



## ارائه مدلی پویا از عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت

محسن شفیعی نیک‌آبادی<sup>۱\*</sup>، امیر حکاکی<sup>۲</sup>

گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، shafiei@semnan.ac.ir

گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، a.hakaki@semnan.ac.ir

### چکیده

ایران در رتبه سوم بیشترین میزان مرگ و میر تصادفات ترافیکی در سطح جهان قرار دارد و عوامل انسانی با سهم تجمعی ۹۰٪ به عنوان یکی از مهمترین دلایل تصادفات محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش ارائه مدلی پویا از عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت می‌باشد. داده‌های لازم به منظور مطالعه عوامل انسانی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی به صورت مصاحبه باز با ۱۴ نفر از خبرگان با روش نمونه‌گیری قضاوتی و هدفمند جمع‌آوری شده است. پس از مشخص شدن روابط علی عوامل انسانی شناسایی شده با تصادفات ترافیکی مدلی پویا با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم در نرم‌افزار ونسیم طراحی گردیده است. به منظور اعتبار سنجی مدلی با استفاده از تولید مجدد رفتار سیستم از داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اداره پلیس راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ استفاده شده است و ضریب تعیین داده‌های واقعی با داده‌های حاصل از شبیه‌سازی ۰/۹۹۸ تعیین گردیده است. برای تحلیل سیاست‌های فعلی و تدوین سیاست‌های آینده مدلی در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ اجرا شده و مشخص گردید با حفظ سیاست‌های فعلی بیشترین رشد در تعداد تصادفات مربوط به نقص عضو مؤثر می‌باشد. خستگی و خواب‌آلودگی و کهولت سن در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بیشترین میزان کاهش تصادفات مربوط به عجله و شتاب بی‌مورد می‌باشد که دلیل اصلی آن کنترل مسیرها استفاده از دوربین و جریمه‌های سنگین می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** تصادفات ترافیکی، عوامل انسان، پویایی‌های سیستم، ونسیم

۱، \* - نویسنده مسئول: دکتری مدیریت صنعتی، مدیر گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سمنان

۲ - کارشناسی ارشد مدیریت کسب و کار گرایش مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی و فناوری اطلاعات، دانشگاه سمنان



## ۱. مقدمه

ترافیک یک واژه شناخته شده بین المللی است و در قوانین به مجموعه عبور و مرور وسائل نقلیه، اشخاص و حیوانات اطلاق می‌شود، همچنین سانه را هر واقعه خاص مانند تصادفات ترافیکی، خرابی خودروها، ریزش بار بر سطح جاده گویند که منجر به کاهش ظرفیت ترافیکی و یا افزایش غیرطبیعی آن شود [۱]. به طور کلی تصادفات ترافیکی هزینه‌های بسیاری را هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه بر جای می‌گذارد [۲]. هزینه‌های اقتصادی تصادفات در جهان برای اولین بار در انگلستان و سپس در ایالات متحده مورد بررسی قرار گرفت، این هزینه‌ها در ایران نیز برای اولین بار در سال ۲۰۰۱ مورد بررسی قرار گرفت که رقم آن معادل ۶۱۷۰/۶ میلیارد ریال می‌باشد [۳]. حوادث ترافیکی در سراسر دنیا به عنوان یکی از عوامل اصلی مرگ و میر شناخته می‌شود [۴]. روزانه ۱۶۰۰۰ انسان بر اثر جراحات‌های ناشی از تصادفات جان خود را از دست می‌دهند [۵]. تصادفات جاده‌ای سالانه باعث مرگ نزدیک به ۱/۲ میلیون نفر و آسیب جدی بیش از ۵۰ میلیون نفر در سراسر دنیا می‌شود [۵]، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰. پیش‌بینی می‌شود چنانچه اقدام مؤثری در جهت کاهش تصادفات ترافیکی صورت نپذیرد این آمار تا سال ۲۰۲۰ به ۱/۹ میلیون نفر افزایش یابد [۶] و به عنوان دومین علت معلولیت در کشورهای در حال توسعه و سومین علت مرگ و میر در سراسر دنیا شناخته شود [۱۱]. اگر چه آمار متوفیان تصادفات ترافیکی در ایران بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ روندی کاهشی داشته است [۱۲] اما بر اساس گزارش مؤسسه تحقیقات ترافیک دانشگاه میثیگان ایران با ۳۸ مورد مرگ به ازای هر صد هزار نفر پس از نامیبیا و تایلند در رتبه سوم بیشترین میزان مرگ و میر تصادفات ترافیکی در سطح جهان قرار دارد [۶].

حوادث ترافیکی را می‌توان پیامد وضعیتی دانست که سه عامل راننده، محیط و وسیله نقلیه در آن سهیم می‌باشند [۱۳] و در این میان عوامل انسانی با سهم تجمعی ۹۰٪ نسبت به سایر عوامل بیشترین علل تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت را به خود اختصاص می‌دهند [۵، ۱۳]. در ایران تصادفات ترافیکی با سهم ۱۴٪ از کل مرگ و میرها پس از بیماری‌های قلبی و عروقی در جایگاه دوم مهمترین دلایل مرگ و میر شناخته می‌شود [۶]. از آنجایی که عوامل انسانی به عنوان مهمترین عوامل تصادفات ترافیکی شناخته می‌شود ضرورت دارد به منظور کاهش خسارت‌های ناشی از تصادفات ترافیکی این عوامل بیش از پیش مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند. به همین منظور این پژوهش با هدف ارائه مدلی پویا از عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم<sup>۳</sup> انجام شده‌است، که به موجب آن می‌توان فعل و انفعالات پویا و غیر خطی در سیستم‌های دنیای واقعی را درک و تجزیه و تحلیل کرد و سیاست‌های جدیدی را به منظور بهبود رفتار سیستم تدوین نمود [۱۰].

## ۲. مبانی نظری پژوهش

### ۲-۱. عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی

تصادفات ترافیکی یکی از بزرگترین مشکلات سلامت عمومی در جهان است و با توجه به اینکه تعداد کاربران وسائل نقلیه و سوانح در کشور روندی صعودی دارد بررسی عوامل مؤثر بر سوانح ترافیکی ناگزیر اهمیت پیدا می‌کند [۱۴]. عواملی همچون خطای انسانی، خودروی شخصی، طراحی و ایمنی جاده‌ها، اضطراب سفر، سرعت غیرمجاز، سن راننده و خستگی به عنوان عوامل مهم وقوع

<sup>۳</sup> System Dynamics



تصادفات ترافیکی در ایران معرفی می‌شوند [۱۵]. بسیاری از حوادثی که منجر به تصادفات می‌شود ناشی از عدم رعایت قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی می‌باشد، در حقیقت عوامل انسانی یکی از مهمترین دلایل تصادفات می‌باشد که بیشتر از ۹۰٪ از دلایل تصادفات را به خود اختصاص می‌دهند [۵، ۷، ۱۴، ۱۶، ۱۷]. مرکز تحقیقات ولو<sup>۴</sup> در گزارش مربوط به تحقیقات تصادف و ایمنی اروپا در سال ۲۰۱۳ عوامل مؤثر بر تصادفات را در سه گروه عوامل انسانی، وسیله نقلیه و محیطی تقسیم‌بندی می‌نماید و تمرکز، سرعت و رانندگی خطرناک را به عنوان مهمترین عوامل انسانی برمی‌شمارد که از دلایل اصلی در ۹۰٪ تصادفات می‌باشند [۱۳]. در ایران سلمانی و همکاران [۱۷] با هدف بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی مهمترین عوامل انسانی را عدم رعایت مقررات، عدم استفاده از کمربند ایمنی، عدم آموزش کافی، تجربه، ضعف دید، مصرف الکل و مخدر، خستگی، استرس، سبقت غیر مجاز و سرعت زیاد برمی‌شمارند که با سهم تجمعی ۵۴٪ بیشترین نقش را در تصادفات ترافیکی دارند. در مطالعه‌ای مروری مربوط به مقالات سال‌های ۱۹۹۰ - ۲۰۰۹ خیرآبادی و بواله‌ری [۵] از طریق بانک داده‌های Medline و Cochrane library و برخی از مقالات فارسی با کلید واژه‌های آسیب جاده‌ای، رفتار رانندگی و عوامل مؤثر، فاکتورهای انسانی مؤثر بر تصادفات را به دو گروه کلی عواملی که وابسته به عملکرد نوروبیولوژیک انسان بوده و خارج از حیطه کنترل و مدیریت شخص در حال رانندگی است و عواملی که وابسته به زمینه‌های شخصیتی افراد بوده مانند تجربه و مهارت، مصرف الکل و مخدر و داروها، استرس، سن و خستگی تقسیم می‌کنند و بیان می‌دارند که در مدیریت ترافیک رویکرد به این مقوله نیازمند برخوردی جامع و برنامه‌های چند مرحله‌ای است که شامل آموزش‌های عمومی، آموزش‌های مبتنی بر گروه‌های هدف خاص و در مواردی محدودیت‌های قانونی برای رانندگان خاص می‌باشد. این بدان معنی است که اگر بتوان میزان تأثیر عامل انسانی را با آموزش کاهش داد و احتمال وقوع تصادفات ترافیکی نیز کاهش خواهد یافت، به طور مثال در بسیاری از کشورهای اروپایی از جمله آلمان متقاضیان دریافت گواهینامه باید ۱۲۰ ساعت تحت آموزش اجباری رانندگی قرار بگیرند در حالیکه این میزان ساعت آموزش به هیچ وجه قابل مقایسه با ۲۰ ساعت آموزش اجباری رانندگی در آموزشگاه‌های ایران نمی‌باشد [۱۵]. با این حال نمی‌توان نقش مسیر و طراحی هندسی آن و داشتن علائم هشدار دهنده و کنترل ترافیک را به عنوان دیگر عوامل مهم در وقوع تصادفات رانندگی نادیده گرفت [۱۸]. باقری خلیلی و شیخ الاسلامی [۱۹] طی پژوهشی به منظور تجزیه و تحلیل تحقیقات انجام شده در زمینه عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات، این عوامل را به چهار دسته عوامل جاده‌ای (ویژگی هندسی راه و خصوصیات جریان ترافیک)، وسایل نقلیه (توانایی وسیله نقلیه و نقص فنی قطعات)، عوامل انسانی (خصوصیات راننده، رفتار راننده و توانایی فیزیولوژیکی و روحی راننده) و عوامل محیطی (شرایط جوی) تقسیم می‌نمایند. همچنین، به منظور بررسی تصادفات ترافیکی در نیجریه آگبنکیز و همکاران [۲۰] عوامل مؤثر بر این تصادفات را در چهار گروه رانندگان (سرعت، مصرف مشروبات الکلی و مواد مخدر، رانندگی مخاطره آمیز و عدم تجربه و صلاحیت کافی)، وسایل نقلیه (طراحی خودروها، سیستم ترمز، چرخ‌ها، سیستم نور خودرو)، شرایط جاده‌ها و عوامل محیطی همچون باران و مه طبقه‌بندی نموده‌اند. در پژوهشی با استفاده از شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم کومار و اومادوی [۱۰] عوامل انسانی، جاده‌ای و محیطی را به عنوان سه عامل اساسی مؤثر بر تصادفات ترافیکی معرفی می‌نمایند که در این بین عوامل انسانی شاخص‌هایی همچون مهارت، سن، مخدرها و مصرف الکل، استرس، آموزش، سرعت، سبقت و کمربند ایمنی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین، مینامی و مدنیک [۲۱] با استفاده از تجزیه و تحلیل سیستم‌ها به منظور بهبود ایمنی ترافیک برای درک بهتر و پیش بینی حوادث مربوط به وسایل نقلیه جنگی ارتش آمریکا در عراق به طور کلی

<sup>۴</sup> Volvo



این حوادث را به دو دسته‌ی عوامل انسانی همچون استرس، آموزش و تجربه، و عوامل مربوط به ایمنی خودروها مانند پدال گاز، ترمزها، چرخ‌ها و بوق تقسیم کرده و کنترل سرعت، عدم دور زدن و تغییر مسیر (خط) ناگهانی را به عنوان عوامل اصلاحی که منجر به کاهش تصادفات می‌شود معرفی می‌نمایند. به طور کلی بازشناسی عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی اهمیت بسیاری دارد، چراکه آگاهی از این عوامل می‌تواند کمک ارزنده‌ای به سیستم حمل و نقل کرده و مهم‌تر اینکه خسارت‌های جانی و مالی ناشی از آن را کاهش دهد [۷]. در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری همچون مطالعات خادمی [۷]، پاک‌گوهر و همکاران [۱۴] و رمضان زاده لسبویی و همکاران [۱۶] به منظور شناسایی عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی انجام شده است. با توجه به مطالعات مذکور عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی اصولاً به چهار دسته عوامل انسانی، عوامل جاده‌ای، عوامل مربوط به وسیله نقلیه [۷، ۱۴، ۱۶] و عوامل محیطی [۷، ۱۶] تقسیم می‌شود. در این میان خادمی [۷] از استرس، خستگی، مصرف الکل و مخدرها، سرعت غیر مجاز، سبقت غیر مجاز، ضعف بینایی و عدم صلاحیت و تجربه کافی به عنوان مهمترین شاخص‌های عوامل انسانی نام می‌برد. بعلاوه، رمضان زاده لسبویی و همکاران [۱۶] مهمترین شاخص‌های مربوط به عوامل انسانی را نبود تمرکز ذهنی، تشخیص نادرست فاصله، نقص دید، عدم تشخیص خطر، تجربه ناکافی، ضعف تشخیص، واکنش تصمیم‌گیری نادرست، بی‌پروایی، سبقت غیر مجاز، سرعت زیاد، رفتار تهاجمی، بی‌توجهی، عدم احساس مسئولیت، پریشانی و هیجان، مسائل روانی، مصرف دارو، خستگی و مصرف نوشیدنی‌های الکلی ذکر می‌کند. پاک‌گوهر و همکاران [۱۴] با استفاده از مدل‌های رگرسیونی LR، CRT و GLM شاخص‌هایی همچون سن، خستگی، عدم رعایت قوانین و مقررات، سرعت زیاد، سبقت و مصرف مشروبات الکلی، مواد مخدر، عدم تشخیص علائم راهنمایی و رانندگی به عنوان مهمترین عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی بازشناسایی می‌نمایند.

## ۲-۲. مدلسازی پویایی‌های سیستم

مدلسازی پویایی‌های سیستم یا سیستم دینامیک توسط استاد دانشگاه MIT پروفیسور جی فارستر<sup>۵</sup> در دهه ۱۹۵۰ توسعه یافت [۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴] تا به عنوان روشی برای بررسی رفتار پویای سیستم‌ها با تاکید بر روابط میان عناصر تشکیل دهنده سیستم مورد استفاده قرار گیرد [۲۵]. مدلسازی پویایی‌های سیستم بر پایه قواعد ریاضی تئوری کنترل و دینامیک غیرخطی بنا شده و به عنوان ابزاری به منظور کمک به سیاست‌گذاران برای مقابله با مشکلات پیش‌بینی نشده در سیستم توسعه یافته است [۲۱]. برای درک بهتر ساختار سیستم‌ها وجود یک زبان مدلسازی ضروری است، در پویایی‌های سیستم به این زبان نمودارهای بازخورد یا علت و معلولی می‌گویند. نمودارهای علی و معلولی یکی از مهم‌ترین ابزارها در ترسیم ساختار بازخوردی سیستم می‌باشد. این نمودارها شامل متغیرهایی است که توسط فلش‌هایی نحوه تاثیر هریک بر دیگری نشان داده می‌شود. علامت "+" فلش نشان‌دهنده قطبیت مثبت و یا همراستایی میان متغیرها بوده و علامت "-" فلش نشان‌دهنده قطبیت منفی میان متغیرها می‌باشد [۲۶، ۲۷]. در شروع مدلسازی با استفاده از نمودارهای علی و معلولی می‌توان مدل ذهنی خود را ترسیم نمود اما این نمودارها دارای محدودیت‌هایی می‌باشند. از آنجایی که مدلسازی پویایی‌های سیستم از جنس دانش عددی و مهندسی می‌باشد از مهمترین این محدودیت‌ها عدم توانایی در نمایش ساختار موجودی (حالت) و جریان سیستم‌ها است. برای رفع این مشکل از ترسیم دیاگرام موجودی (حالت)-جریان

<sup>۵</sup> J. Forrester

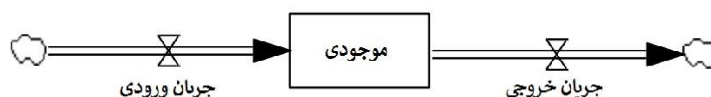


استفاده می‌شود تا قدم دیگری به معادلات ریاضی مدل نزدیک بشویم. جدول ۱ سمبل‌های مورد استفاده در ترسیم نمودارهای موجودی-جریان را نشان می‌دهد.

جدول ۱. سمبل‌های مورد استفاده در ترسیم نمودارهای موجودی-جریان [۱۰]

نام	نماد	شرح
موجودی		موجودی‌ها برای نمایش هر چیزی (مواد یا اطلاعات) که تجمع می‌یابد استفاده می‌شود
جریان		جریان یا نرخ نشان دهنده فعالیت‌هایی است که باعث کاهش یا افزایش موجودی می‌شود.
چشمه/چاه		چشمه، منبع جریان و چاه مقصد جریان بوده و زمانی به کار می‌رود که علاقه‌ای برای دنبال کردن جریان وجود ندارد
اتصال دهنده‌ها		اتصال دهنده‌ها برای ایجاد رابطه و انتقال اطلاعات میان متغیرها استفاده می‌شود
پارامتر		عدد ثابتی است که به صورت ثابت در هر مرحله زمانی بر سیستم اثر می‌گذارد

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود موجودی‌ها بیانگر تجمع بوده و با مستطیل نشان داده می‌شوند، همچنین جریان ورودی و جریان خروجی یک متغیر موجودی به وسیله فلش‌هایی نشان داده می‌شوند که به منظور تنظیم نرخ جریان شیرهایی بر روی آنها قرار دارد [۲۴]. شایان ذکر است متغیرهای موجودی تنها از طریق تغییر متغیرهای جریان تغییر می‌کنند [۲۸، ۲۹]. شکل ۱ ترکیب نمادین متغیرهای موجودی، جریان ورودی و جریان خروجی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. ترکیب نمادین متغیرهای موجودی، جریان ورودی و جریان خروجی [۲۹]

در ریاضیات مدل‌سازی پویایی‌های سیستم از متغیر موجودی (حالت) به عنوان "انتگرال" و به از متغیر جریان به عنوان "نرخ" و "مشق" یاد می‌شود. فرمول ۱ مقدار موجودی را پس از گذشت زمان  $t$  نشان می‌دهد [۲۴].

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - Outflow(s)]ds + Stock(t_0) \quad (1)$$

همچنین میزان تغییرات متغیر حالت یا موجودی در واحد زمان مطابق با فرمول ۲ برابر با خالص تغییر متغیر موجودی یا اختلاف نرخ جریان ورودی با جریان خروجی است [۲۹، ۳۰].

$$d(stock)/dt = Inflow(t) - Outflow(t) \quad (2)$$



### ۳. روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از منظر هدف کاربردی می‌باشد چرا که مدل ارائه شده در این پژوهش به شناخت رفتار سیستم، توصیف و تحلیل روابط میان متغیرهای شناسایی شده می‌پردازد تا بتوان با استفاده از آن سیاست‌های جدیدی را به منظور بهبود رفتار سیستم تدوین نمود. همچنین، این پژوهش از لحاظ متغیر کمی بوده و از دید ماهیت و روش در دسته پژوهش‌های توصیفی-تحلیلی قرار می‌گیرد. همانطور که در شکل ۲ قابل مشاهده است مراحل انجام این پژوهش شامل شش مرحله می‌شود.



شکل ۲. مراحل انجام پژوهش

### ۴. مفهوم سازی سیستم

مفهوم سازی سیستم، شامل تعیین مرز مدل با توجه به اهداف تعیین شده می‌باشد [۳۱]. در مدلسازی پویایی‌های سیستم مرز سیستم با توجه به تعریفی که از مسئله صورت گرفته است مشخص می‌کند چه متغیرهایی بر رفتار سیستم تأثیر دارند. برای انجام این مهم پس از مطالعات کتابخانه‌ای و شناسایی اولیه عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی از مطالعات میدانی به منظور استخراج،





جرح و تعدیل متغیرهای نهایی استفاده شده است. در این مرحله به منظور جمع‌آوری داده‌ها از ابزار مصاحبه باز با خبرگان به منظور تعیین متغیرهای نهایی یا همان مرز سیستم استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش در این مرحله شامل مجموعه‌ای از خبرگان و کارشناسان می‌باشد که یکی از سه شرط ذیل را در کنار شروطی چون بی‌طرفی خبرگان، داشتن علاقه و اطلاعات کافی برای پاسخگویی برخوردار باشند و نمونه‌های آماری به صورت قضاوتی و هدفمند انتخاب می‌شوند.

- ۱- دارا بودن حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد مرتبط با حوزه‌های ترافیکی و راه‌سازی
- ۲- برخورداری از حداقل ده سال سابقه کاری مرتبط با حوزه‌های ترافیکی
- ۳- کارشناسان و متخصصین تصادفات ترافیکی پلیس راهنمایی و رانندگی

از میان واجدین شرایط با ۱۴ نفر نمونه آماری مصاحبه باز انجام شده است. جدول ۲ وضعیت جمعیت شناختی نمونه آماری را در این مرحله نشان می‌دهد.

جدول ۲. وضعیت جمعیت شناختی نمونه آماری در مرحله مفهوم سازی سیستم

مشخصات توصیفی	فراوانی	درصد توزیع
تحصیلات	کارشناسی ارشد	۵۷
	دکتری	۴۳
سابقه کار	۱۰-۱۵ سال	۷۹
	بالاتر از ۱۵ سال	۲۱

در نهایت، متغیرهای نهایی به منظور مرزبندی مدل عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت بر اساس مبانی نظری پژوهش و نظرات خبرگان با استفاده از ابزار مصاحبه باز مطابق با جدول ۳ تعیین می‌گردد.

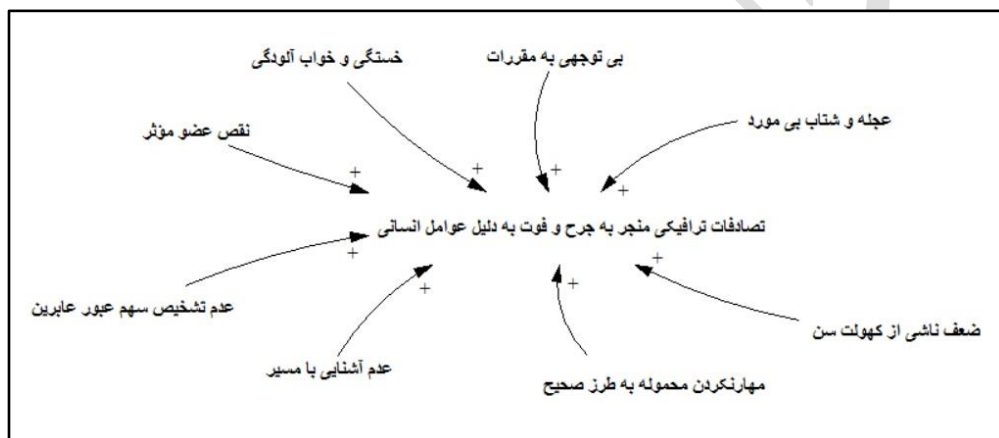
جدول ۳. عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت

عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت	
آگنیکیز و همکاران (۲۰۱۳)	خستگی و خواب آلودگی
مرکز تحقیقات ولوو (۲۰۱۳)	نقص عضو مؤثر
کومار و اومادوی (۲۰۱۱)	بی توجهی به مقررات
خادمی (۱۳۹۲)	عجله و شتاب بی مورد
خیرآبادی و بوالهیری (۱۳۹۱)	عدم تشخیص سهم عبور عابرین
باقری و همکاران (۱۳۹۰)	عدم آشنایی با مسیر
امینی (۱۳۹۰)	ضعف ناشی از کهولت سن
باقری و شیخ الاسلامی (۱۳۹۰)	مهار نکردن محموله به طرز صحیح
مینامی و مدنیک (۲۰۱۰)	
رمضان زاده لسبویی و همکاران (۱۳۸۸)	
پاک‌گوهر و همکاران (۱۳۸۸)	
سلمانی و همکاران (۱۳۸۷)	



## ۵. صورت بندی مدل

نمودارهای علی، ابزاری مهم برای نشان دادن روابط میان متغیرها [۳۲] به منظور مدل‌سازی رفتارهای پویای سیستم می‌باشد [۳۱]. از ویژگی‌های بارز این نمودارها، سادگی و فهم پذیری آنها است. در مرحله مفهوم‌سازی سیستم مطابق با جدول ۳ متغیرهای مدل عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت مشخص گردید. در این مرحله روابط علی میان این متغیرها بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی پژوهش ترسیم شده و با استفاده از نظرات خبرگان و ارائه پیشنهادات، پس رفع نقص‌ها به تأیید رسیده است. شکل ۳ روابط علت و معلولی میان عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت را نشان می‌دهد.



شکل ۳. روابط علت و معلولی میان عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت

همانطور که در مدل علی پژوهش (شکل ۳) مشاهده می‌شود تمامی شاخص‌ها دارای رابطه علی مثبت یا مستقیم با تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت به دلیل عوامل انسانی می‌باشند. این بدان معنا است که با افزایش یا کاهش هر یک از عوامل میزان تصادفات ترافیکی به نسبت افزایش یا کاهش می‌یابد.

## ۶. مدل‌سازی پویایی‌های سیستم (سیستم داینامیک)

در این گام از پژوهش نمودار علت و معلولی به منظور هرچه نزدیک‌تر شدن به روابط ریاضی حاکم میان متغیرها با تعریف متغیرهای سطح و نرخ به دیگرام موجودی - جریان تبدیل می‌شود تا بدین ترتیب علاوه بر محاسبات عددی و ریاضی، درک بهتری از مدل حاصل شود. جدول ۴ لیستی از نوع و علامت اختصاری متغیرهای مدل داینامیک موجودی-جریان را بر اساس عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی نشان می‌دهد.





جدول ۴. نوع و علامت اختصاری متغیرهای مدل دینامیک موجودی-جریان

عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات		نوع متغیر		علامت اختصاری		عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات	
خستگی و خواب آلودگی	موجودی	T	عدم تشخیص سهم عبور عابرین	PA	موجودی		
	جریان	T-in		جریان	PA-in		جریان
	ثابت	T-rate		ثابت	PA-rate		ثابت
نقص عضو مؤثر	موجودی	D	عدم آشنایی با مسیر	R	موجودی		
	جریان	D-in		جریان	R-in		جریان
	ثابت	D-rate		ثابت	R-rate		ثابت
بی توجهی به مقررات	موجودی	NR	ضعف ناشی از کهولت سن	WA	موجودی		
	جریان	NR-in		جریان	WA-in		جریان
	ثابت	NR-rate		ثابت	WA-rate		ثابت
عجله و شتاب بی‌مورد	موجودی	H	مهار نکردن محموله به طرز صحیح	C	موجودی		
	جریان	H-in		جریان	C-in		جریان
	ثابت	H-rate		ثابت	C-rate		ثابت
هدف مسئله			نوع متغیر		علامت اختصاری		
کل تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت به دلیل عوامل انسانی			موجودی	Killed & Injured			
			جریان	K&I-in			
			جریان	K&I-out			

مطابق با جدول ۴ هر یک از عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت در مدل دینامیک موجودی-جریان دارای سه متغیر می‌باشد. به منظور مشاهده افزایش یا کاهش تعداد تصادفات در هر گام زمانی برای هر یک از عوامل یک متغیر موجودی یا حالت در نظر گرفته می‌شود تا بتوان پس از اجرای مدل رفتار هر یک از عوامل را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار داد. همچنین هر یک از عوامل یک متغیر ثابت به خود اختصاص می‌دهند که در حقیقت یک عدد ثابت می‌باشد. چنانچه این عدد مثبت باشد به معنی آن است که ضریب فزاینده بوده و تعداد تصادفات به دلیل عامل مورد نظر در گام‌های زمانی پیش رو افزایش می‌یابد. اما چنانچه ضریب منفی باشد به معنی آن است که ضریب کاهنده بوده و میزان تصادفات در گام‌های زمانی پیش رو کاهش می‌یابد. جریان ورودی هر یک از عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی خالص ورودی (میزان افزایش یا کاهش) به متغیر موجودی آن را در هر گام زمانی نشان می‌دهد که مطابق با فرمول ۳ از حاصلضرب متغیر موجودی در متغیر ثابت هر یک از عوامل بدست می‌آید. نتیجه این حاصلضرب مقدار خالصی که باید به متغیر موجودی اضافه و یا از آن کم شود را نشان می‌دهد.

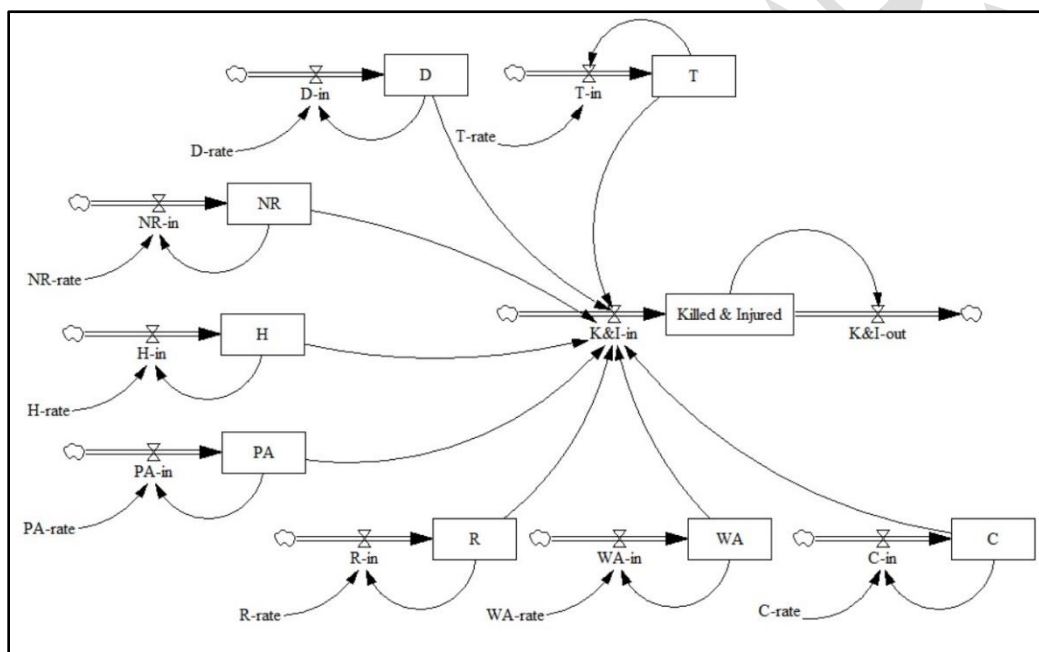
$$(۳) \quad \text{متغیر موجودی عامل مورد نظر} \times \text{ضریب فزاینده یا کاهنده عامل مورد نظر} = \text{جریان ورودی هر یک از عوامل}$$

لازم به ذکر است متغیر موجودی Killed & Injured که به عنوان هدف مدل شناخته می‌شود، نشان دهنده میزان کل تصادفات ترافیکی به دلیل عوامل انسانی در هر گام زمانی می‌باشد. جریان ورودی این متغیر (K&I-in) تعداد کل تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت به دلیل عوامل انسانی را در هر گام زمانی نشان می‌دهد و مطابق با فرمول ۴ از مجموع متغیرهای موجودی هر یک از عوامل بدست می‌آید.



$$K\&I-in = T + D + NR + H + PA + R + WA + C \quad (4)$$

برای آن که متغیر موجودی Killed & Injured تنها حالت تجمعی نداشته باشد و بتواند میزان کل تصادفات را در هر گام زمانی نشان دهد جریان خروجی (K&I-out) با متغیر موجودی Killed & Injured برابر قرار داده می‌شود تا در گام‌های زمانی بعدی پس از کسر جریان خروجی (K&I-out) از جریان ورودی (K&I-in) میزان افزایش یا کاهش کل تصادفات ترافیکی قابل محاسبه باشد. شکل ۴ دیاگرام موجودی-جریان عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت ترسیم شده در نرم‌افزار ونسیم<sup>۶</sup> را نشان می‌دهد.



شکل ۴. دیاگرام موجودی-جریان عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت

## ۷. شبیه‌سازی و اعتبارسنجی مدل

به منظور استفاده کاربردی از مدلسازی بر مبنای پویایی‌های سیستم، پی از طراحی اولیه مدل بایستی تعیین اعتبار گردد [۳۳]. به منظور بررسی صحت و تعیین اعتبار مدل آزمون‌های گوناگونی وجود دارد، از جمله این آزمون‌ها می‌توان به آزمون تولید مجدد رفتار سیستم اشاره کرد [۳۱] که بر اساس اطلاعات تاریخی گذشته سیستم به کار می‌رود [۳۰]. برای انجام این مهم آمار تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت به دلیل عوامل انسانی در شهر تهران طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ از اداره پلیس راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ واحد تصادفات استعلام گردیده و مورد مطالعه قرار داده شده است. از داده‌های سال ۱۳۹۴ به عنوان

<sup>۶</sup> Vensim



ورودی‌های اولیه مدل استفاده می‌شود. پس از اجرای مدل، نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی با داده‌های واقعی در سال ۱۳۹۵ مطابق با جدول ۵ مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

جدول ۵. مقایسه داده‌های واقعی اداره پلیس راهنمایی رانندگی تهران بزرگ با داده‌های حاصل از شبیه‌سازی

شاخص	داده‌های واقعی ۱۳۹۴	داده‌های واقعی ۱۳۹۵	نتایج شبیه‌سازی ۱۳۹۵
خستگی و خواب آلودگی	۶۵	۸۱	۸۱/۲۵
نقص عضو مؤثر	۶	۱۱	۱۰/۹۸
بی توجهی به مقررات	۸۸۷	۸۳۲	۸۳۳/۷۸
عجله و شتاب بی مورد	۱۵۷۳۳	۱۵۰۵۵	۱۵۱۰۳/۷
عدم تشخیص سهم عبور عابرین	۲۱۰	۱۴۸	۱۴۹/۱
عدم آشنایی با مسیر	۴۸	۴۳	۴۳/۲
ضعف ناشی از کهولت سن	۵	۷	۷
مهار نکردن محموله به طرز صحیح	۱۸	۱۷	۱۶/۹۲
مجموع تصادفات	۱۶۹۷۲	۱۶۱۹۴	۱۶۲۴۵/۹۳

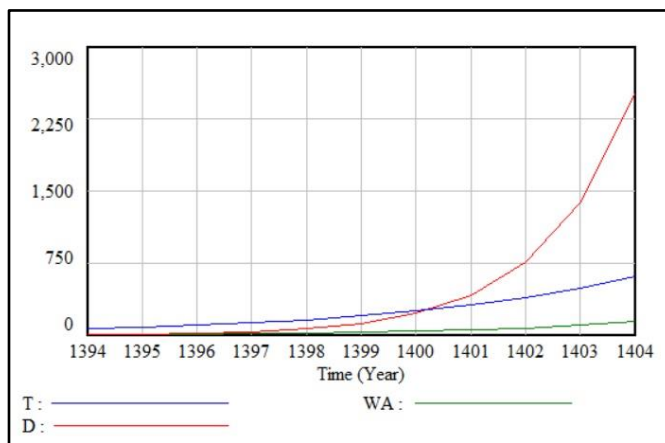
در این پژوهش به منظور نشان دادن نزدیکی نتایج حاصل از شبیه‌سازی با داده‌های واقعی از ضریب تعیین استفاده شده است. برای محاسبه ضریب تعیین ( $R^2$ ) با استفاده از نرم‌افزار SPSS ضریب همبستگی<sup>۷</sup> این دو مجموعه از داده‌ها به وسیله آزمون اسپیرمن<sup>۸</sup> ۰/۹۹۹ محاسبه شده و بر همین اساس مقدار ضریب تعیین ۰/۹۹۸ محاسبه می‌شود. این شاخص نشان می‌دهد که مدل در بازتولید داده‌ها موفق بوده و اعتبار مدل به تأیید می‌رسد.

## ۸. تحلیل سیاست‌ها

در بیشتر موارد هدف از مدلسازی پویایی‌های سیستم تحلیل اثرگذاری سیاست‌های مختلف بر رفتار سیستم و عوامل تشکیل دهنده آن می‌باشد تا با استفاده از آن بتوان سیاست‌های مناسبی را که منجر به بهبود رفتار سیستم می‌شود شناسایی نمود [۳۱]. به همین منظور مدل در بازه زمانی ده سال بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ با استفاده از داده‌های تحلیل شده مربوط به تصادفات ترافیکی شهر تهران اجرا می‌شود. در این مرحله فرض بر این است که سیاست‌های فعلی تغییری نکنند تا بتوان با استفاده از مشاهده رفتار سیستم در ده سال آینده علاوه بر تحلیل اثر سیاست‌های موجود اقدامات لازم را در جهت بهبود رفتار سیستم پیش‌بینی نمود. بر اساس نتایج بدست آمده پس از اجرای مدل، در میان عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت خستگی و خواب آلودگی، نقص عضو مؤثر و ضعف ناشی از کهولت سن مطابق با شکل ۵ به عنوان آن دسته از عوامل انسانی هستند که با حفظ سیاست‌های موجود تا سال ۱۴۰۴ روندی صعودی در افزایش تصادفات ترافیکی خواهند داشت.

<sup>۷</sup> Correlation Coefficient

<sup>۸</sup> Spearman

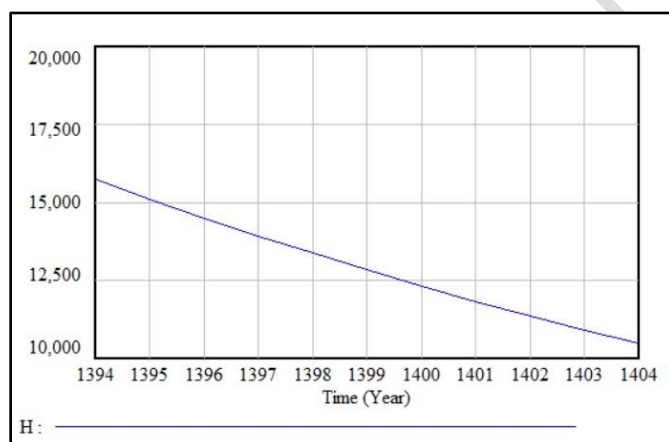


شکل ۵. نتایج شبیه‌سازی مدل از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۴۰۴ برای عوامل انسانی با روند صعودی

همانطور که شکل ۵ نشان می‌دهد از میان عوامل مذکور نقص عضو مؤثر دارای بیشترین رشد می‌باشد. تعداد تصادفات ترافیکی به دلیل این عامل در سال ۱۴۰۴ به ۲۵۲۷ مورد خواهد رسید که این تعداد حاکی از رشدی به میزان ۲۵۲۱ واحد می‌باشد. خستگی و خواب‌آلودگی با تعداد ۶۰۵ تصادف و رشد ۵۴۰ واحدی و ضعف ناشی از کپه‌ل‌ت سن با تعداد ۱۴۵ تصادف و رشد ۱۴۰ واحدی به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند. در چرخه‌ی رفتار مشاهده شده به وسیله خبرگان مشخص شد هر سه عامل مذکور تا حد قابل توجهی خارج از کنترل قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی می‌باشند. این بدان معنی است که قوانین و اقدامات مشخصی برای جلوگیری از تصادفات ترافیکی به دلیل این عوامل تدوین و اجرا نشده است. از سوی دیگر برخی از این عوامل غیرقابل قانون‌گذاری می‌باشند به طور مثال امکان تدوین قانون در رابطه با رانندگی در حالت خستگی و خواب‌آلودگی وجود ندارد. نتیجتاً برای مقابله با افزایش این عوامل بیشترین تمرکز باید بر روی برنامه‌های فرهنگی و آموزشی باشد. نتایج حاصل از نقص عضو مؤثر نشان می‌دهد که این عامل بیش از بیش نیازمند توجه و بررسی می‌باشد. اقداماتی مانند انجام معاینات تکمیلی به هنگام صدور گواهینامه در جهت تأیید مهارت‌های شخصی که دارای نقص عضو می‌باشد، بهبود مسائل فنی خودرو متناسب با افرادی که دارای معلولیت هستند، ایجاد مسیرهای ویژه و یا راه‌اندازی امکانات شهری خاص برای معلولان از جمله سیاست‌هایی می‌باشد که می‌تواند رفتار این عامل را در این سیستم بهبود بخشد و منجر به کاهش تعداد تصادفات ترافیکی به دلیل این عامل شود. همانطور که بیان شده است در رابطه با خستگی و خواب‌آلودگی امکان تدوین و اعمال قوانین راهنمایی و رانندگی وجود ندارد اما می‌توان با افزایش برنامه‌های آموزشی و فرهنگی در جهت فرهنگ‌سازی ترافیکی رفتار این شاخص از سیستم را در آینده بهبود بخشید. از جمله فعالیت‌هایی که در سال‌های اخیر برای کاهش تصادفات به دلیل این عامل انجام شده است می‌توان به ساخت پیام‌های تبلیغاتی، و کلاس‌های آموزشی برای نوجوانان تحت عنوان همیاران پلیس اشاره نمود. بعلاوه، از آنجایی که برای کاهش تصادفات ترافیکی به دلیل ضعف ناشی از کپه‌ل‌ت سن قوانین و جرمه‌های مشخصی در نظر گرفته نشده است لغو مجوز رانندگی برای افراد با سن بالا، در نظر گرفتن مرزهای سنی مشخصی به منظور آزمون مجدد رانندگی، ابطال گواهینامه برای افراد با سنین بالا که امکان استفاده از وسیله نقلیه را ندارد و تدوین جرمه‌های سختگیرانه برای ناقضین این قوانین از جمله سیاست‌هایی است که می‌تواند منجر به بهبود رفتار این شاخص و کاهش

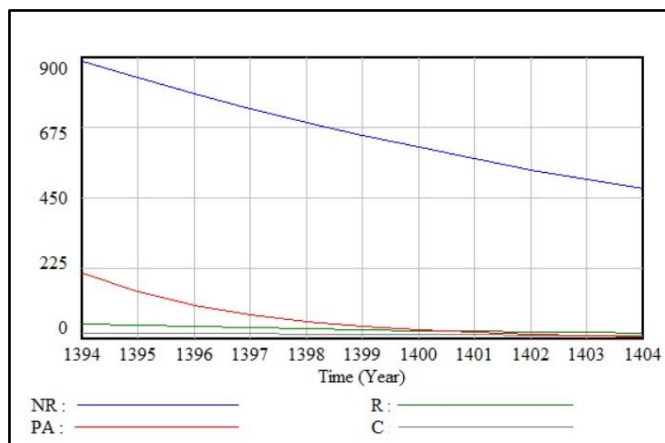


تعداد تصادفات به دلیل کهولت سن شود. نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد چنانچه بتوان ضریب شاخص کهولت سن را با استفاده از سیاست‌های کاهش ۵۰٪ کاهش داد میزان تصادفات در سال ۱۴۰۴ به دلیل این عامل بین ۷۰٪ الی ۸۰٪ کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی مدل بر اساس داده‌های مربوط به تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت شهر تهران بی‌توجهی به مقررات، عجله و شتاب بی‌مورد، عدم تشخیص سهم عبور عابرین عدم آشنایی با مسیر و مهار نکردن محموله به طرز صحیح تا سال ۱۴۰۴ دارای روندی کاهشی می‌باشند. مطابق با شکل ۶ اگرچه عجله و شتاب بی‌مورد دارای بیشترین کاهش به میزان ۵۲۷۳ واحد می‌باشد اما با تعداد ۱۰۴۶۰ مورد تصادفات ترافیکی به دلیل عجله و شتاب بی‌مورد در سال ۱۴۰۴ بیشترین میزان تصادفات را همانند سال ۱۳۹۴ به خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۶. نتیجه شبیه‌سازی مدل از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۴۰۴ برای عامل عجله و شتاب بی‌مورد

همچنین همانطور که در شکل ۷ می‌توان مشاهده نمود سایر عوامل انسانی که عبارتند از بی‌توجهی به مقررات، عدم تشخیص سهم عبور عابرین، عدم آشنایی با مسیر و مهار نکردن محموله به طرز صحیح به ترتیب با ۴۰۹، ۲۰۳، ۳۱ و ۸ واحد کاهش در رتبه‌های بعدی کاهش تعداد تصادفات ترافیکی تا سال ۱۴۰۴ قرار می‌گیرند و رفتار کاهشی (نزولی) از خود نشان می‌دهند که در این میان همچنان مشابه سال ۱۳۹۴ بی‌توجهی به مقررات با ۴۷۷ مورد تصادف در سال ۱۴۰۴ بیشترین تعداد تصادفات را پس از عجله و شتاب بی‌مورد به خود اختصاص می‌دهد.

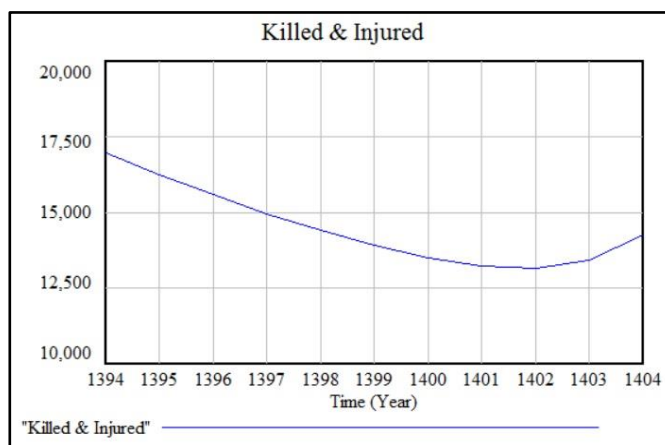


شکل ۷: نتایج شبیه‌سازی از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۴۰۴ برای سایر عوامل انسانی با روند نزولی

در تحلیل رفتار حاصل از شبیه‌سازی عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت با روند کاهشی (نزولی) به وسیله کارشناسان اعمال قوانین و مقررات سختگیرانه در چندین سال اخیر، افزایش جریمه‌های رانندگی و کنترل الکترونیکی مسیرها با استفاده از دوربین در شهر تهران به عنوان مهمترین سیاست‌های کنترلی معرفی شده است. همچنین، تشدید برخورد با متخلفین برای بهبود رفتار این عوامل توسط کارشناسان همواره توصیه می‌شود.

به طور کلی نتیجه شبیه‌سازی مدل بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ برای مجموع تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت به دلیل عوامل انسانی در شهر تهران مطابق با شکل ۸ نشان می‌دهد تعداد تصادفات از روندی کاهشی برخوردار می‌باشد. این بدان معنی است که سیاست‌های موجود در کنترل تصادفات ترافیکی به خصوص در مواردی که امکان قانون‌گذاری و اعمال قانون وجود دارد تا حد مطلوبی موفق بوده و میزان کاهش تصادفات ترافیکی در مقایسه با افزایش آن به وسیله عوامل افزایش‌دهنده بیشتر است. همچنین، مطابق با شکل ۸ از سال ۱۴۰۲ روند تعداد تصادفات با شیب کمی به صورت صعودی تغییر می‌کند. دلیل اصلی این رفتار این است که برخی از عوامل به دلیل روند کاهشی پس از گذشت زمان تعداد تصادفات مربوط به آن‌ها بسیار کم می‌شود اما در مقابل عوامل روبه رشد نه تنها به روند صعودی خود ادامه می‌دهند بلکه منجر به صعودی شدن تعداد کل تصادفات ترافیکی می‌شوند. به همین دلیل خبرگان و کارشناسان بر این موضوع تاکید دارند که مراجع تصمیم‌گیرنده و برنامه‌ریز بایستی تمرکز بیشتری را بر روی عواملی که منجر به افزایش تعداد تصادفات ترافیکی می‌شود داشته باشند چراکه نه تنها نتایج مطالعات بلکه نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد عدم توجه به عوامل افزایش‌دهنده ممکن است در کوتاه مدت باعث بهبود رفتار سیستم و کاهش تعداد تصادفات شود اما در بلند مدت باعث افزایش تعداد تصادفات ترافیکی به دلیل عوامل انسانی می‌شود.





شکل ۸. نتیجه شبیه‌سازی مدل از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۴۰۴ برای مجموع تصادفات ترافیکی به دلیل عوامل انسانی

## ۹. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پژوهش حاضر با هدف ارائه مدلی پویا از عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت با رویکرد پویایی‌های سیستم و با استفاده از نرم‌افزارهای ونسیم برای طراحی مدل و SPSS برای سنجش اعتبار مدل انجام شده است. طی این پژوهش با استفاده از آزمون تولید مجدد رفتار سیستم مشخص گردید مدل از اعتبار خوبی برخوردار می‌باشد. اگرچه مینامی و مدنیک [۲۱] در پژوهشی مدلی دینامیک را برای ارزیابی ایمنی راه‌ها و تصادفات به دلیل عوامل انسانی طراحی نموده‌اند اما شاخص‌های مدل بر اساس عوامل انسانی نیروهای نظامی و تصادفات در شرایط جنگی تحقیق شده است. این درحالی است که پژوهش حاضر تنها در شاخص‌های مانند خستگی، خواب‌آلودگی، عجله و شتاب (استرس) با آن همسو می‌باشد. از دیگر پژوهش‌های انجام شده در ایران همچون باقری و همکاران [۱۱]، خیرآبادی و بوالهری [۵]، توکلی و خانجانی [۶]، خادمی [۷]، پاک‌گوهر و همکاران [۱۴]، امینی [۱۵]، رمضان زاده لسبویی و همکاران [۱۵]، سلمانی و همکاران [۱۷]، باقری خلیلی و شیخ‌الاسلامی [۱۷]، تنها به بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی و طبقه‌بندی این عوامل پرداخته‌اند. این درحالی است که با توجه به اهمیت عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی در این پژوهش سعی بر آن بوده علاوه بر شناسایی عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی به وسیله مصاحبه باز با خبرگان مدلی پویا از این عوامل ارائه شود تا بتوان با پیش‌بینی رفتار سیستم در آینده سیاست‌های مناسبی را به منظور بهبود رفتار هر یک از این عوامل اتخاذ نمود چرا که تحقیقات نشان می‌دهد ۹۰٪ از دلایل تصادفات ترافیکی به دلیل عوامل انسانی رخ می‌دهد. در اولین گام از این پژوهش در مرحله مفهوم‌سازی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه باز با ۱۴ نفر از خبرگان مشخص گردید مهمترین عوامل انسانی مؤثر بر تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت عبارتند از خستگی و خواب‌آلودگی، نقص عضو مؤثر، بی‌توجهی به مقررات، عجله و شتاب بی‌مورد، عدم تشخیص سهم عبور عابرین، عدم آشنایی با مسیر، ضعف ناشی از کهولت سن و مهار نکردن محموله به طرز صحیح. از دیگر یافته‌های این پژوهش، بررسی رابطه علی عوامل شناسایی شده با تصادفات ترافیکی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد تمامی عوامل دارای رابطه مثبت با تصادفات ترافیکی می‌باشند. این بدان معنی است که افزایش یا کاهش تعداد تصادفات بر اثر هر یک از این عوامل منجر به افزایش یا کاهش



تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت می‌شود. نتایج بدست آمده این پژوهش درباره روابط علی عوامل انسانی با تصادفات ترافیکی با نتایج بدست آمده در پژوهش کومار و اومادوی [۱۰] همراستا می‌باشد. در آخرین مرحله از پژوهش به منظور مدل‌سازی عوامل شناسایی شده دیاگرام موجودی-جریان این عوامل ترسیم شده و با استفاده از داده‌های مربوط به تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اداره پلیس راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ اعتبار مدل سنجیده شده است. برای سنجش اعتبار مدل از شاخص ضریب تعیین استفاده شده است که مقدار آن برابر با ۰/۹۹۸ می‌باشد. پس از اجرای مدل در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ مشخص گردید نقص عضو مؤثر، خستگی و خواب آلودگی و ضعف ناشی از کپه‌ولت سن دارای روندی صعودی بوده و به ترتیب دارای بیشترین میزان افزایش در تعداد تصادفات ترافیکی به دلیل عوامل انسانی می‌باشند. در چراجویی این رفتار مشخص گردید نبود قوانین مشخص در کنترل این عوامل و گاهی عدم امکان قانون گذاری برای این عوامل از علل اصلی بروز این رفتار می‌باشد. انجام اقداماتی مانند معاینات تکمیلی به هنگام صدور گواهینامه در جهت تأیید مهارت‌های شخصی که دارای نقص عضو می‌باشد، بهبود مسائل فنی خودرو متناسب با افرادی که دارای معلولیت هستند، ایجاد مسیرهای ویژه و یا راه‌اندازی امکانات شهری خاص برای معلولان از جمله سیاست‌هایی می‌باشد که می‌تواند رفتار شاخص نقص عضو مؤثر را در آینده بهبود بخشد و منجر به کاهش تعداد تصادفات ترافیکی به دلیل این عامل شود. همچنین، برنامه‌های آموزشی و فرهنگی مانند ساخت پیام‌های تبلیغاتی و کلاس‌های آموزشی برای نوجوانان می‌تواند برای بهبود رفتار شاخص خستگی و خواب آلودگی مؤثر باشد. به منظور کاهش تصادفات ترافیکی به دلیل ضعف ناشی از کپه‌ولت سن لغو مجوز رانندگی برای افرادی با سن بالا، در نظر گرفتن مرزهای سنی مشخصی به منظور آزمون مجدد رانندگی، تدوین جریمه‌های سختگیرانه برای ناقضین این قوانین و ابطال گواهینامه برای افراد با سنین بالا از جمله سیاست‌هایی است که می‌تواند منجر به بهبود رفتار این شاخص در آینده شود. همچنین مشخص گردید عجله و شتاب بی‌مورد، بی‌توجهی به مقررات، عدم تشخیص سهم عبور عابرین، عدم آشنایی با مسیر، ضعف و مهار نکردن محموله به طرز صحیح دارای روندی نزولی بوده و به ترتیب از بیشترین میزان کاهش در تعداد تصادفات ترافیکی به دلیل عوامل انسانی برخوردار می‌باشند که نشان‌دهنده آن است سیاست‌های فعلی تا حد قابل قبولی در کنترل تصادفات ترافیکی موفق می‌باشد. در تحلیل رفتار کاهشی این عوامل به وسیله کارشناسان اعمال قوانین و مقررات سختگیرانه در چندین سال اخیر، افزایش جریمه‌های رانندگی و کنترل الکترونیکی مسیرها با استفاده از دوربین در شهر تهران به عنوان مهمترین سیاست‌های اتخاذ شده تعیین می‌گردد و تشدید برخورد با متخلفین برای بهبود رفتار این عوامل همواره توصیه می‌شود. نتیجه شبیه‌سازی برای مجموع تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت نشان می‌دهد تعداد تصادفات ترافیکی به دلیل عوامل انسانی از روندی کاهشی برخوردار می‌باشد. این بدان معنی است که سیاست‌های موجود در کنترل تصادفات ترافیکی در مواردی که امکان قانون گذاری و اعمال قانون وجود دارد تا حد مطلوبی موفق بوده است.

با توجه به محدودیت‌ها و مصاحبه‌های صورت گرفته با خبرگان برای انجام پژوهش‌های آتی می‌توان پیشنهاد نمود تا این مدل برای سایر عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی مانند عوامل مربوط به وسیله نقلیه، عوامل محیطی و عوامل مربوط به راه نیز تحقیق شود. همچنین، به دلیل وجود محدودیت‌ها در کسب اطلاعات لازم در این پژوهش تأثیر عوامل بازدارنده بر مدل در نظر گرفته نشده است، به همین منظور توصیه می‌شود تا در پژوهش‌های آتی با جمع‌آوری و بررسی اطلاعات آماری عوامل بازدارنده تصادفات ترافیکی منجر به جرح و فوت به دلیل عوامل انسانی این عوامل به مدل ارائه شده اضافه گردد. بعلاوه، از آنجایی که آگاهی از نحوه اثرگذاری عوامل تشکیل دهنده یک سیستم و بررسی رابطه علی و معلولی میان آنها درک بهتری از سیستم را ایجاد می‌نماید پیشنهاد می‌شود تا در



پژوهش‌های آتی روابط علی میان عوامل تشکیل دهنده سیستم با استفاده روش دیمتال یا دیمتال فازی مورد بررسی قرار گیرد. ارائه یک سیستم خبره فازی به منظور انتخاب بهترین سیاست‌ها با توجه به رفتار عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی از دیگر پیشنهادات ارائه شده برای پژوهش‌های آتی می‌باشد. لازم به ذکر است روش پویایی‌های سیستم را می‌توان با روش‌های کیفی مانند سیستم‌های مانا تلفیق کرد تا بر کاستی‌های این روش کمی فائق آمد.

## مراجع

- [۱] باقری، مهدی؛ نیک زاد، فیض اله؛ دیوسالار، اسداله (۱۳۹۳). بررسی عوامل مؤثر بر ترافیک شهری ساری برای کنترل تصادفات جاده‌ای، سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، زنجان.
- [2] World Health Organization (2009). **Global Status Report on Road Safety**. Geneva, Switzerland, Available at: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2009/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009/en/)
- [۳] آیتی، اسماعیل؛ قدیریان، فرامرز؛ و احمدی، محمدرضا (۱۳۸۷). محاسبه هزینه‌های آسیب به وسیله نقلیه در تصادفات جاده‌ای ایران در سال ۱۳۸۳، پژوهش‌نامه حمل و نقل، سال پنجم، شماره ۱، ۱-۱۳.
- [4] Friedmann, J., & Wolff, G. (1982). **World city formation: an agenda for research and action**. International journal of urban and regional research, Vol 6, No 3: 309-344.
- [۵] خیرآبادی، غلامرضا؛ بوالهیری، جعفر (۱۳۹۱). نقش عوامل انسانی در تصادفات جاده‌ای، تحقیقات علوم فناوری، سال ۱۰، شماره ۱، ۶۹-۷۸.
- [۶] توکلی، لیلا؛ خانجانی، نرگس (۱۳۹۵). الگوی تصادفات درون شهری با تاکید بر عوامل مؤثر در بروز آن‌ها در شهر کرمان ۱۳۹۳-۱۳۹۱، مجله ارتقاء ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، سال ۴، شماره ۲، ۱۰۱-۱۰۸.
- [۷] خادمی، فائزه السادات (۱۳۹۲). بررسی مهمترین عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان، ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲.
- [۸] ایزدی، ندا؛ نجفی، فرید؛ هاشمی نظری، سید سعید؛ سوری، حمید؛ سالاری، آرش (۱۳۹۳). سال‌های از دست رفته عمر به علت ناتوانی ناشی از سوانح ترافیکی بر حسب ماهیت آسیب در استان کرمانشاه (۱۳۸۹)، ماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، ۱۸ سال، شماره ۱۲، ۷۰۱-۷۰۸.
- [۹] زاهد، فاطمه؛ رضائی ارجودی، عبدالرضا (۱۳۸۵). برآورد هزینه خارجی بخش جاده‌ای کشور بر محیط زیست اجتماعی (با تاکید بر تصادفات جاده‌ای). فصلنامه علم و تکنولوژی محیط زیست، سال ۸، شماره ۳، ۳۵-۴۲.
- [10] Kumar, S. N., & Umadevi, G. (2011). **Application of System Dynamic Simulation Modeling in Road Safety**. Proceedings of the 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, Indiana Government Conference Center Indianapolis. September 2011, Indiana, EUA.
- [11] Andrew, D. (2004). **The world's worst traffic jams**. Time magazine, Retrieved on 10/06/2009.
- [۱۲] سازمان پزشکی قانونی کشور. (۱۳۹۵). گزارش آمار متوفیان و مصدومات حوادث رانندگی بین سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۴. تهران، قابل دسترسی در: <http://www.lmo.ir/index.aspx?fkeyid=&siteid=1&pageid=2370>
- [13] Volvo Trucks (2013), European Accident Research and Safety Report 2013. Retrieved from <http://www.volvotrucks.com>



- [۱۴] پاک گوهر، علیرضا؛ خلیلی، محدثه؛ صفارزاده، محمود. (۱۳۸۸). بررسی علل و عوامل مؤثر در کاهش تصادفات جاده‌ای ایران یا استفاده از مدل‌های رگرسیونی LR و CRT و GLM. فصلنامه دانش انتظامی، سال ۱۲، شماره ۱، ۷۷-۱۰۶.
- [۱۵] امینی، حسین (۱۳۹۰). بررسی برخی عوامل مهم وقوع تصادفات جاده‌ای در ایران با مقام نخست در تصادفات جهان، دومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، زنجان، آبان ماه ۱۳۹۰.
- [۱۶] رمضان زاده لسبویی، مهدی؛ گلین شریف دینی، جواد؛ ضیاء نوشین، محمدمهدی (۱۳۸۸). تصادفات جاده‌ای: بررسی عوامل مؤثر، راه کارهای کاهش (مورد: جاده هراز استان مازندران)، اولین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، زنجان، آذر ماه ۱۳۸۸.
- [۱۷] سلمانی، محمد؛ رمضان زاده لسبویی، مهدی؛ دریکوند، مسلم؛ ثابتی، فرخ (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای و ارائه راه کارهایی برای کاهش آن مورد مطالعه: منظومه روستایی جنوب خور و بیابانک، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۶۵، ۸۷-۱۰۴.
- [18] World Road Association (PIARC), (2003). Road Safety Manual, Montreal.
- [۱۹] باقری خلیلی، فاطمه؛ شیخ الاسلامی، عبدالرضا (۱۳۹۰). تحلیلی بر تحقیقات انجام شده در زمینه عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات در راه‌های برون شهری. فصلنامه راهور، سال ۸، شماره ۱۵، ۹۳-۱۱۵.
- [20] Agbonkhese, O., Yisa, G. L., Agbonkhese, E. G., Akanbi, D. O., Aka, E. O., & Mondigha, E. B. (2013). **Road traffic accidents in nigeria: causes and preventive measures**. Civil and environmental research, Vol 3, No 13: 90-99.
- [21] Minami, N., & Madnick, S. (2010). **Using systems analysis to improve traffic safety**. Working Paper CISL# 2010-04, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA.
- [22] Gao, W., Hong, B., Swaney, D. P., Howarth, R. W., & Guo, H. (2016). **A system dynamics model for managing regional N inputs from human activities**. *Ecological Modelling*, 322, 82-91.
- [23] Ding, Z., Yi, G., Tam, V. W., & Huang, T. (2016). **A system dynamics-based environmental performance simulation of construction waste reduction management in China**. *Waste Management*, No 51:130-141.
- [24] Shepherd, S. P. (2014). A review of system dynamics models applied in transportation. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, Vol 2, No 2: 83-105.
- [25] Yuan, H., & Wang, J. (2014). **A system dynamics model for determining the waste disposal charging fee in construction**. *European Journal of Operational Research*, Vol 237, No 3: 988-996.
- [26] Samara, E., Georgiadis, P., & Bakouros, I. (2012). **The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis**. *Technovation*, Vol 32, No 11: 624-638.
- [27] Shafiei Nikabadi, M., Hakaki, A. (2017). **A Dynamic Model of Effective Factors on Open Innovation in Manufacturing Small and Medium Sized Companies**. Vol 7, No 1: Article 1.
- [28] Sterman, J. (2000). **Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world**. Chicago, IL: Irwin/McGraw Hill.
- [۲۹] شفیع نیک‌آبادی، محسن؛ حکاکی، امیر (۱۳۹۶). مدل‌سازی پویایی‌های سیستم و کاربرد آن در مدیریت (سیستم دینامیک)، تهران: نشر سراینده.
- [30] Sterman, J. D. (2001). **System dynamics modeling: tools for learning in a complex world**. *California management review*, Vol 43, No 4: 8-25.
- [۳۱] رمضانیان، محمدرحیم؛ اسماعیل پور، رضا؛ حدیدی ماسوله، مرجان (۱۳۹۴). ارائه مدل پشتیبانی اجرای پروژه‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP) با رویکرد پویایی‌های سیستم، مدیریت فناوری اطلاعات، سال ۷، شماره ۲، ۳۰۱-۳۲۴.



The First National Conference of  
The Iranian System **Dynamics** Society

اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها



[۳۲] آذر، عادل؛ زاهدی، شمس السادات؛ امیرخانی، طیبه (۱۳۸۹). طراحی مدل پیاده سازی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد با رویکرد پویایی سیستم، فصلنامه علوم مدیریت ایران، سال ۵، شماره ۱۸، ۲۹-۵۳.

[33] Lee, C. F., & Chung, C. P. (2012). **An inventory model for deteriorating items in a supply chain with system dynamics analysis**. Procedia-Social and Behavioral Sciences, No 40: 41-51.



## A Dynamic Model of Traffic Accidents leads to Injury and Death Caused by Human Factors

Mohsen Shafiei Nikabadi<sup>1,\*</sup>, Amir Hakaki<sup>2</sup>

Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Management,  
Semnan University, Semnan, Iran. shafiei@semnan.ac.ir

Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Management,  
Semnan University, Semnan, Iran. a.hakaki@semnan.ac.ir

### Abstract:

Iran is in the third placed of death caused by traffic accidents in the world and human factors is one of the most important effective factors on it. This paper aims to present a dynamic model of traffic accidents leads to injury and death caused by human factors. To study human factors, the data collected by literature review and open interview by 14 experts chosen as researchers' judgment. Dynamic model is plotted by VENSIM based on system dynamics approach after determining causal relations between human factors and traffic accidents. To validate the model by system behavior reproduction test, the data collected from traffic police from 2015 to 2016. Coefficient of determination between real data and simulated data determined 0.998. The model was simulated from 2016 to 2026 to analyze current and future policies. As a result, accidents because of disabled people have the greatest increase by keeping on current policies. Fatigue and drowsiness and being old are at the next levels. The greatest reduction in accidents related to unnecessary rush because of controlling the ways by camera and heavy fines.

**Keywords:** Traffic Accidents, Human Factors, System Dynamics, VENSIM

---

<sup>۱</sup>, \* - Corresponding Author: Ph.D. in Industrial Management, Assistant Professor.

<sup>۲</sup> - MSc. MBA in MIS, Semnan University.