهش احتمال وقوع تصادفات ترافیکی کمک کند.

- استفاده از رسانه‌های گروهی و شبکه‌های اجتماعی مجازی برای
  - افزایش آگاهی رانندگان نسبت به تاثیر عدم‌توجه به جلو در وقوع تصادف با عابرین پیاده
  - افزایش آگاهی رانندگان درمورد خطرات بالقوه حرکت با دنده عقب و یا حرکت برخلاف جهت جریان ترافیک در غافلگیری عابرین پیاده و وقوع تصادف.
  - افزایش آگاهی‌های عمومی در مورد شرایطی که منجر به کاهش دید راننده نسبت به عابرین پیاده می‌شود(مثلا، وجود درخت و یا خودروی پارک‌شده در حاشیه خیابان). بدین ترتیب، می‌توان انتظار داشت که هم رانندگان و هم عابرین پیاده در شرایط وجود موانع دید، در هنگام تردد توجه بیشتری به ترافیک عبوری داشته‌باشند.
- افزایش جریمه‌های مربوط به استفاده از وسایل ارتباطی مانند تلفن‌همراه در حین رانندگی که موجب کاهش توجه راننده می‌شود.
- توسعه و تشدید قوانین مربوط به اخذ و تمدید گواهینامه رانندگی به منظور اطمینان از کافی بودن مهارت رانندگی و توانایی راننده در کنترل خودرو.

در پایان می‌توان گفت شناسایی مکانیسم وقوع تصادف با استفاده از روش درخت خطاها می‌تواند در گام اول به ارائه یک تصویر جامع از فرآیند و توالی رویدادهای اولیه‌ای که منجر به وقوع حادثه نهایی (تصادف) می‌گردد، کمک کند. همچنین، به کمک تحلیل درخت خطاها، می‌توان رویدادهای اولیه‌ای که تاثیر بیشتری در وقوع تصادف دارند را شناسایی کرده و با انجام اقدامات مناسب برای رفع نقاط ضعف موجود در سیستم، احتمال وقوع حادثه نهایی را بطور قابل توجهی کاهش داد.

منابع

1. Han, C., et al. Analysis on High-speed Train Collision Based on Fault Tree. in CICTP 2014@ sSafe, Smart, and Sustainable Multimodal Transportation Systems. 2014. ASCE.
2. Vesely, W.E., et al., Fault tree handbook. 1981, DTIC Document.
3. Joshua, S.C. and N.J. Garber, A Causal Analysis of Large Vehicle Accidents Through Fault-Tree Analysis. Risk Analysis, 1992. 12(2): p. 173-188.

Safety Science, 2010. 48(10): p. 1248-1262.

8. Chi, C.-F., S.-Z. Lin, and R.S. Dewi, Graphical fault tree analysis for fatal falls in the construction industry. Accident Analysis & Prevention, 2014. 72: p. 359-369.
9. Peng, Z., et al., Risk assessment of railway transportation systems using timed fault trees. Quality and Reliability Engineering International, 2014.
10. Luo, Y., Y. Cao, and X. Mu, Risk Analysis and Control of Land Transport of Hazardous Chemicals Based on Fault Tree, in LISS 2013. 2015, Springer. p. 573-577.
11. Neale, V.L., et al., An overview of the 100-car naturalistic study and findings. National Highway Traffic Safety Administration, Paper, 2005(05-0400).
4. Kuzminski, P., et al., Improvement of Highway Safety I: Identification of Causal Factors Through Fault-Tree Modeling1. Risk analysis, 1995. 15(3): p. 293-312.
5. Chen, H., L. Cao, and D.B. Logan, An innovative method for categorising the contributing factors to intersection crashes using fault tree modelling. International Journal of Crashworthiness, 2012. 17(2): p. 125-139.
6. Doytchev, D.E. and G. Szwillus, Combining task analysis and fault tree analysis for accident and incident analysis: a case study from Bulgaria. Accident Analysis & Prevention, 2009. 41(6): p. 1172-1179.
7. Wang, W., et al., Incident tree model and incident tree analysis method for quantified risk assessment: an in-depth accident study in traffic operation.

Analysis of pedestrian crashes in Iran using fault tree technique

Ali Tavakoli Kashani[1], Mohammad Mehdi Besharati[2], Mohammad Hadi Besharati[3]

1- Assistant Professor of civil engineering, School of civil engineering, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran,

2- PHD student in transportation engineering, School of civil engineering, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran,

3- B.Sc in computer engineering, Azad University of Arsanjan

Abstract

Pedestrians comprise the most vulnerable road users. The aim of this paper is to present a comprehensive view over the mechanism related to pedestrian crashes and identify the most important events that contribute to crash occurrence. In the current study, the data related to 94123 pedestrian-involved crashes occurred in Iran during 2009 through 2012 were explored and the Fault tree technique was employed as the analysis tool. Using the crash data, the probabilities for different basic events in the fault tree were assessed. Then, the most likely events leading to pedestrian crashes were identified.

Based on the results, some of the most important events that had led to pedestrian crashes were “driver inattention”, “backing”, "vision obscured by moving vehicles”, “right of way violation” and “driver failure to control the vehicle”. Finally, based on the most significant contributory factors identified, several precautionary measures were suggested to reduce the pedestrian crash risk. Results indicate that the fault tree analysis could be used as an appropriate tool for identifying the most significant contributory factors that lead to crash occurrence.

Key words: pedestrian crash, human factors, roadway factors, fault tree analysis.