

تحلیل و ارزیابی رابطه تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر و تعداد تصادفات شدید در معابر درون شهری (مطالعه موردی: شهر قم)

مقاله علمی - پژوهشی

*امیرحسین جشنیان (نویسنده مسئول)، دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، واحد علوم و تحقیقات،

دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محمدامین ابراهیمزاده، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، ایران

شبنم یعقوبی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amirjashnian@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۱۴ - پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۵

صفحه ۲۰۸-۱۹۷

چکیده

امروزه، موضوع تأمین تردد ایمن در سطح شبکه معابر درون شهری یکی از اصول اساسی حاکم بر مهندسی ترافیک و برنامه ریزی حمل و نقل است. شهر قم به عنوان یک پایگاه زیارتی مبدأ و مقصد بسیاری از سفرهای زیارتی می باشد. حجم تقاضای سفر در ساعات متفاوت روز با توجه به رخدادهای مذهبی و فرهنگی افزایش و کاهش می یابد. با توجه به اهمیت مدل سازی تعداد تصادفات شدید می توان اهمیت عوامل متفاوت در رخدادهای بدست آورد و با مدیریت آن می توان به افزایش سطح ایمنی پرداخت. در این مطالعه با استفاده از ۲ مدل رگرسیون خطی و غیرخطی و با استفاده از ۱۰,۷۶۴ گزارش تصادفات شدید به تحلیل این رابطه پرداخته شده است. با در نظر گرفتن تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر، مشاهده شده است مدل رگرسیون خطی دارای توانایی برآورد احتمالی پیش بینی تصادفات شدید نیست اما مدل های رگرسیون غیر خطی توصیف بهتری برای پیش بینی تعداد تصادفات شدید در شهر قم دارد. برای مدل سازی از متغیرهای تعداد تصادفات شدید در ساعات ۷ الی ۱۹ در محورهای درون شهری قم، حجم تردد ساعتی همسنگ سواری، حجم تردد ساعتی وسایل نقلیه سنگین و حجم تردد ساعتی وسایل نقلیه شخصی استفاده شد. همچنین لازم به ذکر است که با تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر تعداد تصادفات شدید نیز تغییر کرده ولی به طور کلی نمی توان گفت این دو همیشه با هم رابطه مثبتی دارند و در بعضی ساعات متغیرهای دیگری موجب افزایش تصادفات شدید می شوند.

واژه های کلیدی: ایمنی راه، تصادفات شدید، حجم جریان ترافیک، تقاضای سفر شهری

۱-مقدمه

معابر شهری رخ می دهد بدست می آید پس از تعیین متغیرها و همچنین تحلیل داده ها و راستی آزمایی مدل به تحلیل آن خواهیم پرداخت. در این تحقیق متغیر وابسته شامل تعداد تصادفات و متغیرهای مستقل حجم تقاضای سفر، ساعت اوج ترافیک، مشخصات سفر وسیله سفر می باشد. هدف از این تحقیق، ارائه مدلی برای ارزیابی رابطه تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر و تعداد تصادفات شدید در معابر شهری می باشد. شهر قم به عنوان

درک عمومی مردم از حوادث راه، مسئله ای است که پیامد آن مرگ، صدمات و خسارات مالی است. در کشورهای درحال توسعه، خطای انسانی را دلیل اصلی مسئله می دانند و توجهی به سایر علل و عوامل دخیل در این مسئله ندارند [Varma et al, 2016]. متغیرهای این تحقیق حول عوامل انسانی، وسیله نقلیه و راه می باشد که پس از تحلیل رگرسیون، میزان و برازش منحنی یک مدل از میزان حجم تقاضای سفر و تصادفاتی که در

یک پایگاه زیارتی مبدأ و مقصد بسیاری از سفرهای زیارتی می‌باشد. تعداد این سفرهای در زمان‌های متفاوت سال با توجه به رخدادهای مذهبی و فرهنگی افزایش و کاهش می‌یابد. با توجه به اهمیت مدل‌سازی تعداد تصادفات می‌توان اهمیت فاکتورهای متفاوت در رخدادها را بدست آورد و با مدیریت آن می‌توان به افزایش سطح ایمنی پرداخت. در مطالعه این مباحث، عوامل مختلفی دخیل هستند که برای تسهیل در سنجش‌ها و ارزیابی‌ها لازم است از شاخص ترکیبی استفاده شود. همچنین درک عمومی مردم از حوادث راه، مسئله‌ای است که پیامد آن مرگ، صدمات و خسارات مالی است. در کشورهای درحال توسعه، خطای انسانی را دلیل اصلی مسئله می‌دانند و توجهی به سایر علل و عوامل دخیل در این مسئله ندارند. معمول‌ترین مقیاس سنجش بزرگی مسئله ایمنی راه در کشورها، تعداد کشته‌شدگان (تعداد کشته به ازای وسیله نقلیه یا به ازای جمعیت) است. اندازه‌گیری این میزان‌ها اغلب مشکل و پیچیده بوده و توسط افراد جامعه قابل فهم نیست و در بسیاری از موارد، دارای مقیاس واحد نبوده و از مطالعه‌ای به مطالعه دیگر متفاوت است.

در این تحقیق متغیر وابسته: تعداد تصادفات و متغیرهای مستقل: حجم تقاضای سفر، ساعت اوج ترافیک، مشخصات سفر مسافر می‌باشد. جنبه مبهم و مجهول مسئله مشخص کردن متغیرهای مؤثر از مشخصات مستقل و تعیین ضریب هریک و نوع رابطه آنها است. سپس ضمن راستی آزمایی مدل ارائه شده به تحقیق آن پرداخته شده است. بخش حمل‌ونقل از اجزای مهم و زیربنایی هر اقتصاد است و تأثیر بسزایی بر فرآیند رشد اقتصادی دارد. زیرساخت‌های این بخش از یک‌سو به‌عنوان شریان‌های اصلی ارتباط بخش‌های اقتصادی با یکدیگر و همچنین حلقه واسط ارتباط بازارها در جابه‌جایی کالا و خدمت مطرح بوده و از سوی دیگر با کارکرد و ماهیت تسهیل جابه‌جایی مسافر ایفای نقش می‌نمایند. مطالعات زیادی توسط محققین درباره ارتباط بین تصادف و مشخصات مختلف جریان ترافیک انجام گرفته است. بیشتر این مطالعات بر روی مدل‌سازی نرخ تصادف و نرخ تردد AADT است [Gwynn et al, 1967], [Martin et al, 2002]. دیگر مطالعات مانند مطالعه دومینکو و همکاران به ارتباط نرخ v/c با نرخ تصادف پرداخته‌اند که از داده‌های آزادراهی در ایالت کبک در کانادا استفاده کرده‌اند [Lord et al, 2005]. در مطالعه زونگ و همکاران که ادامه مطالعه دومینکو است وسایل نقلیه در کلاس‌های مختلف تفکیکی کرده

است [ZHONG et al, 2011]. در این مطالعه ادامه مطالعه زونگ را انجام شده است، با این تفاوت که بجای نرخ تصادف از تعداد تخلفات رانندگی استفاده شده است. در مطالعه دیگر توسط چن به اثرات پارامتر سرعت در آزادراه‌های چین پرداخته شده است [Chen et al, 2007]. در مطالعه دیگر نشان داده شده است کاهش سرعت شماره حیوانات کشته شده کنار جاده را کاهش می‌دهد [Bright et al, 2015].

عوامل مؤثر بر شدت تصادفات جاده‌ای در ارومیه را بررسی کرد و نشان داد که نوع وسیله نقلیه، علت تصادف و زمان وقوع بر شدت تصادفات اثر معناداری دارند. همچنین، کاهش شدت تصادفات در دوره مطالعه و ضرورت تقویت اقدامات نظارتی و پیشگیرانه برای ارتقای ایمنی حمل‌ونقل مورد تأکید قرار گرفت [Jashnian et al, 2026]. این بررسی بروی جاده‌ای که از حیات وحش عبور می‌کند بوده است. در مطالعه‌ای که در استرالیا انجام گرفته به رابطه ایمنی و پارامترهای میکروسکوپی جریان پرداخته شده است. که پارامترهای سرعت، چگالی، تردد، انسداد را بررسی کرده است و مقدار تصادفات را قبل و بعد کاهش سرعت بررسی کرده که از داده‌های چندین ساله آزادراه‌های استرالیا قبل و بعد نصب تابلو سرعت استفاده کرده است [Alsalihi et al, 2015]. در اکثر مطالعات پارامتر تصادف بررسی شده است، با در نظر گرفتن این تعریف که تصادف رویدادی ناخواسته و غیرمنتظره که منجر به آسیب و خسارت می‌شود و سانحه رویدادی ناخواسته و غیر منتظره که به وقوع حادثه نزدیک می‌شود ولی خسارتی به بار نمی‌آورد. می‌توان تا حدودی تخلفات سرعت و فاصله غیرمجاز سانحه به حساب آورد. بنابراین در اینجا بجای بررسی تصادف به بررسی سانحه و پارامترهای مهم بر روی سانحه پرداخته شده است. که خود سبب افزایش ریسک و منجر به ایجاد حادثه می‌شود. سرعت به عنوان مهم‌ترین پارامتر در طراحی تسهیلات حمل‌ونقل شهری و بین‌شهری محسوب می‌شود. به‌علاوه این عامل در انتخاب گزینه‌ی مناسب از میان گزینه‌های مختلف انتخاب مسیر و همچنین انتخاب نوع وسیله نقلیه با توجه به هدف و طول مسیر سفر، از نقش مهمی برخوردار است [Yudhistira et al, 2019]. این پژوهش به ارزیابی تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر و تعداد تصادفات در معابر شهری یکی از استان‌های پرتردد می‌پردازد. شهر قم به دلایل خاصی دارای تقاضای سفر بسیار بالا می‌باشد که این مطالعه نگاه جدیدی به رابطه حجم تقاضای سفر

و تعداد تصادفات دارد. در این پژوهش به سوال زیر پاسخ خواهد داد شد: ۱- متغیرها مناسب در رابطه بین تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر و تعداد تصادفات در معابر شهری کدام است؟ ۲- چه مدل مناسبی برای ارزیابی رابطه بین تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر و تعداد تصادفات شدید می باشد؟

۲- روش شناسی

در این مطالعه به دنبال بررسی ارتباط بین هدف های سفر و تصادفات در ناحیه های مختلف پرداخته می شود، بنابراین پارامترهای ناحیه همچون جمعیت، تعداد سفرها و دیگر مشخصات ناحیه که منجر به تصادف شده است مهم است. در ابتدا ماتریس مبدا-مقصد سفرها به صورت یک پایگاه داده تهیه می شود و سپس همبستگی بین متغیرها و ارتباط آن با متغیر وابسته مورد بررسی قرار می گیرد، به نظر می رسد ارتباط سفر و تصادف از توزیع دوجمله ای یا توزیع پواسون پیروی می کند. چنانچه مدل از ارتباط توزیع نرمال پیروی می گردد رگرسیون خطی مناسب تر می بود. اما بر اساس فرضیه تحقیق به مدل سازی با توزیع نام برده پرداخته می شود. یکی از روش های مرسوم در تحلیل چند متغیره، تکنیک رگرسیون خطی چندگانه است. بر اساس تحلیل رگرسیونی، یک رابطه خطی بین متغیر پاسخ با یک یا چند متغیر توصیفی برقرار می شود. البته گاهی به متغیر

(۱)

۳- تجزیه و تحلیل داده ها

استان قم با وسعت ۱۱۲۴۰ کیلومترمربع، بین مدار ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا و ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی نسبت به نصف النهار گرینویچ، در بخش مرکزی ایران قرار دارد. مساحت استان قم ۸/۶٪ درصد کل مساحت کشور است. این استان که تقریباً در مرکز ایران قرار دارد، از شمال به استان تهران، از شرق به استان سمنان، از جنوب به استان اصفهان و از غرب و جنوب غربی به استان مرکزی محدود شده است. مرکز استان شهر قم است.

جمعیت شهر قم در سال ۱۳۹۰ برابر با ۱،۵۱۶،۷۲۲ نفر بوده است که ۱،۰۹۵،۸۷۵ نفر آن در نقاط شهری و بقیه در روستاها زندگی می کنند. همچنین ۵۸۷،۶۶۱ نفر جمعیت شهر مرد و

پاسخ، متغیر وابسته و به متغیرهای توصیفی، متغیرهای مستقل نیز می گویند. اگر رابطه خطی بین یک متغیر پاسخ و یک متغیر مستقل برقرار شود، تکنیک رگرسیون را رگرسیون خطی ساده می نامند. ولی در صورت به کارگیری چندین متغیر توصیفی یا مستقل در مدل رگرسیونی، روش رگرسیونی را چندگانه می گویند. البته روش رگرسیونی دیگری براساس چند متغیر پاسخ و مستقل نیز به کار گرفته می شود که به آن رگرسیون چند متغیره گفته شده و بیش از یک متغیر پاسخ مورد تحلیل و مدل سازی قرار می گیرد. در رگرسیون خطی چندگانه، پارامترهای یک مدل خطی به کمک یه تابع هدف و مقدارهای متغیرها، برآورد می شوند. در رگرسیون خطی، مدل در نظر گرفته شده، یک رابطه خطی برحسب پارامترهای مدل است. به این ترتیب اگر n مشاهده از متغیر مستقل p بعدی X داشته باشیم و بخواهیم یک رابطه خطی با متغیر پاسخ y برقرار کنیم، می توانیم از مدل رگرسیون خطی زیر استفاده کنیم

از آنجایی که متغیر مستقل X دارای p بعد است، مقدار آن را در هر بعد با یک متغیر مستقل یک بعدی جایگزین کرده ایم. مشخص است که اندیس i نیز شماره مشاهده را نشان می دهد. در انتها نیز ε جمله خطای مدل رگرسیونی محسوب می شود.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

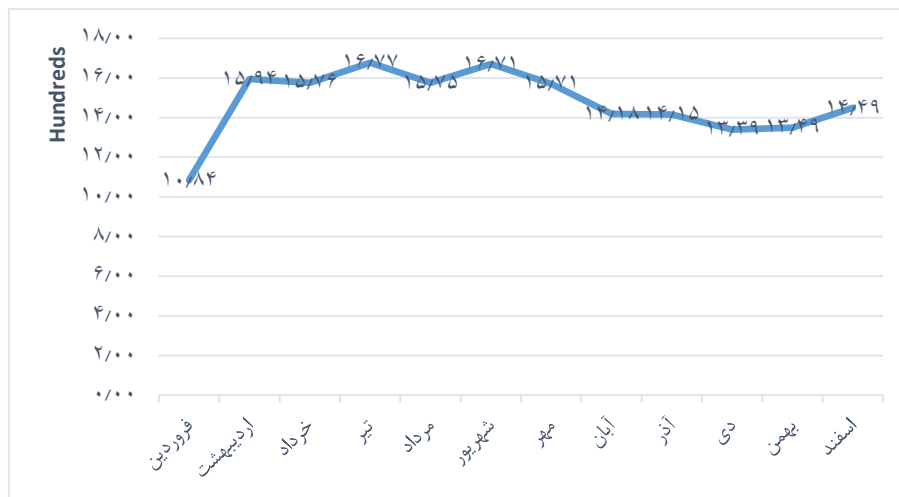
۳-۱- تجزیه و تحلیل توصیفی داده ها

با توجه به اینکه هدف پژوهش ارائه مدلی برای ارزیابی رابطه تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر و تعداد تصادفات شدید در معابر شهری قم است، در این بخش به معرفی دقیق تر مطالعه موردی با استفاده از آمار و اطلاعات بدست آمده از حجم تردد ساعتی و تصادفات در سال ۱۳۹۷ در شهر قم با استفاده از نمودارها و جداول می پردازیم.

شکل ۱، فراوانی تصادفات فوتی و جرحی در ۱۲ ماه سال ۹۷ در محورهای درون شهری قم را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود بیشترین میزان تصادفات شدید در سال ۹۷ در

افزایش می‌یابد، می‌توان گفت دلیل بالا بودن فراوانی تصادفات شدید در نیم سال اول وجود ماه‌های مبارک رمضان و محرم در نیم سال اول است، که همانطور که مشاهده می‌شود افزایش ناگهانی تصادفات شدید را در اردیبهشت ماه و فراوانی بالای تصادفات شدید در شهریور ماه شاهد هستیم.

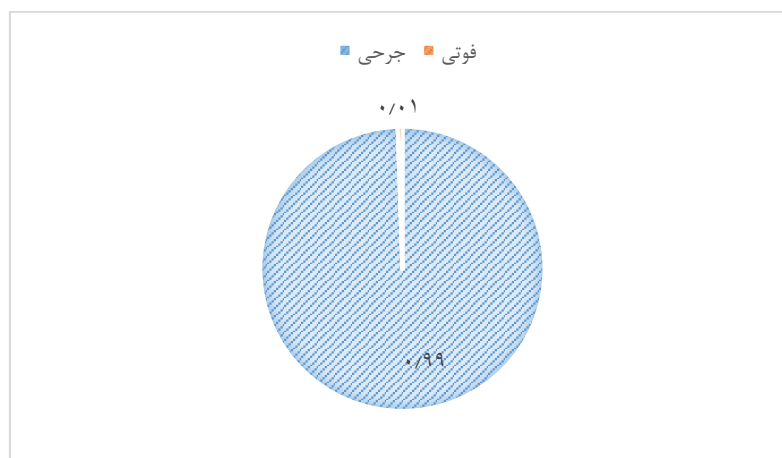
تیرماه و شهریور است و کمترین میزان تصادفات شدید در سال ۹۷ در اولین ماه سال یعنی فروردین ماه می‌باشد. همچنین به‌صورت کلی در سال ۹۷ در نیمه اول سال فراوانی تصادفات شدید به مراتب از نیم‌سال دوم بیشتر است. با دانش بر اینکه با افزایش حجم تردد فراوانی تصادفات نیز



شکل ۱. فراوانی تصادفات فوتی و جرحی در ۱۲ ماه سال ۹۷ در محورهای درون شهری قم

تصادفات شدید در محورهای درون‌شهری قم از نوع تصادفات جرحی می‌باشد و تنها ۰,۵۳٪ از کل تصادفات شدید در سال ۹۷ در محورهای برون‌شهری قم از نوع تصادفات فوتی است. در همین راستا برای انجام مدل‌سازی به دلیل پایین بودن میزان تصادفات فوتی (کمتر از ۰,۱٪)، تصادفات فوتی و جرحی را قالب تصادفات شدید در نظر خواهیم گرفت.

با توجه به اینکه هدف پژوهش ارائه مدلی برای ارزیابی رابطه تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر و تعداد تصادفات شدید در معابر شهری قم است، اطلاعات مربوط به نوع تصادفات فوتی و جرحی لازم انجام این پژوهش است. شکل ۲ درصد نوع تصادفات شدید رخ داده در سال ۹۷ در محورهای درون شهری قم را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، ۹۹,۴۷٪ از



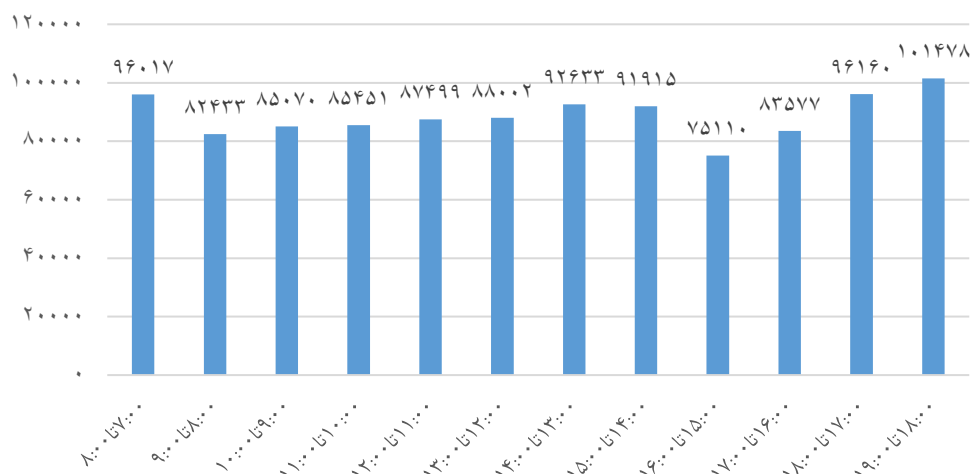
شکل ۲. درصد نوع تصادفات شدید رخ داده در سال ۹۷ در محورهای درون شهری قم

شهری قم در سال ۹۷ را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، وسایل نقلیه شخصی با ۷۲٪ بیشترین حجم تردد را در محورهای درون‌شهری قم دارد. همچنین موتورسیکلت، تاکسی، وانت و وسایل نقلیه سنگین به ترتیب با ۰٫۲٪، ۰٫۷٪، ۰٫۵٪ و ۳٪ از حجم تردد کلی در محورهای درون‌شهری قم را در سال ۹۷ تشکیل داده‌اند.



شکل ۳. درصد تردد نوع وسایل نقلیه در محورهای دورن شهری قم در سال ۹۷

ساعتی در ساعات ۱۸ الی ۱۹، ۱۷ الی ۱۸ و ۷ الی ۸ است. همچنین افت بیش از ۱۰۰ وسیله نقلیه را از ساعت ۸ به بعد شاهد هستیم که پس از آن روند افزایش حجم تردد را تا ساعت ۱۴ شاهدیم. همچنین دریافت می‌شود که حجم تردد ۱۲ ساعت ابتدایی روز در کل سال ۹۷ دارای ۳ قله ۷ الی ۸، ۱۳ الی ۱۴ و ۱۸ الی ۱۹ است.



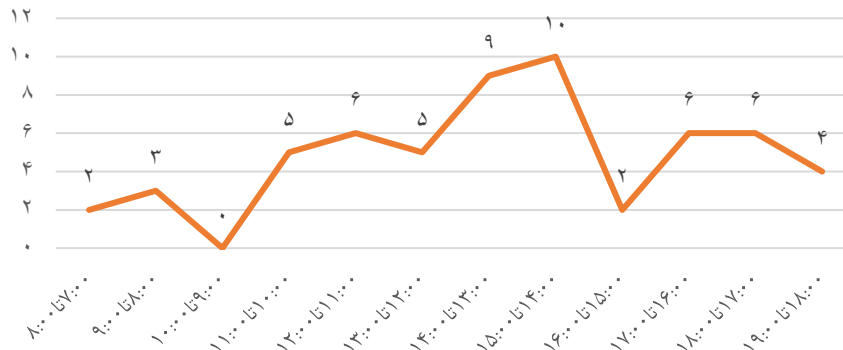
شکل ۴. متوسط حجم تردد (همسنگ سواری) ساعتی ۷ صبح الی ۷ بعدازظهر در محورهای برون‌شهری قم در سال ۹۷

با توجه به اینکه پارامتر اصلی و مستقل این پژوهش حجم تردد وسایل نقلیه در ساعات مختلف است، نیاز است تا آمار و اطلاعات مربوط به حجم تردد ساعتی را در اختیار داشته باشیم. از آنجا تردد وسایل نقلیه مختلف در محورهای درون‌شهری قم بر میزان تصادفات شدید تاثیرگذار است، نیاز است تا اطلاعات فراوانی و درصد تردد وسایل نقلیه را در قم را در اختیار داشته باشیم. شکل ۳ درصد تردد نوع وسایل نقلیه در محورهای دورن

با توجه به اینکه پارامتر اصلی و مستقل این پژوهش حجم تردد ساعتی است، نیاز است تا آمار و اطلاعات مربوط به حجم تردد ساعتی را در اختیار داشته باشیم. شکل ۴ متوسط حجم تردد (همسنگ سواری) ساعتی ۷ صبح الی ۷ بعدازظهر را در محورهای برون‌شهری قم در سال ۹۷ نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین حجم تردد

فوتی در ۲ ساعت ۱۳ الی ۱۵ است. همچنین کمترین میزان تصادفات منجر به فوت در ساعات ۷ الی ۸، ۹ الی ۱۰ و ۱۵ الی ۱۶ می‌باشد.

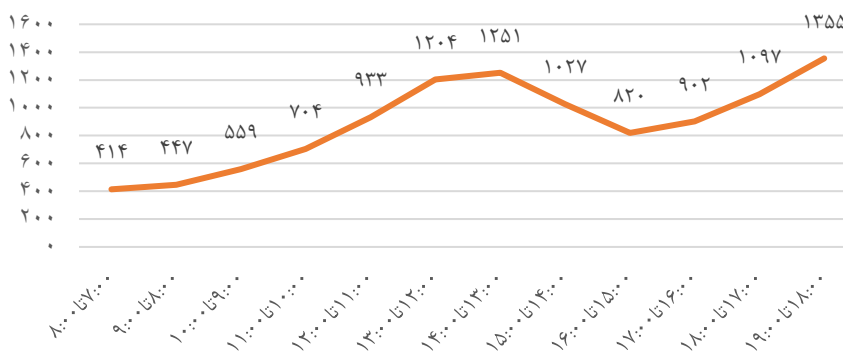
شکل ۵ کل تصادفات فوتی در محورهای درون‌شهری قم را به نسبت زمان رخداد از ساعت ۷ الی ۱۹ در سال ۹۷ نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان تصادفات



شکل ۵. کل تصادفات فوتی در محورهای درون‌شهری قم به نسبت زمان رخداد از ساعت ۷ الی ۱۹ در سال ۹۷

قابل توجه بیشتری نسبت به مابقی ساعت نیست ولی تصادفات منجر به به جرح بسیار بیشتری را در این ساعات در سال ۹۷ شاهد هستیم. همچنین در ساعات اولیه روز با اینکه متوسط حجم تردد برابر و بعضاً بیشتری نسبت مابقی ساعات داراست ولی تصادفات شدید در این ساعات به مراتب کمتر است.

شکل ۶ کل تصادفات جرحی در محورهای درون‌شهری قم را به نسبت زمان رخداد از ساعت ۷ الی ۱۹ در سال ۹۷ نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، نمودار شکل ۶ دارای ۲ قله در ساعات ۱۲ الی ۱۴ و ۱۸ الی ۱۹ است. با توجه به شکل ۴ و شکل ۶ دریافت می‌شود که با اینکه در ساعات ۱۲ الی ۱۴ و ۱۸ ال ۱۹ متوسط حجم تردد ساعتی میزان



شکل ۶. کل تصادفات جرحی در محورهای درون‌شهری

۳-۲-۱- مدل رگرسیون خطی

خروجی اول حاصل از اجرای داده‌ها، جدولی به نام ضرایب مدل خطی می‌باشد. که با توجه به این خروجی در جدول ۲، مقدار ثابت بیانگر مقداری از متغیر وابسته است که به ازای متغیرهای مستقل محاسبه شده است. مقدار انحراف معیار نیز در ستون سوم نشان داده شده است که بیانگر میزان انحراف معیار و پراکندگی داده‌ها برای هر متغیر

قم به نسبت زمان رخداد از ساعت ۷ الی ۱۹ در سال ۹۷.

۳-۲- تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها

برای مدل‌سازی رابطه حجم تردد ساعتی با تصادفات شدید در معابر شهری قم از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی استفاده می‌کنیم.

مستقل است. ضریب مسیر (ضریب b) بیان‌کننده وجود رابطه علی خطی و شدت و جهت این رابطه بین دو متغیر است. در حقیقت همان ضریب رگرسیون در حالت استاندارد است که در مدل‌های ساده‌تر رگرسیون ساده و چندگانه مشاهده می‌شود. عددی بین ۱- تا ۱+ است که اگر برابر با صفر شوند، نشان‌دهنده‌ی نبود رابطه‌ی علی خطی بین دو متغیر پنهان است. آزمون t برای انجام آزمون فرضیه بر ضرایب رگرسیون به دست آمده در رگرسیون خطی ساده استفاده می‌شود. برای آزمون فرضیه دوطرفه مبنی بر اینکه شیب واقعی برابر است با مقداری ثابت، از یک آمار مبتنی بر توزیع استفاده می‌شود. معناداری نشان‌دهنده میزان خطایی است که در فرضیه‌ی صفر مرتکب می‌شویم.

جدول ۲. ضرایب مدل خطی

معناداری	آزمون t	ضرایب استاندارد		مدل
		ضرایب	انحراف معیار	
۰.۳۴	-۲.۵۶۲	۰.۱۳	-۰.۳۲	همسنگ سواری
۰.۰۰۰	۶.۱۱۴	۰.۱۷۵	۱.۰۷۱	حجم ساعتی تردد وسایل نقلیه سنگین
۰.۰۰۴	۴.۰۰۱	۰.۱۵	۰.۶۲	حجم ساعتی تردد وسایل نقلیه شخصی

مدل خطی با توجه به جدول ۲ برابر رابطه ۲ در زیر آمده است.

$$\text{accident}^1 = -0.32\text{Hamsang}^2 + 1.071\text{Heavyveh}^3 + .062\text{Pcar}^4 - 2297.363$$

(۲)

صحت سنجی مدل رگرسیون خطی
در جدول ۳، میزان کالبره شدن مدل آمده است که با ضریب تعیین^۵ و ضریب R نشان داده شده است. مقدار R^۵ که برابر است با ۰.۹۴۵ است، که به کالبره شدن خوب مدل اشاره دارد، از طرفی ضرایب مدل دارای معنا مناسب نیست برای مثال ضریب متغیر همسنگ سواری منفی است.

جدول ۳. صحت سنجی مدل رگرسیون خطی

مدل	ضریب R	ضریب تعیین
۱	۰.۹۴۵ ^۵	۸۹۴

^۱ تصادفات شدید در ساعات ۷ الی ۱۹ در محورهای درون‌شهری قم

^۲ حجم تردد ساعتی همسنگ سواری

^۳ حجم تردد ساعتی وسایل نقلیه سنگین

^۴ حجم تردد ساعتی وسایل نقلیه شخصی

^۵ R Square

۳-۳-۳ مدل رگرسیون غیرخطی

برای ساخت مدل رگرسیون غیرخطی از متغیرهایی که با متغیر وابسته بیشترین همبستگی را دارد استفاده می‌شود. تابع مدل رگرسیون غیرخطی در این پژوهش بدین ترتیب است.

$$accident = a \times hamsang^b \times heavyveh^c \times pcar^d \quad (3)$$

جدول ۴ نشان دهنده برآورد پارامترهای به کار رفته در مدل است. همانطور که مشاهده می‌شود، برآورد متغیر وسایل نقلیه سنگین و وسایل نقلیه شخصی میزان بالایی است. یعنی با تغییرات حجم تردد ساعتی وسایل نقلیه سنگین و وسایل نقلیه

شخصی متغیر تصادفات تبیین می‌شود. اما به دلیل این که در جدول ۴ مقدار برآورد تقسیم بر خطای استاندارد در محدوده -۱,۹۶ الی +۱,۹۶ قرار نمی‌گیرد، ضرایب مدل مناسب می‌باشد.

جدول ۴. برآورد پارامترها

پارامتر	برآورد	انحراف معیار	سطح اطمینان ۹۵٪	
			حد بالا	حد پایین
a	۱.۳۱۸E-۹	.۰۰۰	۱.۸۶۷E-۸	-۱.۶۰۳E-۸
b	-۳.۹۱۰	۱.۳۸۰	-۷.۰۹۳	-۷.۲۸
c	۲.۷۴۳	.۶۴۹	۴.۲۳۸	۱.۲۴۷
d	۴.۶۰۶	۱.۲۳۴	۷.۴۵۲	۱.۷۶۱

۳-۳-۱ صحت سنجی مدل رگرسیون غیرخطی

در جدول ۵ کالبره شدن مدل رگرسیون غیرخطی آمده است که با توجه به مقادیر نشان داده شده مدل ساخته شده، مناسبی می‌باشد.

جدول ۵. صحت سنجی مدل رگرسیون غیرخطی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی
رگرسیون	۱۰۶۳۲۸۷۱.۹۰۷	۴
باقی‌مانده	۱۲۰۳۰۴.۰۹۳	۸

۴- نتیجه‌گیری

شهر قم به‌عنوان یک پایگاه زیارتی مبدأ و مقصد بسیاری از سفرهای زیارتی می‌باشد. حجم تقاضای سفر در ساعات متفاوت روز با توجه به رخ دادهای مذهبی و فرهنگی افزایش و کاهش می‌یابد. با توجه به اهمیت مدل‌سازی تعداد تصادفات شدید می‌توان اهمیت عوامل متفاوت در رخدادها را بدست آورد و با مدیریت آن می‌توان به افزایش سطح ایمنی پرداخت. نتیجه کلی تحقیق این می‌باشد که در مدل رگرسیون خطی و غیرخطی با استفاده از ۱۰۷۶۴ تصادف شدید با در نظر گرفتن تغییرات ساعتی

و ۱۸ الی ۱۹ است. با توجه به اینکه در ساعات ۱۲ الی ۱۴ و ۱۸ ال ۱۹ متوسط حجم تردد ساعتی میزان قابل توجه بیشتری نسبت به مابقی ساعت نیست ولی تصادفات منجر به جرح بسیار بیشتری را در این ساعات در سال ۹۷ شاهد هستیم. همچنین در ساعات اولیه روز با اینکه متوسط حجم تردد برابر و بعضاً بیشتری نسبت مابقی ساعات داراست ولی تصادفات شدید در این ساعات به مراتب کمتر است. می‌توان نتیجه گرفت در ساعتی که سفرهای زیارتی افزایش می‌یابد تعداد تصادفات شدید نیز افزایش می‌یابد. مقدار R در مدل رگرسیون خطی که برابر است با ۰,۹۴۵، همچنین سطح معنی‌داری ۰,۰۵، به کالبره شدن خوب مدل اشاره دارد اما ضرایب دارای معنا داری مناسب نیست و مدل رد می‌شود. مقدار ضرایب در رگرسیون غیرخطی به کالبره شدن خوب مدل اشاره دارد و ضرایب مدل مناسب است و مدل تایید می‌شود.

۵-مراجع

- شعبانی، شاهین، عسگرنژاد، وحید و قنبرپور، آزاده (۱۳۹۶). توسعه ی مدل نرخ تصادفات ترافیکی بر اساس رابطه ی سرعت، چگالی و جریان ترافیک در راه های دو طرفه (مطالعه موردی: محور رشت- رودسر). جاده، ۲۵(۹۱)، ۱۳۲-۱۲۱.
- رحیمی، امیرمسعود، واحدی، محمدرضا و عباسی، وحید (۱۳۹۳). مطالعه تحلیلی میزان نقش بازدارندگی دوربین های ثبت تخلف سرعت در جاده ها در وقوع تصادفات (مطالعات موردی: آزاد راه زنجان- تبریز)، نخستین همایش سیستم های حمل و نقل هوشمند جاده ای، تهران.
- Alsalmi, R. and V. Dixit (2015). The relationship between traffic safety and macroscopic fundamental diagram (MFD). in Australasian Transport Research Forum (ATRF), 37th, 2015, Sydney, New South Wales, Australia.
- Bright, P.W., Z. Balmforth, and J.L. (2015). Macpherson, The effect of changes in traffic flow on mammal road kill counts. *Applied Ecology and Environmental Research*. 13: 171-179.
- Chen, Y., et al., (2007). speed difference and its impact on traffic safety of one freeway in China. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 105-110.

حجم تقاضای سفر، مدل خطی و غیر خطی دارای توانایی برآورد احتمالی پیش بینی تصادفات شدید نیست اما مدل های رگرسیون غیر خطی توصیف بهتری برای پیش بینی تعداد تصادفات شدید در شهر قم دارد. همچنین لازم به ذکر است که با تغییرات ساعتی حجم تقاضای سفر تعداد تصادفات شدید نیز تغییر میکند ولی به طور کلی نمی‌توان گفت این دو همیشه با هم رابطه مثبتی دارند و در بعضی ساعات متغیرهای بسیار دیگری موجب افزایش تصادفات شدید می‌شوند. برای مدل سازی از متغیرهای تعداد تصادفات شدید در ساعات ۷ الی ۱۹ در محورهای درون شهری قم، حجم تردد ساعتی همسنگ سواری، حجم تردد ساعتی وسایل نقلیه شخصی استفاده شد. بیشترین میزان تصادفات شدید در سال ۹۷ در تیرماه و شهریور است و کمترین میزان تصادفات شدید در سال ۹۷ در اولین ماه سال یعنی فروردین ماه می‌باشد. با دانش بر اینکه با افزایش حجم تردد فراوانی تصادفات نیز افزایش می‌یابد، می‌توان گفت دلیل بالا بودن فراوانی تصادفات شدید در نیم سال اول وجود ماه های مبارک رمضان و محرم در نیم سال اول است. ۹۹,۴۷٪ از تصادفات شدید در محورهای درون شهری قم از نوع تصادفات جرحی می‌باشد و تنها ۰,۵۳٪ از کل تصادفات شدید در سال ۹۷ در محورهای درون شهری قم از نوع تصادفات فوتی است. بیشترین درصد نوع برخورد تصادفات شدید (فوتی و جرحی) در محورهای درون شهری قم با ۴۰٪ مربوط به تصادف وسیله نقلیه با موتورسیکلت است. همچنین تصادف وسیله نقلیه با عابر، سقوط از موتور، تصادف موتورسیکلت با عابر و تصادف وسیله نقلیه با وسیله نقلیه به ترتیب با ۱۵,۵٪، ۱۵٪، ۱۰٪ و ۷٪ موجب تصادفات شدید شده‌اند. وسایل نقلیه شخصی با ۷۲٪ بیشترین حجم تردد را در محورهای درون شهری قم دارد. همچنین موتورسیکلت، تاکسی، وانت و وسایل نقلیه سنگین به ترتیب با ۱۰,۲٪، ۷,۷٪، ۵,۲٪ و ۳٪ از حجم تردد کلی در محورهای درون شهری قم را در سال ۹۷ تشکیل داده‌اند. بیشترین حجم تردد ساعتی همسنگ سواری در ساعات ۷-۸، ۱۸-۱۷ و ۱۹-۱۸ است. حجم تردد ساعتی ۱۲ ساعت ابتدایی روز در کل سال ۹۷ دارای ۳ قله ۷-۸، ۱۴-۱۳ و ۱۹-۱۸ است. بیشترین میزان تصادفات فوتی در ۲ ساعت ۱۵-۱۳ است. همچنین کمترین میزان تصادفات منجر به فوت در ساعات ۷-۸، ۹-۱۰ و ۱۶-۱۵ می‌باشد. نمودار تصادفات جرحی در سال ۹۷ در محورهای درون شهری قم دارای ۲ قله در ساعات ۱۲ الی ۱۴

- Varma, D.S.K. and A.B.L. Bawitlung, (2016). MATLAB Adaptive Study of Traffic Related Accidents and Travel Demand Forecasting Case Study: Jalandhar. *Indian Journal of Science and Technology*, 9: 44-45.
- Yudhistira, M.H., R. Kusumaatmadja, and M.F. Hidayat, (2019). Does Traffic Management Matter? Evaluating Congestion Effect Of Odd-Even Policy In Jakarta. *Institute for Economic and Social Research*.
- Zhong, L. and X. SUN. (2011). Relationship between traffic flow and safety of freeways in China: a case study of Jingjintang Freeway. in The 3rd International Conference on Road Safety and Simulation. Indianapolis: *Transportation Research Board of the National Academies*.
- Jashnian, A. H., Mirmostafa, S., Ebrahimzadeh, M. A., & Abdi Kordani, A. (2026). Investigating the Factors Affecting Urban Crash Severity through an Integrated Statistical and Legal Perspective in the Post-COVID Era (Case Study: Urmia). *Journal of Transportation Research*, 23(2), 35-54.
- Fitzpatrick, K., et al. (2003). Design speed, operating speed, and posted speed limit practices. in *82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC*.
- Gwynn, D.W., (1967). Relationship of accident rates and accident involvements with hourly volumes. *Traffic Quarterly*, 21(3).
- Lord, D., A. Manar, and A. (2005). Vizioli, Modeling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments. *Accident Analysis & Prevention*, 37(1): 185-199.
- Martin, J. L., (2002). Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5): 619-629.
- Rahimi, H., H. Zoghi, and S. Monajem, (2020). Providing optimal dynamic model of traffic lights in super saturated conditions with emphasis on ATM. *Nexo Revista Científica*, 33(01), 200-212.
- Turner, D. and R. Thomas, (1986). Motorway accidents: an examination of accident totals, rates and severity and their relationship with traffic flow. *Traffic Engineering and Control*, 27(7-8): 377-383.

Analysis and Evaluation of Hourly Changes in Travel Consumption Volume and the Number of Severe Accidents in Inner-City Roads (Case Study: Qom City)

Amirhossein Jashnian, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Mohammad Amin Ebrahimzadeh, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran.

Shabnam Yaghoobi, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Architectural Art, Azad University of Science and Research, Tehran, Iran.

E-mail: amirjashnian@yahoo.com

Received: March 2026- Accepted: August 2026

ABSTRACT

Today, the issue of providing safe traffic at the level of the intra-city road network is one of the basic principles governing traffic engineering and transportation planning. As a pilgrimage base, Qom city is the origin and destination of many pilgrimages. Due to the importance of modeling the number of severe accidents, the importance of different factors in the incidents can be obtained and by managing it, the level of safety can be increased. In this study, this relationship has been analyzed using 2 linear and non-linear regression models and using 10,764 severe accident reports. Taking into account the hourly changes in travel demand, it has been observed that the linear regression model does not have the ability to estimate the probability of predicting severe accidents, but the nonlinear regression models have a better description for predicting the number of severe accidents in Qom city. For modeling, the variables of the number of severe accidents between 7:00 am and 7:00 pm in Qom's inner city axes, the hourly traffic volume of ride sharing, the hourly traffic volume of heavy vehicles, and the hourly traffic volume of private vehicles were used. It should also be noted that with hourly changes in the volume of travel demand, the number of severe accidents also changed, but in general, it cannot be said that these two always have a positive relationship, and in some hours, other variables cause an increase in severe accidents.

Keywords: Road Safety, Severe Accident, Traffic Flow Volume, Travel Demand