مطالعات مدیریت راهبردی
شماره ۳۱ ـ پاییز ۱۳۹۶
ص‌ص ۸۲ ـ ۶۱

سیاست‌گذاری مهار تلفات جاده‌ای در کشور

محمدرضا حمیدی‌زاده*، محسن شفیعی نیک‌آبادی، ریحانه نادری*****

چکیده

واقعیت‌ها نشان می‌دهد که در همه جای دنیا سه عامل انسان، راه و خودرو نقش تعیین‌کننده‌ای در وقوع تلفات جاده‌ای دارند؛ اما درصد تأثیر آنها برای کشورهای مختلف متفاوت است. هدف این پژوهش، شناسایی عوامل و متغیرهای اصلی تلفات جاده‌ای در ایران و سپس توسعه یک مدل شبیه‌سازی پویایی‌شناسی سیستم است. پویایی‌شناسی سیستم، روشی برای درک و تجزیه‌وتحلیل بهتر مسائل پیچیده، درهم‌تنیده، غیرخطی و پویا در سیستم‌های اجتماعی است که می‌تواند به طراحی ساختار و سیاست‌های جدیدی برای بهبود رفتار سیستم‌ها کمک کند. ازآنجاکه مسئله پیش‌بینی تصادفات و تلفات جاده‌ای، دربرگیرنده سیستم‌های پیچیده و متنوعی از جمله: انسان، راه و خودرو و بسیاری عوامل محیطی دیگر می‌شود، طراحی مدل شبیه‌سازی پویا برای درک روابط بین این سیستم‌ها در کشور ضروری به نظر می‌رسد که می‌تواند منجر به تکامل ارائه راه‌حل‌هایی پایدار برای تضمین ایمنی جاده‌ها شود. در این پژوهش از نرم‌افزار شبیه‌سازی ونسیم استفاده و داده‌های حمل و نقل، تصادفات، بزرگ‌راه‌ها و نیروی پلیس از منابع دولتی جمع‌آوری شده است. مدل با توجه به سناریوهای تمامی راهبردهایی که برای بهبود وضعیت می‌توان ارائه داد شامل: سیاست بهبود امدادرسانی جاده‌ای، سیاست بهبود کیفیت خودرو و راه و سیاست افزایش حضور پلیس در جاده‌ها، توسعه داده شده است و بااستفاده از سوابق موجود از داده‌های واقعی تصادفات و تلفات، اعتباریابی شده است. براساس نتایج شبیه‌سازی، سیاست‌های اعمال‌شده در کوتاه‌مدت کاملا موثر واقع شده‌اند و عامل انسانی مهمترین عامل در وقوع تصادفات مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها: تلفات جاده‌ای؛ پویایی‌شناسی سیستم؛ سیاست‌گذاری.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۰۳

* استاد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهیدبهشتی.
** استادیار دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان.
*** دانشجوی دکتری، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان (نویسنده مسئول).
Email: r.naderi@semnan.ac.ir

۱. مقدمه

مسئله تصادفات و سوانح جاده‌ای به همراه ضایعه‌های مالی و جانی که در پی دارد از جمله یکی از چالش‌های جدی جوامع بشری است [۱۸]. این امر موجب شده که کشورها هزینه‌های قابل‌توجهی را متحمل شوند و این وضعیت در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، به سبب کمبود نظارت سازمان‌های مرتبط، جاده‌های با کیفیت نامناسب، فقدان نظارت کافی و موثر، زیرساخت‌های نامناسب و ماشین‌های فرسوده، وضعیت اسفناک‌تری دارد [۱۶]. ایران نیز از این امر مستثنی نیست و جزء یکی از کشورهای با آمار تصادفات و تلفات بالای جاده‌ای است. براساس آمار سال ۱۳۹۴، در ایران به ازای هر ۱۰ هزار خودرو، ۳۷ نفر کشته می‌شوند؛ درحالی‌که در دنیا به ازای این تعداد خودرو، حدود ۹ نفر کشته می‌شوند [۲۸]. افزایش رو به رشد جمعیت در ایران، افزایش تعداد تولیدات خودروها و توزیع آن‌ها در سطح شهرها و درنتیجه افزایش تعداد سوانح و تلفات جاده‌ای درنتیجه آن، یکی از مشکلات و معضلات اساسی کشور می‌باشد که برترین مقامات کشوری را در جهت رفع این معضل برانگیخته است. براساس نتایج پژوهش‌های کارشناسان ایمنی، ایران مقام دوم تصادفات جاده‌ای را در دنیا دارد. بر اساس آمار سازمان پزشکی قانونی کشور، تعداد تلفات جاده‌ای در سال‌های ۸۵ تا ۹۴ در جدول ۱ آمده است [۹]:

جدول ۱. آمار تلفات حوادث رانندگی در فاصله سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۴

ردیف	سال	تعداد کشته‌ها
۱	۱۳۸۵	۲۷۵۶۷
۲	۱۳۸۶	۲۲۹۱۸
۳	۱۳۸۷	۲۳۳۶۲
۴	۱۳۸۸	۲۲۹۷۴
۵	۱۳۸۹	۲۳۲۴۹
۶	۱۳۹۱	۱۹۰۸۹
۷	۱۳۹۲	۱۷۹۹۴
۸	۱۳۹۳	۱۶۸۷۲
۹	۱۳۹۴	۱۶۵۸۴

هرچند که در سال‌های اخیر آمار تلفات، روند نسبتا کاهشی به خود گرفته ولی این روند کاهشی، همچنان نیازمند تسریع است؛ به‌علاوه خسارت‌های مالی زیادی نیز به سبب آمار بالای تصادفات

جاده‌ای در ایران ایجاد می‌شود که هفت درصد تولید ناخالص داخلی است [۲]. این حوادث در کشور ٪۷۰ به عامل انسانی، ٪۱۵ به جاده و ٪۱۵ به خودرو بستگی دارد. عمده‌ترین تلفات جاده‌ای ناشی از رعایت‌نکردن مقررات راهنمایی و رانندگی و نکات ایمنی، ضعف مهارت‌های رانندگی و بی‌توجهی به هشدارهای پلیس است. اخیرا سالانه حدود یک میلیون دستگاه خودرو تولید می‌شود که نه‌تنها جاده‌های کشور آمادگی پذیرایی این تعداد خودرو را ندارند؛ بلکه خودروها نیز استانداردهای جهانی (از لحاظ لوازم ایمنی و کیفیت موتوری) را ندارند؛ بنابراین متغیرهای مؤثر در بروز این مشکل را می‌توان در جدول ۲ خلاصه کرد:

جدول ۲. متغیرهای موثر در تلفات جاده‌ای در ایران

عامل انسانی	**افزایش جمعیت، مهارت رانندگی، نحوه صدور گواهینامه و ناکارامدی قوانین راهنمایی و رانندگی**
عامل جاده‌ای	عوامل کیفی و کمی نظیرسرعت جاده‌سازی، ترمیم جاده‌ها، انتخاب محل احداث جاده‌ها و ...
خودرو	کیفیت و کمیت

پویایی‌های سیستم، که علم چندجنبه‌ای و میان‌رشته‌ای است، برای تدوین برنامه‌های راهبردی، کلان، میان‌بخشی، بخشی و خردظرفیت، توان بسیار بالایی دارد و می‌تواند با تنوع مولفه‌ها و متغیرها به تبیین، پیش‌بینی و زیرنظرگرفتن رفتارهایی بپردازد که در نظام برنامه‌ریزی و توسعه وجود دارند و مطرح می‌شوند [۸]. رویکردهای سیستمی حل مسائل، برای تحلیل مسائل برای متغیرهای درهم‌تنیده بسیار مناسب هستند و از آن میان، روش پویایی‌شناسی سیستم، روش‌شناسی درک و تحلیل بهتر مسائل پیچیده، غیرخطی و پویا در سیستم‌های اجتماعی است که می‌تواند برای طراحی ساختار و سیاست‌های جدید در راستای بهبود رفتار سیستم‌ها بسیار کمک کند. با توجه به این امر که مسئله تصادفات و تلفات جاده‌ای دربرگیرنده سیستم‌های پیچیده و متنوعی از جمله: انسان، راه و خودرو و بسیاری عوامل محیطی دیگر است، طراحی مدل شبیه‌سازی پویا برای درک روابط بین این سیستم‌ها بسیار مهم است و می‌تواند منجر به ارائه راه‌حل‌هایی پایدار برای ارتقای ایمنی جاده‌ها شود. از طرفی، مدیران مسئول حمل‌ونقل در تلاشند تا بتوانند سیستم پیچیده حمل‌ونقل را به‌گونه‌ای تحت کنترل درآورند تا بتوانند این سیستم پویا را مدیریت کنند و پدیده‌هایی را که بر سیستم حمل‌ونقل موثرند را بشناسند و در جریان تغییرات پویای این سیستم باشند. تلفات جاده‌ای کشور نیز جزو این سیستم پیچیده تلقی می‌شود و پویایی‌شناسی سیستم از جمله رویکردهای سیستمی و روشی پویا برای

برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری حمل‌ونقل است. در پژوهش‌های قبلی حوزه تلفات جاده‌ای در کشور، کمتر به بحث سیاست‌گذاری برای کاهش تلفات جاده‌ای با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم و برمبنای سیاست‌های مدنظر این پژوهش پرداخته شده است. بر این اساس، هدف این پژوهش، بررسی رفتار سیستمی مسئله تلفات جاده‌ای با روش پویایی‌شناسی سیستم و با تاکید بر سیاست‌هایی از جمله سیاست بهبود امدادرسانی و سیاست بهبود کیفیت جاده و خودرو است.

در بخش‌های بعدی این پژوهش، در ابتدا بررسی مبانی نظری، مسئله موردبررسی به‌صورت پویایی تعریف می‌شود؛ سپس متغیرهای اصلی مسئله با توجه به پژوهش‌های قبلی شناسایی شده و مدل تحقیق ترسیم می‌شود. در ادامه هدایت پژوهش با استفاده از نرم‌افزار ونسیم، شبیه‌سازی مدل، انجام می‌گیرد.

۲. مبانی و چارچوب نظری پژوهش

کشور ما با مساحت ۱٫۶۴۸ ۰۰۰ کیلومتر مربع و جمعیتی بالغ بر ۷۸ میلیون نفر پل ارتباطی میان اروپا و آسیای میانه است. راه‌های حمل‌ونقل عبارت‌اند از: حمل‌ونقل جاده‌ای، ریلی، هوایی و آبی. از آنجاکه در داخل کشور مسیرهای آبی چندانی وجود ندارد، به‌جز موارد معدودی از حمل‌ونقل آبی استفاده نمی‌شود. تحریم اقتصادی و سیاسی پس از پیروزی انقلاب اسلامی مانع از دسترسی به فن‌آوری نوین حمل‌ونقل هوایی شده است. گزافی هزینه مسافرت از طریق هوا نیز باعث عدم اقبال به‌این نوع حمل‌ونقل شده است. سرعت رشد حمل‌ونقل ریلی فعلی نیز پاسخگوی میزان تقاضای روزافزون جابه‌جایی کالا و مسافر نیست. طول خطوط اصلی راه‌آهن ۷۰۶۶ کیلومتر و خطوط فرعی آن ۲۶۹۸ کیلومتر است. از میان شیوه‌های جابه‌جایی مسافر در کشور، بیش از ۹۰ درصد از طریق جاده انجام می‌شود که ضرورت توجه هر چه بیشتر به وضعیت ارائه خدمات در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای مسافر را به‌خوبی بیان می‌کند [۳، ۲۷].

سیستم حمل‌ونقل یکی از اجزای جدایی‌ناپذیر جامعه امروز است. مالکیت خودرو در سراسر جهان به سرعت در حال افزایش است و این تصمیم اشخاص به سبب سرعت و انعطاف‌پذیری بیشتر، به هنگام استفاده از خودروی شخصی نسبت به استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی است. از طرف دیگر، پایین‌بودن قیمت سوخت در ایران و مقرون به‌صرفه‌بودن حمل‌ونقل جاده‌ای و توسعه بیشتر راه‌های شوسه نسبت به ریل موجب شده است که درصد بالایی از جابه‌جایی‌ها از طریق راه‌های زمینی صورت بگیرد؛ همچنین عدم تخصیص بهینه منابع جهت گسترش سایر راه‌های حمل‌ونقل به‌ویژه راه‌آهن و سایر سیاست‌های موجود، موجب تشدید هر چه بیشتر رویکرد به حمل‌ونقل جاده‌ای

شده است. استفاده روزافزون از جاده‌ها موجب شلوغی آن‌ها و درنتیجه افزایش میزان تصادفات جاده‌ای شده است؛ به‌طوری‌که سالانه ۶ درصد تولید ناخالص ملی در اثر این تصادفات به هدر می‌رود. مرگ‌ومیر ناشی از این تصادفات با تلفات ناشی از جنگ قابل‌مقایسه است. طبق آمار به‌طور متوسط روزانه در حدود ۴۹ نفر جان خود رادر جاده‌ها از دست می‌دهند و عده زیادی نیز دچار معلولیت‌های جسمانی جبران‌ناپذیر می‌شوند [۹]. این‌طور به‌نظر می‌رسد که هیچ پایانی برای تصادفات مرگبار جاده‌ای در ایران وجود ندارد و معلوم نیست تا چه زمانی باید جزو نخستین رتبه‌های تلفات جاده‌ای باشد. مطالعه‌هایی در زمینه رابطه سطح فرهنگ با تلفات جاده‌ای انجام گرفته است و نتایج آن‌ها نشان می‌دهند که افزایش سطح فرهنگ و برنامه‌ریزی‌ها برای بالابردن سواد عمومی و آموزش ایمنی منجر به کاهش تصادفات و تلفات جاده‌ای می‌شود [۲۴].

مکت و ادوارد (۱۹۹۸)، مطالعه‌ای انجام دادند تا بتوانند فرایند تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین سیستم حمل‌ونقل را تشریح کنند و این موضوع را از جنبه‌های مختلف موردتوجه قرار دادند. اگرچه شاید با افزایش تعداد خودروهای شخصی، به نظر رفاه و سرعت حمل‌ونقل بیشتر شده باشد؛ ولی در مقابل منجر به افزایش ازدحام و ترافیک و آلودگی و تلفات نیز شده است [۱۵]. هزینه زیادی برای سیستم‌های حمل‌ونقل صرف شده است و پژوهشگران زیادی نیز به مسائل و مشکلات ایجادشده توسط سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل پرداخته‌اند.

ووچیک (۱۹۹۱) و نیومن (۱۹۹۵)، اظهار داشته‌اند که سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی، می‌توانند در جهت برطرف‌کردن مشکلات ناشی از افزایش تعداد خودروها نقش موثری ایفا کنند [۱۹، ۳۰]. برای بررسی بهترین سیستم‌های حمل‌ونقل شهری و بررسی بهترین فن‌آوری‌هایی که می‌توانند اثرات زیست‌محیطی کمتری ایجاد کنند، مطالعه‌های بسیاری انجام گرفته است؛ مطالعه‌هایی که در نهایت منجر به افزایش تعداد اتوبوس‌های تندرو، راه‌آهن و ریل‌ها و متروها شده‌اند که همه این فن‌آوری‌ها با هدف کاهش استفاده از خودروهای شخصی توسعه یافته‌اند. سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل عمومی، درواقع جایگزینی هستند برای کاهش ترافیک، آلودگی و ازدحام خودروهای شخصی، دسته‌بندی‌های مختلفی از سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی در شهرها شده است. اوفلاهری در (۱۹۹۶)، سیستم‌های حمل‌ونقل شهری را باتوجه به کاربری آن‌ها به سه دسته تقسیم کرده است: عمومی شامل: اتوبوس، حمل‌ونقل ریلی سنگین شهری، حمل‌ونقل ریلی سبک شهری و مینی‌بوس، نیمه‌عمومی شامل: ون، سرویس‌های اختصاصی و تاکسی و دسته سوم، خصوصی شامل: وسایل نقلیه شخصی [۲۰]. هر کدام از این سیستم‌ها و وسایل حمل‌ونقل، بسته به هزینه و شرایط و امکان راه‌اندازی که در مناطق مختلف شهری دارند، به‌کار برده می‌شوند.

در ادامه بیشتر بر تحقیقاتی اشاره می‌شود که تاکید بیشتر بر تلفات جاده‌ای داشته‌اند، اگرچه بیشتر تحقیقات یافت‌شده در حوزه تلفات جاده‌ای در ارتباط با مسائل اقتصادی مرتبط با میزان تلفات جاده‌ای است. برای مثال، تاثیر توسعه اقتصادی بر مرگ و میر مرتبط با حمل‌ونقل جاده‌ای در میان انواع مختلف کاربران جاده‌ای (پیاده‌ها، دوچرخه‌سواران، موتورسیکلت‌سواران، مسافرین خودروها و سایر وسایل نقلیه) در سال ۲۰۰۷، بررسی شد که با استفاده از تجزیه‌وتحلیل رگرسیون خطی به‌بررسی داده‌های مقطعی مرگ و میر ناشی از تصادفات ۴۴ کشور برای سال ۲۰۰۵ می‌پردازد؛ از جمله نتایج قابل‌توجه این پژوهش این است که در مرحله اول توسعه اقتصادی، نرخ مرگ و میر در تصادفات افزایش می‌یابد تا اینکه به نقطه بحرانی برسد و سپس نرخ مرگ و میر روند کاهشی به خود می‌گیرد [۲۲]. در مطالعه‌ای دیگر (۲۰۰۵)، این نتیجه به دست آمد که با افزایش درآمد، میزان تلفات ترافیکی نیز افزایش می‌یابد و در سطح مشخصی از درآمد رو به کاهش می‌گذارد [۱۲]. این نتیجه توسط تحقیق مهرگان، قلی‌زاده و محمدی در ۲۰۱۳ نیز تایید شد؛ همچنین تایید وجود رابطه منفی بین متغیر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بخش حمل‌ونقل، بهبود مراقبت‌های پزشکی و شاخص فرهنگی با تلفات ترافیکی و همچنین ارتباط مستقیم تعداد وسایل نقلیه سرانه با میزان تلفات جاده‌ای، از جمله نتایج دیگر این پژوهش است [۱۶]. در سال ۲۰۱۰، مطالعه‌ای انجام گرفته برای بررسی رابطه بین کوزنتس بین تلفات جاده‌ای و رشد اقتصادی که به‌بررسی روابط اقتصادی از جمله تلفات جاده‌ای و درآمد سرانه پرداخته شده است [۱۴]. مطالعه‌های متنوعی نیز مبنی بر وجود ارتباط مستقیم بین تعداد وسایل نقلیه سرانه و میزان تلفات جاده‌ای وجود دارد که بیان می‌کنند وسایل نقلیه بیشتر یعنی تلفات جاده‌ای بیشتر و در صورتی‌که بستر ایمنی لازم برای افزایش تعداد وسایل نقلیه فراهم نباشد، باید شاهد فاجعه‌های جاده‌ای بود [۱۱، ۱۴، ۱۶]. برآورد هزینه تصادفات معمولا هزینه‌های متنوعی را شامل می‌شود، هزینه یک تصادف عبارت است از مجموع هزینه‌های درمان، خسارت اتومبیل، هزینه‌های رسیدگی به تصادف، سرمایه ازدست‌رفته و تولید ازدست‌رفته قربانی در آینده در صورت عدم تصادف [۲]. برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اثر برخی سیاست‌های مدیریت حمل‌ونقل، کمتر از انتظارات سیاست‌گذاران آنها بوده است [۷]؛ همچنین در برخی موارد سیاست‌های برنامه‌ریزان حمل‌ونقل مطابق با رفتار افراد جامعه نیست؛ چراکه افراد برای بهبود وضعیت و شرایط خود ممکن است دست به اقداماتی بزنند که مدنظر سیاست‌گذاران نباشد و در راستای سیاست‌های آن‌ها نباشد [۲۳]. پس این نتیجه برمی‌آید که برای بهبود وضعیت حمل‌ونقل باید نوع رفتار و واکنش افراد نسبت به سیاست‌های وضع‌شده نیز موردارزیابی قرار گیرد و به این نکته توجه کرد که همواره سیاست‌های با کارایی بیشتر، مقبول‌ترین آن‌ها نیست [۴].

در سال ۲۰۰۶، وونگ و همکارانش به‌بررسی رابطه بین برقراری اهداف ایمنی جاده‌ها و تلفات جاده‌ای پرداختند و داده‌هایی را از ۱۴ کشور جمع‌آوری کردند و نتایج نشان داد که اکثر کشورهایی که دارای اهداف ایمنی جاده‌ها بودند، شاهد کاهش در تعداد تلفات جاده‌ای در دوره جمع‌آوری اطلاعات بودند [۳۱]. در سال ۲۰۱۲ نیز اثر عواملی همچون اقتصاد، سیستم‌ها، موتوریزه‌کردن و زیرساخت‌های جاده‌ای با میزان تلفات جاده‌ای موردبررسی قرار گرفت که نقش موثری در افزایش ایمنی جاده‌ها و با میزان مرگ و میر داشتند [۱۰].

روش‌های متعددی برای بررسی سیستم‌های حمل‌ونقل و بررسی و مدل‌سازی سوانح و تلفات جاده‌ای وجود دارد که یکی از این روش‌ها، رویکرد پویایی‌شناسی سیستم است، با توجه به این امر که مسئله تصادفات و تلفات جاده‌ای شامل سیستم‌های پیچیده انسان، راه و خودرو است، مناسب است که از روش‌های مبتنی بر رویکرد سیستمی مانند پویایی‌شناسی سیستم و تجزیه‌وتحلیل حلقه‌های علی و بررسی حلقه‌های بازخوردی در این روش استفاده شود؛ همچنین طراحی یک مدل شبیه‌سازی پویا برای درک روابط بین این سیستم‌ها بسیار مهم است. تعداد مطالعه‌هایی که با استفاده از روش پویایی‌شناسی سیستم به‌بررسی مسئله تلفات جاده‌ای پرداخته‌اند، بسیار محدود است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود:

کومار و اومدوی در سال ۲۰۱۱، با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم برای ایمنی جاده‌ها، مدل‌سازی انجام دادند، پژوهش آن‌ها در کشور هند انجام گرفت. در این مطالعه، عوامل مختلف تصادفات جاده‌ای در شهر چنای شناسایی شد و با روش پویایی‌شناسی سیستم و نرم‌افزار Stella بهترین تا بدترین سناریوها برای کاهش تصادفات را پیشنهاد کردند و مدل شبیه‌سازی با استفاده از روش پویایی‌شناسی سیستم ارائه کردند که مدل مذکور، عوامل زیادی را در برنمی‌گیرد [۱۳]. در سال ۲۰۱۴، سیهمبینگ با استفاده از رویکر پویایی‌شناسی سیستم، به مطالعه توسعه زیرساخت‌های جاده‌ای به‌خصوص جاده‌های دارای عوارضی در اندونزی پرداخته است، به این دلیل که توسعه جاده‌های دارای عوارض در اندونزی بسیار کند صورت می‌گیرد و در این تحقیق با کمک رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، طرح توسعه جاده‌های اندونزی را موردمطالعه قرار دادند [۲۶].

آرمه و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از روش پویایی‌شناسی سیستم، به‌بررسی ایمنی جاده‌ها، تراکم ترافیک و آلودگی هوا در شهر آکرا پایتخت غنا پرداختند و نمودارهای علّی معلولی در رابطه با عوامل موثر در ایمنی و بحث آلودگی و ترافیک را طراحی و بررسی کردند و به مکانیسم‌هایی برای مهار اثرات منفی سیستم حمل‌ونقل در کشور غنا دست یافتند [۱].

پارسیبان و همکاران (۲۰۰۸)، با کمک روش پویایی‌شناسی سیستم یک مدل برای بررسی هزینه تصادفات جاده‌ای و با داده‌های موجود در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ طراحی کردند بر این مبنا که بیشترین هزینه سوانح مربوط به سوانح مرگبار است، هدف این پژوهش استخراج عوامل موثر در ایجاد سوانح و تلفات جاده‌ای به‌علاوه هزینه‌های مربوط به آن سوانح بود و نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش برای استفاده در تصمیم‌گیری مجریان دولت و نیروی پلیس برای کاهش تلفات جاده‌ای بیان شده است [۲۱].

تورس و همکاران (۲۰۱۲)، مطالعه‌ای با موضوع راهبردهای ایمنی جاده‌ای با کمک روش پویایی‌شناسی سیستم انجام دادند که مدلی براساس سه عامل کمپین‌های اطلاع‌رسانی، قوانین و سیستم نظارتی طراحی شد و سناریوهایی در این رابطه ارائه شد [۲۹]. در مطالعه مینامی و مدنیک در سال ۲۰۱۰، بهبود ایمنی جاده‌ها در آمریکا با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم بررسی شده است و پیشنهاداتی بر پایه مدل استخراج شده، ارائه شده است و بیان شد که مدل پویایی‌شناسی سیستم یک روش مناسب برای بررسی مشکلات پیچیده با عوامل متعدد است [۱۷]. در سال ۲۰۱۵ کاجدرال و همکاران مطالعه‌ای برای طراحی مدلی بر اساس عوامل موثر در تصادفات جاده‌ای انجام داد که یکی از روش‌های به‌کارگرفته‌شده روش پویایی‌شناسی سیستم است [۶].

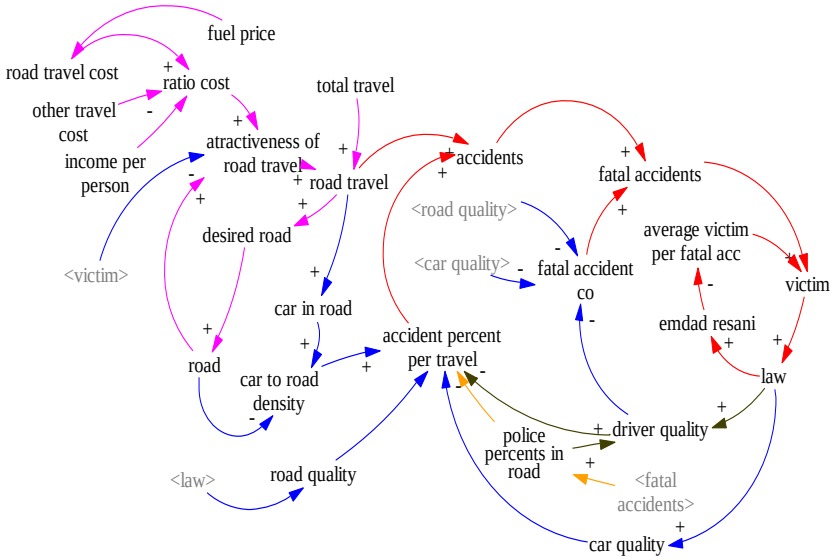
۳. روش‌شناسی پژوهش

پویایی‌شناسی سیستم در دانشکده مدیریت (MIT) در اواسط دهه ۱۹۵۰ پایه‌گذاری شد و توسعه یافت [۵]. از آن به بعد پژوهشگران بسیاری با استفاده از این روش در حوزه‌های مختلف به تحقیق پرداخته‌اند؛ به‌طورکلی پویایی‌شناسی سیستم به روشی گفته می‌شود که برای تجزیه‌وتحلیل مسائلی به‌کار می‌رود که عنصر زمان در آن‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند و در آن چگونگی واکنش یک سیستم در برابر محرک‌های خارجی را بررسی می‌کند. در پویایی‌شناسی سیستم، چهار مولفه متغیر حالت، جریان، پیکان‌ها و پارامترها برای ایجاد مدل و بررسی روابط علت و معلولی استفاده می‌شود. هدف اصلی در استفاده از روش پویایی‌شناسی سیستم، درک علت پویایی مسائل و جست‌وجوی سیاست‌های مدیریتی برای بهبود این وضعیت می‌باشد [۲۵].

با توجه به روش پویایی‌شناسی سیستم برای توسعه مدل مفهومی پژوهش، در ابتدا سیستم علّی معلولی تلفات جاده‌ای تعریف و ترسیم می‌شود و تمامی متغیرهای تاثیرگذار بر آن مشخص شده و به شکلی ساده، طرح کلی سیستم و مدل مفعهومی تحقیق طراحی می‌شود. در گام بعدی تمامی این مراحل وارد کامپیوتر می‌شود، در این تحقیق برای ساخت مدل از نرم‌افزار VenSim استفاده شده

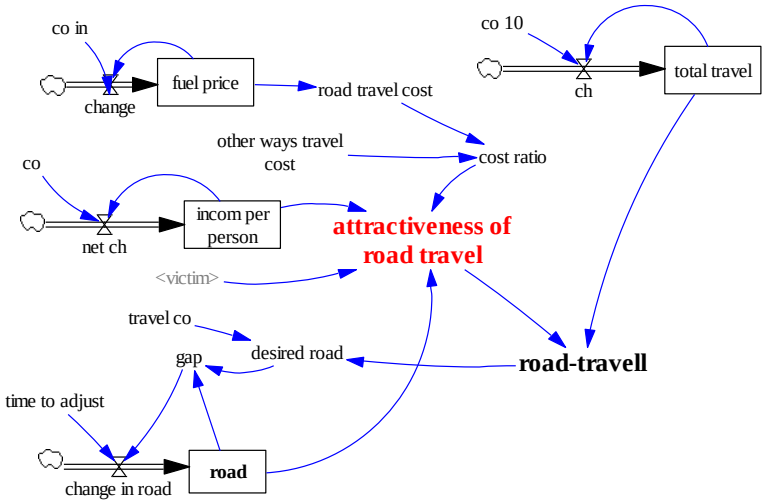
است. در این مرحله، متغیرهای سیستم در قالب چهار مولفه اصلی پویایی‌شناسی سیستم (متغیرهای حالت، مبدل‌ها و پارامترها)، تعریف شده و براساس نوع متغیرها در نرم‌افزار ونسیم ایجاد می‌شود و با استفاده از پیکان‌ها و جریان‌ها، روابط علّی معلولی بین اجزای سیستم ترسیم می‌شود. پس از ترسیم کلیه روابط علت و معلولی، نمودارهای جریان مربوط به نمودارهای علت و معلولی رسم می‌شود. در مرحله بعد و پس از ترسیم کلیه نمودارهای جریان، روابط ریاضی مربوط به هر ارتباط و معادله‌های داینامویی مربوطه نوشته می‌شوند و پس از اجراکردن مدل و به‌دست‌آوردن نتایج شبیه‌سازی، به تفسیر و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود. در ادامه بر اساس فرآیند مدل‌سازی پویایی‌شناسی سیستم، گام‌های مدل‌سازی پژوهش ارائه می‌شود:

در شکل ۱ مدل مفهومی موردنظر (علّی معلولی) نشان داده شده است، این شکل اثر مستقیم متغیرهای حالت بر هم را نشان می‌دهد. مدل مفهومی کلی ارائه‌شده خود متشکل از چندین زیر مدل (submodel) علّی معلولی است، در اینجا به جهت رعایت اختصار تنها به ارائه مدل نهایی و کامل پرداخته می‌شود. جذابیت سفرهای جاده‌ای باعث بالابودن سفرهای جاده‌ای می‌شود که خود متاثر از نسبت هزینه‌ی سفرهای جاده‌ای به سایر روش‌های موجود و همچنین درآمد سرانه‌ی افراد جامعه است. افزایش قربانیان تصادفات جاده‌ای تاثیرمنفی هر چند کمرنگ روی جذابیت سفرهای جاده‌ای دارد. از طرف دیگر، گستره راه‌های جاده‌ای به نسبت سایر راه‌های حمل‌ونقل به جذابیت سفرهای جاده‌ای می‌افزاید که این اقبال سبب افزایش تقاضا جهت ساخت راه‌های جدید می‌شود. تقاضای ایجاد شده با یک تاخیر زمانی موجب گسترش راه‌های جاده‌ای می‌شود. به این ترتیب، موتور رشدی در جهت بالارفتن جذابیت سفرهای جاده‌ای ایجاد می‌شود. با افزایش تعداد کل سفرها، سفرهای جاده‌ای نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه تعداد اتومبیل‌هایی که در جاده تردد می‌کنند زیاد می‌شود. از طرف دیگر، طول جاده‌های موجود با ماشین‌های در حال تردد در جاده‌ها همخوانی ندارد، این امر موجب شده که تراکم خودروها در جاده بالا برود؛ بنابراین با افزایش تراکم اتومبیل‌ها تعداد کل تصادفات (جرحی و فوتی) افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد کل تصادفات، تعداد تصادفات منجر به مرگ نیز افزایش می‌یابد که این امر به نوبه خود موجب افزایش آمار قربانیان می‌شود. مدل علّی معلولی در برگیرنده کلیه متغیرهای ارائه‌شده در پژوهش‌های مرتبط انجام‌گرفته در این حوزه می‌باشد و نسبتا مدل کاملی است. در شکل ۲، نمودار جریان مربوطه ترسیم شده است. در نمودار جریان «کل سفر» متغیری برون‌زا درنظر گرفته شده است که با یک نرخ رشد ثابت افزایش می‌یابد (ضریب برون‌زا است). درصدی از کل سفرها، سفرهای انجام شده از طریق جاده است که «جذابیت سفر جاده‌ای» نام‌گذاری شده است و ضریبی متغیر است.



شکل ۱. نمودار علت و معلولی مدل پیشنهادی سیستم تلفات جاده‌ای

همان‌طور که از مدل علّی معلولی و نمودار جریان مشخص است، متغیرهای کلیدی استفاده شده در این تحقیق بر مبنای سه عامل انسان، راه و خودرو تعیین شده‌اند که بر اساس واقعیات، نقش تعیین‌کننده‌ای با درصد تاثیر متفاوت برای کشورهای مختلف، در وقوع تصادفات رانندگی دارند. هر یک از این عوامل دارای ابعاد گوناگونی است که به‌نحوی در بروز مشکل یادشده، مؤثرند. عامل راه با دو جنبه کیفی و کمی تأثیرگذار است. مقصود از کیفیت، طراحی اصولی جاده‌ها، علائم هشداردهنده موجود و کیفیت مواد اولیه مورداستفاده است و کمیت نشانگر طول راه‌ها و میزان توسعه آن‌ها است. خودروها نیز از دو جنبه کیفی و کمی بررسی می‌شوند. کیفیت خودروها به معنای انطباق آن‌ها با استانداردهای جهانی و کمیت نشانگر تعداد آن‌ها است. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار یعنی عامل انسانی از وجوه گوناگونی که مختص انسان و روابط حاکم بر جامعه انسانی است، قابل بررسی است: مهارت‌های رانندگی (نحوه صدور گواهینامه) و قوانین راهنمایی رانندگی (حضور پلیس).



شکل ۲. نمودار جریان سیستم پیشنهادی

در این پژوهش با توجه به مدل پیشنهادی، به‌بررسی سیاست‌های بهبود امدادرسانی جاده‌ای، سیاست بهبود کیفیت خودرو و راه و سیاست افزایش حضور پلیس در جاده‌ها، در کاهش تلفات جاده‌ای پرداخته می‌شود و اینکه آیا سیاست‌های اعمال شده در کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌توانند چه تاثیری داشته باشند. در ادامه نخست به بیان فرضیه‌های پویایی موردنظر در این تحقیق پرداخته می‌شود.

پایین‌بودن قیمت سوخت موجب افزایش رویکرد مردم به حمل‌ونقل جاده‌ای و استفاده از خودروی شخصی شده است و این امر موجب بالارفتن تراکم خودروها در جاده شده و احتمال وقوع تصادف در مسافرت‌های جاده‌ای را بالا می‌برد. از دیگر عوامل مؤثر در بروز تصادف، عوامل کیفی نظیر کیفیت راه‌ها و کیفیت خودرو است که به تفکیک هر یک توضیح داده می‌شود: علی‌رغم اینکه تولید کمی خودرو زیاد شده، از لحاظ کیفی اقدامی در خور توجه صورت نگرفته است و این عامل سبب شده است تا در هنگام بروز تصادفات جاده‌ای آمار قربانیان افزایش یابد. کیفیت راه‌ها تأثیر بسزایی در بروز تصادفات دارد. عواملی نظیر قدیمی و غیراصولی‌بودن جاده‌ها، عدم ترمیم به موقع وکافی‌نبودن علائم راهنمایی رانندگی و گاردریل، باعث تشدید این وضعیت شده است. علاوه‌براین، زمانی‌که کیفیت راه‌ها از یک حدی پایین‌تر باشد تصادفات منجر به مرگ افزایش می‌یابد. همان‌طور که قبلاً گفته شد عامل انسانی در بیش از ۷۰ درصد مواقع در بروز تصادفات مقصر شناخته می‌شود. پایبندی به قوانین

راهنمایی و رانندگی توسط رانندگان این رقم را کاهش می‌دهد. اگر بی‌توجهی رانندگان بـه قـوانین و علائم راهنمایی و رانندگی از یک حدی بالاتر باشد، احتمال بروز تصادف فوتی افزایش می‌یابد.

یکی از عواملی که تأثیر بسزایی در کاهش بروز تصادفات دارد، حضور پلیس و گشت‌های جاده‌ای است؛ به‌طوری‌که حضور پلیس باعث افزایش پایبندی رانندگان به قوانین راهنمایی و رانندگی می‌شود. کلیه متغیرهایی که در بالا توضیح داده شد باعث افزایش تصادفات جاده‌ای می‌شوند. نکته‌ای که نباید از آن غفلت نمود نقش امداد جاده‌ای در کاهش تعداد قربانیان است. اگـر چـه طـی سـال‌هـای اخیـر امدادرسانی جاده‌ای شکل تخصصی‌تری به خود گرفته است (به‌کارگیری افراد آموزش دیده، پزشـکان و هلیکوپترهای امداد و نجات) اما به نسبت رشد تصادفات این رقم ناچیز بوده است. عوامل مـوثر بـر درصد بروز تصادف در هر سفر به تفکیک در ذیل آمده است:

۱. تراکم خودرو: چنانچه از نام آن برمی‌آید نسبت ماشین‌های در جاده بـه جـاده‌هـای موجـود اسـت. تعریف ما از ماشین‌های در جاده کمیت خودروهای موجود در کشور نیست؛ بلکه همه دفعاتی که یک ماشین در جاده تردد می‌کند (حداقل مسافت ۱۰۰ کیلو متر) را شامل می‌شود.

۲. کیفیت راه: عامل موثر دیگر بر بروز تصادفات است که با اعمال قانون بهبود می‌یابد. تراکم خودرو در جاده توسط یک تابع تاثیر همراه با ضریب اثر آن در درصد بروز تصادفات اثر داده شد. به ازای هر کیلومتر راه جدید، کیفیت کل جاده‌ها با ضریبی افزایش می‌یابد. در قانون نیز تعریفـی بـرای کیفیـت مطلوب جاده وجود دارد. فاصله بین کیفیت مطلوب و موجود با یک تاخیر زمانی، کیفیت کل جاده‌ها را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، کیفیت جاده‌ها با ضریبی کاهش می‌یابد (اسـتهلاک). نسـبت کیفیـت کل به کمیت کل جاده شاخص کیفیت در هر کیلومتر را می‌دهد که از طریق تابع اثر با یک ضـریبی بر درصد بروز تصادف در هر سفر تاثیر دارد.

۳. حضور پلیس در جاده‌ها که به علت تصادفات فوتی پررنـگ‌تـر مـی‌شـود درصـد بـروز تصـادف را می‌کاهد. حضور پلیس در مدل به‌صورت شاخصی بین ۰و ۱ بیان شد که به‌صورت تابع اثـر همـراه بـا ضریبی روی درصد بروز تصادف تاثیر می‌گذارد. متغیر حالت حضور پلیس با یک ضریب نرمـال (نـرخ استخدام) همراه با تابع اثر تعداد تصادفات مرگبار در حال افزایش است.

۴. کیفیت راننده را پایبندی رانندگان به قوانین تعریف کرده‌ایم که متاثر از اعمال قانون و حضور پلیس است. با بالارفتن کیفیت رانندگان (از طریق فرهنگ‌سازی، جرایم نقدی سنگین و...) درصد بروز تصادف کاهش می‌یابد. قوانین جدید با تاخیری به پایبندی رانندگان به قوانین منجر می‌شوند که باعث بالارفتن کیفیت رانندگی می‌شود. کیفیت رانندگی به‌صورت تابع اثر همراه با ضریبی که همان سهم عامل انسانی در هر تصادف است روی درصد بروز تصادف در هر تصادف اثر می‌گذارد.

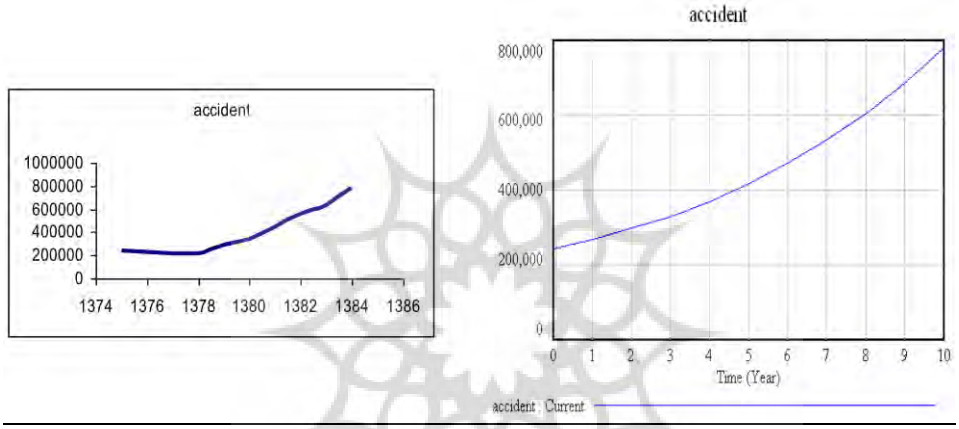
۵. با افزایش کیفیت خودروها در اثر اعمال قانون، درصد بروز تصادفات کاهش می‌یابد. به ازای هر خودروی جدید، کیفیت خودرو با یک ضریبی افزایش می‌یابد؛ علاوه‌براین طبق قانون، استانداردی برای کیفیت خودرو درنظر گرفته می‌شود که با گذر زمان باعث افزایش کیفیت خودروها می‌شود. نسبت کیفیت کل به کمیت کل خودروها شاخصی برای کیفیت خودرو می‌دهد که این شاخص به‌صورت تابع اثر همراه با سهم کیفیت خودرو در بروز تصادفات بر درصد بروز تصادف اثر گذاشته است. کیفیت خودرو، راه و راننده اگر از حدی پایین‌تر باشد باعث افزایش مرگباری تصادفات می‌شود. همه عوامل برشمرده به‌صورت جمعی درصد بروز تصادف را تشکیل می‌دهند و تعداد کل خودروهای در حال تردد ضرب در درصد بروز تصادف در هر سفر، تعداد کل تصادفات را می‌دهد. درصدی از تصادفات که منجر به مرگ می‌شوند، به‌صورت ضریب متغیری از کل تصادفات است که به‌صورت تابعی از کیفیت خودرو، راه و نیز پایبندی رانندگان به قوانین درنظر گرفته شده است. هر یک از عوامل مذکور با تابع اثر و ضریب مربوط به خود بر روی ضریب تصادفات منجر به مرگ تاثیر می‌گذارد که این ضرایب سهم هر عامل را در بروز تصادفات فوتی تعیین می‌کند. در جدول ۳ کلیه توابع اثر به‌کار گرفته‌شده را می‌توان مشاهده کرد.

جدول ۳. توابع اثر مدل

عنوان تابع اثر	این تابع نشانگر این است که:
کیفیت خودرو	وقتی کیفیت خودرو در پایین‌ترین حد خود قرار دارد، بیشترین تاثیر را در درصد بروز تصادف دارد. با افزایش کیفیت، این تاثیر کاهش می‌یابد. در سطوح پایین کیفیت خودرو این تاثیر همچنان بالا است. سهم کیفیت خودرو در بروز تصادف ۰/۱ درنظر گرفته شده است.
پایبندی رانندگان به قوانین راهنمایی و رانندگی	وقتی پایبندی رانندگان به قوانین در پایین‌ترین حد خود قرار دارد، بیشترین تاثیر را در درصد بروز تصادف دارد. با افزایش پایبندی این تاثیر کاهش می‌یابد. در سطوح پایین پایبندی رانندگان به قوانین، این تاثیر همچنان بالا است. سهم رانندگان در بروز تصادف ۰/۷ درنظر گرفته شده است.
حضور پلیس	وقتی حضور پلیس در پایین‌ترین حد خود قرار دارد، بیشترین تاثیر را در درصد بروز تصادف دارد. با افزایش حضور پلیس این تاثیر کاهش می‌یابد. در سطوح پایین حضور این تاثیر همچنان بالا است. ضریب تاثیری که عدم حضور پلیس در افزایش بروز تصادف دارد، ۰/۰۲ درنظر گرفته شده است.
کیفیت جاده	کیفیت راه در پایین‌ترین حد خود قرار بگیرد، بیشترین تاثیر را در درصد بروز تصادف دارد. با بهبود کیفیت این تاثیر کاهش می‌یابد. در سطوح پایین کیفیت این اثر همچنان بالا است. سهم کیفیت جاده در بروز تصادف ۰/۰۸ درنظر گرفته شده است.
تراکم خودروها	اگر تراکم خودروها پایین بیاید، تاثیر آن روی درصد بروز تصادف پایین می‌آید. زمانی‌که تراکم از یک حدی بیشتر می‌شود، نرخ رشد تاثیر آن روی درصد بروز تصادف کاهش می‌یابد. سهم افزایش تراکم خودروها در بروز تصادف ۰/۱ درنظر گرفته شده است.

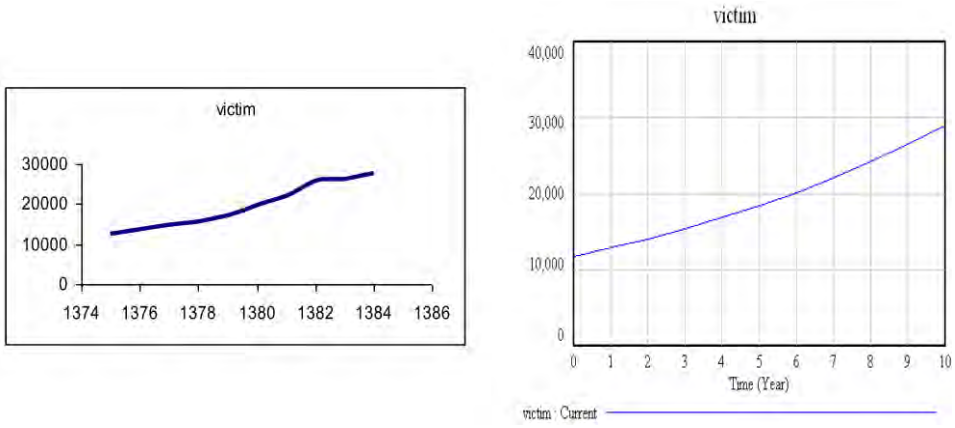
٤. تحلیل یافته‌ها

قبل از ارائه بحث سیاست‌ها، لازم است مدل به روش‌هایی که در مبانی نظری موجود است (مانند روش‌های ساختاری و رفتاری شامل آزمون مقایسه با نمودار مرجع یا داده‌های تاریخی)، اعتبارسنجی شود تا از درستی و سودمندی مدل پویایی‌شناسی سیستم در نقش ابزار سیاست‌گذاری، اطمینان حاصل شود. ازآنجاکه بحث این پژوهش، روی تعداد تصادفات و قربانیان است، پس از لحاظ اعتبارسنجی، داده‌های این دو متغیر در گذشته مقایسه می‌شود. نمودار حاصل از شبیه‌سازی مدل را به ازای ده سال به‌طور نمونه و برای متغیرهای کلیدی مسئله به‌دست آمده که در شکل ۳ و ۴ نمونه‌ای از آن مشاهده می‌شود. نمودار حاصل از شبیه‌سازی مدل برای هر یک از این متغیرهای کلیدی از جمله کیفیت خودرو و راه، پایبندی رانندگان به قوانین و ... با نمودارهای به‌دست‌آمده از آمار از لحاظ رفتاری و عددی بسیار شبیه هستند و مطابقت دارند.



شکل ۳. نمودار تعداد کل تصادفات

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۴. نمودار تعداد قربانیان

سیاست‌گذاری کاهش تلفات جاده‌ای و تحلیل یافته‌ها. سیاست‌های موردمطالعه در این پژوهش شامل: تقویت امدادرسانی، بهبود کیفیت خودرو و راه، افزایش درصد حضور پلیس در جاده‌ها و پایبندکردن هر چه بیشتر رانندگان به قوانین است. برای تمام متغیرهایی که سیاست‌گذار در آن‌ها نقش دارد، شاخص‌هایی بین صفر تا یک درنظر گرفته شده است و نرخ تغییر تمامی متغیرها (متغیر امدادرسانی، کیفیت خودرو، کیفیت راه، درصد حضورپلیس و پایبندی رانندگان به قوانین) از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شوند:

رابطه (۱) Net rate = If Then Else (Variable<=1, (perceived Vic to normal Vic ratio*increase in Variable qu/delay time)*Variable , 0)

و برای اینکه متغیرهای موردنظر از حداکثر استانداردی که برای آن درنظر گرفته شده است بیشتر نشود از تابع if then else استفاده شده است. در ادامه توضیحات بیشتر جزییات هر یک از این سیاست‌گذاری‌ها ارائه می‌شود. بعد از اینکه هر یک از متغیرها به ماکسیمم مقدار خود رسید نرخ رشد آن صفر درنظر گرفته می‌شود.

سیاست بهبود امدادرسانی. معمولا در هر تصادف مرگبار ۰/۲ نفر قربانی می‌شوند. با درنظرگرفتن امدادرسانی جاده‌ای، به ازای هر واحد امداد به موقع ۰/۰۵ نفر قربانی کاهش می‌یابد؛ بنابراین برای محاسبه تعداد قربانیان باید امدادرسانی در نرخ کاهش قربانی به ازای هر واحد امداد ضرب شود و از

نرخ نرمال کسر و در تصادفات مرگبار ضرب شود. در جوامع توسعه‌یافته بـه ازای هـر ۱ میلیـون نفـر، سالانه ۲ الی ۳ نفر در اثر تصادفات رانندگی کشته مـی‌شـوند. بـا درنظرگـرفتن ایـن مطلـب و تغییـر جمعیت، تعداد قربانیان نرمال برای هر کشور تعیین می‌شود. با تاخیر زمانی ۵ ساله قانون‌گـذار از آمـار حقیقی قربانیان آگاه می‌شود و نسبت تعداد قربانیان در قیاس با نرمال آن را مبنای سیاست‌گذاری قرار می‌دهد. تا قبل از اینکه امدادرسانی به ماکس خود برسد (یعنـی در همـه تصـادفات فـوتی در صـحنه حاضر باشند) براساس نرخ برون‌زای ۰/۰۰۵ به ازای هر واحد قربانی اضافی نسبت به نرمال قربانیان بـا تاخیر ۱۰ ساله افزایش می‌یابد. تاخیر به‌وجودآمده در مورد امدادرسانی بـه علـت تـاخیر در تخصـیص بودجه، آموزش و تجهیز کارکنان امداد است.

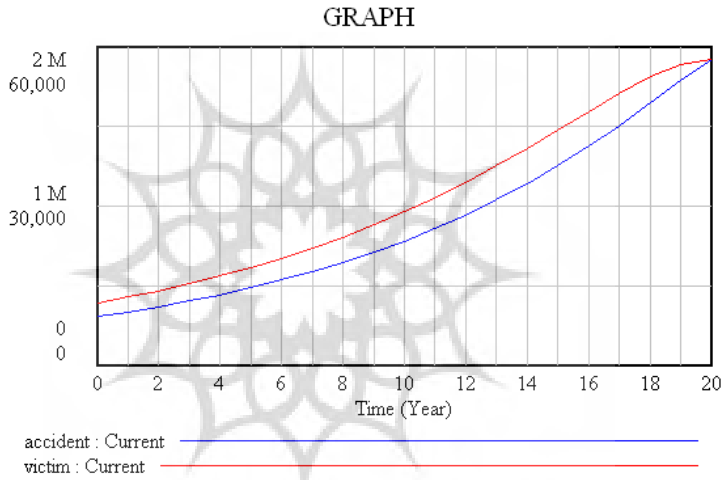
سیاست بهبود کیفیت جاده و خودرو. ضریب تغییر کیفیت سالانه خودرو ۰/۰۲ است. سیاست‌گـذار به ازای هر واحد اضافی قربانی به اندازه ۰/۰۰۲ کیفیت خودروها را با یک تأخیر زمانی ۱۰ سال افزایش می‌دهد. منظور از تأخیر، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا قوانین جدید تصویب و اعمـال شـوند، همچنین بودجه موردنظر به آن‌ها اختصاص داده شود. ضریب تغییـر کیفیـت سـالانه راه ۰/۰۲ اسـت. سیاست‌گذار به ازای هر واحد اضافی قربانی به اندازه ۰/۰۰۲ کیفیت راه‌ها را بـا یـک تـأخیر زمـانی ۱۰ ساله بهبود می‌بخشد.

سیاست افزایش درصد حضور پلیس و پایبندی رانندگان به قوانین. درصد تغییر نرمال سالانه حضور پلیس ۰/۰۱ است. سیاست‌گذار به ازای هر واحد اضافی قربانی بـه انـدازه ۰/۰۰۲ درصـد حضـور پلیس را با یک تأخیر زمانی ۵ سال افزایش می‌دهد.

درصد تغییر نرمال سالانه پایبندی به قوانین ۰/۰۰۹ است. سیاست‌گذار به ازای هـر واحـد اضـافی قربانی به اندازه ۰/۰۰۵ میزان پایبندی رانندگان به قوانین را بـا یـک تـأخیر زمـانی ۱۰ سـال افـزایش می‌دهد. این تأخیر در واقع بیانگر مدت زمانی است که طول می‌کشد تا قوانین جدید در میان رانندگان رعایت شود.

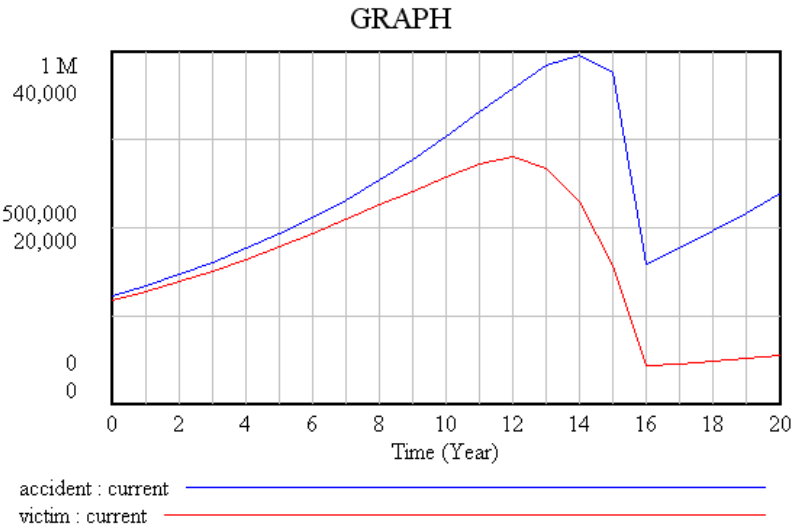
نحوه سیاست‌دهی در این پژوهش بـدین ترتیـب اسـت کـه تغییـرات اعمـال‌شـده از سـال مبـدأ مدل‌سازی (۱۳۷۵) آغاز می‌شود. نتایج بدین‌گونه است که سیستم از ابتدا با ایـن نـوع سیاسـت عمـل کرده است. متغیرهایی که در دست قانون‌گذار بودند و نحوه مدل آن‌ها به تفصیل در بالا توضـیح داده شد و تمام راهبردهایی که برای بهبود وضعیت می‌توان ارائه داد، یکباره روی مدل اعمال شده اسـت. ازآنجاکه عامل انسانی مهم‌ترین عامل در وقوع تصادفات است، سرمایه‌گذاری در این بخش می‌توانـد

نقش عمده‌ای در کاهش تعداد قربانیان و تصادفات ایفا کند. استفاده از تیزرهـای تبلیغـاتی و آمـوزش فرهنگ ترافیکی صحیح از دوران کودکی یکی از راهکارهای مهم در این بخش است که اثـر خـود را در مدل ما بر روی افزایش در میزان پایبندی رانندگان به قوانین نشان می‌دهد کاهش تاخیر زمانی نیز بدین معنا است که همزمان با بالارفتن فرهنگ ترافیکی زمان تطبیق رانندگان با قوانین جدید کاهش می‌یابد. با اعمال تمام راهبردهای توضیح داده‌شده، اجرای مدل را برای متغیرهای تعـداد تصـادفات و تعداد قربانیان ابتدا برای ۲۰ سال (۱۳۹۳ـ ۱۳۷۵) و سپس برای ۵۰ سال در دو حالت ۱) اجرای مـدل بدون اعمال سیاست‌ها بر مبنای پیش‌بینی مدل و ۲) اجرای مدل با اعمال سیاست‌ها مشاهده می‌شود. با مقایسه این دو شبیه‌سازی یعنی در دوحالت بدون اعمال سیاست‌ها و با اعمال سیاست‌هـا مشـاهده می‌شود که سیاست‌های اعمال‌شده موثر واقع شده‌اند. علت آن است کـه برخـی از تأخیرهـای زمـانی تعدیل شده و سرعت رشد عوامل کیفی افزایش یافته است.



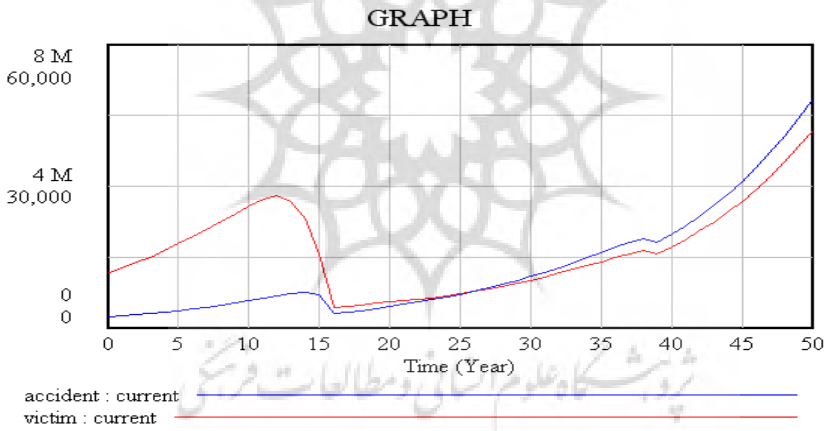
شکل ۵. اجرای مدل بدون اعمال سیاست (مدل پایه)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۶. اجرای مدل با اعمال سیاست‌ها

در ادامه مدل با اعمال سیاست برای ۵۰ سال شبیه‌سازی شده است، نتیجه به‌صورت زیر است:



شکل ۷. اجرای مدل با اعمال سیاست‌ها برای ۵۰ سال

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

همان‌طور که ذکر شد، یک سیستم حمل‌ونقل اگر به‌صورت موثر و مناسب برقرار نشده باشد می‌تواند اثرات جانبی مانند افزایش آلودگی، افزایش مصرف سوخت، افزایش سوانح رانندگی، ترافیک و ازدحام داشته باشد و برای موثربودن و مناسب‌بودن لازم است که به همه ابعاد اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی توجه شود که در این پژوهش با توجه به طول راه‌ها و جاده‌ها، کیفیت خودرو، کیفیت راه، پایبندی رانندگان به قوانین و درصد حضور پلیس تاکید ویژه و اصلی بر تعداد سوانح و تلفات بوده است. در اکثر مطالعه‌های قبلی در رابطه با تلفات جاده‌ای، محققان به‌بررسی رابطه متغیرهای اقتصادی با تعداد تلفات پرداخته‌اند و کمتر به متغیرهایی مانند متغیرهای موردمطالعه در این پژوهش (بهبود امدادرسانی، کیفیت خودرو و جاده و پایبندی رانندگان به قوانین) پرداخته شده است.

در این پژوهش در ابتدا با کمک مرور مبانی نظری صورت‌گرفته، مسئله موردبررسی به‌صورت دینامیکی تعریف شد؛ سپس متغیرهای اصلی درگیر در مسئله شناسایی شد و نمودارهای علّی حلقوی و جریان پیشنهادی مربوطه ترسیم شد؛ سپس بااستفاده از روش پویایی‌شناسی سیستم و بااستفاده از شبیه‌سازی و بااستفاده از داده‌ها و آمارهای موجود، به سیاست‌گذاری کاهش تلفات جاده‌ای پرداخته شده است. تمام راهبردهایی که برای بهبود وضعیت می‌توان ارائه داد، یکباره روی مدل موردمطالعه اعمال شدند و ازآنجاکه عامل انسانی یکی از مهم‌ترین عوامل در وقوع تصادفات است مشخص شد که سرمایه‌گذاری در این بخش می‌تواند نقش عمده‌ای در کاهش تعداد قربانیان و تصادفات ایفا کند و افزایش ضریب کیفیت رانندگی در مدل نشان داد که استفاده از راهکارهای آموزش فرهنگ ترافیکی صحیح از دوران کودکی و استفاده از تیزرهای تبلیغاتی، اثر خود را در مدل گذاشته‌اند و از طرفی همزمان با بالارفتن فرهنگ ترافیکی زمان تطبیق رانندگان با قوانین جدید نیز کاهش می‌یابد. در ارتباط با امدادرسانی جاده‌ای نیز، اثر کاهش تلفات جاده‌ای با افزایش سرعت امدادرسانی به‌دست آمد. همین‌طور با توجه به نتایج شبیه‌سازی برای دوره‌های مختلف، بهبود کیفیت خودرو و راه، اگرچه می‌توانند تاثیر قابل‌توجهی بر تعداد تلفات جاده‌ای داشته باشند؛ ولی با توجه به محدودیت‌های بازار و بودجه، این ضرایب نمی‌توانند رشد چندانی در کوتاه‌مدت داشته باشند.

لازم به ذکر است که در نحوه مدل‌کردن متغیرهای کیفی، رفتار رانندگان و حضور پلیس، در این پژوهش حداکثر استانداردها ثابت درنظر گرفته شده است. با توجه به اینکه در دنیای واقع با پیشرفت علم و فن‌آوری استانداردها نیز ارتقاء می‌یابند، امید است محققان آتی بتوانند به‌گونه‌ای این نکته را نیز در مدل لحاظ کنند تا مدل و نتایج به‌دست‌آمده بیشتر با دنیای واقع همخوانی و هماهنگی داشته باشد؛ همچنین محققان آتی می‌توانند راهبرد کاهش مطلوبیت سفرهای جاده‌ای با تخصیص بودجه به

سایر روش‌های حمل‌ونقل را در کنار مدل این تحقیق درنظر بگیرند و به‌بررسی نتایج به‌دست‌آمده بپردازند، با توجه به این امر که گفته می‌شود بهترین راهبرد در بلندمدت، کاهش مطلوبیت سفرهای جاده‌ای با تخصیص بودجه به سایر روش‌های حمل‌ونقل و توسعه آن‌ها می‌تواند باشد که این مسئله در مرز مدل ما نمی‌گنجید. امید است بااستفاده از چنین پژوهشهایی بتوان در راستای افزایش دانش و آگاهی برای داشتن جاده‌هایی سالم و سفرهایی با پایین‌ترین آمار سوانح و تلفات در جاده‌های کشور گام برداشت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Armah, F. A., Yawson, D. O., & Pappoe, A. A. (2010). A systems dynamics approach to explore traffic congestion and air pollution link in the city of Accra, *Ghana. Sustainability, 2(1),* 252-245.

2. Ayati, E., Ghadirian, F., & Ahadi, M. R. (2008). Estimation of the cost of damage to vehicles in rural road accidents in Iran. *Transportation Research, 5,* 1-13.

3. Comprehensive Rail Transportation Website (2014). Available at http://railwayir.persianblog.ir/pages/1/ (in Persian).

4. Eriksson, L., Nordlund, A. M. and Garvill, J. (2010). Expected car use reduction in response to structural travel demand management measures, *Transportation Research Part F, 13,* 329˚342.

5. Forrester JW (1961). Industrial dynamics. Cambridge: MIT Press.

6. Gajendran, C., Serin, V. K., Seenu, S. G., & Swati, P. (2015). Different Methods of Accident Forecast Based on Real Data. *Journal of Civil & Environmental Engineering.*

7. Habibian, M., Kermanshah, M., (2012). Investigating the contribution of transportation demand management policies to car commuters mode change, *Journal of Transportation Engineering, 3(3):* 98-181.

8. Hamidizadeh, M.R. (2014). system dynamics. First edition, Shahid Beheshti University Press (in persian).

9. Iranian Legal Medicine Organization (2015). available at: .lmo.ir/index.aspx?fkeyid=&siteid=1&pageid=2370 (in persian)

10. Jamroz, K. (2012). The impact of road network structure and mobility on the national traffic fatality rate. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 54,* 1370-1377.

11. Johanson-Stenman, O., & Martinsson, P. (2000). Fatal Road Accidents: Explaining Between-Country Risk Differencens. Department of Economics, Goteborg University, Sweden.

12. Kopits, E., & Cropper, M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. *Accident analysis & prevention, 37(1),* 169-178.

13. Kumar, S. N., & Umadevi, G. (2011). Application of System Dynamic Simulation Modeling in Road Safety. In 3rd International Conference on Road Safety and Simulation.

14. Law, T. H., Noland, R. B., & Evans, A. W. (2011). The sources of the Kuznets relationship between road fatalities and economic growth. *Journal of Transport Geography, 19(2),* 355-365.

15. Mackett, R. L., & Edwards, M. (1998). The impact of new urban public transport systems: will the expectations be met?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 32(4),* 231-245.

16. Mehregan, N., Gholizadeh, A., & Mohammadi, F. (2011). Investigating the Relationship Between Traffic Safety and Economic Growth in Iran. *Transportation Engineering, 4(1)*: 59-69 (in persian).

17. Minami, N., & Madnick, S. (2010). Using Systems Analysis to Improve Traffic Safety, 4. Working Paper CISL 2010.

18. Namaki Araghi, B (2008). Design of the model to determine the relationship

between the number of accidents and the probability of traffic collisions in the city streets network, master of science thesis. Iran University of Science & Technology.
19. Newman, P. (1995). Public transit: the key to better cities, Siemens Review 3±4, 42±46.
20. O'Flaherty C.A. (1996). Transport planning and traffic engineering, Butterworth Heinemann.
21. Partheeban, P., Arunbabu, E., & Hemamalini, R. R. (2008). Road accident cost prediction model using systems dynamics approach. *Transport, 23(1),* 59-66.
22. Paulozzi, L. J., Ryan, G. W., Espitia-Hardeman, V. E., & Xi, Y. (2007). Economic development's effect on road transport-related mortality among different types of road users: a cross-sectional international study. *Accident analysis & prevention, 39(3),* 606-617.
23. Raney, E. A., Mokhtarian, P. L., & Salomon, I. (2000). Modeling individuals' consideration of strategies to cope with congestion. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 3(3),* 141-165.
24. Salmani, M., Ramezanzadeh, L. M., Drikvand, M., & Sabeti, F. (2008). The survey of more important factors effecting on road accidents and presenting some ways to increase them, case study: rural area of Khor & Beyabanak. *Human Geography Research Quarterly, 65,* 87-104 (in persian).
25. Samaei, M. R., Mortazavi, S. B., Ebrahimi, A., & Shahsavani, E. (2010). Using System Dynamics Approach To Simulating Eutrophication In Artificial Lakes, *Journal of Health System Research, 6(2),* 315-325.
26. Sihombing, L. B. (2014). Toll Road Infrastructure Development in Indonesia: A System Dynamics Perspective, Conference Paper.
27. Statistical Annual of Road Maintenance & Transportation Organization (2013). Available at: www.rmto.ir (in Persian)
28. The online version of the Iranian daily Hamshahri (2014). available at: http://hamshahrionline.ir/details/324572/Economy/Transport1 (in persian).
29. Torres, M. D. S., Lechón, R. F., & Soto, P. F. (2012). Road safety strategies: An analysis with system dynamics. Online), (http://www. systemdynamics. org/conferences/2012/proceed/papers/P1181. pdf).
30. Vuchic, V. R. (1991). Recognizing the value of rail transit, T R News 156, 13±19.
31. Wong, S. C., Sze, N. N., Yip, H. F., Loo, B. P., Hung, W. T., & Lo, H. K. (2006). Association between setting quantified road safety targets and road fatality reduction. *Accident Analysis & Prevention, 38(5),* 997-1005.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی