

## طراحی مدل ایمنی مبادی ورودی شهرها\*

شهریار افندی‌زاده، استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

رضا گلشن خواص، کارشناس ارشد، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

E-mail:afandizadeh@iust.ac.ir

### چکیده

حمل و نقل یکی از ضروریات زندگی بشر است. آدمی به برقراری ارتباط نیازمند است و فرآیند ارتباط، جابجایی را ایجاد می‌کند و در نتیجه سفر ایجاد می‌شود. با توجه به تعداد فراوان سفرهای تولید شده، ایمنی این سفرها از اهمیت فراوانی برخوردار است. در کشور ما ایران، تعداد سرانه حوادث جاده‌ای و تلفات ناشی از آن زیاد است و این امر سبب شده که ریشه‌یابی علل و عوامل مؤثر در رخ دادن این حوادث مورد کنکاش واقع شود. برابر آمار راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی، حدود ۷۰ درصد حوادث جاده‌ای کشور در محدوده ۳۰ کیلومتری شهرها اتفاق می‌افتد که به «مبادی ورودی شهرها» موسوم است. در این تحقیق سعی شده است با بررسی ارتباط آمار حوادث با وضعیت برخی پارامترهای فیزیکی و جمعیتی مبادی ورودی شهرها در تعدادی از جاده‌های کشور و با استفاده از تحلیل‌های آماری، پارامترهایی که در تعداد حوادث مؤثر است شناسایی شده و رابطه‌ای میان این پارامترها و تعداد حوادث ارائه شود. به این منظور با استفاده از تحلیل‌های آماری و نرم‌افزار SPSS و نیز با برآزش مدل‌های خطی و نمایی به دست آمده، مشخص شد که رابطه‌ای نمایی بهترین برآزش را بر روی داده‌های مشخصات فیزیکی و جمعیتی مبادی ورودی شهرها با تعداد حوادث رخ داده و در نتیجه شاخص ایمنی راه در آن محدوده از خود نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: مبادی ورودی شهرها، تصادفات جاده‌ای، مدل تصادفات

### ۱. مقدمه

ناگوارترین پیامد هر تصادف‌اند و آمار متوفیات ناشی از تصادفات در ایران بسیار زیاد است، به نحوی که به طور مثال در سال ۱۳۸۳ روزانه به طور میانگین بیش از ۷۴ نفر در کشور در اثر تصادفات رانندگی کشته شده‌اند [۱] و این در حالی است که در کشورهایی مانند آلمان، انگلستان و فرانسه که وسیله نقلیه - کیلومتر طی شده در آنها بیش از ۱۰ برابر ایران است [۲] تعداد کشته‌ها بسیار کمتر است [۳].

در این کشورها تعداد کشته‌های ناشی از تصادفات با انجام تمهیدات لازم سیر نزولی یافته و این در حالی است که طبق آمار منتشر شده توسط پزشکی قانونی، تعداد متوفیات ناشی از تصادف در ایران سالیانه در حدود ۸ الی ۱۰ درصد رشد دارد [۴]. اهمیت

بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط وزارت راه و ترابری، حمل و نقل جاده‌ای با اختصاص حدود ۹۰ درصد از کل سفرهای در حال انجام در ایران، در مقایسه با سیستم‌های دیگر حمل و نقل (هوایی، دریایی و ریلی) از جایگاه ممتازی در عرصه اقتصاد کشور برخوردار است و "راه" به عنوان یکی از ارکان اصلی این عرصه، همواره محل توجه مدیران و کاربران این سیستم بوده است.

حوادث رانندگی از مهم‌ترین عواملی هستند که بر سطح خدمت راهها تأثیر می‌گذارند و از آنجا که سطح خدمت مطلوب شبکه جاده‌ای، تضمین‌کننده حمل و نقل ایمن مسافر و کالا است بروز هر گونه خلل در آن، مسیر رشد اقتصادی و اجتماعی را با مشکلات بسیاری روبرو خواهد کرد. تلفات نیروی انسانی

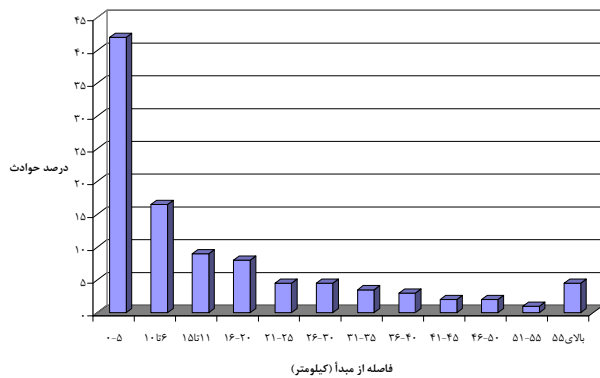
شاخص ایمنی مسیر را در مبادی ورودی شهر بررسی می‌کند  
 ارایه می‌شود.

## ۲. کلیات

### ۱-۲ تعاریف و مفاهیم

#### ۱-۱-۲ تصادف

تصادف جاده ای حادثه‌ای است که به وسیله نیرویی که به سرعت عمل می‌کند حادث می‌شود و نتیجه آن خسارات مالی و جانی است. یک تصادف، پدیده پیچیده‌ای است که از ترکیب و تداخل عوامل و متغیرهای گوناگون پدید می‌آید که هر یک، عوامل و علل ویژه خود را دارند [۸].



شکل ۱. درصد تصادفات بر اساس فاصله از مبدأ مقاطع جاده‌ای در ایران

سرمایه‌گذاری در زمینه بررسی و شناسایی علل تصادفات و پیش‌بینی تمهیداتی برای کاهش آنها امری روشن است. به همین دلیل نخست باید به تحلیل و بررسی نقاط حادثه‌خیز شبکه جاده‌ای کشور پرداخت و تلاشها را به سوی ساماندهی این موقعیت‌ها معطوف ساخت. با توجه به آمار تصادفات در جاده‌های کشور به تفکیک فاصله از مبدأ هر شهر، حدود ۷۰ درصد از تصادفات جاده‌ای در محدوده ۳۰ کیلومتر ابتدایی و انتهایی جاده‌های بین شهری- که حدود ۱۷ درصد کل طول راههای کشور را شامل می‌شود- به وقوع می‌پیوندد [۵]. بنابراین بررسی وضعیت ایمنی معابر نزدیک به شهرها و کاهش زمینه ایجاد حادثه در این محدوده باعث کاهش حوادث جاده‌ای در کشور می‌شود و با توجه به نقش حمل و نقل جاده‌ای در مجموعه حمل و نقل کالا و مسافر کشور، این موضوع می‌تواند به هرچه ایمن تر شدن مجموعه فرآیند جابجایی کالا و مسافر بیانجامد. پیش از این تحقیق، مطالعات زیادی در زمینه تهیه مدل‌های ایمنی راه انجام شده است و مدل‌های گوناگونی شامل نقش متغیرهای مختلف در تعیین شاخص‌های ایمنی مسیر ارایه شده‌اند [۶]، ولی تا کنون هیچ‌یک از این تلاش‌ها بر محدوده مبادی ورودی شهرها متمرکز نشده و در مدل‌های ارایه شده نیز وضعیت خاص راه‌ها در این محدوده در نظر گرفته نشده است. در تحقیقاتی هم که به موضوع مبادی ورودی شهرها پرداخته شده، مدلی به منظور تعیین شاخص ایمنی مسیر در این محدوده یافت نشد [۷]. در این تحقیق نخستین مدلی که

جدول ۱. رشد حوادث جاده‌ای کشور حدفاصل سالهای ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۳ را نشان می‌دهد [۱].

جدول ۱. متوفیات و مصدومین ناشی از تصادفات

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
متوفیات	۱۴۹۸۱	۱۵۴۸۲	۱۷۰۵۹	۱۹۷۲۷	۲۱۸۷۳	۲۵۷۲۲	۲۶۰۸۹
رشد	-	۳/۳	۱۰/۲	۱۵/۶	۱۰/۹	۱۷/۶	۱/۴
مصدومین	۷۹۲۸۹	۹۱۰۴۸	۱۰۸۳۰۰	۱۱۷۵۶۶	۱۶۷۳۷۲	۲۲۲۳۰۹	۲۴۵۷۵۴
رشد	-	۱۴/۸	۳۷/۸	۸/۶	۴۲/۴	۳۲/۸	۱۰/۵
کل تلفات	۹۴۲۷۰	۱۰۶۵۳۰	۹/۵	۱۳۷۲۹۳	۱۸۹۲۴۵	۲۴۸۰۳۱	۲۷۱۸۴۳
رشد	-	۱۳	۱۷/۷	۹/۵	۳۷/۸	۳۱	۹/۶
شاخص شدت	۱۵/۹	۱۴/۵	۱۳/۶	۱۴/۳	۱۱/۵	۱۰/۴	۹/۶

طراحی مدل ایمنی مبادی ورودی شهرها

## ۲-۲ ایمنی

با توجه به ماهیت عوامل اشاره شده می‌توان به این نکته اشاره کرد که برخی از این عوامل به پارامترهای عمومی راه و برخی دیگر به مشخصات شهر و ابتدا و انتهای مسیر بستگی دارند. برای مثال ساخت و سازهای غیر مجاز، تعدد کاربری‌های حاشیه راه و تعداد عبور عابران پیاده را می‌توان با جمعیت شهر متناسب دانست. تأثیر دسترسی‌های متعدد به مسیر اصلی و عدم تفکیک جریانهای ترافیک درون‌شهری و برون‌شهری - که در ادامه به آن اشاره می‌شود - نیز در مسیرهای شیب‌دار مضاعف می‌شود. تأثیرگذاری رفت و آمد عابر پیاده در مسیرهای با عرض‌های متفاوت و با حجم گوناگون رفت و آمد به وضوح تغییر خواهد یافت. آن چه در این تحقیق برای شناسایی شاخص ایمنی مبادی ورودی شهرها انجام گرفته بررسی ترکیب پارامترهای مستقل بر ایمنی راه در محدوده‌های نزدیک شهرهاست که در ادامه مقاله به آن پرداخته می‌شود.

## ۴. علل آشفته‌گی ترافیک در محدوده مبادی

### ورودی شهرها

به طور کلی رانندگانی که در این محدوده از جاده عبور می‌کنند به سه دسته تقسیم می‌شوند و ترکیب این سه دسته با یکدیگر سبب ایجاد آشفته‌گی ترافیک در مبادی ورودی شهرها، و در نتیجه افزایش احتمال وقوع حادثه می‌شود.

### ۴-۱ رانندگان عازم سفر

این افراد رانندگانی هستند که در آغاز یک سفر قرار دارند و این بخش از مسیر را به علت وجود ساخت و سازهای پرشمار در حاشیه جاده و این که هنوز مدت زمان زیادی از خروج آنها از شهر نمی‌گذرد، جزیی از شهر فرض می‌کنند و رفتار ترافیک شهری را بکار می‌گیرند، حال این که از شهر خارج شده و باید مقررات ترافیک برون‌شهری را بکار بندند؛ برای مثال از توقف ناگهانی خودداری کرده و با سرعت مناسب حرکت کنند، در حالی که اغلب چنین نکرده و امکان ایجاد حادثه را فراهم می‌کنند.

### ۴-۲ رانندگان عبوری

رانندگانی که به صورت عبوری مبادی ورودی شهرها را طی می‌کنند و یا پس از پایان سفر به این محدوده وارد می‌شوند، این

ایمنی با مفهوم عکس خود (حادثه) قابل اندازه‌گیری و سنجش است، یعنی هر چه تعداد حوادث و تصادفات بیشتر باشد، ایمنی کاهش خواهد یافت، و هر چه تعداد حوادث کاهش یابد ایمنی بیشتر خواهد شد، پس به عنوان معیار کمی سنجش ایمنی می‌توان از نرخ و شدت تصادفات بهره گرفت [۶]. در این تحقیق، معیار سنجش شاخص ایمنی با معکوس احتمال وقوع تصادف معادل گرفته شده و بررسی‌های انجام شده حول محور احتمال وقوع حادثه متمرکز شده است.

## ۳. مبادی ورودی شهرها

آنچه در این تحقیق به عنوان محدوده ورودی شهرها در نظر گرفته شده، فاصله ۳۰ کیلومتری ابتدا و انتهای جاده‌های بین دو شهر است که از پرحادثه‌ترین مناطق و موقعیت‌های کل طول جاده بوده و حدود ۷۰ درصد کل تصادفات جاده‌ای را به خود اختصاص می‌دهد. حدود ۹۵۰۰ کیلومتر از مجموع ۵۷۵۰۰ کیلومتر راههای کشور (تقریباً ۱۷ درصد) [۹] در این محدوده واقع می‌شوند.

### ۳-۱ آمار تصادفات در محدوده ورودی شهرها

شکل (۱) درصد تصادفات بر اساس فاصله از مبداء راه، در کل کشور نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، حدود ۷۱٪ تصادفات در محدوده ورودی شهرها (۰ تا ۳۰ کیلومتر) رخ می‌دهند [۵].

## ۳-۲ علل افزایش تعداد حوادث رانندگی در نزدیکی

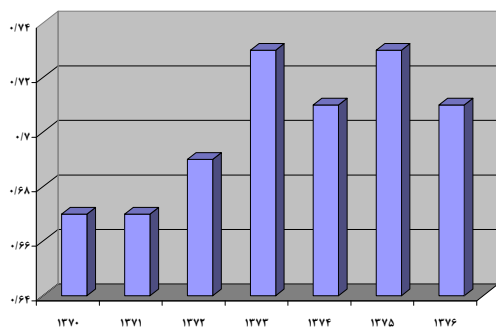
### شهرها

از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش تعداد حوادث در مبادی ورودی شهرها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش ساخت و سازهای غیرمجاز در محدوده راه
- افزایش تعداد کاربریهای مختلف در اطراف جاده‌ها
- افزایش تعداد دسترسی‌ها به مسیر اصلی
- تفکیک نشدن جریان ترافیک برون‌شهری و درون‌شهری
- افزایش تعداد عابران پیاده
- تنوع زیاد انواع وسایل نقلیه در حال رفت و آمد

رانندگی کشور به صورت استانی تفکیک شده و در نهایت نسبت حوادث جاده ای رخ داده در ۳۰ کیلومتر پایان مسیرها در هر استان در محدوده مبادی ورودی شهرها به کل حوادث جاده‌ای هر استان به دست آمده است.

شکل ۲ میانگین کشوری نسبت حوادث جاده ای واقع شده در ۳۰ کیلومتر انتهایی مسیرها را به کل حوادث جاده‌ای برای سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۶ نمایش می‌دهد. در این جا نیز دیده می‌شود که در تمامی سالهای مورد بررسی این نسبت حوادث مورد نظر به کل حوادث حدوداً ۷۰ درصد است [۱۰].



شکل ۲. نسبت حوادث رانندگی رخ داده در ۳۰ کیلومتر ابتدایی جاده‌ها به کل حوادث جاده‌ای کشور

## ۶. طراحی مدل

### ۶-۱ پارامترهای تأثیرگذار بر مدل

با بررسی و تجزیه و تحلیل پارامترهای مؤثر در حوادث رانندگی می‌توان به معرفی یک مدل ریاضی پرداخت تا با کالیبره کردن آن توسط اطلاعات موجود بتوان در مبادی ورودی هر شهر با معرفی خصوصیات محدوده مورد مطالعه، وضعیت هر راه را از نظر ایمنی بررسی کرد. برای این کار می‌توان پارامترهای زیر را تعریف کرد:

F1:	عرض مسیر
F2:	عرض شانه‌راه
F3:	حجم تردد وسایل نقلیه
F4:	تعداد دسترسی‌ها به مسیر اصلی
F5:	جمعیت شهر
F6:	چگالی طولی مراکز خدماتی
F7:	کوهستانی یا هموار بودن مسیر
F8:	شیب مسیر
F9:	کیفیت روسازه
F10:	وضعیت علائم هشداردهنده
F11:	طول مسیر

بخش از راه را جزء مسیر برون شهری فرض کرده و با سرعت زیاد بدون در نظر گرفتن مقررات و ملاحظات ترافیک درون شهری، در آن حرکت می‌کنند.

### ۴-۳ رانندگان مرتبط با خدمات حاشیه‌ای

رانندگانی که هدفشان از ورود به این بخش از مسیر، استفاده از خدمات موجود در حاشیه جاده است، اصولاً احساس ورود به یک مسیر بین شهری را نداشته و به صورت متناوب اعمالی از قبیل توقف‌های ناگهانی، دوزدن‌های نابجا و توقف در حاشیه جاده را انجام می‌دهند. این امر سبب می‌شود رانندگانی که در مسیر برون شهری با سرعت زیاد در حال سفر هستند انتظار برخورد با وسیله نقلیه‌ای را که ناگهان در کنار مسیر توقف کرد و یا در میان جاده دور بزند، نداشته باشند و در نتیجه تصادف‌های شدیدی رخ دهند.

## ۵. گردآوری و آماده‌سازی اطلاعات

آن چه به عنوان داده‌های اساسی در طراحی مدل مورد نظر استفاده شده است، بانک اطلاعاتی تصادفات جاده‌ای کشور است که در حد فواصل سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۶ اطلاعات تمامی کروکی‌ها و گزارشهای مربوط به آنها در این محدوده زمانی توسط کارشناسان و افسران پلیس راه و راهنمایی و رانندگی تکمیل و ارایه شده‌اند.

این بانک اطلاعاتی توسط نرم افزارهای FoxPro و Microsoft Access تهیه شده است. لازم به یادآوری است که دستیابی به اطلاعات سال ۱۳۷۷ و پس از آن ناممکن بوده است. با توجه به ارایه خلاصه آمارهای استانهای کشور که حاوی آمار مربوط به سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ حوادث رانندگی جاده‌ای کشور به تفکیک هر استان است مشاهده می‌شود که با وجود افزایش تعداد حوادث، نسبت رخداد حوادث در محدوده مبادی ورودی شهرها به کل حوادث جاده‌ای، تقریباً بدون تغییر باقی مانده است.

با پردازش داده‌های مجموعه بانکهای اطلاعاتی موجود، مشخص شد که حدود ۷۰٪ تصادفات جاده‌ای کشور در محدوده ۳۰ کیلومتری ابتدا و انتهای مسیر اتفاق می‌افتند.

برای تهیه شکل ۲ تمامی رکورد‌های موجود در بانکهای اطلاعاتی (که به بیش از ۸۰۰ هزار رکورد بالغ می‌شود) مورد بررسی قرار گرفته و براساس برنامه رایانه‌ای تنظیم شده، تعداد حوادث

- X1 (Orgpop): جمعیت شهر به هزار نفر
- X2 (Accessno): تعداد متوسط دسترسی های مسیر در هر کیلومتر محدوده مبادی ورودی
- X3 (AADT): تعداد متوسط روزانه وسایل نقلیه عبوری از طول مسیر در یک سال (به هزار وسیله)
- X4 (Width): عرض متوسط مسیر به متر
- X5 (Slope): قدر مطلق شیب نسبی مسیر
- X6 (Length): طول مسیر به کیلومتر

### ۳-۶ انتخاب مدل مناسب

با استفاده از بانک اطلاعاتی مرجع مورد استفاده [۱۰] و نیز اطلاعاتی که از تعدادی از راههای کشور به دست آمده جدول (۲) ارائه شده است.

در این جدول اطلاعات مورد نیاز مربوط به متغیرهای اساسی مدل درج شده‌اند. در جدول (۳) نیز بر اساس اطلاعات موجود در بانکهای اطلاعاتی، میانگین‌های نسبت حوادث رانندگی رخ داده در ۳۰ کیلومتر ابتدایی محورهای مورد مطالعه در طی سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۶ قید شده‌اند. برای تهیه جدول شماره ۳ از بین بانکهای اطلاعاتی سال های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۶ تعداد کل حوادث رانندگی هر ساله مسیرهای انتخاب شده، استخراج شده است. همچنین تعداد حوادث رانندگی رخ داده در مبادی ورودی شهرهای ابتدایی و انتهایی این مسیرها نیز به دست آمده است، در نهایت نسبت تعداد این حوادث به کل حوادث آن مسیر محاسبه شده است.

با میانگین‌گیری بین اعداد به دست آمده برای هر سال، عدد نسبت حوادث رخ داده در محدوده ۳۰ کیلومتری هر یک از دو سوی یک مسیر به کل حوادث آن مسیر به دست آمده که در ستون مربوطه- ستون میانگین نسبت حوادث- درج شده است.

مشاهده می‌شود که میانگین اعداد مندرج در جدول (۰/۶۸) به آنچه قبلاً اشاره شد (۰/۷۱) بسیار نزدیک است. انجام عملیات رگرسیون (کمینه کردن مربعات) از میان داده‌های موجود و انتخاب بهترین مدل قابل برازش داده‌ها، از نرم افزار SPSS استفاده شده است. این نرم افزار با امکانات وسیع خود و با انجام پردازشهای عددی بر روی اطلاعات ورودی، در محیط‌های مختلف خطی و غیرخطی بهترین مدل قابل برازش بر روی داده‌های ورودی در هر محیط را ارائه می‌کند.

برای پیش بینی پارامترهای تأثیر گذار بر مدل می‌توان فرض کرد که تعداد جمعیت شهر، تعداد وسائل نقلیه‌ای که به طور میانگین سالیانه در روز از جاده عبور می‌کنند، شیب نسبی محدوده راه، تعداد دسترسی‌های موجود در محدوده مورد نظر از راه در طول مسیر عرض متوسط مسیر پارامترهایی هستند که می‌توانند بر ایمنی مبادی ورودی تأثیر بگذارند.

پارامترهای دیگری مانند تعداد کاربری های اطراف مسیر، تعداد و چگالی طولی این کاربریها نیز وجود دارند که به علت وابستگی زیاد آنها به پارامترهای اصلی در نظر گرفته شده برای مدل، از ورود آنها به مجموعه مدل خودداری شده است. بنابراین، از بین ۱۱ پارامتر بالا، موارد  $F_1, F_3, F_4, F_5, F_8$  و  $F_{11}$  به عنوان نماینده دیگر پارامترهای مؤثر برگزیده شدند.

### ۲-۶ تعریف مدل

چنان که بیان شد، مفهوم و حس ایمنی نسبت معکوسی با حادثه و درصد وقوع آن دارد. در بسیاری از موارد، ایمنی با مفهوم مقابل آن یعنی حادثه‌خیزی تعریف می‌شود و ایمن بودن، با کم بودن احتمال وقوع حادثه برابر گرفته می‌شود. در این تحقیق نیز شاخص ایمنی که برای پارامتر وابسته در این مدل در نظر گرفته شده است معکوس تعداد حوادث رانندگی رخ داده شده به ازای هر کیلومتر از طول راه در مبادی ورودی شهر است که به صورت رابطه (۱) بیان می‌شود.

$$I = \frac{1}{Re \text{ lAcc}} \quad (1)$$

که در آن:

I: شاخص ایمنی بازای هر کیلومتر

RelAcc: احتمال وقوع حوادث رانندگی در هر کیلومتر طول مسیر

بنابراین سعی می‌شود که مدلی برای پیش بینی مقدار RelAcc به دست آید. با بررسی‌های انجام شده می‌توان تابع زیر را برای این منظور تعریف کرد.

$$RelAcc = F(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$$

در این تابع متغیرها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- Y (RelAcc): احتمال وقوع حوادث رانندگی در هر کیلومتر طول مسیر

## افندی زاده و گلشن خواص

جدول ۲. اطلاعات مربوط به مسیرهای انتخاب شده به منظور کالیبراسیون مدل

طول (km)	شیب نسبی (%)	عرض مسیر (m)	AADT*103	تعداد دسترسی ها (/km)	جمعیت*103	مبدأ	نام محور
۱۸۵	۳	۱۱/۶	۱۷	۰/۴	۳۰۰	قزوین	قزوین- رشت
۱۸۵	۱/۵	۱۱/۶	۱۷	۰/۹۵	۴۰۰	رشت	رشت - قزوین
۱۱۱	۲	۲۲	۱۲	۰/۰۲	۸۵	قوچان	قوچان - مشهد
۱۱۱	۲	۲۲	۱۲	۰/۸۵	۱۸۰۰	مشهد	مشهد - قوچان
۱۶۹	۱	۷/۵	۱۶/۴	۰/۵	۱۰۶	اندیمشک	اندیمشک - اهواز
۱۶۹	۱	۷/۵	۱۶/۴	۰/۷	۸۵۰	اهواز	اهواز - اندیمشک
۱۱۰	۱	۷/۳	۸/۲	۰/۳	۲۰۰	کاشان	کاشان - اردستان
۱۱۰	۱	۷/۳	۸/۲	۰/۱	۵۵	اردستان	اردستان - کاشان
۱۱۱	۲/۵	۷/۵	۱۰/۴	۰/۴	۱۰۰	سمنان	سمنان - دامغان
۱۱۱	۱/۵	۷/۵	۱۰/۴	۰/۲	۵۰	دامغان	دامغان - سمنان
۱۵۰	۳	۷/۵	۱۱	۰/۲	۹۵۰	کرج	کرج - چالوس
۱۵۰	۱/۵	۷/۲	۱۱	۰/۸۵	۱۲۰	چالوس	چالوس - کرج
۱۰۰	۱	۷/۲	۵/۲	۰/۵	۳۵۰	یزد	یزد- بافق
۱۰۰	۱	۷	۵/۲	۰/۱	۴۰	بافق	بافق - یزد
۱۰۵	۱/۵	۷	۱۰/۶	۰/۴	۴۰۰	کرمان	کرمان - رفسنجان
۱۰۵	۲/۵	۷/۲	۱۰/۶	۰/۲۵	۶۰	رفسنجان	رفسنجان-کرمان
۱۰۰	۱	۷/۲	۵/۹	۰/۲	۵۵	اردستان	اردستان- ناین
۱۰۰	۱	۷/۳	۵/۹	۰/۳	۷۵	ناین	ناین- اردستان
۱۱۰	۱	۷/۳	۶/۲	۰/۲	۱۷۰	سبزوار	سبزوار - نیشابور
۱۱۰	۱	۷/۳	۶/۲	۰/۳	۱۵۰	نیشابور	نیشابور - سبزوار

جدول ۳. نسبت حوادث رانندگی در محدوده ۳۰ کیلومتری از شهرهای مبدأ جاده‌های گزیده کشور به کل حوادث رانندگی جاده در طی سالهای

۱۳۷۰ تا ۱۳۷۶

نام محور	میانگین نسبت حوادث	نام محور	میانگین نسبت حوادث	مجموع نسبت محور
قزوین- رشت	۰/۲۵	رشت - قزوین	۰/۳۷	۰/۶۲
قوچان - مشهد	۰/۰۹	مشهد - قوچان	۰/۷۳	۰/۸۲
کرج - چالوس	۰/۲۹	چالوس - کرج	۰/۱۹	۰/۴۸
کاشان - اردستان	۰/۵۲	اردستان - کاشان	۰/۱۷	۰/۶۹
سمنان - دامغان	۰/۳۱	دامغان - سمنان	۰/۲۹	۰/۶۰
اهواز - اندیمشک	۰/۳۹	اندیمشک - اهواز	۰/۳۳	۰/۷۲
اردستان-ناین	۰/۲۱	ناین - اردستان	۰/۵۴	۰/۷۵
کرمان-رفسنجان	۰/۳۰	رفسنجان - کرمان	۰/۳۹	۰/۶۹
یزد - بافق	۰/۳۸	بافق - یزد	۰/۲۶	۰/۶۴
سبزوار - نیشابور	۰/۲۴	نیشابور - سبزوار	۰/۵۵	۰/۷۹
میانگین				۰/۶۸

## ۶-۴ ساخت مدل

در محیط نرم افزار SPSS، اطلاعات موجود برای مسیرهای قزوین - رشت، قوچان - مشهد، اندیمشک - اهواز، کاشان - اردستان، سبزوار - نیشابور، کرج - چالوس، سمنان - دامغان، یزد - بافق، کرمان - رفسنجان و اردستان - نایین در دو مسیر رفت و برگشت وارد شد.

ضرایب همبستگی پارامترهای مورد استفاده در مدل سازی در جدول ۴ آورده شده اند. لازم به یادآوری است که متغیر X6 به دلیل دارا بودن همبستگی زیاد با برخی دیگر از متغیرها از ادامه روند مدل سازی حذف شد. با توجه به این که ساخت مدل برای موضوع تصادفات رانندگی انجام می پذیرد برای حد قابل قبول همبستگی مقداری بیشتر از حد معمول پذیرفته شده است.

جدول ۴. ضرایب همبستگی پارامترهای مورد استفاده در مدل سازی

	Y	X1	X2	X3	X4	X6
Y	1	0.547	0.405	-0.055	0.138	-0.106
X1	0.547	1	0.509	0.313	0.498	0.282
X2	0.405	0.509	1	0.531	0.173	0
X3	-0.055	0.313	0.531	1	0.326	0.425
X4	0.138	0.498	0.173	0.326	1	0.315
X6	-0.106	0.282	0	0.425	0.315	1

با انجام مدل سازی به روش رگرسیون خطی، به دلیل مقدار R2 کم و نیز کم بودن مقادیر t بعضی از متغیرها در مقایسه با Tc، مدل خطی به عنوان مدلی مناسب به منظور هدف مورد نظر در این تحقیق تأیید نشد، در نتیجه مدل سازی به روش غیرخطی در دستور کار قرار گرفت.

با انجام مدل سازی به روش غیرخطی، رابطه (۳) به عنوان بهترین مدل قابل برازش بر داده های موجود به دست آمد.

$$y = 1/572 \times x_1^{1/38} \times x_2^{2/39} \times x_3^{(-1/8)} \times x_4^{(-1/44)} \times x_6^{(-1/31)} \quad (3)$$

$$(F=4/09) \quad (t6=-2/76)$$

$$(t4=-1/91) \quad (t3=-0/96)$$

$$(t2=2/4) \quad (t1=2/1)$$

$$(t0=1/45) \quad Tc= 1/93, F\bar{e}= 4/57, R2=0/86$$

برای به دست آوردن مقادیر معیار t متغیرهای این مدل از داده های موجود و نیز مدل رابطه شماره ۳ لگاریتم گرفته و مشاهده شد که معیار t متغیرها در حدود Tc مدل بوده و F مدل نیز بیش

از مقدار Fc است. در نتیجه با توجه به پارامترهای ذکر شده، این رابطه از نظر ضوابط ریاضی برای برازش داده های اولیه به عنوان یک مدل پیش بینی تغییرات از قابلیت لازم برخوردار است. در نتیجه مدل نهایی شاخص ایمنی به صورت رابطه ۴ قابل ارزیابی است.

(۴)

$$I = \frac{1}{y} = \frac{1}{1/572 \times x_1^{1/38} \times x_2^{2/39} \times x_3^{(-1/8)} \times x_4^{(-1/44)} \times x_6^{(-1/31)}}$$

## ۷. تحلیل و ارزیابی

## ۷-۱ تحلیل نتایج بکارگیری متغیرها در مدل

در رابطه ۳ که همان مدل پیشنهادی در این تحقیق است، مشاهده می شود که متغیرهای X1، X2 و X4 توان مثبت و متغیرهای X3 و X6 توان منفی دارند. این مطلب ثابت می کند که افزایش جمعیت شهر و تعداد دسترسی های مسیر با افزایش نسبت حوادث در محدوده مبادی ورودی شهرها به تعداد کل حوادث مسیر نسبت مستقیم دارد. از آنجا که افزایش جمعیت شهر مبدأ مسیر، موجب افزایش تعداد سفر می شود و این امر به صورت طبیعی افزایش احتمال وقوع حادثه را در پی دارد، افزایش جمعیت شهر تأثیر مستقیم بر افزایش مقدار Y خواهد داشت که این مطلب توان مثبت پارامتر X1 در رابطه ۳ را توجیه می کند.

افزایش تعداد دسترسی ها در محدوده مبادی ورودی شهرها افزایش تعداد تداخلات حرکتی با مسیر اصلی و در نتیجه افزایش احتمال وقوع حادثه را به دنبال دارد و به این ترتیب توان مثبت برای پارامتر X2 نیز توجیه می شود.

علاوه بر این، هرچه حجم ترافیک عبوری از مسیر افزایش یابد به دلیل کاهش سرعت سفر و نیز جلب توجه بیشتر رانندگان در حال حرکت به رعایت مقررات ایمنی رانندگی، تعداد حوادث جاده ای کاهش می یابد و به این دلیل توان منفی پارامتر X3 در مدل توجیه می شود.

همچنین اگر طول مسیر افزایش یابد سهم ۳۰ کیلومتر ابتدا و انتهای آن از کل تعداد حوادث رانندگی آن معبر کاهش می یابد. این مطالب با مدل پیشنهاد شده نیز سازگاری داشته و توان منفی پارامتر X6 مؤید همین مطلب است.

## ۲-۷ اعتبارسنجی مدل

حضور داشته باشند. در این صورت مناسب‌ترین متغیر (که توسط تحلیل‌های آماری مشخص می‌شود) به عنوان نماینده تمام متغیرهای وابسته به یکدیگر در آن گروه در مدل قرار می‌گیرد.

در تحقیق حاضر برای کالیبره کردن مدل، محدودیت اطلاعات موجود تأثیرگذار بوده است. نکته حائز اهمیت این است که علاقه‌مندان در صورت دستیابی و گردآوری گسترده آمار سایر متغیرهایی که احتمال مؤثر بودن آنها در  $Y$  مدل حاضر وجود دارد، می‌توانند در مسیر بهبود مدل ارایه شده تلاش کنند.

یکی از فعالیت‌هایی که در ادامه بهبود این مدل قابل انجام است جمع‌آوری اطلاعات ریز در مورد مبادی ورودی شهرها شامل کیفیت سواره‌رو، وضعیت علائم هشدار دهنده، تعداد و نوع اصناف و خدمات ارایه شده در کنار مسیر راه و سایر این موارد است تا صرف‌نظر از طول مسیر، مدل تکمیلی مربوط به تعیین اثر این پارامترها در مبادی ورودی شهرها طراحی شود.

یکی از خصوصیات این مدل بر اساس مقدار  $R^2$  به دست آمده برای آن، برازش بسیار مناسب آن بر داده‌های اولیه مورد استفاده است. نتیجه این که ساختار احتمال مورد انتظار برای  $Y$  مدل که متغیر RelAcc است به خوبی از حاصل ضرب نمایی متغیرهای مستقل آن تبعیت می‌کند. این مطلب در کنترل انجام شده به وسیله مقایسه  $Y$  مشاهده شده  $Y$  و  $Y$  مدل به روشنی مشخص است. چون متغیرهای تأثیرگذار مستقل حاضر در مدل، تا حد زیادی از پارامترهایی نظیر زمان مستقل هستند (البته به جز جمعیت که در طی زمان به تدریج افزایش می‌یابد)، مدل حاضر از عمومیت خوبی برای استفاده در بازه‌های زمانی متفاوت برخوردار است و اطلاعات مربوط به هر بازه زمانی که در آن قرار گیرد  $Y$  مرتبط با آن بازه، از مدل قابل حصول است. همچنین استفاده از مدل حاضر، به منظور تغییر متغیرهای تأثیرگذار بر آن، دیدگاه مناسبی برای تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری در بخش مدیریت نگهداری راهها ارایه می‌کند.

به منظور کنترل مدل انتخاب شده برای موضوع مورد بحث مسیر زنجان - خرمدره به طول ۸۰ کیلومتر در حریم شهر خرمدره و مسیر یزد - رفسنجان نیز به طول ۲۳۰ کیلومتر در محدوده شهر یزد انتخاب شدند. سیر کنترل در جدول شماره ۵ مشخص شده است. آنچه از جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود این است که مدل ارایه شده در رابطه ۳ که برای راههای برون شهری ذکر شده در جدول ۲، کالیبره شده است، با اطلاعات جاده‌هایی که داده‌های آنها در ساخت و کالیبراسیون مدل بکار نرفته، اعتبارسنجی شده است و نتایج نشان می‌دهند که تفاوت نتایج پیش‌بینی بر اساس طراحی مدل و اطلاعات مشاهده‌ای، اختلافی کمتر از ۱۵ درصد دارند که در مورد مدل‌های مربوط به تصادف‌ها که با عوامل بسیاری همچون رفتارهای انسانی مرتبط هستند می‌تواند مورد قبول واقع شود. این مطلب مناسب بودن استفاده از مدل ارایه شده برای هدف مورد نظر، یعنی پیش‌بینی شاخص ایمنی در مبادی ورودی شهرها (محدوده ۳۰ کیلومتری ابتدایی و انتهایی مسیر) را تأیید می‌کند.

## ۸. نتایج و پیشنهادها

مدل ارایه شده در این تحقیق به عنوان نخستین مدلی که بر اساس اطلاعات به دست آمده از حوادث رانندگی در مبادی ورودی شهرها شکل گرفته، می‌تواند با پیش‌بینی حوادث در این محدوده از مسیر، به ایمن‌تر کردن سفرهای جاده‌ای منجر شود. توجه به این نکته ضروری است که هدف از ارایه مدل در این تحقیق، پیش‌بینی شاخص ایمنی بوده است. در نتیجه دلیلی بر حضور همه پارامترهایی که در نگاه اول، بر مقدار این شاخص تأثیرگذارند در مدل وجود ندارد، بلکه متغیرهایی باید در مدل حضور داشته باشند که بیشترین وابستگی بین آنها و متغیر وابسته مورد نظر توسط تحلیل‌های آماری به اثبات برسد. همچنین متغیرهای مستقلی که وابستگی آنها به یکدیگر از حد مجاز بیشتر باشد نباید در مدل

جدول ۵. کنترل مدل انتخاب شده برای شهر خرمدره در محدوده زنجان - خرمدره

نام محور	شهر مبدأ	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y (model)	Y (observed)
یزد - رفسنجان	یزد	۳۵۰	۰/۵	۸/۵	۷/۲	۰/۰۱	۲۳۰	۰/۲۲	۰/۱۹
خرمدره - زنجان	خرمدره	۳۵	۰/۱۵	۵/۷	۸	۰/۰۲۵	۸۰	۰/۲۱	۰/۱۷



## ۹. مراجع

۱. ایران. وزارت راه و ترابری، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور (۱۳۸۴) " خلاصه اطلاعات آماری مربوط به ایمنی حمل و نقل جاده‌ای در ایران طی سالهای ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۳"، تهران: دفتر ایمنی و ترافیک، وزارت راه و ترابری.
۲. ایران، وزارت راه و ترابری، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور، (۱۳۷۹) " بررسی متوفیات ناشی از تصادفات در سال ۱۳۷۸"، تهران: دفتر ایمنی و ترافیک، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور.
۳. Gu3.O, Z., Gao, J., Kong, L. (2003) "The road safety situation investigation and characteristics analysis of black spots of arterial highways", International Journal of Advances in Transportation Studies, Section A.
۴. آیتی، اسماعیل (۱۳۸۱) "هزینه تصادفات ترافیکی ایران" مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
۵. احمدی‌نژاد، محمود (۱۳۷۹) "ایمنی ترافیک"، تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
۶. Community Road Accident Database (CRAE) (2004), website: URL: [http://www.europa.eu.int/comm/transport/care/index\\_en.htm](http://www.europa.eu.int/comm/transport/care/index_en.htm).
۷. ایران، وزارت راه و ترابری، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور (۱۳۷۷) " بررسی وضعیت ایمنی عبور و مرور در کشور به همراه تحلیل آمار کشته شدگان ناشی از تصادفات"، تهران: سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور.
۸. آیتی، اسماعیل (۱۳۷۱) "تصادفات جاده ای ایران"، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
۹. ایران. وزارت راه و ترابری، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور (۱۳۷۴) " تحلیل تصادفات جاده ای برون شهری"، تهران: سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور.
۱۰. راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی " بانک اطلاعات تصادفات جاده‌ای کشور، سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۶"، تهران: راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی ج.ا.ا.

## پانویس‌ها

۱. معیار شناسایی یک جاده، تقسیم بندی انجام شده برای راهها در بانک اطلاعاتی راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی بوده است.

2. AADT: Average Annual Daily Traffic
3. Observed