تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک بزرگراهی
(مطالعه موردی: آزادراه امیرکبیر و بزرگراه امام علی قم)

مقاله علمی – پژوهشی

شیما آئینه‌وند، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
علیرضا سرکار*، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: sarkar@srbiau.ac.ir

دریافت: ۱٤۰٤/۰۱/۲۰– پذیرش: ۱٤۰٤/۰۵/۰۱
صفحه ۳۵۸-۳٤۳

چکیده

در تحلیل ترافیک، داده‌های بسیاری از محیط‌های مختلفی جمع‌آوری می‌شود. این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعاتی مانند تعداد ماشین‌های عبور کرده، سرعت آن‌ها، مکان، ساعت و تاریخ عبور و ... باشند. با تحلیل این داده‌ها، می‌توان به عواملی که ترافیک را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مانند ساعات پرترددی، تصادفات، رویدادهای خاص و ... پی برد و راه‌حل‌هایی برای بهبود ترافیک ارائه داد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک بزرگراهی انجام شد. روش پژوهش حاضر تحلیلی و توصیفی و میدانی بود و داده‌های این پژوهش از طریق مرکز مدیریت کنترل ترافیک شهرداری قم تهیه شد که مربوط به بازه ٤ ساعته (۱۰ صبح تا ۱٤ بعداز ظهر) تاریخ ۹ بهمن ۱٤۰۲ بود که منجر به ترافیک در بزرگراه امام علی شده است. جهت تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده به کمک روابط علم مهندسی ترافیک، حجم و نرخ جریان ترافیک، سرعت جریان، چگالی، سرفاصله زمانی، سرفاصله مکانی، سرعت هر وسیله نقلیه برای ساعت‌های متفاوت شبانه روز محاسبه گردید. سپس به کمک نرم افزار تحلیل آماری (SPSS) این داده‌ها و ارتباط آنها با تعداد وسایل نقلیه سنگین بررسی شد. به این منظور از آزمون کولموگروف اسمیرنف برای سنجش میزان نرمال بودن داده‌ها و همچنین از آزمون تحلیل رگرسیون به منظور بررسی ارتباط میان مولفه‌ها استفاده شد. در نهایت ظرفیت محاسبه شده از روش‌های مختلف پژوهش نسبت به ظرفیت پیشنهادی راهنمای ظرفیت راه‌ها مقایسه گردید. باتوجه به محاسبات انجام شده مشخص شد که جریان ترافیک خودروهای سنگین سبب ایجاد ترافیک در مسیرهای موازی می‌گردند و می‌بایست با اعمال قوانین و جانمایی صحیح عوارضی قم- کاشان به این مشکل ترافیکی پایان داده شود.

واژه‌های کلیدی: وسایل نقلیه سنگین، جریان ترافیک، بزرگراه، راهنمای ظرفیت راه‌ها

۱- مقدمه

در دنیای امروز و با پیشرفت سطح توسعه تکنولوژی و با پیشرفت‌های حاصل شده در علم مهندسی ترافیک راحتی و سرعت خواسته‌های بدیهی تمامی مسافران از انتخاب یک مسیر است. اکثر مسافران خواستار سفری سریع، با دسترسی آسان، راحت، ارزان و سازگار با محیط زیست هستند. همه این اهداف باهم در توازن بوده و در کنار یکدیگر آسایش سفر یک مسافر را رقم می‌زنند. در بسیاری از شهرهای مدرن جهان، سیستم‌های حمل و نقل درصد زیادی از اراضی را به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین این سیستم‌ها می‌بایست دارای کمترین تاثیرات منفی بر محیط اطراف خود بوده و همچنین از نظر شکل و ساختار با محیط اطرافشان هماهنگ باشند. اصولا جریان ترافیک ترکیبی از وسایل نقلیه مختلف می‌باشد که به دلیل

تفاوت در نوع وسیله، طول، توان موتور به وزن وسیله، قدرت مانور و کاربری، از اثرات متفاوتی بر جریان ترافیک برخوردار بوده و در نظرگیری آنها در مطالعات مربوط به تحلیل ظرفیت معابر ضروری می‌باشد. ظرفیت، یکی از مهمترین فاکتورهای تحلیل و طراحی تسهیلات حمل و نقلی محسوب می‌شود. اطلاع از ظرفیت، در کنار پیش‌بینی تقاضای آتی، به مهندسین ترافیک اجازه می‌دهد که طراحی‌ها و برنامه‌ریزی‌های تسهیلات جاده‌ای را به نحو مناسب انجام دهند.امروزه وسایل نقلیه سنگین در کشور به طور متوسط ۲/۵ درصد از کل ترافیک را شامل می‌شود. که این میزان به همراه تصادفات ناشی از آن، سالیانه در حال افزایش می‌باشد. تعداد وسایل نقلیه سنگین در دهه‌های گذشته بسیار افزایش یافته و نقش پررنگ‌تری را در صنعت حمل و نقل به خود گرفته‌اند و این روند همچنان ادامه دارد. وسایل نقلیه بزرگتر مانند وسایل نقلیه سنگین و اتوبوس‌ها به دلیل سرعت کم آنها در مقایسه با سرعت ماشین سواری، جریان ترافیک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. حضور وسایل نقلیه بزرگ در جریان ترافیک بر پارامترهای مختلف جریان ترافیک تاثیر می‌گذارد. در نتیجه این عوامل، رانندگان اتومبیل‌های سواری مجبور به راندن وسایل نقلیه با سرعت پایین‌تری می‌شوند. همچنین عملکرد قدرت خودروهای بزرگتر ممکن است با جریان ترافیکی کلی تداخل داشته باشد.

پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک بزرگراهی انجام شده است. آنچه در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود تاثیر انواع وسایل نقلیه سنگین بر روی پارامترهای جریان ترافیک است. حضور وسایل نقلیه سنگین عامل ایجاد تغییرات جدی در ظرفیت و سطح سرویس راه‌ها است. اثر وسایل نقلیه سنگین، بر روی ترافیک بیشتر از وسایل نقلیه سواری است. حرکت وسایل نقلیه سنگین و تغییر باند دادن توسط اینگونه وسایل، تاثیر چشم‌گیری بر روی خصوصیات میکروسکوپی و ماکروسکوپی جریان ترافیک دارد. با این رویکرد، تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر روی ظرفیت‌های ماکروسکوپی (حجم (نرخ جریان)، سرعت جریان، چگالی) و میکروسکوپی (سرفاصله زمانی، سرفاصله مکانی، سرعت هر وسیله نقلیه) در محورهای مطالعاتی آزادراه امیرکبیر و مسیر موازی با آن بزرگراه امام علی قم- حد فاصل اتوبان ولی عصر تا میدان ۷۲ قم به طول تقریبی ۷ کیلومتر بررسی می‌گردد. ظرفیت محاسبه شده از روش‌های مختلف و مقایسه آن با ظرفیت پیشنهادی راهنمای ظرفیت راه‌ها می‌تواند ما را در رسیدن به هدف پژوهش یاری دهد.

۲- پیشینه تحقیق

با بررسی تحقیقات پیشین مشاهده گردید در این حوزه با داده‌ها و آمار و ارقام حقیقی تحقیقات اندکی انجام پذیرفته است. انتخاب مولفه‌های ترافیکی مناسب می‌تواند در این حوزه از مسائل ترافیک بین شهری گره‌گشای مباحث مدیریت ترافیک باشد. در وسایل نقلیه سنگین پارامترهایی همچون وزن، طول، شیب مسیر، چند خط بودن مهم است که می‌تواند بر پارامترهای جریان اثرگذار باشد. در پژوهش‌های بررسی شده بر تاثیر وسایل نقلیه بر جریان ترافیک بزرگراه‌ها، تاثیر وسایل نقلیه بر جریان ترافیک جاده‌های شهری و تاثیر وسایل نقلیه در شرایط مختلف آب و هوایی و... پرداخته شده است. وسایل نقلیه سنگین علاوه بر تردد وسایل نقلیه سبک بر رفتار رانندگان نیز تاثیر می‌گذارد. اندازه بزرگ وسایل نقلیه سنگین باعث کاهش دید سایر کاربران می‌شود. وسایل نقلیه سبک معمولاً می‌خواهند فاصله بیشتری با وسایل نقلیه سنگین داشته باشند. کونگ و همکاران در سال ۲۰۱٦ تاثیر کامیون‌ها بر روی ترافیک با استفاده از اتوماتای سلولی را بررسی کردند. آنها از مدلسازی و پرسشنامه‌هایی برای ارزیابی تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر رانندگان خوروها سواری استفاده کردند. نتایج مطالعه آنها افزایش مسافت، کاهش سرعت، و کاهش تغییر خط خودروهای سواری را هنگامی که توسط وسایل نقلیه سنگین احاطه شده‌اند نشان داد (et al., 2016 Kong). راجو کومار و سینها در سال ۲۰۲٤ پژوهشی با عنوان تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر سرعت متوسط و زمان سفر متوسط وسایل نقلیه سبک انجام دادند. در این مطالعه، رویکردی عملی برای اندازه‌گیری تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر کاهش سرعت و زمان سفر وسایل نقلیه به کار گرفته شده است. در این پژوهش سه شرایط مختلف ترافیکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش تراکم وسایل نقلیه سبک، تغییرات کمتری در سرعت‌ها مشاهده می‌شود و در صورت عدم حضور وسایل نقلیه سنگین در جاده، رانندگان آزادانه سرعت‌های خود را تنظیم می‌کنند بدون آنکه لاین خود را تغییر دهند (Kumar and Sinha, 2024). در سال ۱٤۰۲ سجادی و ورعی پژوهشی با عنوان تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر ایمنی آزاد راه‌ها انجام دادند. در این تحقیق آزادراه قزوین-زنجان به دلیل اینکه محوری

مواصلاتی و ترانزیتی محسوب می‌شود و حجم تردد کامیون‌ها زیاد است، به عنوان محور مورد مطالعه انتخاب شده است. این پژوهش از طریق آزمون کای-دو با نرم افزار آماری SPSS به تحلیل آزمون داده‌ها پرداخت و مشخص گردید عواملی مانند هوای صاف، فقدان روشنایی در مسیر و تردد کامیون‌های ۲ و ۳ محور در فراوانی تصادفات در محور مورد مطالعه تاثیرگذار هستند که با درنظر گرفتن تدابیر لازم و اصلاحات پیشنهادی در قوانین موجود می‌توان در یک دوره زمانی کوتاه میزان این نوع تصادفات را کاهش داد. (Sajjadi and Varaei,2023). آسیب به زیر ساخت ها، افزایش آمار تصادفات، آلودگی هوا و آلودگی صوتی از مهمترین عوارض تردد وسایل نقلیه سنگین در معابر شهری به شمار می‌رود (Askar et al., 2024). کوشکاپان و همکاران در سال ۲۰۲۱ پژوهشی با عنوان تحلیل نقض سرعت وسایل نقلیه سنگین در بزرگراه ها با استفاده از تحلیل مکانی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین انجام دادند. در این پژوهش از الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبانی(SVM)، بیز ساده و نزدیکترین همسایگان استفاده شده است. الگوریتمی که دقیق ترین نتایج را ارائه داد الگوریتم بیز ساده بود. براساس طبقه‌بندی این الگوریتم، نقشه‌های تراکم تخلف سرعت انواع خودروهای سنگین در ترکیه با استفاده از تحلیل فضایی ایجاد شد. براساس نقشه‌های تراکم، استان‌های دارای بیشترین تخلف سرعت شناسایی شدند(Kuşkapan et al., 2021). روه و همکاران در سال ۲۰۲۱ پژوهشی با عنوان آیا وسایل نقلیه سنگین همیشه تأثیر منفی بر جریان ترافیک دارند؟ انجام دادند. هدف از این پژوهش، تحلیل تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک در بزرگراه دو خطه است. برای دستیابی به این هدف، داده‌ها از پیزوحسگرها در بزرگراه سئول-چانچئون به دست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که همانطور که همه می‌دانند، با افزایش نسبت وسایل نقلیه سنگین، میانگین سرعت جریان ترافیک کاهش می‌یابد. اما نه تنها سرعت کاهش یافت، بلکه انحراف سرعت بین خودروها کاهش یافت. به عبارت دیگر، مشخص شد که در گروه ترافیکی، وسایل نقلیه منفرد مجبور شدند سرعت‌های مشابهی ایجاد کنند و در نتیجه نرخ همگنی ایجاد شد. این بدان معنی است که وسایل نقلیه سنگین را می‌توان در جریان ترافیک قرار داد و احتمال درگیری خودرو با خودرو را کاهش داد. می‌توان گفت که این نوع نفوذ توضیح می‌دهد که وسایل نقلیه سنگین لزوماً تأثیر منفی بر جریان ترافیک ندارند (Roh et al., 2021). گائو و همکاران در سال ۲۰۲۰ پژوهشی با عنوان تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر سرعت جریان ترافیک بزرگراه انجام دادند. یافته‌ها نشان داد که ۱- اختلاط وسایل نقلیه بزرگ سرعت جریان ترافیک را کاهش می‌دهد. سرعت متوسط جریان ترافیک و سرعت متوسط اتومبیل‌های سواری در جریان ترافیک با میزان اختلاط وسایل نقلیه بزرگ ارتباط منفی دارد. ۲- یک رابطه خطی لگاریتمی منفی مشهود بین میانگین سرعت ترافیک و میزان اختلاط وسایل نقلیه بزرگ وجود دارد. ۳- با افزایش حجم ترافیک، تأثیر وسایل نقلیه بزرگ بر سرعت جریان ترافیک آشکارتر می شود (Gao et al., 2020) .بهادری و همکاران در سال ۱۳۹۹ پژوهشی با عنوان مدلسازی سرعت رانندگی تحت تأثیر شرایط مختلف و آب هوایی انجام دادند. نتایج مدل پیشنهادی بر اساس ۷۵٤۱ نمونه موردی ساعتی جمع آوری شده از آزادراه تهران – قم نشان داد که میزان کاهش سرعت رانندگان ایرانی در اثر بارندگی برابر با ۱/۳۵۵ و اختلاف سرعت در شب و روز کمتر از یک کیلومتر بر ساعت است . از دیگر نتایج پژوهش مشخص گردید که مدل پیشنهادی خطای قابل قبولی در پیش بینی سرعت دارد (Bahadori et al., 2020). افندی زاده و همکاران در سال ۱۳۹۹ تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر ترافیک جاده دوطرفه دولاین در مناطق کوهستانی ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه را ارزیابی کردند. در این مقاله از نرم افزار ایمسان برای شبیه سازی استفاده شده است. ویژگی‌های مختلف ترافیک مانند سرعت، تغییر لاین، زمان سفر و تأخیر در این مطالعه تحلیل شدند که نشان می‌دهد افزایش نسبت وسایل نقلیه سنگین تا ٤۰ درصد موجب کاهش ۱۵ درصدی سرعت متوسط جریان ترافیک می‌شود. با افزایش ۲٤ درصدی وسایل نقلیه سنگین تعداد تغییر لاین حدود ۲۰ درصد و با افزایش نسبت تا ٤۰ درصد ادامه می‌یابد. همچنین، زمان سفر با افزایش ٤۰ درصدی وسایل نقلیه سنگین به میزان ۱۸ درصد افزایش می‌یابد. علاوه بر این، در حالت افزایش ٤۰ درصدی وسایل نقلیه سنگین زمان تأخیر نیز تا ٤۰ درصد افزایش می‌یابد (Afandizadeh et al., 2021). راحیل و همکاران در سال ۲۰۱۸ پژوهشی با عنوان تعیین کمیت تعداد وسایل نقلیه سنگین از داده‌های جمع آوری شده در یک بزرگراه ملی مهم و محاسبه تأثیر بارهای بیش از حد محور بر روسازی جاده از نظر بار محوری انجام دادند. نتایج مشخص کرد ضریب کامیون برای وسایل نقلیه ۲ محوره تقریبا ۳/۳۳برابر وسایل نقلیه ۳ محوره و ۵/٤۵ برابر نیمه تریلرهای ٦ محوره بود. همچنین مشاهده شد که ضریب کامیون

با افزایش دو برابری در ضخامت لایه آسفالت تقریباً ٤۷ درصد کاهش می‌یابد (Raheel et al., 2018). گیون روه و همکاران در سال ۲۰۱۷ پژوهشی با عنوان بررسی تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک بزرگراه‌ها انجام دادند. یافته‌ها نشان داد که با افزایش نرخ جریان و نسبت وسایل نقلیه سنگین، سرعت متوسط برای بزرگراه‌های شش خطه و هشت خطه کاهش می‌یابد. سرعت متوسط نیز با افزایش نرخ جریان برای بزرگراه چهار خطه کاهش یافت. با این حال، سرعت متوسط زمانی که نسبت وسایل نقلیه سنگین در محدوده ۲۵-٤۵ درصد بود تثبیت شد و زمانی که این نسبت از ٤۵ درصد فراتر رفت، بهبود یافت (Roh et al., 2021). عراقی و همکاران در سال ۱۳۹٦ پژوهشی با عنوان مطالعه تاثیر حجم ترافیک و طرح هندسی راه در رخداد تصادفات جاده‌ای انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد که این خودروهای سنگین بودند که نقشی عمده در وقوع تصادفات جاده ای داشته و نه خودروهای سواری و غیر سواری سبک، همچنین باید تمهیداتی مانند ساماندهی و یا تفکیک این نوع خودروها از جریان عادی ترافیک جاده‌ای اندیشیده شود (Iraqi et al., 2017). بروجردیان و ابراهیمی در سال ۱۳۹٦ پژوهشی با عنوان بررسی تاثیر شرایط جوی و بارندگی بر سرعت جریان آزاد و ظرفیت تردد را درآزاد راه تهران- قم انجام دادند.

نتایج موید این نکته بوده است که بارندگی باعث کاهش ۳,۵ تا ۸,۹ درصدی ظرفیت و ٤ تا ۱۰ درصدی سرعت جریان آزادراه می‌شود. (Boroujerdian and Ebrahimi 2017). اویسی و همکاران در سال ۱۳۹٤ پژوهشی با عنوان تعیین ضریب همسنگ سواری وسایل نقلیه سنگین با استفاده از نمودارهای چگالی- نرخ جریان در آزادراه تهران- کرج انجام دادند. مقادیر تخمین زده شده در مطالعه بیشتر از مقادیر پیشنهادی دستورالعمل ظرفیت راه (مبنای مطالعات ترافیکی در ایران) بوده است. (Oveysi et al., 2015). مریدپور و همکاران در سال ۲۰۱۵ پژوهشی با عنوان "تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر ویژگی‌های ترافیکی اطراف" انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش تعداد خودروهای حاضر در هر خط متوسط زمان سفر هریک ازخودروها افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش تعداد این خودروها میزان مصرف سوخت سایر خودروها نیز افزایش پیدا خواهد کرد (Moridpour et al., 2015).

۳- روش تحقیق

پژوهش حاضر از آن جهت که یافته‌های آن باعث بهینه‌سازی روش‌ها، ابزارها و الگوها شده و از طرفی نیز منجر به رفع نیازمندی‌های جامعه در جهت توسعه آسایش و رفاه می‌شود در زمره تحقیقات کاربردی به شمار می‌رود.

روش پژوهش حاضر تحلیلی و توصیفی و میدانی است. پارامترها به روش فنی از برداشت زمینی جمع‌آوری شدند (استفاده از سنسورهای طبقه‌بندی اتوماتیک خودرو در مسیر برای اندازه‌گیری مستقیم پارامترها). برای تعیین داده‌های موردنیاز در محورهای مطالعاتی، از نتایج آمارگیری‌های ارائه شده توسط سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استفاده شد. عملیات آماربرداری با ترددشماری و فیلمبرداری از آزادراه امیرکبیر و مسیر موازی با آن بزرگراه امام علی قم- حد فاصل اتوبان ولی عصر تا میدان ۷۲ قم به طول تقریبی ۷ کیلومتر انجام شد. آماری که جمع‌آوری شد مربوط به یک روز عادی هفته با شرایط آب و هوایی معمولی است. مقطع عملیات میدانی، شامل خط برای عبور وسایل نقلیه تحت شرایط جریان غیرمنقطع است. داده‌های جمع آوری شده در یک بازه زمانی ٤ ساعته (از ساعت ۱۰ صبح تا ۲ بعدازظهر) می باشد.

پس از استخراج داده‌ها از دوربین‌های کنترل ترافیک، و در موارد خلاء داده برداشت میدانی به کمک روابط علم مهندسی ترافیک، حجم (نرخ جریان)، سرعت جریان، چگالی، سرفاصله زمانی، سرفاصله مکانی، سرعت هر وسیله نقلیه برای ساعت‌های متفاوت شبانه روز محاسبه گردید. سپس به کمک نرم افزار تحلیل آماری (SPSS) این داده‌ها و ارتباط آنها با تعداد وسایل نقلیه سنگین بررسی شد.

بررسی‌های بیشتر نشان داد، ۹۰ درصد تصادفات آزادراه امیرکبیر یا به وسیله ماشین‌های سنگین و تریلرها بوده و یا این خودروها به نحوی در تصادفات دخیل بوده‌اند که طی ۹ ماهه اول سال ۱٤۰۲ در حدود ٤۰ نفر در این آزادراه کشته شده‌اند. اما آنچه مشکلات ترافیکی را حادتر می‌نماید، ورود و خروج خودروهای سنگین در میدان ۷۲ قم به سمت تهران، اراک، کاشان و همچنین تزریق بار ترافیکی آزادراه گرمسار قم به این آزادراه می‌باشد. در ادامه با بررسی تردد خودروهای سنگین در ۷ کیلومتر از آزادراه امیرکبیر و اثر متقابل آن در بزرگراه امام علی به تاثیر وسایل سنگین بر جریان ترافیک بزرگراهی در حاشیه شرقی شهر قم پرداخته می‌شود.

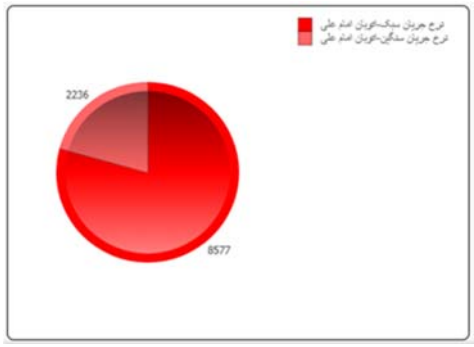
شکل ۱. آزادراه امیرکبیر وتردد خودروهای سبک و سنگین

شکل ۲. ورودی و خروجی‌های اصلی در محدوده مورد بررسی

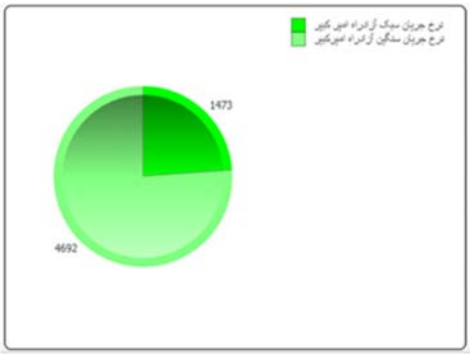
شکل ۳. محدوده دقیق پروژه بررسی تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان بزرگراهی به طول تقریبی ۷ کیلومتر

٤- روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها

اطلاعات جمع‌آوری شده قبل از استفاده برای تجزیه و تحلیل بیشتر، از طریق یک فرآیند غربالگری برای خطاها بررسی می‌شوند. داده‌های جمع‌آوری شده هنگام باران شدید حذف شده و تجزیه و تحلیل داده‌هایی که در محدوده اعتبار داده نباشند یا رابطه متغیرهای ترافیک از نظر حجم، سرعت و چگالی را دنبال نمی‌کنند، انجام نخواهد شد. به کمک روابط علم مهندسی ترافیک، حجم و نرخ جریان ترافیک، سرعت جریان، چگالی، سرفاصله زمانی، سرفاصله مکانی، سرعت هر وسیله نقلیه برای ساعت‌های متفاوت شبانه روز محاسبه گردید. سپس به کمک نرم افزار تحلیل آماری (SPSS) این داده‌ها و ارتباط آنها با تعداد وسایل نقلیه سنگین بررسی شد. به این منظور از آزمون کولموگروف اسمیرنف برای سنجش میزان نرمال بودن داده‌ها و همچنین از آزمون تحلیل رگرسیون به منظور بررسی ارتباط میان مولفه‌ها استفاده شد. در نهایت ظرفیت محاسبه شده از روش‌های مختلف پژوهش نسبت به ظرفیت پیشنهادی راهنمای ظرفیت راه‌ها مقایسه گردید.نرخ جریان خودروهای سبک و سنگین در شکل ٤ و ٥ نشان داده شده است.

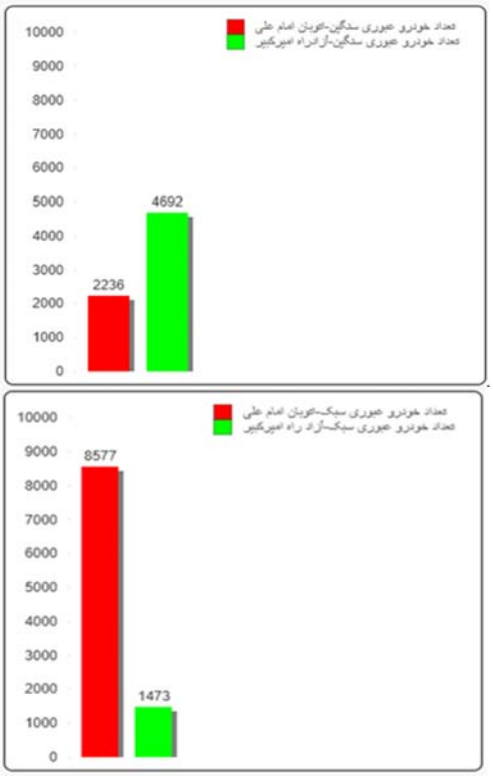


شکل ٤. نمودار نرخ جریان خودروهای سبک و سنگین بزرگراه امام علی در بازه زمانی ٤ ساعته



شکل ٥. نمودار نرخ جریان خودروهای سبک و سنگین آزادراه امیرکبیر در بازه زمانی ٤ ساعته

در شکل٦ مشاهده می‌شود که نرخ عبور خودروهای سنگین در آزادراه امیرکبیر حدود ۳ برابر نرخ عبور خودروهای سنگین در بزرگراه امام علی می‌باشد. در مقابل نرخ عبور خودروهای سبک در بزرگراه امام علی حدود ٤ برابر نرخ عبور خودروهای سبک در آزادراه امیرکبیر است.



شکل ٦. نمودار مقایسه همزمان نرخ عبور خودرو سبک و سنگین از دو مسیر امیرکبیر و امام علی در بازه زمانی ٤ ساعته

وضعیت میانگین سرعت خودروها در دو مسیر بزرگراه امام علی و آزادراه امیرکبیر نشان می‌دهد که میانگین سرعت خودروهای عبوری در نقاط پایش شده در بزرگراه امام علی و آزادراه امیرکبیر به ترتیب در حدود ۵۱ و ۹۵ کیلومتر بر ساعت است. این میزان سرعت به علت وجود ترافیک، محدودیت سرعت و دوربین‌های نظارتی در بزرگراه امام علی و وجود سربالایی و خودروهای سنگین با سرعت کم در آزادراه امیر کبیر است. می‌توان گفت در سربالایی‌هایی که دارای طول زیاد می‌باشند سرعت وسایل نقلیه سنگین کاهش می‌یابد و این امر باعث کاهش سرعت خودروهای پشتی یا پیرو می‌شود که در نهایت سطح کیفیت ترافیک در شیب نسبت به مسیر قبل از آن نیز کاهش خواهد یافت.

٤-۱- آمار استنباطی

پس از بررسی آمار توصیفی، به بررسی آمار استنباطی براساس فرضیه‌های پژوهش پرداخته می‌شود.

فرضیه اول: تفاوت بالایی در ظرفیت محاسبه شده از روش‌های مختلف پژوهش نسبت به ظرفیت پیشنهادی راهنمای ظرفیت راه‌ها وجود دارد. آزمون همبستگی پیرسون بر روی متغیرهای HCM، نرخ جریان کل (NJK) و سرعت جریان (SJ) در بزرگراه امام علی محاسبه گردید.

نتایج نشان می‌دهد متغیرHCM به میزان ۰/۹۰۳ همبستگی منفی با نرخ جریان کل (NJK) و به میزان ۰/۷۸۳ همبستگی منفی با سرعت جریان (SJ) در بزرگراه امام علی دارد. با افزایش نرخ عبورومرور خودروهای سبک و سنگین، کیفیت ترافیک کاهش یافته و سبب خواهد شد نرخ تردد کاهش یابد. در نهایت این افزایش جریان و ورود خودروهای سنگین سبب گره ترافیکی خواهد شد و میزان عبور و مرور را به صفرخواهد رسانید. (جدول ۱)

جدول ۱. آزمون همبستگی برای فرضیه اول- بزرگراه امام علی

		HCM1	NJK1	SJ1
HCM1	Pearson Correlation	1	-.903**	-.783**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	240	240	240
NJK1	Pearson Correlation	-.903**	1	.895**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	240	240	240
SJ1	Pearson Correlation	-.783**	.895**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	240	240	240

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

شکل ۷ و ۸ نرخ جریان خودروها در بزرگراه امام علی در یک دقیقه را نشان می‌دهد. با ایجاد ترافیک و توقف خودروها سرعت خودروها به سمت صفر میل پیدا نموده، جابجایی صفر و تعداد خودرو کمتری از محل پایش عبور می‌نماید. ترافیک به وجود آمده در حدود ساعت ۱۲:۳٦ دقیقه سبب شده است تا جریان عبوری برای لحظاتی در بزرگراه امام علی متوقف گردد.

در ادامه آزمون همبستگی پیرسون بر روی متغیرهای HCM، نرخ جریان کل(NJK) و سرعت جریان (SJ) در آزادراه امیرکبیر محاسبه گردید. نتایج جدول ۲، نشان می‌دهد متغیر HCM همبستگی منفی با نرخ جریان کل در آزادراه امیرکبیر دارد. در آزادراه امیر کبیر به علت وجود خودروهای سنگین با سرعت متفاوت برخی از ارتباطات نظیر با مقدار HCM و نرخ جریان کل با سرعت جریان یافت نشد.

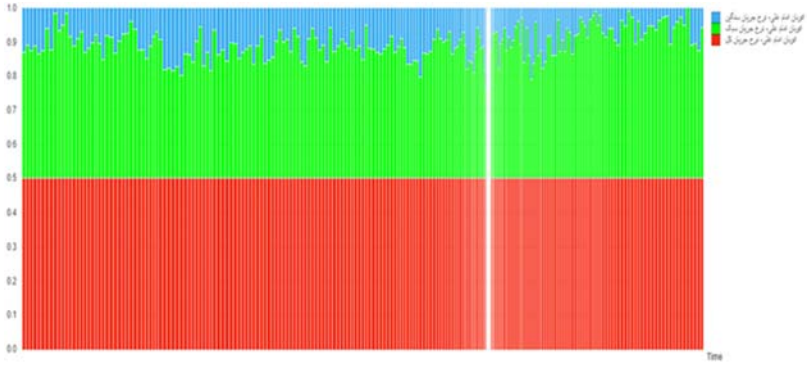
جدول ۲. آزمون همبستگی برای فرضیه اول - آزادراه امیرکبیر

		HCM2	NJK2	SJ2
HCM2	Pearson Correlation	1	-.941**	-.071
	Sig. (2-tailed)		.000	.276
	N	240	240	240
NJK2	Pearson Correlation	-.941**	1	.061
	Sig. (2-tailed)	.000		.349
	N	240	240	240
SJ2	Pearson Correlation	-.071	.061	1
	Sig. (2-tailed)	.276	.349	
	N	240	240	240

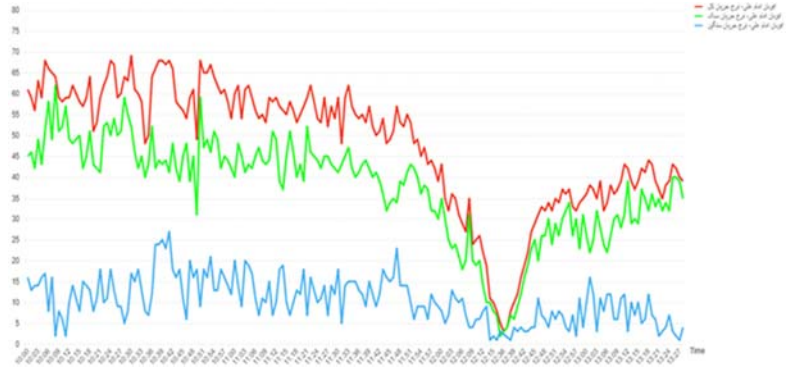
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

بر همین اساس با توجه به شکل‌های ۹ و ۱۰ مشاهده می‌شود که در بازه زمانی مورد پژوهش ترافیک روان در آزادراه امیرکبیر برقرار است و ترافیک منجر به توقف اتفاق نیفتاده است.

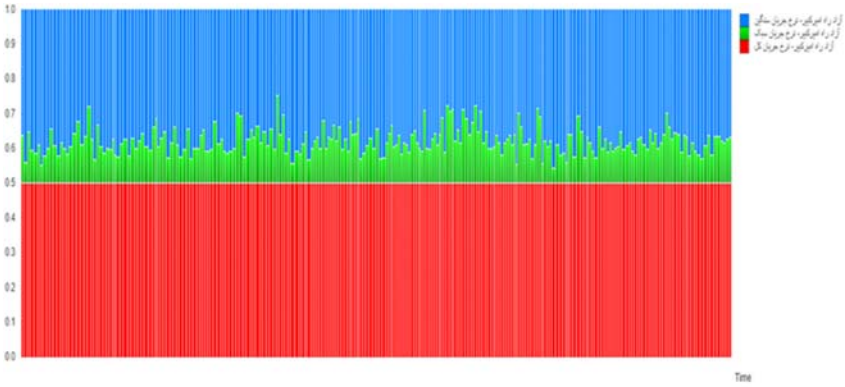
همچنین نمودار ٤، نشان می‌دهد جریان عبوری در بازه زمانی مورد مطالعه قطع نشده و ظرفیت راه توانسته است میزان ترافیک عبوری را به سهولت از خود عبور دهد.



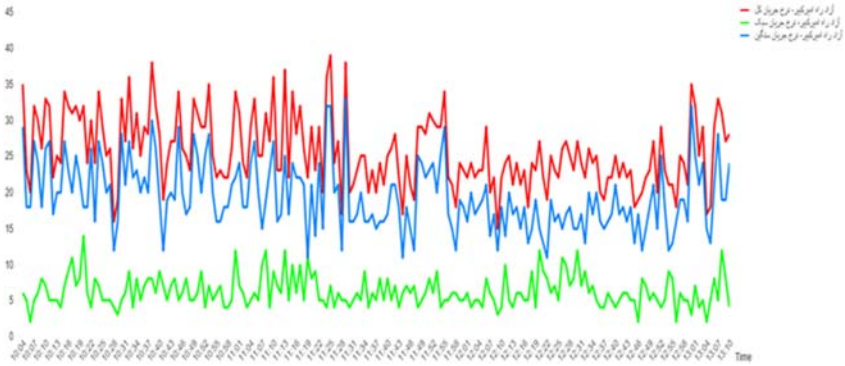
شکل ۷. نمودار نرخ جریان بزرگراه امام علی(سنگین-سبک-کل)



شکل ۸. نرخ جریان بزرگراه امام علی(سنگین-سبک-کل)



شکل۹. نمودار نرخ جریان آزادراه امیرکبیر (سنگین-سبک-کل)



شکل ۱۰. نمودار نرخ جریان آزادراه امیرکبیر(سنگین-سبک-کل)

فرضیه دوم: به نظر می‌رسد بررسی وسایل نقلیه سنگین بر روی ظرفیت‌ها در کاهش حجم ترافیک موثر است.

نتایج آزمون همبستگی نشان داد که نرخ جریان سنگین و HCM در بزرگراه امام علی، به میزان ۰/۹٤۰ همبستگی منفی وجود دارد. یعنی با افزایش تردد خودروهای سنگین، ظرفیت بزرگراه امام علی جهت تردد خودروهای سبک کاهش می‌یابد. با توجه به تردد بسیار بالای خودروهای سبک در بزرگراه امام علی، هر چقدر تردد خودروهای سنگین در بزرگراه امام علی افزایش یابد سبب افزایش ترافیک در این محور می‌گردد. (جدول ۳)

جدول ۳. آزمون همبستگی برای فرضیه دوم – بزرگراه امام علی

		HCM1	NJSN1
HCM1	Pearson Correlation	1	-.940**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	240	240
NJSN1	Pearson Correlation	-.940**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	240	240

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

همچنین نتایج آزمون همبستگی در جدول ٤ نشان داد بین نرخ جریان سنگین وHCM در آزادراه امیرکبیر، به میزان ۰/۹۹٦همبستگی منفی وجود دارد. با توجه به تردد بسیار بالای خودروهای سنگین با سرعت‌های متفاوت در آزادراه امیرکبیر، هر چقدر تردد خودروهای سنگین در این آزادراه افزایش یابد سبب افزایش ترافیک و کاهش نرخ جریان سنگین در این محور می‌گردد.

جدول ٤. آزمون همبستگی برای فرضیه دوم – آزادراه امیرکبیر

		HCM2	NJSN2
HCM2	Pearson Correlation	1	-.996**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	240	240
NJSN2	Pearson Correlation	-.996**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	240	240

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

فرضیه سوم: با افزایش تعداد خودروهای سنگین، مدت زمان سفر سایر خودروها افزایش خواهد یافت.

با توجه به جدول ۵ و بررسی همبستگی بین نرخ جریان سنگین و مدت زمان سفر(T) برحسب دقیقه در بزرگراه امام علی دریافت شد بین این دو متغیر به میزان ۰/۰۸۷همبستگی مثبت وجود دارد و با افزایش خودروهای سنگین در این بزرگراه، زمان سفر افزایش خواهد یافت. همچنین با توجه به جدول ٦ و سطح معناداری T_2، ارتباط معناداری بین نرخ جریان خودروهای سنگین و زمان سفر در آزادراه امیرکبیر بدست نیامد.

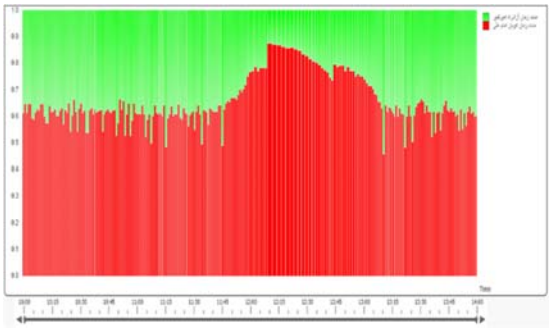
جدول ۵. آزمون همبستگی برای فرضیه سوم – بزرگراه امام علی

		NJSN1	T1
NJSN1	Pearson Correlation	1	.087
	Sig. (2-tailed)		.048
	N	240	240
T1	Pearson Correlation	.087	1
	Sig. (2-tailed)	.048	
	N	240	240

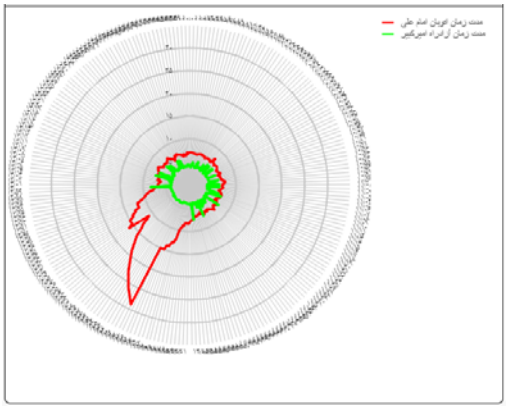
جدول ٦. آزمون همبستگی برای فرضیه سوم – آزادراه امیرکبیر

		NJSN2	T2
NJSN2	Pearson Correlation	1	-.028
	Sig. (2-tailed)		.669
	N	240	240
T2	Pearson Correlation	-.028	1
	Sig. (2-tailed)	.669	
	N	240	240

در این بازه زمانی (از ساعت ۱۰ تا ۲ بعداز ظهر) هر چقدر خودروهای سنگین از مسیر آزادراه امیرکبیر وارد بزرگراه امام علی شوند، سبب افزایش ترافیک و طولانی‌تر شدن زمان تردد خودروها در بزرگراه امام علی می‌شوند. این پیامد به وضوح در نمودارهای زیر قابل مشاهده است. این نمودار نشان می‌دهد مدت زمان صرف شده در ترافیک بزرگراه امام علی تا ۵ برابر زمان عادی می‌تواند تاخیر ترافیکی برای برخی خودروها ایجاد نماید. (شکل ۱۱ و ۱۲)



شکل ۱۱. نمودار مدت زمان صرف شده برای خودروها از آزادراه امیرکبیر و بزرگراه امام علی



شکل ۱۲. نمودار عنکبوتی مدت زمان صرف شده برای خودروها از آزادراه امیرکبیر و بزرگراه امام علی

بررسی اثر ترافیکی خودروهای سنگین آزادراه امیرکبیر در بزرگراه امام علی

در نهایت با توجه به داده‌های موجود، ارتباط تردد خودروهای سنگین بزرگراه امام علی و آزادراه امیرکبیر با نرخ جریان کل بزرگراه امام علی به کمک آزمون رگرسیون سنجیده خواهد شد. در این آزمون نرخ جریان کل بزرگراه امام علی به عنوان متغیر وابسته، و نرخ جریان خودرو سنگین در بزرگراه امام علی و نرخ جریان خودرو سنگین در آزادراه امیر کبیر به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده است. جدول ٦ خلاصه مدل، ویژگی و آمارهای مربوط به برازش مدل رگرسیونی را نشان می دهد. ضریب همبستگی R با میزان ۰/۷۲۳ نشانگر همبستگی خطی بین مقدار متغیر وابسته و مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل به میزان ۰/۷۲۳است. مقدار ضریب تعیین نیز برابر ۰/۵۲۲ می باشد که نشانگر سهم بیش ۵۰٪ مدل در بیان پراکندگی متغیر وابسته می‌باشد. زمانی که متغیرهای مستقل یا پیش‌گو به مدل اضافه می‌شوند، ضریب تعیین تا میزان ۰/۵۱۸ افزایش یافته و به نظر مدل بهتری حاصل می‌شود.

جدول ۷. خلاصه مدل

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NJSN2, NJSN1[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: NJK1

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.723[a]	.522	.518	13.04496

a. Predictors: (Constant), NJSN2, NJSN1

بخش بعدی در تفسیر نتایج رگرسیون در SPSS مربوط به جدول ANOVA یا تحلیل واریانس است که در زیر قابل مشاهده است. (جدول ۸)

ستون اول در این جدول به معرفی منابع تغییرات پرداخته است. ستون دوم، مجموع مربعات پراکندگی، را برای هر یک از منابع تغییر مشخص کرده است. ستون سوم به درجه آزادی ختصاص دارد. درجه آزادی به منابع پراکندگی ارتباط دارد. پراکندگی کل دارای N−1 درجه آزادی است، زیرا یک برآورد (میانگین کل) صورت گرفته، در نتیجه یک واحد از درجه آزادی کاسته می‌شود. این امر به این معنی است که از N مشاهده، یکی به طور آزاد تغییر نکرده و N−1 مشاهده می‌توانند آزادانه تغییر نمایند زیرا میانگین کل از پیش تعیین شده است.

در ستون چهارم، میانگین مربوط به مجموع مربعات پراکندگی‌ها (یا واریانس) برای دو منبع تغییرات مدل رگرسیونی و باقی‌مانده‌ها بدست می‌آید. میانگین گیری به این طریق انجام می‌شود که هر یک از مقادیر مجموع مربعات بر درجه آزادی تقسیم می‌شوند.

در ستون پنجم، نسبت F محاسبه شده که از تقسیم MSR به MSEحاصل می‌شود. این نسبت، نشانگر سهمی است که مدل رگرسیونی نسبت به باقی‌مانده‌ها در بیان پراکندگی کل دارد. هر چه این مقدار بزرگتر باشد، مدل رگرسیونی مناسب‌تر خواهد بود. ستون آخر یا Sig نیز میزان بزرگی را مشخص کرده است. هر چه مقدار F بزرگتر باشد، Sig به صفر نزدیکتر می‌شود. مقدار کوچکتر از ۰/۰۵، برای Sig، نشانگر ارائه مدل مناسب

رگرسیون است. در این پژوهش مقدار F بزرگ و Sig بسیار کوچک و معادل ۰/۰۰۰ است. بنابراین مدل ارائه شده به خوبی جریان کل ترافیک بزرگراه امام علی را به عنوان متغیر وابسته، توصیف می‌کند.

جدول ۸ ANOVA

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	44082.814	2	22041.407	129.525	.000[b]
	Residual	40330.519	237	170.171		
	Total	84413.333	239			

a. Dependent Variable: NJK1

b. Predictors: (Constant), NJSN2, NJSN1

بخش بعدی برای تفسیر نتایج رگرسیون در SPSS به جدول ضرایب مدل ارتباط دارد. این جدول مهم‌ترین خروجی مدل‌سازی در SPSS است. (جدول ۹)

در ستون اول اسامی مربوط به متغیرهای مستقل مدل اول دیده می‌شود. در ستون دوم و سوم، ضریب هر یک از متغیرها به همراه خطای استاندارد (انحراف معیار برآوردگر) دیده می‌شود. در حقیقت ستون β، میانگین و ستون Std.Error، انحراف معیار برآوردگرهای هر یک از ضرایب رگرسیونی است. این مقادیر باید هنگام ارائه تفسیر نتایج رگرسیون در SPSS نیز نوشته شوند. به کمک این دو معیار می‌توان با یک آزمون T، فرض صفر بودن این ضرایب را اجرا کرد و به تفسیر نتایج رگرسیون در SPSS را به درستی انجام داد.

برای مشخص کردن اهمیت هر یک از متغیرها و نقش آنها در مدل رگرسیونی، باید به ستون ضرایب استاندارد شده توجه کرد. از آنجایی که نرخ جریان خودرو سنگین در بزرگراه امام علی نسبت به نرخ جریان سنگین در آزادراه امیرکبیر از ضریب بزرگتری برخوردار است، نقش موثرتری در پیش‌بینی متغیر وابسته دارد. ستون‌های T و Sig نیز به آزمون فرض ضرایب پرداخته‌اند. هر چه مقدار T بزرگ باشد، فرض صفر بودن ضریب، ضعیف‌تر شده و نقش آن متغیر در مدل‌سازی، بیشتر است. این بزرگی را به کمک مقدار Sig نیز مشخص می‌کنند. اگر مقدار Sig کوچکتر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر که بیانگر بی‌اثر بودن متغیر در مدل است، رد می‌شود. با کمتر بودن مقدار Sig از ۰/۰۵، آمار T و ضرایب رگرسیونی پذیرفته می‌شوند. در نتیجه معادله زیر برقرار است:

۱۱/۳۹۱+ نرخ جریان سنگین آزادراه امیرکبیر۰/۷۲٤x + نرخ جریان سنگین بزرگراه امام علی۲/۰۸٦x= نرخ جریان کل بزرگراه امام علی

جدول ۹. ضرایب مدل

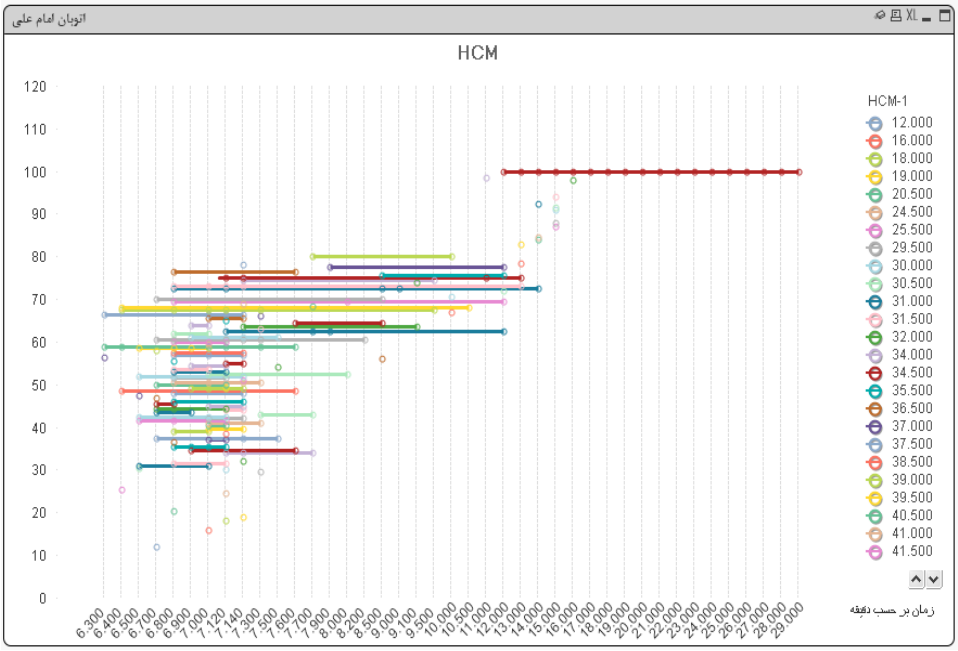
Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	11.391	3.726		3.058	.002
	NJSN1	2.086	.148	.656	14.080	.000
	NJSN2	.724	.192	.176	3.769	.000

a. Dependent Variable: NJK1

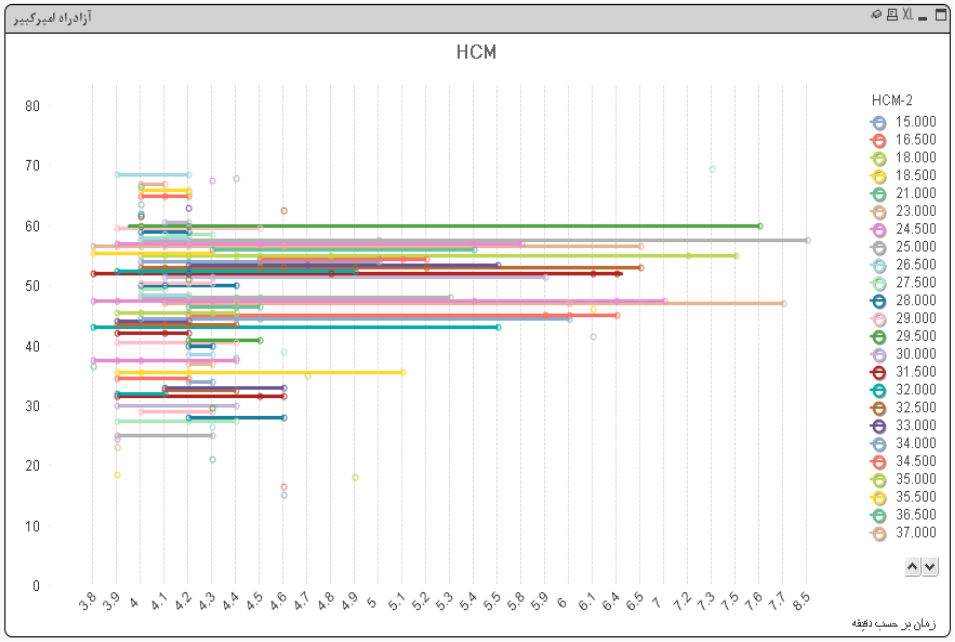
باتوجه به محاسبات انجام شده و نمودارهای حاصل شده، دریافت می‌گردد که جریان ترافیک خودروهای سنگین سبب ایجاد ترافیک در مسیرهای موازی می‌گردند و می‌بایست با اعمال قوانین و جانمایی صحیح عوارضی قم- کاشان به این مشکل ترافیکی پایان داده شود.

تحلیل حساسیت ورود خودروهای سنگین نسبت به مدت زمان سفر

همان‌گونه که در شکل های ۱۳ و ۱٤ مشاهده می‌شود تحلیل حساسیت در محور مورد مطالعه در خصوص ورود خودروهای سنگین نسبت به پارامترهای HCM و مدت زمان سفر بر حسب دقیقه (مدت زمانی که یک خودو از مسیر مورد مطالعه عبور نماید) انجام گردید. نمودار تحلیل حساسیت در بزرگراه امام علی نشان داد با اشغال حدود ۷۰درصد فضای بزرگراه سبب ایجاد ترافیک و افزایش مدت زمان سفر می‌گردد. ایجاد ترافیک با ورود خودروهای سنگین در بزرگراه امام علی سبب شده است تا نیاز به اعمال مقررات ترافیکی و یا افزایش ظرفیت این مسیر پیشنهاد گردد. همچنین وضعیت میانگین سرعت خودروها در دو مسیر بزرگراه امام علی و آزادراه امیرکبیر نشان می دهد که میانگین سرعت خودروهای عبوری در نقاط پایش شده در بزرگراه امام علی و آزادراه امیرکبیر به ترتیب در حدود ۵۱ و ۹۵ کیلومتر بر ساعت است. این میزان سرعت به علت وجود ترافیک، محدودیت سرعت و دوربین‌های نظارتی در بزرگراه امام علی و وجود سربالایی و خودروهای سنگین با سرعت کم در آزادراه امیر کبیر است. می‌توان گفت در سربالایی‌هایی که دارای طول زیاد می‌باشند سرعت وسایل نقلیه سنگین کاهش می‌یابد و این امر باعث کاهش سرعت خودروهای پشتی یا پیرو می‌شود که در نهایت سطح کیفیت ترافیک در شیب نسبت به مسیر قبل از آن نیز کاهش خواهد یافت. به‌هر حال نکته‌ای که حایز اهمیت است بار ترافیکی در بزرگراه امام علی ایجاد شده و می‌بایست بازنگری جدی جهت کاهش ترافیک در این محور صورت پذیرد.



شکل۱۳. نمودارتحلیل حساسیت بزرگراه امام علی



شکل۱٤. نمودار تحلیل حساسیت آزادراه امیرکبیر

۵- نتیجه‌گیری

مطالعات پژوهش حاضر نشان داد که وجود وسایل نقلیه سنگین و ورود آنها از آزادراه امیرکبیر به بزرگراه امام علی قم تأثیر قابل‌توجهی بررفتار ترافیک محیط اطراف آنها از لحاظ مانورهای تغییر خط عبوری، سرعت میانگین و متوسط زمان سفر داشته است. مشکلات ترافیک مخصوصاً ترافیک بزرگراهی را نمی‌توان با انجام کارهایی ساده برطرف کرد. ترافیک‌ها معمولاً

با عوامل مختلفی مانند کمبود شبکه‌های بزرگراهی، تعدد خودروهای تک سرنشین، هوشمند نبودن ترافیک و عدم رانندگی صحیح ایجاد می‌شوند. در برخی از مسیرها عدم توزیع مناسب امکانات نیز از دیگر عوامل ایجاد ترافیک است. تولید بیش از حد اتومبیل و عدم احداث راه‌های مناسب با آن می‌تواند باعث افزایش ترافیک شهری و بزرگراهی شود. عوامل ایجاد و تشدید کننده ترافیک توسط خودروهای سنگین باعث شده تا نیاز به مدیریت ترافیک به وجود آید. مدیریت ترافیک قصد دارد تا به استفاده بهینه از راه‌های موجود بتواند ایمنی و سهولت در رفت و آمد را ایجاد کند. در حقیقت می‌توان گفت که هدف مدیریت ترافیک ایجاد سهولت در حمل و نقل و کاهش ترافیک است. از دیگر روش‌هایی که توسط مدیریت ترافیک استفاده می‌شود می‌توان به وضع قوانین مربوط به عبور و مرور ماشین‌های سنگین در بزرگراه امام علی قم و پیش‌بینی جریان ترافیک اشاره کرد. باتوجه به آنچه که گفته شد به شرح نتایج می‌پردازیم.

فرضیه اول: تفاوت بالایی در ظرفیت محاسبه شده از روش‌های مختلف پژوهش نسبت به ظرفیت پیشنهادی راهنمای ظرفیت راه‌ها وجود دارد و نتایج آزمون همبستگی پیرسون در این باره حاکی از این بوده است که: متغیر راهنمای ظرفیت راه‌ها همبستگی منفی با نرخ جریان کل و سرعت جریان در بزرگراه امام علی دارد و با افزایش نرخ عبور ومرور خودروهای سبک و سنگین، کیفیت ترافیک کاهش یافته و سبب خواهد شد نرخ تردد کاهش یابد. در نهایت این افزایش جریان و ورود خودروهای سنگین سبب گره ترافیکی خواهد شد و میزان عبور و مرور را به صفرخواهد رسانید.

همچنین نتایج آزمون همبستگی پیرسون بر روی متغیرهای راهنمای ظرفیت راه‌ها، نرخ جریان کل و سرعت جریان در آزادراه امیرکبیر نیز نشان داد متغیر راهنمای ظرفیت راه‌ها، همبستگی منفی با نرخ جریان کل در آزادراه امیرکبیر دارد. در آزادراه امیرکبیر به علت وجود خودروهای سنگین با سرعت متفاوت برخی از ارتباطات نظیر با مقدار راهنمای ظرفیت راه‌ها و نرخ جریان کل با سرعت جریان یافت نشد.

فرضیه دوم: به نظر می‌رسد بررسی وسایل نقلیه سنگین بر روی ظرفیت‌ها در کاهش حجم ترافیک موثر است و نتایج آزمون همبستگی پیرسون در این باره حاکی از این بوده که: بین نرخ جریان سنگین و راهنمای ظرفیت راه‌ها در بزرگراه امام علی، همبستگی منفی وجود دارد و با توجه به تردد بسیار بالای خودروهای سبک در بزرگراه امام علی، هر چقدر تردد خودروهای سنگین در بزرگراه امام علی افزایش یابد سبب افزایش ترافیک در این محور می‌گردد. همچنین نتایج آزمون همبستگی نشان داد بین نرخ جریان سنگین و راهنمای ظرفیت راه‌ها در آزادراه امیرکبیر، همبستگی منفی وجود دارد و با توجه به تردد بسیار بالای خودروهای سنگین با سرعت‌های متفاوت در آزادراه امیرکبیر، هر چقدر تردد خودروهای سنگین در این آزادراه افزایش یابد سبب افزایش ترافیک در این محور می‌گردد.

فرضیه سوم: با افزایش تعداد خودروهای سنگین، مدت زمان سفر سایر خودروها افزایش خواهد یافت. براساس نتایج آزمون همبستگی بین نرخ جریان سنگین و مدت زمان سفر (T) در بزرگراه امام علی دریافت شد بین این دو متغیر همبستگی مثبت وجود دارد و با افزایش خودروهای سنگین در این بزرگراه، زمان سفر افزایش خواهد یافت. همچنین با توجه به سطح معناداری T_2 (زمان)، ارتباط معناداری بین نرخ جریان سنگین و زمان سفر در آزادراه امیرکبیر بدست نیامد. در این بازه زمانی هر چقدر خودروهای سنگین از مسیر آزادراه امیرکبیر وارد بزرگراه امام علی شوند، سبب افزایش ترافیک و طولانی‌تر شدن زمان تردد خودروها در بزرگراه امام علی می‌شوند.

بزرگراه قم- کاشان به عنوان یک شاهراه حیاتی حمل و نقل در ایران عمل می‌کند و دو شهر مهم را به هم متصل می‌کند و تردد کالا و مردم را تسهیل می‌کند. اما حضور خودروهای سنگین در این بزرگراه تاثیر بسزایی بر جریان ترافیک و ایمنی کلی جاده‌ها دارد. وسایل نقلیه سنگین مانند کامیون‌ها و اتوبوس‌ها در مقایسه با سایر وسایل نقلیه با سرعت کمتری حرکت می‌کنند که منجر به ازدحام و تاخیر در بزرگراه می‌شود. اندازه و وزن آنها همچنین به افزایش سایش و خرابی سطح جاده کمک می‌کند و نیاز به نگهداری تعمیرات مکرر دارد. علاوه بر این، وسایل نقلیه سنگین به فضای بیشتری در جاده نیاز دارند، که می‌تواند منجر به مسدود شدن خطوط و فرصت‌های سبقت محدود برای سایر رانندگان شود. این امر می‌تواند تراکم ترافیک را تشدید کند و احتمال تصادف در بزرگراه را افزایش دهد.

با توجه به این چالش‌ها، اجرای استراتژی‌های مدیریت ترافیک مؤثر و بهبود زیرساخت‌ها برای کاهش تأثیر وسایل نقلیه سنگین در بزرگراه قم – کاشان و تضمین جریان ایمن و کارآمد ترافیک برای همه کاربران جاده‌ای برای مسئولان امری حیاتی است.

پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

نتایج حاصل از این تحقیق، قابل تعمیم به شرایط مختلف بزرگراه‌های کشور ایران است. جهت استنباط دقیق و جامع نسبت به رفتار رانندگان در شهرهای مختلف ایران و مقایسه آنها با یکدیگر و نیز با نتایج حاصل از سایر کشورها، پیشنهاد می‌شود بزرگراه‌های درونشهری و برونشهری با شرایط هندسی و ترافیکی نسبتا مشابه انتخاب شوند و با استفاده از روش‌های کلان و خرد ترافیک، ظرفیت مقاطع پایه بزرگراهی به صورت مقایسه‌ای تحلیل گردند. همچنین پیشنهاد می‌شود میزان تأثیر عواملی از قبیل نور (روز یا شب بودن) و آب و هوا در مناطق مختلف کشور بر ظرفیت بزرگراه‌ها مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین پژوهش‌هایی پیرامون امکان‌سنجی استفاده از نتایج حاصل از آیین‌نامه‌هایی همچون راهنمای ظرفیت راه‌ها برای طراحی و تحلیل آزادراه‌ها، راه‌های دوخطه و خیابان‌های شهری در ایران بایستی مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد.

٦- مراجع

-Afandizadeh, S., Nasiri, N., and Mirzahossein, H. (2021). Evaluating the Effect of Heavy Vehicles on Traffic of Two-Way Two-Lane Road in Mountainous Area of Iran as a Developing Country. *Iranian Journal of Science and Technology*, Transactions of Civil Engineering.

-Askari, I., Khodarahmi, H,. and Yousefi, M.A., and Salehi, J., and Hosseini, M., and Faramarzi, M. (2024). Organizing the traffic of heavy vehicles (case study: Mobarakeh city), 7th International Conference on World Studies in Civil Engineering, *Architecture and Urban Planning, Tehran.*

-Bahadri, A., Mamdohi, A.R., and Sarkar, A. (2020). Driving Speed Modeling Under Different Climate Conditions (Case Study: Tehran – Qom Freeway). *Journal of Transportation*, 17(2), 21-32.

-Boroujardian, A.M., Ebrahimi, M. (2017). A Survey on Weather Condition Effects on Free Flow Speed and Capacity in Freeways (Case Study: Tehran-Qom Freeway). *Transportation Engineering Quarterly,* 8(4), 485-501.

-Gao, C., Xu, J., and Jia Xi., and Dong, Y., and Ru, H. (2020) Infuence of large vehicles on the speed of expressway traffic flow. *Advances in Civil Engineering.*

-Iraqi, M., Naibifar, A., and Abbasi, E. (2017). Studying the effect of traffic volume and road geometric design on the occurrence of road accidents (case study: Birjand road - in the middle of South Khorasan). *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning of Contemporary Iran,* Tehran.

-Kong, D., Guo, X., and Yang, B., and Wu, D. (2016). Analyzing the Impact of Trucks on Traffic Flow Based on an Improved Cellular Automaton Model. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, (2016), 1–14.

-Kumar, R., Sinha, S. (2024). Study on Traffic Flow Characteristics for Four Lane Divided Highways in India. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(2), 990–1003.

-Kuşkapan, E., Çodur, M.Y., and Atalay, A. (2021). Speed violation analysis of heavy vehicles on highways using spatial analysis and machine learning algorithms. *Accident Analysis & Prevention,* 155, 106098.

-Moridpour, S., Mazloumi, E., and Mesbah, Mahmoud. (2015). Impact of heavy vehicles on surrounding traffic characteristics. *Journal of Advanced Transportation,* 49(4), 535–552.

-Ovaysi, Kh., Sohrabi, S., and Esrafili, H. (2015). Determining the ride coefficient of heavy vehicles using density-flow rate diagrams in freeways of the country (case study: Tehran-Karaj freeway). *the 15th International Conference on Transportation and Traffic Engineering,* Tehran.

-Raheel, M., Khan, R., and Khan, A., and Khan, M.T., and Ali, I., and Alam, B., and Wali, B. (2018). Impact of axle overload, asphalt pavement thickness and subgrade modulus on load equivalency factor using modified ESALs equation. *Cogent Engineering,* 5(1), 1528044.

-Roh, C.-G., Jeon, H., and Son, B. (2021). Do Heavy Vehicles Always Have a Negative Effect on Traffic Flow? *Sci. 2021*, 11, 5520.

-Roh, C-G., Park, B-J., and Kim, J. (2017). Impact of Heavy Vehicles on Highway Traffic Flows: Case Study in the Seoul Metropolitan Area. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems,* 143(9), 05017008.

-Sajjadi, M., Varaei, M. (2023). The impact of heavy vehicles on freeway safety (case study: Qazvin-Zanjan freeway). *Road*, 31(116), 137-150.

The Effect of Heavy Vehicles on Highway Traffic Flow
(Case Study: Amir Kabir freeway and Imam Ali Qom Highway)

Shima Ayinehvand, M.Sc., Student, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Alireza Sarkar, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

E-mail: sarkar@srbiau.ac.ir

Received: May 2025- Accepted: August 2025

ABSTRACT
In traffic analysis, extensive data is collected from various sources, including vehicle count, speed, location, timestamp, and more. Analyzing this data enables the identification of factors impacting traffic, including peak hours, accidents, special events, and other relevant variables, providing insights for formulating traffic improvement solutions. The present study investigates the impact of heavy vehicles on Highway traffic flow. This analytical, descriptive, and field-based study utilized data from the Qom Municipality Traffic Control Center, covering 4 hours (10:00 AM to 2:00 PM) on January 29, 2024, during which traffic congestion was observed on the Imam Ali Highway. Key metrics such as traffic volume and flow rate, flow speed, density, time headway, space headway, and vehicle speed for different times of the day were computed using traffic engineering equations. Subsequently, statistical analysis was conducted via SPSS software to examine the relationship between these metrics and the presence of heavy vehicles. The Kolmogorov-Smirnov test assessed data normality, while regression analysis evaluated the interrelations among variables. Finally, the calculated capacity from various methodological approaches was compared to the capacity recommended in the Highway Capacity Manual (HCM). The findings indicate that heavy vehicle traffic significantly contributes to congestion in adjacent lanes, underscoring the need for strategic regulations and optimal placement of toll stations on the Qom-Kashan highway to mitigate traffic challenges.

Keywords: Heavy Vehicles, Traffic Flow, Highway, Highway Capacity Manual