

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده عمران

رشته‌ی مهندسی راه و ترابری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر سبقت وسایل نقلیه عبوری بر ویژگیهای گروه صف خودروها و

سطح سرویس راه‌های برون‌شهری دو خطه دو طرفه

نگارنده حسین صمدی

استاد راهنما:

دکتر ایمان آقایان

اسفند ماه ۱۳۹۹

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که همواره در تمام مراحل زندگی، مشوق و پشتیبان بنده بوده اند.

و به تو

که بی آنکه نامت برده شود سخطه ای تنهایم نگذاشتی

سپاسگزاری

شکرشایان نثار ایزدمنان که توفیق را رفیق را هم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. از استاد

فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر ایمان آقاییان به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و

محبت خود قرار داده اند، کمال تشکر را دارم.

تعهدنامه

اینجانب **حسین صمدی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران-راه و ترابری دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با موضوع بررسی اثر سبقت وسایل نقلیه عبوری بر ویژگیهای گروه صف خودروها و سطح سرویس راه های برون شهری دو خطه دو طرفه تحت راهنمایی دکتر ایمان آقایان متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است و مقالات مستخرج با نام **دانشگاه صنعتی شاهرود** و یا **Shahrood University of Technology** به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آن ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات، مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در راه‌های دوخطه و شناسایی بحرانی‌ترین زمان ایجاد دسته صف خودروها بر اساس زمان پذیرش و عدم پذیرش سرفاصله-های زمانی وسایل نقلیه می‌باشد. همچنین بررسی تاثیر ویژگی‌های دسته صف خودروها بر جریان ترافیک راه‌های دوخطه و ارائه مدل غیرخطی و محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس تعداد خودروهای پیرو در ظرفیت و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو از اهداف دیگر این پژوهش می‌باشند. بنابراین برای رسیدن به این اهداف، ابتدا متغیرهای مورد مطالعه مرتبط به صف نظیر، سرفاصله زمانی، میانگین سرعت صف، تعداد دسته صف، درصد وسایل سنگین، درصد زمان سپری شده توسط وسایل-نقلیه پیرو، تعداد وسایل نقلیه پیرو، تعداد سبقت و تراکم در چهار محور مورد مطالعه در استان گیلان و مازندران مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی پیرسون بین اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک راه‌های دوخطه نشان داد که به ترتیب جریان ترافیک بیشترین میزان همبستگی را با سرعت دسته صف، تعداد سبقت‌ها، تعداد دسته صف، میانگین سرعت سفر، تراکم، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، درصد وسایل نقلیه سنگین، و سرفاصله زمانی را دارد. همچنین بر اساس نتایج تحلیلی اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک نشان داده شد که هر چه تعداد صف‌های تشکیل شده در جریان ترافیک بیشتر شود به همان اندازه سرفاصله‌ی زمانی کمتر شده که به نقطه $2/4$ ثانیه می‌رسد. و با افزایش تعداد دسته صف‌ها، میانگین سرعت سفر کاهش و بر روی افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو اثر دارد که این به نوبه خود باعث افزایش تعداد سبقت‌ها می‌شود. همچنین نتایج حاصل از پیشنهاد پارامتر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو مبتنی بر معادله رگرسیون غیرخطی نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰) نشان داد که برای محورهای مورد مطالعه درجه ۱ شریانی، معیار تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت به خوبی توانسته نسبت به دو معیار ارزیابی عملکردی آیین‌نامه ظرفیت (۲۰۱۰)، نظیر درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت سفر، به خوبی راه‌های دوخطه مورد استفاده را در حالت زیر اشباع تا اشباع پیش‌بینی کند به گونه‌ای که، با افزایش میانگین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو تا ۶۵ درصد، ظرفیت راه دوخطه ۲۱ درصد کاهش پیدا می‌کند.

لغات کلیدی: راه‌های دوخطه، ویژگی‌های دسته صف، ظرفیت، سطح سرویس

فهرست مطالب

۱	فصل اول
۱	مقدمه.....
۲	۱-۱-مقدمه:.....
۳	۲-۱-تعریف مساله و ضرورت انجام تحقیق:.....
۴	۳-۱- نوآوری پژوهش حاضر:.....
۴	۴-۱-اهداف پژوهش حاضر:.....
۵	۵-۱-ساختار پژوهش حاضر:.....
۷	فصل دوم
۷	مبانی نظری و پیشینه پژوهش.....
۸	۱-۲- مقدمه.....
۸	۲-۲ تعاریف.....
۸	۱-۲-۲ راه دوخطه دوطرفه برون شهری.....
۸	۲-۲-۲ ظرفیت.....
۸	۳-۲-۲ میانگین سرعت سفر.....
۸	۴-۲-۲ درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو.....
۹	۵-۲-۲ سطح سرویس.....
۱۱	۶-۲-۲ صف.....
۱۱	۷-۲-۲ سرفاصله زمانی و سرفاصله مکانی.....

۳-۲	پیشینه پژوهش.....	۱۲
۱-۳-۲	مطالعات مربوط به سطح سرویس و ظرفیت.....	۱۲
۲-۳-۲	مطالعات مربوط به صف.....	۱۵
۳-۳-۲	مطالعات مربوط به سرفاصله زمانی و سرفاصله مکانی.....	۱۶
۴-۳-۲	مطالعات مربوط به نرخ جریان ترافیک.....	۱۷
۴-۲	جمع بندی فصل.....	۱۹
	فصل سوم	۲۵
	روش انجام تحقیق.....	۲۵
۱-۳	مقدمه.....	۲۶
۲-۳	روش تحقیق.....	۲۶
۳-۳	مسیر های مورد مطالعه.....	۲۶
۱-۳-۳	محور فومن به سراوان استان گیلان.....	۲۸
۲-۳-۳	محور رشت به جیرده استان گیلان.....	۳۰
۳-۳-۳	محور رشت به صومعه سرا استان گیلان.....	۳۲
۴-۳-۳	محور کیاسر به ساری استان مازندران.....	۳۴
۴-۳	دسته بندی داده ها.....	۳۶
۵-۳	بررسی میزان همبستگی پیرسون بین متغیرهای دسته صف و جریان ترافیک.....	۴۰
۶-۳	مدلسازی غیرخطی رگرسیون.....	۴۳
۷-۳	محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس معادله رگرسیون غیرخطی.....	۴۳
۸-۳	بررسی اثرگذاری دسته صف بر کیفیت جریان با استفاده از روش همسایگی مجاور.....	۴۴
۹-۳	خلاصه و جمع بندی فصل.....	۴۵

فصل چهارم

۴۷

۴۷ بررسی و تحلیل نتایج

۴۸ ۱-۴- مقدمه

۴۸ ۲-۴- بررسی نتایج مربوط به داده‌های میدانی

۴۹ ۱-۲-۴- بررسی نتایج مربوط به داده‌های میدانی

۵۶ ۳-۴- محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس معادله رگرسیون غیرخطی

۶۱ ۴-۴- بررسی تاثیر ویژگی‌های دسته صف بر سطح سرویس با استفاده از روش همسایگی مجاور

فصل پنجم

۶۷

۶۷ جمع‌بندی نتایج و ارائه پیشنهادها

۶۸ ۱-۵- بحث و نتیجه‌گیری

۷۱ پیوست

۷۱۳ منابع

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲ صف در یک جریان ترافیک..... ۱۱
- شکل ۲-۲ سرفاصله زمانی در یک جریان ترافیک..... ۱۲
- شکل ۱-۳ نمای کلی مسیرهای مورد مطالعه..... ۲۷
- شکل ۲-۳ درصد وسایل نقلیه (سبک و سنگین) موجود در راه‌های دوخطه مورد مطالعه..... ۲۸
- شکل ۳-۳ محور فومن به سراوان..... ۲۸
- شکل ۴-۳ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر فومن به سراوان..... ۲۹
- شکل ۵-۳ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور فومن به سراوان..... ۳۰
- شکل ۶-۳ محور رشت به جیرده..... ۳۱
- شکل ۷-۳ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر رشت به جیرده..... ۳۱
- شکل ۸-۳ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور رشت به جیرده..... ۳۲
- شکل ۹-۳ محور رشت به صومعه سرا..... ۳۳
- شکل ۱۰-۳ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر رشت به صومعه سرا..... ۳۳
- شکل ۱۱-۳ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور رشت به صومعه سرا..... ۳۴
- شکل ۱۲-۳ محور کیاسر به ساری..... ۳۵
- شکل ۱۳-۳ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر کیاسر به ساری..... ۳۵

- شکل ۳-۱۴ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور کیاسر به ساری..... ۳۶
- شکل ۳-۱۵ نرخ جریان ترافیک محورهای مورد مطالعه..... ۳۷
- شکل ۳-۱۶ تراکم وسایل نقلیه محورهای مورد مطالعه..... ۳۷
- شکل ۳-۱۷ متوسط سرعت سفر محورهای مورد مطالعه..... ۳۸
- شکل ۳-۱۸ سرفاصله زمانی محورهای مورد مطالعه..... ۳۹
- شکل ۴-۱ رابطه بین تراکم و جریان ترافیک در محورهای مورد مطالعه..... ۴۹
- شکل ۴-۲ رابطه بین تراکم و میانگین سرعت سفر..... ۵۰
- شکل ۴-۳ دسته‌بندی یک ثانیه‌ای سرفاصله زمانی وسایل نقلیه..... ۵۱
- شکل ۴-۴ رابطه بین جریان، سرفاصله زمانی و درصد وسایل نقلیه سنگین..... ۵۲
- شکل ۴-۵-الف- رابطه بین تعداد دسته صف و جریان عبوری وسایل نقلیه..... ۵۳
- شکل ۴-۵-ب- رابطه بین تعداد سبقت و جریان وسایل نقلیه..... ۵۴
- شکل ۴-۶-الف- رابطه بین اثرگذاری درصد وسایل نقلیه پیرو بر جریان ترافیک عبوری..... ۵۵
- شکل ۴-۶-ب- رابطه بین اثرگذاری درصد وسایل نقلیه پیرو و سرعت صف بر جریان ترافیک عبوری..... ۵۵
- شکل ۴-۷ رابطه بین جریان ترافیکی مشاهده شده و مقدار پیشبینی شده جریان ترافیک توسط مدل پیشنهادی..... ۵۶
- شکل ۴-۸ تعیین سطح سرویس با استفاده از تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد وسایل نقلیه پیرو..... ۵۷
- شکل ۴-۹ رابطه بین تاثیر درصد وسایل نقلیه سنگین و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت..... ۶۲
- شکل ۴-۱۰ رابطه بین تاثیر تعداد سبقت و متوسط سرعت صف بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت

۶۲.....

شکل ۱۱-۴ رابطه بین تاثیر تعداد سبقت و سرفاصله زمانی بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت

۶۳.....

شکل ۱۲-۴ رابطه بین تاثیر سرعت متوسط سفر و تراکم بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت....۶۴

شکل ۱۳-۴ رابطه بین تاثیر تعداد دسته صف و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو

بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت.....۶۵

شکل ۱-۰ محیط نرم افزار Adobe Premier CC 2018 مسیر رشت به جیرده.....۷۲

فهرست جدول ها

- جدول ۱-۲ مطالعات مربوط به سطح سرویس و ظرفیت (بخش ۱)..... ۲۰
- جدول ۱-۲ مطالعات مربوط به سطح سرویس و ظرفیت (بخش ۲)..... ۲۱
- جدول ۲-۲ مطالعات مربوط به صف..... ۲۱
- جدول ۳-۲ مطالعات مربوط به سرفاصله زمانی و سرفاصله مکانی..... ۲۲
- جدول ۴-۲ مطالعات مربوط به نرخ جریان ترافیک..... ۲۳
- جدول ۵-۲ مطالعات مربوط به شاخص‌های عملکردی (بخش ۱)..... ۲۳
- جدول ۵-۲ مطالعات مربوط به شاخص‌های عملکردی (بخش ۲)..... ۲۴
- جدول ۱-۳ بررسی پارامترهای ویژگیهای دسته صف وسایل نقلیه..... ۴۰
- جدول ۲-۳ ضریب همبستگی پیرسون بین اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک راه‌های دوخطه..... ۴۲
- جدول ۱-۴ طبقه بندی سطح سرویس بر اساس پژوهش حاضر و آیین نامه ظرفیت بزرگراه‌ها (۲۰۱۰)..... ۵۸
- جدول ۲-۴ مقایسه ظرفیت و سطح سرویس محورهای مورد مطالعه با آیین نامه ظرفیت بزرگراه‌ها (۲۰۱۰)..... ۶۱

فصل اول:

مقدمه

راه‌های دوخطه دوطرفه^۱ نقش مهمی را در تسهیلات حمل و نقل جاده‌ای ایفا می‌کنند. این‌گونه مسیرها دو نقش عمده‌ی جابجایی و دسترسی را بر عهده دارند. بر اساس گزارش سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای^۲ (۱۳۸۷) و (۱۳۹۰)، در ایران حدود ۲۹ درصد از راهها به صورت دوخطه دوطرفه می‌باشد [۱،۲]. با در نظر نگرفتن راه‌های دسترسی به روستاها، ۸۵ درصد از شبکه راه‌های بین‌شهری ایران را راه‌های اصلی و فرعی تشکیل می‌دهند که بیشتر آنها راه‌های دوخطه دوطرفه می‌باشند [۳،۴]. در راه‌های دوخطه، دو عامل صف و سبقت نقش مهمی را بر خصوصیات جریان ترافیک نظیر سرعت، جریان و تراکم، دارند به گونه‌ای که بر کیفیت جریان ترافیک و سطح سرویس اثرگذارند [۵].

ایجاد دسته صف‌ها در راه‌های دوخطه، از عوامل اثرگذار بر کیفیت جریان راه‌های دوخطه می‌باشد. به گونه‌ای که با ایجاد دسته صف، تراکم وسایل نقلیه افزایش می‌یابد و تعداد سبقت‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند. و عملکرد ترافیکی راه‌های دوخطه با افزایش تعداد سبقت‌ها و دسته صف‌ها نیز کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که کاهش عملکرد ترافیکی راه‌های دوخطه تحت تاثیر ایجاد صف و ویژگی‌های دسته صف، بر ریسک تصادفات رانندگان نیز اثرگذار است [۶].

آیین‌نامه راهنمای ظرفیت بزرگراهها^۳ (۲۰۱۰)، برای تعیین سطح سرویس راه‌های دوخطه دو شاخص عملکردی نظیر درصد زمان سپری شده توسط وسیله نقلیه پیرو^۴ و میانگین سرعت سفر^۵ را پیشنهاد می‌دهد [۷]. الخیستی و دوربین^۶ (۲۰۰۹) شاخص میانگین سرعت سفر را، به صورت متوسط درصد

¹ Two-Way Two-Lane

² Road Maintenance and Transportation Organization

³ Highway Capacity Manual (HCM)

⁴ Percent Time Spent Follower (PTSF)

⁵ Average Travel Speed (ATS)

⁶ AL-Kaisy and Durbin

زمان سفر وسایل نقلیه‌ای که در صف‌ها با سرعتی کمتر از سرعت میانگین هستند، تعریف می‌کند [۸]. همچنین آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰)، تشکیل صف‌ها را به عنوان یک عامل مهم در ارزیابی عملکرد ترافیک راه‌های دوخطه معرفی می‌کند. که صف تشکیل شده با درصد زمان سپری شده، توسط وسیله نقلیه پیرو مرتبط می‌باشد [۷]. همچنین، آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۰۰)، درصد زمان سپری شده توسط وسیله پیرو را به صورت تابعی از درصد وسایل نقلیه پیرو با سرفاصله‌های زمانی^۱ کمتر از ۳ ثانیه در نظر می‌گیرد [۹]. بنابراین ارزیابی عملکردی راه‌های دوخطه بر اساس شرایط ترافیکی از عوامل مهم و اثرگذار بر شناسایی پارامترهای مرتبط در این گونه راه‌ها و ارائه راه‌حل‌ها و استراتژی‌ها بر اساس شرایط ترافیکی است.

۱-۲- تعریف مساله و ضرورت انجام تحقیق:

در سال‌های اخیر پژوهش‌ها در مورد بررسی درستی روابط مرتبط به ویژگی‌های دسته صف و ارزیابی کیفیت جریان ترافیک کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی اگر بتوان تخمین مناسب از کیفیت تردد وضع موجود یک راه را بدست آورد، می‌توان برنامه‌ریزی‌های بهتری را به لحاظ مدیریت حمل و نقل، ظرفیت راه و همچنین ایمنی راه‌ها در آینده متصور شد. بنابراین، پژوهش حاضر می‌تواند عملکرد ترافیکی راه‌های دوخطه تحت تاثیر ویژگی‌های دسته صف ناشی از وسایل نقلیه سنگین و وسایل نقلیه پیرو را به صورت ظرفیت، و سطح سرویس ارزیابی کند. به‌گونه‌ای که جریان ترافیک تحت تاثیر پارامترهای موثر دسته صف است. بنابراین، نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند به مهندسان و برنامه‌ریزان ترافیک در طراحی و کنترل راه‌های دوخطه تحت تاثیر ویژگی‌های دسته صف به منظور مدیریت حمل و نقل، ظرفیت راه و همچنین ایمنی راه‌ها را در آینده موثر واقع شود.

¹ Time headway

۱-۳- نوآوری پژوهش حاضر:

با بررسی مطالعات پیشین مرتبط به اثرگذاری عوامل موثر بر کیفیت جریان ترافیک راه‌های دوخطه، نظیر ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه، می‌توان نشان داد که در سال‌های اخیر مطالعه‌ای مرتبط به اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه نظیر سرفاصله زمانی، میانگین سرعت سفر، تعداد دسته صف، متوسط سرعت دسته صف، درصد وسایل سنگین، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، سبقت و تراکم بر کیفیت جریان ترافیک به صورت جامع ارائه نشده است.

همچنین، مطالعات پیشین مبتنی بر بررسی توسعه مدل‌هایی بر متغیرهایی نظیر سرفاصله زمانی و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو در راه‌های دوخطه، سرفاصله زمانی تشکیل صف را کمتر از ۳ ثانیه پیشنهاد می‌دهند و به طور مشخص، به مقدار سرفاصله زمانی نمی‌پردازند. این در حالی است که در پژوهش حاضر، علاوه بر در نظر گرفتن ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در راه‌های دوخطه، سرفاصله زمانی تشکیل دسته صف و ویژگی‌های دسته صف بر کیفیت جریان ترافیک و توسعه مدلی مبتنی بر ظرفیت و سطح سرویس پرداخته می‌شود. و در پایان به مقایسه اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر سطح سرویس به صورت وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراه‌ها (۲۰۱۰) اشاره می‌شود که از نوآوری‌های دیگر این پژوهش است.

۱-۴- اهداف پژوهش حاضر:

در پژوهش حاضر، ابتدا صف‌های ترافیکی در راه‌های دوخطه برون شهری ناشی از وسایل نقلیه پیشرو و پیرو به صورت سبک یا سنگین^۱ مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس با ارزیابی متغیرهای صف، جریان ترافیک و ایجاد رابطه بین متغیرها، معادله‌ای غیرخطی رگرسیونی مبتنی بر جریان ترافیک پیشنهاد

^۱ Heavy Vehicle

داده می‌شود. سپس با استفاده از مدل غیرخطی، ظرفیت ناشی از اثرگذاری وسایل نقلیه پیرو محاسبه می‌شود. و بر اساس ظرفیت و تعداد وسایل نقلیه پیرو، سطح سرویس محورهای مورد مطالعه ارزیابی می‌شوند. و در نهایت به مقایسه، آیین‌نامه ظرفیت بزرگراه‌ها (۲۰۱۰) بر اساس درصد وسایل نقلیه پیرو پرداخته می‌شود.

با توجه به این‌که راه‌های دوخطه برون‌شهری نقش مهمی در جابجایی و دسترسی شهرها ایفا می‌کنند. ارزیابی جریان ترافیک در این راه‌ها کمک شایانی به طراحی و برنامه‌ریزی سفر به منظور افزایش تسهیلات سفر می‌کند. بنابراین به منظور رسیدن به این مهم، اهداف این پژوهش عبارتند از اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در راه‌های دوخطه و شناسایی بحرانی‌ترین زمان ایجاد دسته صف خودروها بر اساس زمان پذیرش و عدم پذیرش سرفاصله‌های زمانی وسایل نقلیه می‌باشد. همچنین بررسی تاثیر ویژگی‌های دسته صف خودروها بر جریان ترافیک راه‌های دوخطه و ارائه مدل غیرخطی و محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس تعداد خودروهای پیرو در ظرفیت از اهداف دیگر این پژوهش می‌باشند. متغیرهای مورد مطالعه مرتبط به صف نظیر، سرفاصله زمانی، میانگین سرعت سفر، تعداد دسته صف، درصد وسایل سنگین، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، تعداد وسایل نقلیه پیرو، تعداد سبقت و تراکم و جریان ترافیک در چهار محور مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند.

۱-۵- ساختار پژوهش حاضر:

در فصل اول، به معرفی و ضرورت انجام تحقیق پرداخته می‌شود. سپس نوآوری و اهداف تحقیق نیز شرح داده می‌شوند.

در فصل دوم، ابتدا به تعاریف و اصطلاحات مربوط به اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک پرداخته می‌شود. و در انتهای فصل مطالعات پیشین به صورت خلاصه در جدول‌هایی جداگانه نشان داده می‌شود.

در فصل سوم، ابتدا مراحل انجام تحقیق و مسیرهای مورد مطالعه بررسی می‌شود و در ادامه، بررسی

میزان همبستگی پیرسون بین متغیرهای دسته صف و جریان ترافیک پرداخته می‌شود. همچنین پس از بررسی میزان همبستگی داده‌ها محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس معادله رگرسیون غیرخطی و بررسی اثرگذاری دسته صف بر کیفیت جریان با استفاده از روش همسایگی مجاور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصل چهارم نتایج به دست آمده از داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد که در این فصل، ابتدا نتایج مدل‌سازی غیرخطی رگرسیون مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس در ادامه فصل به بررسی محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس معادله رگرسیون غیرخطی پرداخته می‌شود. همچنین در انتهای فصل نیز به بررسی تاثیر ویژگی‌های دسته صف بر سطح سرویس با استفاده از روش همسایگی مجاور اشاره می‌شود. فصل پنجم نیز خلاصه‌ای از پژوهش را ارائه می‌دهد که شامل مراحل انجام تحقیق، تحلیل نتایج و پیشنهادات می‌باشد.

فصل دوم:

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- مقدمه

در این فصل به بررسی پیشینه تحقیقات انجام شده مرتبط به اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک پرداخته می‌شود و تعاریف مرتبط به ویژگی‌های دسته صف در راه‌های دوخطه دوطرفه شرح داده می‌شود.

۲-۲ تعاریف

در این بخش به معرفی مهمترین اصطلاحات در مورد راه‌های دوخطه دوطرفه پرداخته شده است.

۲-۲-۱ راه دو خطه دو طرفه برون شهری

راه‌های دوخطه دوطرفه، معمولاً دارای یک خط رفت و یک خط برگشت برای عبور و مرور دوطرفه وسایل نقلیه می‌باشد. راه‌های دوخطه دوطرفه عبارت است از راه‌های استانی که مراکز جمعیت یا مراکز اقتصادی مهم داخل یک استان را بهم می‌پیوندد. این نوع از راه‌ها در تقسیم بندی در گروه راه‌های درجه یک فرعی قرار می‌گیرند. راه‌های فرعی درجه یک نقش مکمل راه‌های اصلی را ایفا می‌کنند. این نوع راه‌ها دارای حداقل دوخط عبور با سواره‌روی روسازی شده به عرض حداقل ۳/۲۵ متر برای هر خط عبور به علاوه شانه‌های طرفین می‌باشند.

۲-۲-۲ ظرفیت

به طور کلی ظرفیت راه عبارت است از حداکثر تعداد وسایل نقلیه‌ای که می‌توانند طی مدت زمان مشخص تحت شرایط هندسی، ترافیکی و کنترلی یک جاده با کیفیت معین از مقطع یک خط آن عبور کنند. که برحسب وسیله نقلیه در ساعت یا معادل وسیله نقلیه در ساعت یا معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت بیان می‌شود [۴۱].

۲-۲-۳ میانگین سرعت سفر

میانگین سرعت سفر از تقسیم طول پیموده شده بر میانگین زمان سفر یک قطعه مشخص از راه

بدست می‌آید. میانگین زمان سفر از میانگین تمامی زمان‌هایی که وسیله نقلیه در حال حرکت و یا توقف بوده که شامل زمان‌های تأخیر نیز می‌باشد، بدست می‌آید [۷].

۲-۲-۴ درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو

درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو نشان دهنده تحرک و دسترسی است. و برابر با نسبت متوسط درصد زمان تلف شده وسایل نقلیه به دلیل حرکت پشت سر هم و عدم توانایی سبقت گرفتن، به کل زمان سفر است [۴۱].

۲-۲-۵ سطح سرویس

سطح سرویس، یک معیار کیفی است که شرایط عملی و رضایت رانندگان از این شرایط را توصیف می‌نماید. استفاده کننده‌ها بر اساس سرعت حرکت، زمان سفر، آزادی سبقت، راحتی و آسایش، کیفیت مسیر را مورد بررسی قرار می‌دهند. برای این منظور در ترافیک این ارزیابی کیفی به شش سطح سرویس از A تا F دسته‌بندی می‌شود. شاخص‌های عملکردی از جمله سرعت، حجم و تراکم^۱ را می‌توان برای هر سطح سرویس محاسبه کرد.

سطح سرویس A شرایط حرکت آزاد در یک مقطع از راه را بیان می‌کند. در این شرایط رانندگان حضور دیگران را حس نمی‌کنند و وجود آنها تاثیری بر عملکردشان ندارد. در چنین شرایطی انتخاب سرعت حرکت و انجام حرکات و سبقت‌ها به راحتی صورت می‌پذیرد و رانندگان از حداکثر میزان راحتی برخوردار هستند.

در سطح سرویس B سرعت حرکت نزدیک به سرعت جریان آزاد است. اما حضور رانندگان بر یکدیگر تاثیر کمی می‌گذارد و آزادی عمل و سبقت گرفتن تا حدی محدود می‌شود.

در سطح سرویس C سرعت حرکت در نزدیکی سرعت جریان آزاد قرار دارد اما آزادی انجام سبقت

1 Density

به شدت محدود می‌شود و سطح راحتی استفاده رانندگان کاهش پیدا می‌کند.

در سطح سرویس D سرعت حرکت نسبت به سرعت حرکت آزاد کاهش قابل ملاحظه ای می‌کند و آزادی انجام سبقت به میزان بیشتری محدود می‌گردد.

در سطح سرویس E میزان جریان عبوری به حد ظرفیت مقطع راه می‌رسد. و هر نوع مانع در جریان ترافیک از جمله، ورود سایر وسایل نقلیه از طریق ورودی‌ها باعث ایجاد مزاحمت برای دیگر رانندگان می‌شود.

در سطح سرویس F میزان تقاضا از ظرفیت مقطع راه بیشتر می‌گردد. و در نتیجه حرکت وسایل نقلیه به صورت مقطعی متوقف می‌شود [۴۱].

جهت تعیین کیفیت در راه‌های دوخطه شرایط ایده‌آل زیر فرض می‌شود.

۱. عرض هر خط عبور، برابر یا بیشتر از $3/65$ می‌باشد.
۲. شانه‌های طرفین راه بدون مانع و اندازه‌ی عرض آنها برابر $1/85$ متر یا بیشتر باشد.
۳. در طول مقطع راه سبقت گرفتن مجاز می‌باشد.
۴. وسایل نقلیه عبوری از نوع وسایل سبک می‌باشد.
۵. توزیع جهتی ترافیک در هر دو جهت برابر است.
۶. منطقه مورد مطالعه دارای شیب کمتر از سه درصد باشد.

برای تعیین سطح کیفیت ترافیک در راه‌های دوخطه نوع اول هر دو پارامتر درصد تاخیر و متوسط سرعت سفر باید تعیین شوند.

۲-۲-۶ صف

هر گاه در یک جریان ترافیک، تعداد دو یا بیش از دو وسیله نقلیه پشت سر هم مطابق شکل ۱-۲ قرار بگیرند، یک صف^۱ تشکیل می‌شود، به طوری که به وسیله نقلیه اول پیشرو^۲ و به وسایل نقلیه‌ای که در پشت سر آن قرار می‌گیرند، پیرو^۳ گفته می‌شود [۷].

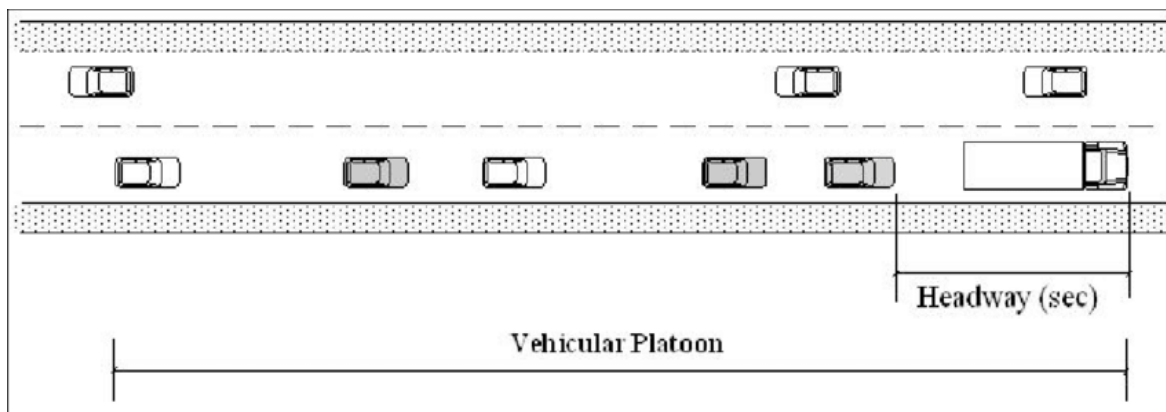


شکل ۱-۲ صف در یک جریان ترافیک

۲-۲-۷ سرفاصله زمانی و سرفاصله مکانی

سرفاصله زمانی بین خودروها از خصوصیات مهم رفتار رانندگی و جریان ترافیک است. که بر ایمنی ترافیک، سطح سرویس و ظرفیت سامانه های حمل و نقلی تأثیر زیادی دارد. فاصله زمانی بین عبور دو وسیله نقلیه متوالی از یک نقطه از مسیر را سرفاصله زمانی گویند. و فاصله سپر جلوی دو وسیله نقلیه متوالی هنگام عبور از یک نقطه از مسیر را سرفاصله مکانی^۴ گویند. که مطابق شکل ۲-۲ نشان داده می‌شود.

-
- 1 Platoon
 - 2 Leader
 - 3 Follower
 - 4 Space Headway



شکل ۲-۲ سرفاصله زمانی در یک جریان ترافیک [۸]

۳-۲ پیشینه پژوهش

در این بخش به معرفی مطالعات مرتبط با ارزیابی سطح سرویس، ظرفیت، صف، سرفاصله مکانی و زمانی و شاخص های عملکردی در راه های دوخطه دوطرفه پرداخته می شود.

۲-۳-۱- مطالعات مربوط به سطح سرویس و ظرفیت

روزیک^۱ (۱۹۹۲) در مطالعه ای، با بررسی تاثیر تعداد صف های ناشی از وسایل نقلیه بر ظرفیت یک راه دوخطه دوطرفه برون شهری نشان داد. که ظرفیت راه تحت تاثیر تعداد صف وسایل نقلیه، ۲۷۰۰ وسیله در ساعت می باشد [۱۰].

کیم و الفتريادو^۲ (۲۰۱۰)، با ارزیابی ظرفیت راه های دوخطه دوطرفه تحت تاثیر وسایل نقلیه سنگین، نشان دادند، که ظرفیت راه های دوخطه دوطرفه ۱۷۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در یک جهت، و ۳۴۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در دو جهت است. همچنین آنها نشان دادند که در صورت عدم وجود وسایل نقلیه سنگین، کاهش ظرفیت بین ۳ تا ۳۰ درصد و در صورت وجود وسایل نقلیه سنگین، ظرفیت ۴۰

^۱ Rozic

^۲ Kim and Elefteriadou

درصد کاهش می‌یابد [۱۱].

جریو و همکاران^۱ (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با ارزیابی و بهبود سطح سرویس راه‌های دوخطه در کشور آردن، نشان دادند که با بهبود شرایط عملکردی جریان ترافیک، سرعت متوسط سفر و سرعت جریان آزاد افزایش می‌یابد. این در حالی است که درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو کاهش می‌یابد [۱۲].

پنمتسا و همکاران^۲ (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به شبیه‌سازی جریان ترافیک در راه‌های دوخطه و همچنین به بررسی ظرفیت راه‌های دوخطه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان کاهش سرعت در راه‌های دوخطه، به نوع وسیله نقلیه و میزان نرخ جریان ترافیک بستگی دارد. ظرفیت راه‌های دوخطه با افزایش نسبت وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک کاهش پیدا می‌کند. اما با افزایش تعداد وسایل نقلیه سبک در جریان ترافیک، ظرفیت راه‌های دوخطه نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این ظرفیت یک راه دوخطه در شرایط ترافیکی مختلط ۲۸۶۰ وسیله نقلیه بر ساعت تخمین زده می‌شود. ولی در صورتی که جریان ترافیک فقط متشکل از خودروهای سبک باشد. این مقدار به ۵۶۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت افزایش می‌یابد و در شرایطی که وسایل نقلیه سنگین باشند این مقدار به ۵۸۰ وسیله نقلیه بر ساعت کاهش می‌یابد [۱۳].

روی و همکاران^۳ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای در کشور هند، جریان و ظرفیت به اثرگذاری ترافیک مختلط^۴ بر جریان و ظرفیت راه‌های دوخطه پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که جریان و ظرفیت راه‌های دوخطه تحت تاثیر جریان ترافیک مختلط به دلیل کاهش سرعت وسایل نقلیه موتوری کاهش می‌یابد [۱۴].

^۱ Jrew et al.,

^۲ Chandra et al

^۳ Roy et al.,

^۴ Mixed Traffic

بورا و همکاران^۱ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به ارزیابی سطح سرویس در راه‌های دوخطه برون شهری در شرایط ترافیک مختلط پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که سرعت وسایل نقلیه پیرو، سرفاصله عبوری^۲ بحرانی به عنوان ویژگی‌های عملکردی موثر بر کیفیت جریان ترافیک راه‌های دوخطه در نظر گرفته شد [۱۵].

بسا و ستی^۳ (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به محاسبه سطح سرویس در راه‌های دوخطه برون شهری با استفاده از درصد زمان صرف شده توسط وسیله نقلیه پیرو و سرعت متوسط سفر پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که پارامترهای تراکم، متوسط سرعت سفر و تراکم وسایل نقلیه پیرو برای بدست آوردن سطح سرویس ضروری است [۱۶].

ویژای و ختاوکار^۴ (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به ارزیابی ظرفیت راه‌های دوخطه پرداختند. آنها در این مطالعه، با استفاده از رابطه سرعت و حجم، تأثیر تغییر عرض راه‌ها، شعاع قوس‌های افقی و شیب‌ها، بر ظرفیت راه‌های دوخطه نشان دادند، که با افزایش مقدار شیب، ظرفیت راه نیز کاهش می‌یابد [۱۷].

ویژای و ختاوکار (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای به محاسبه ظرفیت راه‌های دوخطه پرداختند. آنها توانستند با استفاده از ضریب معادل وسایل سواری^۵، ظرفیت را محاسبه کنند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که افزایش عرض و شعاع خط در قوس‌ها باعث افزایش ظرفیت راه می‌شود [۱۸].

ولاسینکو و لاریناویسزوز^۶ (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به ارزیابی تأثیر عوامل هندسی جاده، و شرایط ترافیک بر سطح سرویس در کشور لیتوانی، با استفاده از راهنمای ظرفیت راه آلمان نشان دادند که معیارهای عملکردی برای هر نوع راه متفاوت است. و آیین نامه ظرفیت راه آلمان برای ارزیابی سطح

¹ Boora et al.,

² Gap Acceptance

³ Bessa and Setti 2018

^۴ Vijay and Khatavkar

^۵ Passenger Car Equivalent (PCE)

^۶ Volosenko and Laurinavičius

سرویس راه دوخطه در کشور لیتوانی مناسب نمی‌باشد [۱۹].

۲-۳-۲- مطالعات مربوط به صف

گوار و میرکاندای^۱ (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای به شناسایی زمان تشکیل صف‌های وسایل نقلیه، بر اساس حجم جریان وسایل نقلیه عبوری در راه‌های دوخطه پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که صف وسایل نقلیه به حجم ترافیک تراکم، و تعداد صف‌ها و توزیع سرفاصله‌های زمانی آنها بستگی دارد [۲۰]. آراسان و کاشانی^۲ (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای به بررسی تراکم صف در جریان ترافیک مختلط پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که صف ایجاد شده در راه‌های دوخطه بر جریان ترافیک و سطح سرویس اثرگذار هست [۲۱].

الخیستی و دوبرین (۲۰۱۱)، در مطالعه‌ای با عنوان صف در راه‌های دوخطه دوطرفه، به بررسی سرفاصله‌های زمانی در صف وسایل نقلیه پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که سرفاصله زمانی ایجاد صف وسایل نقلیه، در محدوده ۵ تا ۷ ثانیه است. و این در حالی است که تعداد صف وسایل نقلیه با سرفاصله زمانی کمتر از یک ثانیه نیز بیشتر مشاهده می‌شود. علاوه بر این، این مطالعه نشان داد که تراکم ترافیک راه‌های دوخطه، به صف بستگی دارد [۲۲].

الخیستی و همکاران^۳ (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای به بررسی اثرگذاری سرعت وسایل نقلیه پیرو بر سرفاصله زمانی بین آنها نشان دادند. که میانگین سرفاصله‌زمانی خودروها ۳/۸ ثانیه می‌باشد. که این ناشی از وسایل نقلیه‌ای است که سرفاصله مکانی ایمن کمتری دارند، که با افزایش جریان ورودی به مسیر و کاهش سرفاصله‌ها باعث افزایش تعداد وسایل نقلیه پیرو می‌شوند [۲۳].

یانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر صف در راه‌های

^۱ Gaur and Mirchandani

^۲ Arasan and Kashani

^۳ Al-Kaisy et al

^۴ Yang et al.,

دوخطه، پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ایجاد صف وسایل نقلیه سنگین، بر روی جریان ترافیک اثرگذار است. به گونه‌ای که با افزایش تعداد صف، کیفیت جریان ترافیک و سطح سرویس کاهش می‌یابد [۲۴].

۲-۳-۳- مطالعات مربوط به سرفاصله زمانی و سرفاصله مکانی

ریکاردو و ماسیمیلیانو^۱ (۲۰۱۲)، در مطالعه‌ای به بررسی سرفاصله زمانی بین خودروها در راه‌های دوخطه نشان دادند که سرفاصله زمانی وسایل نقلیه بر اساس نوع شرایط جریان ترافیک وابسته است. این به گونه‌ای است که با افزایش جریان عبوری وسایل نقلیه، سرفاصله زمانی افزایش و با کاهش جریان عبوری، سرفاصله زمانی نیز کاهش می‌یابد [۲۵].

تمنایی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای با تحلیل توزیع سرفاصله زمانی وسایل نقلیه در شرایط روز و شب تحت جریان وسایل نقلیه سنگین نشان دادند که با رسیدن جریان ترافیک به ظرفیت، رانندگان سرفاصله‌های بیشتری را در ساعات شب، نسبت به ساعات روز دارند [۲۶].

ندیمی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به بررسی سرفاصله زمانی وسایل نقلیه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که سرفاصله زمانی بین خودروها بر سطح سرویس و ظرفیت راه‌های دوخطه موثر است. همچنین این مطالعه نشان داد که با افزایش تعداد وسایل نقلیه سنگین، میانگین سرفاصله‌های زمانی نیز افزایش می‌یابد [۲۷].

دقیقی و افلاکی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به بررسی سرفاصله زمانی در جریان ترافیک راه‌های دوخطه با استفاده از مدل پواسون نشان دادند، که میانگین سرفاصله‌های زمانی در شب و روز با یکدیگر متفاوت است. به گونه‌ای که سرفاصله زمانی در شب، در حالت جریان اشباع حدود ۲۷ درصد، و در حالت زیر اشباع ۲۵ درصد از سرفاصله‌های زمانی در روز بیشتر است [۲۸].

¹ Riccardo and Massimiliano

۲-۳-۴- مطالعات مربوط به نرخ جریان ترافیک

پولس و کوهن^۱ (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت جریان ترافیک و سطح سرویس با استفاده از تئوری صف در راه‌های دوخطه پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که سطح سرویس به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر صف‌های ناشی از وسایل نقلیه با سرعت پایین قرار می‌گیرد. به گونه‌ای که سطح سرویس به کمترین حالت خود می‌رسد [۲۹].

پنگ^۲ (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به بررسی یک مدل جدید از جریان ترافیک، با در نظر گرفتن اثر نوع رانندگی برای یک مسیر دوخطه پرداختند. نتایج تحلیلی نشان می‌دهد که اثرات نوع رانندگی می‌تواند ثبات جریان ترافیک^۳ را در یک راه دوخطه بهبود بخشد [۳۰].

۲-۳-۵- مطالعات مربوط به شاخص‌های عملکردی راه‌های دوخطه

کاتبگان و ناکامورا^۴ (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای بررسی و ارزیابی اقدامات عملکردی راه‌های دوخطه در کشور ژاپن پرداختند. هدف از این مطالعه تجزیه و تحلیل و مقایسه اقدامات عملکردی در راه‌های دوخطه می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که تراکم وسایل نقلیه پیرو بیشترین میزان همبستگی را با نرخ جریان ترافیک نشان داده است [۳۱].

الخیستی و کارجالا^۵ (۲۰۰۸)، در مطالعه‌ای به معرفی شاخص‌های عملکردی برای ارزیابی اثرگذاری عوامل موثر بر ایجاد صف، نظیر وسایل نقلیه سنگین، وسایل نقلیه با سرعت کم بر سطح سرویس راه‌های دوخطه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که تراکم وسایل نقلیه پیرو، بیشترین میزان همبستگی را با متغیرهای صف دارد [۳۲].

شریعت و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به بررسی سرفاصله زمانی به عنوان معیار عملکردی، و

¹ Polus and Cohen

² Peng

³ Flow Rate

⁴ Catbagan, J. L., & Nakamura

⁵ Al-Kaisy and Karjala 2008

شاخص جایگزین یعنی درصد وسایل نقلیه در راه‌های دوخطه برون‌شهری کشور ایران با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی IHSDM پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که درصد زمان دنباله‌روی حاصل از شبیه‌سازی با شاخص جایگزین، با سرفاصله زمانی ۳ ثانیه یا کمتر بسیار به هم نزدیک است. و با توجه به شرایط ترافیکی و هندسی در راه‌های کشور ایران، می‌توان از شاخص جایگزین برای اندازه‌گیری درصد زمان صرف شده توسط وسایل نقلیه پیرو استفاده کرد [۳۳].

هاشم و عبدالواحد^۱ (۲۰۱۱)، در مطالعه‌ای به ارزیابی شاخص‌های عملکردی در کشور مصر برای راه‌های دوخطه برون‌شهری، به منظور بررسی اثرگذاری صف بر جریان ترافیکی عملکرد ترافیکی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که تراکم وسایل نقلیه پیرو به عنوان مهمترین عامل ایجاد صف و در نتیجه اثرگذاری بر جریان ترافیک است [۳۴].

روسی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر شدت جریان بر سرعت خودروها در راه‌های دوخطه برون‌شهری با استفاده از متغیرهایی نظیر سرفاصله زمانی و توزیع سرعت وسیله نقلیه نشان دادند، که سرفاصله زمانی در توزیع سرعت وسایل نقلیه و در نتیجه بر کیفیت جریان ترافیک اثر گذار است [۳۵].

الخیستی و جعفری^۲ (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای با بررسی عملکردی راه‌های دوخطه با استفاده از رابطه سرعت و سرفاصله زمانی با متغیرهای عملکردی نظیر تراکم و جریان نشان دادند که سرفاصله زمانی و مقدار تراکم وسایل نقلیه، با متغیرهای عملکردی به هم وابسته هستند [۳۶].

مورنو^۳ (۲۰۲۰) نیز در مطالعه‌ای به بررسی عملکرد ترافیکی جاده‌های دوخطه دوطرفه بامطابق با آیین‌نامه ظرفیت بزرگراه‌ها (۲۰۱۰) در کشور اسپانیا نشان دادند که درصد کامیون‌ها به عنوان

^۱ Hashim and Abdel-Wahed

^۲ Al-Kaisy, and Jafari

^۳ Moreno

معیار عملکردی بر کیفیت جریان ترافیک این نوع راه‌ها اثر گذار است [۳۷].

الزیرجاوی و همکاران^۱ (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای به بررسی ویژگی‌های جریان ترافیک نظیر جریان، سرفاصله زمانی، تعداد سبقت‌ها و سرعت جریان آزاد در راه‌های دوخطه شهر آلمیشخاب^۲ عراق پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که وسایل نقلیه تحت تاثیر سبقت با میانگین سرعت جریان آزاد ۷۸ کیلومتر در ساعت دارای سرفاصله‌زمانی بین ۰ تا ۳ ثانیه هستند [۳۸].

احمد و عیسی^۳ (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای به توسعه مدل‌هایی مبتنی بر محاسبه درصد زمان صرف شده توسط وسایل نقلیه پیرو پرداختند. آنها توانستند مدل‌هایی را برای محاسبه درصد زمان صرف شده توسط وسایل نقلیه پیرو نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراه‌ها (۲۰۱۰) با خطای کمتر از ۳ درصد ارائه دهند [۳۹].

کیم^۴ (۲۰۲۰) به معرفی یک مدل کنترلی بر پایه الگوریتم وسایل نقلیه نقلیه پیشرو و پیرو برای ارزیابی تعداد دسته صف وسایل نقلیه سنگین پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که این مدل می‌تواند تعداد سبقت‌ها و سرعت دسته صف این نوع وسایل نقلیه را در راه‌های دوخطه به خوبی پیش‌بینی کند [۴۰].

۲-۴- جمع بندی فصل

در این فصل ابتدا به تعاریف و اصطلاحات مهم در راه‌های دوخطه دوطرفه پرداخته شده است. سپس بررسی پیشینه تحقیقات انجام شده در ارتباط با موضوع مورد بررسی قرار گرفته شده است. در انتهای فصل نیز خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده در بخش‌های پیشین به صورت جداول ۲-۱ تا ۲-۷ نشان داده می‌شود

¹ Al-Zerjawi, Al-Jameel

² Al-Mishkhab

³ Ahmed and Easa

⁴ Kim

جدول ۱-۲ مطالعات مربوط به سطح سرویس و ظرفیت (بخش ۱)

نویسندگان	سال انتشار	پارامترهای مورد بررسی	اهداف مطالعه	خلاصه نتایج
روزیک	۱۹۹۲	تراکم - نرخ جریان ترافیک - سرعت	بررسی ظرفیت راه های دو خطه	ظرفیت راه های دو خطه تحت تاثیر تعداد صف وسایل نقلیه، ۲۷۰۰ وسیله در ساعت می باشد.
کیم و الفریادو	۲۰۱۰	تراکم - نرخ جریان ترافیک - سرعت	تخمین ظرفیت با استفاده از ایجاد نرم افزار شبیه ساز	به دست آمدن یک برنامه شبیه ساز به نام TWOSIM
جریو و همکاران	۲۰۱۰	متوسط سرعت سفر - درصد زمان سپری شده در پشت وسایل نقلیه پیرو - تراکم - سرعت	بهبود سطح سرویس بزرگراه پادشاهی اردن	با بهبود شرایط عملکردی جریان ترافیک، سرعت متوسط سفر و سرعت جریان آزاد افزایش می یابد
پینمتسا و همکاران	۲۰۱۵	تراکم - متوسط سفر - درصد وسایل نقلیه پیرو	شبیه سازی جریان ترافیکی مختلط و تخمین ظرفیت راه	ظرفیت راه های دو خطه با افزایش نسبت وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک کاهش می یابد.
روی و همکاران	۲۰۱۷	سرعت جریان آزاد - نوع وسایل نقلیه - سرعت	محاسبه ظرفیت راه های دو-خطه	با معیار قرار دادن سرعت و در نظر گرفتن نوع وسایل نقلیه، به محاسبه ظرفیت راه های دو خطه دوطرفه پرداختند.
بورا و سیتی	۲۰۱۷	نرخ جریان ترافیک - سرعت متوسط سفر - تراکم - سرفاصله زمانی	بدهست آوردن معیار های جدید برای محاسبه سطح سرویس	سرعت وسایل نقلیه پیرو، سرفاصله عبوری بحرانی به عنوان عوامل موثر بر کیفیت جریان ترافیک راه های دو خطه در نظر گرفته شد.
ویژای و ختاوکار	۲۰۱۹	تراکم - متوسط سرعت سفر - سرعت	تاثیر شیب مسیر بر روی سطح سرویس	با افزایش مقدار شیب، ظرفیت راه نیز کاهش می یابد.

جدول ۱-۲ مطالعات مربوط به سطح سرویس و ظرفیت (بخش ۲)

نویسندگان	سال انتشار	پارامترهای مورد بررسی	اهداف مطالعه	خلاصه نتایج
ویژای و ختاوکار	۲۰۲۰	تراکم - متوسط سرعت سفر-سرعت	محاسبه ظرفیت با استفاده از ضریب معادل وسایل سواری	افزایش عرض و شعاع خط در قوس ها باعث افزایش ظرفیت راه می شود
ولاسینکو و لاریناویسزوز	۲۰۲۰	سرعت - تراکم - نرخ جریان ترافیک	میزان انطباق راهنمای ظرفیت راه آلمان برای کشور لیتوانی	معیارهای عملکردی محاسبه ظرفیت برای هر نوع راه متفاوت است.

جدول ۲-۲ مطالعات مربوط به صف

نویسندگان	سال انتشار	پارامترهای مورد بررسی	اهداف مطالعه	خلاصه نتایج
گوار و میرکاندای	۲۰۰۲	سرفاصله زمانی - سرفاصله مکانی - سرعت-	بدست آوردن زمان تشکیل صف در راه- های دوخطه	تشکیل صف وسایل نقلیه به حجم ترافیک، تراکم و توزیع سرفاصله آنها بستگی دارد.
آراسان و کاشانی	۲۰۰۳	سرفاصله زمانی -تراکم	بررسی تراکم صف در جریان ترافیک مختلط	صف وسایل نقلیه به حجم ترافیک تراکم، و تعداد صف ها و توزیع سرفاصله های زمانی آنها بستگی دارد.
الخیستی و دوبرین	۲۰۰۸	سرفاصله زمانی - نرخ جریان ترافیک	بدست آوردن سرفاصله زمانی در صف های وسایل نقلیه	سرفاصله زمانی ایجاد صف وسایل نقلیه، در محدوده ۵ تا ۷ ثانیه است.
الخیستی و همکاران	۲۰۱۸	سرفاصله زمانی - سرعت	بررسی اثرگذاری سرعت وسایل نقلیه پیرو بر سرفاصله زمانی	میانگین سرفاصله زمانی خودروها ۳/۸ ثانیه می باشد
یانگ و همکاران	۲۰۱۹	درصد وسایل نقلیه سنگین - تراکم - سرعت	تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر صف در راه های دو خطه	با افزایش تعداد صف، کیفیت جریان ترافیک و سطح سرویس کاهش می یابد.

جدول ۲-۳ مطالعات مربوط به سرفاصله زمانی و سرفاصله مکانی

نویسندگان	سال انتشار	پارامترهای مورد بررسی	اهداف مطالعه	خلاصه نتایج
ریکاردو و ماسیمیلیانو	۲۰۱۲	سرفاصله زمانی - تراکم	بررسی سرفاصله زمانی بین خودروها در راه‌های دوخطه	افزایش جریان عبوری وسایل نقلیه، سرفاصله زمانی افزایش می‌یابد.
تمنایی و همکاران	۱۳۹۱	سرفاصله زمانی - سرعت	تحلیل توزیع سرفاصله زمانی وسایل نقلیه	رانندگان سرفاصله‌های بیشتری را در ساعات شب، نسبت به ساعات روز دارند.
ندیمی و همکاران	۱۳۹۱	تراکم - نرخ جریان ترافیک - سرفاصله زمانی	بررسی سرفاصله زمانی	با افزایش تعداد وسایل نقلیه سنگین، میانگین سرفاصله‌های زمانی نیز افزایش می‌یابد.
دقیقی و افلاکی	۱۳۹۴	نرخ جریان ترافیک - سرفاصله زمانی	بررسی سرفاصله زمانی در جریان ترافیک	میانگین سرفاصله‌های زمانی در شب و روز با یکدیگر متفاوت است.

جدول ۲-۴ مطالعات مربوط به نرخ جریان ترافیک

نویسندگان	سال انتشار	پارامترهای مورد بررسی	اهداف مطالعه	خلاصه نتایج
پولس و کوهن	۲۰۰۹	درصد وسایل نقلیه پیرو - تراکم - سرعت متوسط سفر	بررسی کیفیت جریان ترافیک و سطح سرویس	با کاهش سرعت وسایل نقلیه، کیفیت جریان ترافیک نیز افت می کند.
پنگ	۲۰۱۳	سرعت - سرفاصله زمانی - تراکم	بررسی نوع رانندگی و تاثیر آن بر جریان ترافیک	اثرات رانندگی می تواند ثبات جریان ترافیک را در یک سیستم دو خطه بهبود بخشد.

جدول ۲-۵ مطالعات مربوط به شاخص‌های عملکردی (بخش ۱)

نویسندگان	سال انتشار	پارامترهای مورد بررسی	اهداف مطالعه	خلاصه نتایج
کاتبگان و ناکامورا	۲۰۰۶	سرعت - تراکم - سرفاصله زمانی	بررسی و ارزیابی اقدامات عملکردی راه های دو خطه	تراکم وسایل نقلیه پیرو بیشترین میزان همبستگی را با نرخ جریان ترافیک دارد.
الخیستی و کارجلا	۲۰۰۸	تراکم - درصد وسایل نقلیه پیرو - سرفاصله زمانی	ارزیابی عوامل موثر بر تشکیل صف	تراکم وسایل نقلیه پیرو، بیشترین میزان همبستگی را با متغیر های صف دارد
شریعت و همکاران	۱۳۸۹	سرفاصله زمانی - درصد وسایل نقلیه پیرو - تراکم	بررسی سرفاصله زمانی	می توان از شاخص جایگزین برای اندازه گیری درصد زمان صرف شده توسط وسایل نقلیه پیرو استفاده کرد.
هاشم و عبدالواحد	۲۰۱۱	نرخ جریان ترافیک - سرفاصله زمانی	ارزیابی شاخصهای عملکردی در کشور مصر	تراکم وسایل نقلیه پیرو به عنوان مهمترین عامل ایجاد صف می باشد.
روسی و همکاران	۲۰۱۴	سرفاصله زمانی - سرعت - تراکم	تاثیر شدت جریان بر سرعت خودروها	سرفاصله زمانی در توزیع سرعت وسایل نقلیه و در نتیجه بر کیفیت جریان ترافیک اثر گذار است.
الخیستی و جعفری	۲۰۱۷	سرفاصله زمانی - سرعت	بررسی عملکردی راه‌های دوخطه با استفاده از رابطه سرعت و سرفاصله زمانی	سرفاصله زمانی و مقدار تراکم وسایل نقلیه، با متغیرهای عملکردی به هم وابسته هستند.

درصد کامیون‌ها به عنوان معیار عملکردی در کیفیت جریان ترافیک این نوع راه‌ها اثر گذار است.	بررسی عملکردی راه‌های دوخطه	درصد وسایل نقلیه سنگین - سرعت - سرفاصله زمانی	۲۰۲۰	مورنو
--	-----------------------------	---	------	-------

جدول ۲-۵ مطالعات مربوط به شاخص‌های عملکردی (بخش ۲)

نویسندگان	سال انتشار	پارامترهای مورد بررسی	اهداف مطالعه	خلاصه نتایج
الزیرجاوی و همکاران	۲۰۲۰	سرعت - تعداد سبقت‌ها - سرفاصله زمانی	بررسی ویژگی‌های جریان ترافیک، بررسی سرفاصله زمانی	سبقت وسایل نقلیه بر روی سرعت و سرفاصله زمانی تاثیر گذار می‌باشد.
احمد و عیسی	۲۰۲۰	درصد وسایل نقلیه پیرو - سرفاصله زمانی - تراکم	محاسبه درصد زمان صرف شده توسط وسایل نقلیه پیرو	ارائه یک مدل بهینه صرف شده توسط وسایل نقلیه پیرو نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراه‌ها
کیم	۲۰۲۰	سرعت - تراکم - نرخ جریان ترافیک - تعداد سبقت‌ها	معرفی یک مدل برای ارزیابی تعداد دسته صف وسایل نقلیه	ارائه یک مدل برای پیش بینی مناسب دسته های صف.

فصل سوم:

روش انجام تحقیق

۳-۱- مقدمه

با مطالعه آیین نامه‌ها و توصیه‌هایی که برای طراحی راه وجود دارد، می‌توان پارامترهای مورد نیاز را برای این مطالعه مشخص نمود. ابتدا به بررسی شرایط و معرفی محورهای مورد بررسی در این پژوهش پرداخته شده است. همچنین در ادامه فصل به روش استخراج داده‌ها با استفاده از نرم افزار پریمیر^۱ اشاره شده است. پس از استخراج داده‌ها در ادامه فصل به بررسی میزان همبستگی پیرسون بین متغیرهای دسته صف و جریان ترافیک، و سپس مدلسازی غیرخطی رگرسیون پرداخته شده است. علاوه بر این به بررسی اثرگذاری دسته صف بر کیفیت جریان با استفاده از روش همسایگی مجاور اشاره شده است.

۳-۲- روش تحقیق

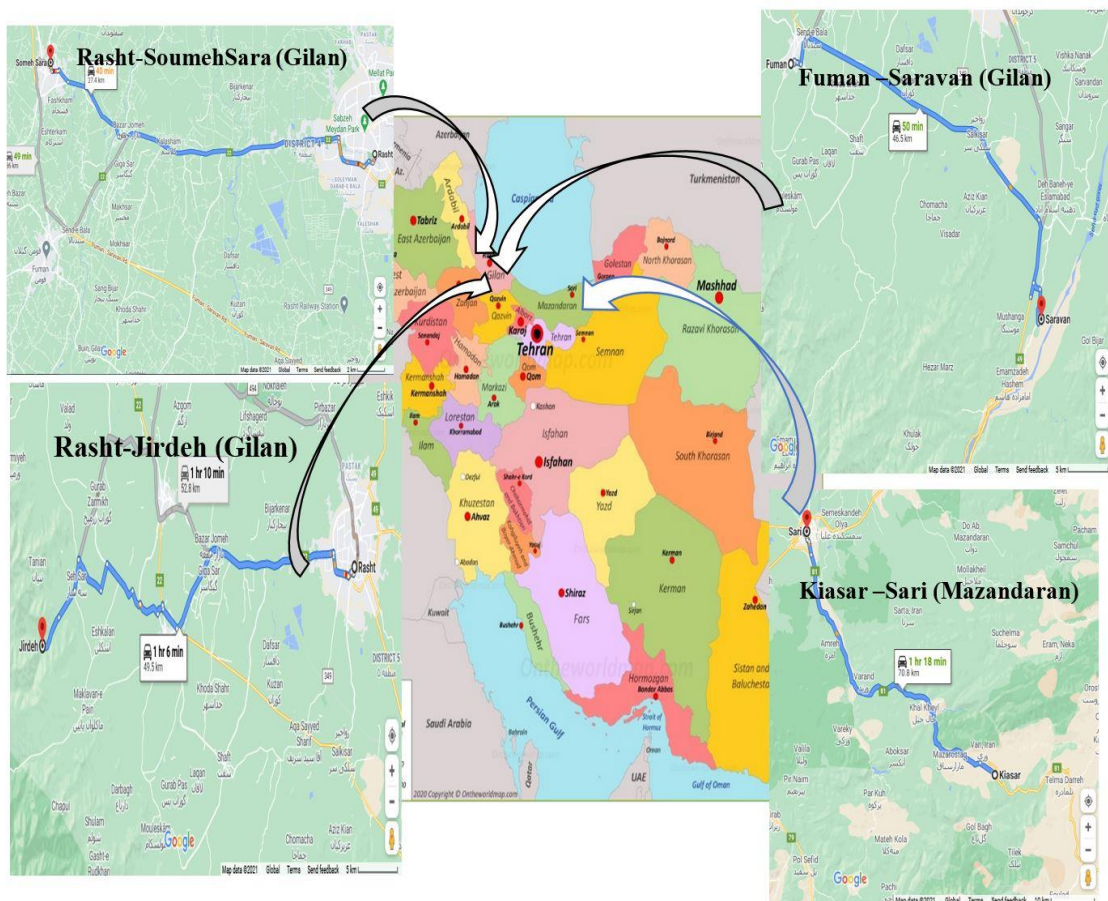
به منظور بررسی اثرگذاری دسته‌های صف خودروها بر کیفیت جریان ترافیک راه‌های دوخطه، ابتدا فیلم محورهای مورد مطالعه مبتنی بر شرایط آیین‌نامه‌های موجود به مدت ۸ ساعت برداشت، و سپس با استفاده از روش‌های ویرایش فیلم، نظیر نرم‌افزار پریمیر پردازش شدند. جمع‌آوری داده‌های ترافیکی در ساعات روشن روز انجام شد. دلیل آن نیز وجود ترافیک مختلط می‌باشد. در تمام دوره‌های جمع‌آوری داده‌ها، شرایط آب و هوایی مساعد و روسازی در وضعیت مطلوبی قرار داشته است.

۳-۳- مسیرهای مورد مطالعه

به منظور بررسی اثرگذاری ویژگی‌های دسته‌های صف وسایل نقلیه بر کیفیت جریان ترافیک راه‌های دوخطه، محورهای نظیر فومن - سراوان، رشت-جیرده، رشت - صومعه - سرا و کیاسر- ساری، مطابق شکل ۳-۱ در طبقه راه‌های درجه ۱ شریانی اصلی انتخاب شدند. به گونه‌ای که حجم ترافیک عبوری در محورهای مورد مطالعه نسبتاً زیاد، و ترافیک عمدتاً متشکل از رانندگان با وسایل نقلیه سبک و سنگین

1 Adobe Premiere Pro CC 2018

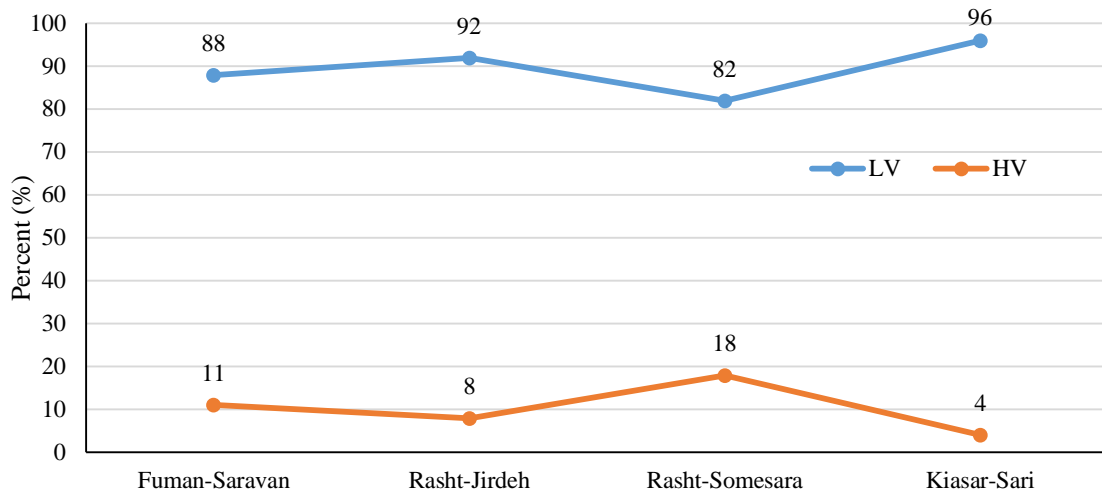
می‌باشد. در کلیه قسمت‌های مورد مطالعه از تأثیرات شیب طولی و تقاطع‌ها، معابر و قوس‌های افقی در قسمت‌های مستقیم راه جلوگیری شده است. همچنین سرعت مجاز در محورهای مورد مطالعه ۹۵ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده و عرض تمام خطوط ۳/۶۵ متر می‌باشد. شکل ۲-۳ درصد نوع وسایل نقلیه عبوری نیز از محورها را نشان می‌دهد که در محورهایی که بیشترین درصد وسایل نقلیه سنگین^۱ را دارا بودند، کمترین درصد وسایل نقلیه عبوری سبک^۲ را دارند. مطابق شکل ۲-۳، در محور رشت-صومعه‌سرا، درصد وسایل نقلیه سبک ۸۲ درصد و ۱۸ درصد نیز وسایل نقلیه سنگین می‌باشند.



شکل ۱-۳ نمای کلی مسیرهای مورد مطالعه

^۱ Heavy Vehicle (HV)

^۲ Light Vehicle (LV)



شکل ۳-۲ درصد وسایل نقلیه (سبک و سنگین) موجود در راه‌های دوخطه مورد مطالعه

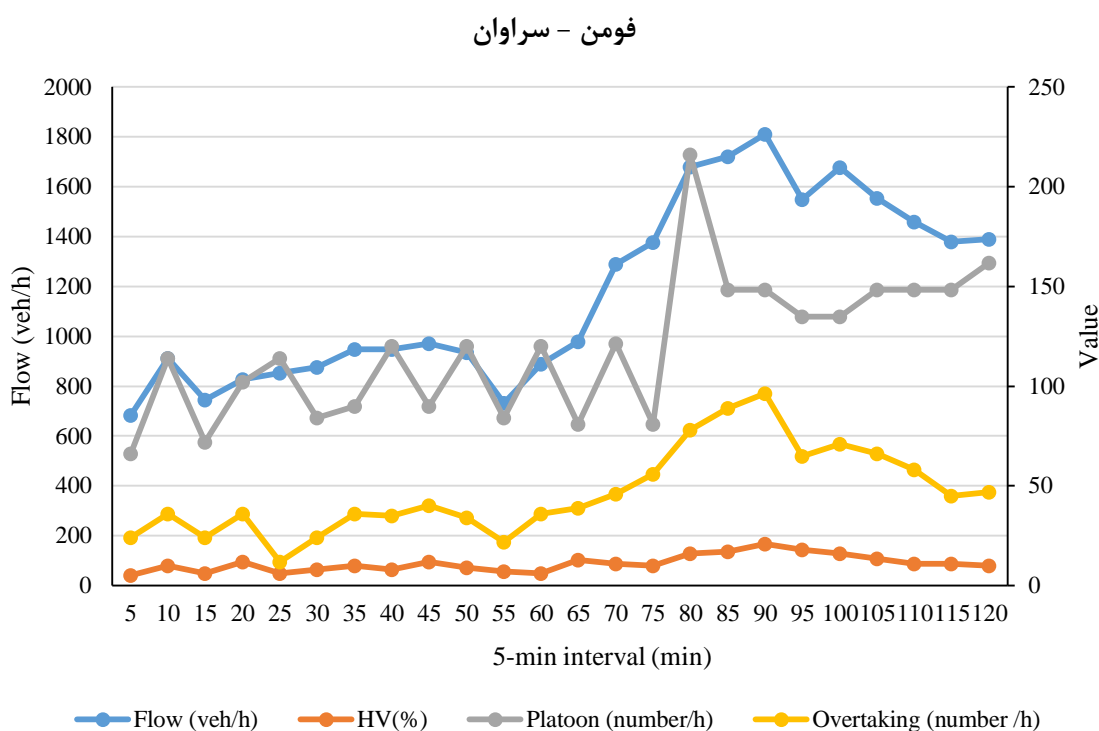
۳-۳-۱- محور فومن به سراوان استان گیلان

محور فومن به سراوان مطابق شکل ۳-۳، در غرب استان گیلان، واقع شده است. این محور یک راه دوخطه دوطرفه برون شهری می‌باشد. این محور در حد فاصل شهرستان فومن به شهرستان سراوان، و در کیلومتر ۲۰ این مسیر از سمت شهرستان فومن واقع شده است حجم ترافیک عبوری در این محور مورد مطالعه نسبتاً زیاد است و ترافیک عمدتاً متشکل از رانندگان با خودروهای سبک و سنگین می‌باشند. سرعت مجاز تردد در روز برای این محور ۹۵ کیلومتر بر ساعت می‌باشد.



شکل ۳-۳ محور فومن به سراوان (Google Map)

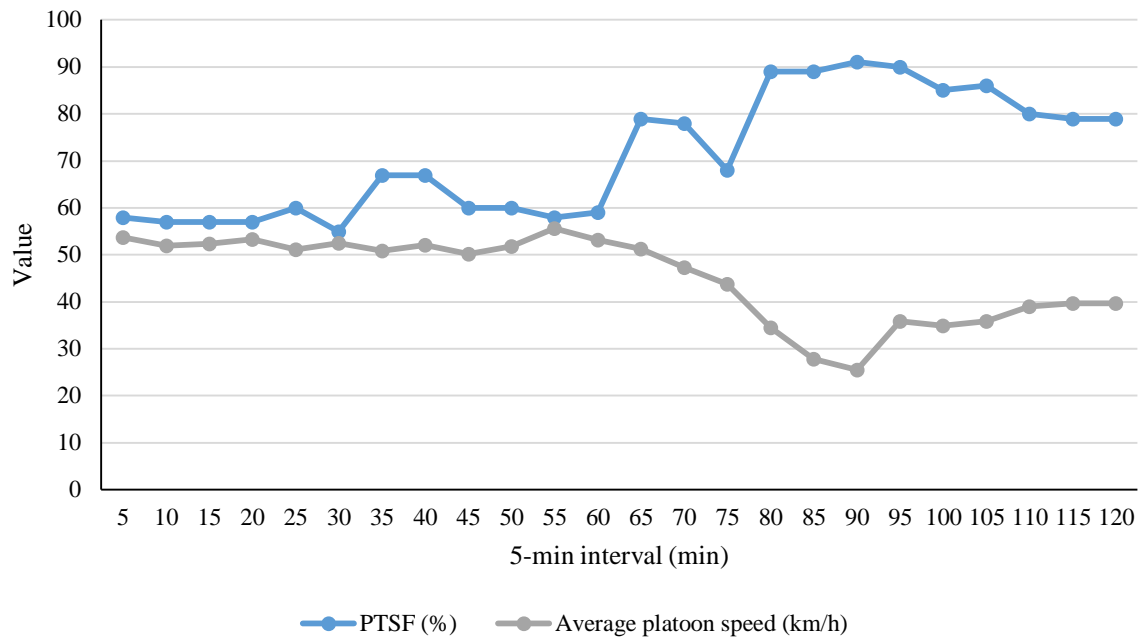
شکل ۳-۴ ویژگی‌های دسته صف (نرخ جریان ترافیک، درصد وسایل نقلیه سنگین، تعداد دسته صف و تعداد سبقت‌ها) را در مسیر فومن به سراوان نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۴ می‌توان نشان داد، که با افزایش تعداد دسته‌های صف، تعداد سبقت‌ها نیز افزایش می‌یابد و این باعث افزایش جریان ترافیک به مسیر می‌شود. و همچنین نرخ جریان ترافیک با افزایش تعداد دسته‌های صف روند افزایشی در پی داشته است. و زمانی که دسته‌های صف و تعداد سبقت‌ها کمتر شده‌اند نرخ جریان ترافیک ورودی به مسیر نیز کاهش پیدا کرده است.



شکل ۳-۴ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر فومن به سراوان

شکل ۳-۵ رابطه بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت دسته صف در محور فومن به سراوان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۵ با افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، میانگین سرعت دسته صف کاهش می‌یابد.

فومن - سراوان

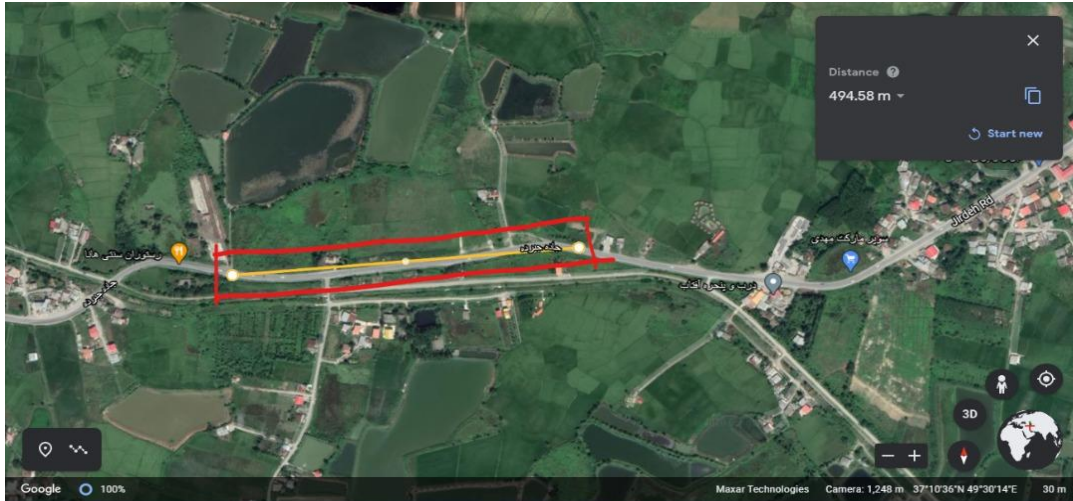


شکل ۳-۵ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور

فومن به سراوان

۳-۳-۲- محور رشت به جیرده استان گیلان

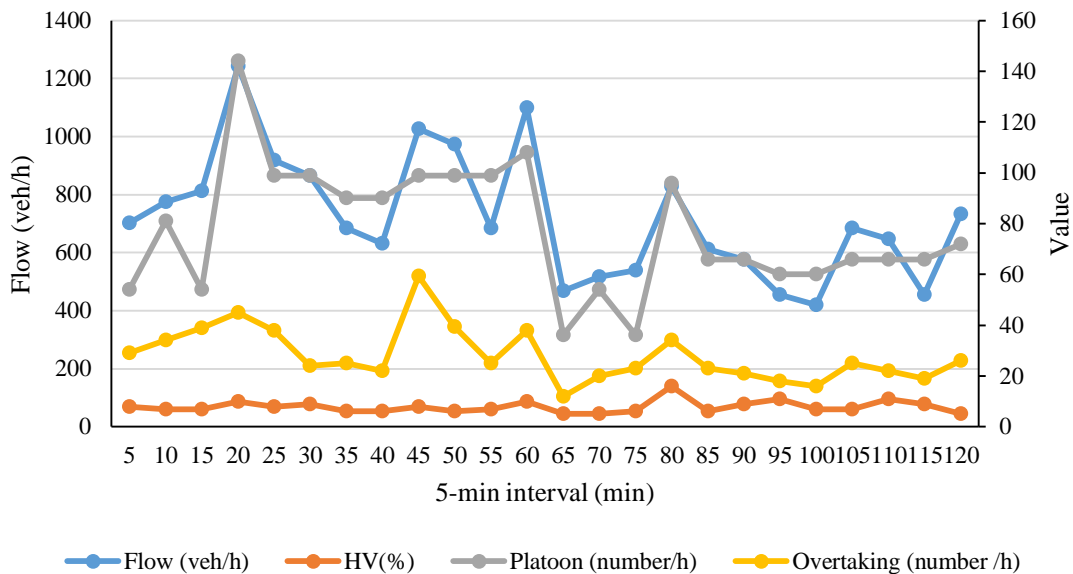
محور رشت به جیرده، شهرستان جیرده در غرب استان گیلان را به رشت در مرکز استان گیلان وصل می‌کند که مطابق شکل ۳-۶ نشان داده شده است. این محور در حد فاصل شهرستان رشت به شهرستان جیرده و در کیلومتر ۱۰ از سمت شهرستان رشت واقع شده است. تردد کلیه وسایل نقلیه در این محور مجاز می‌باشد و هیچگونه محدودیتی برای منع تردد وسایل نقلیه وجود ندارد. این محور دارای حجم ترافیک زیادی است.



شکل ۳-۶ محور رشت به جیرده (Google Map)

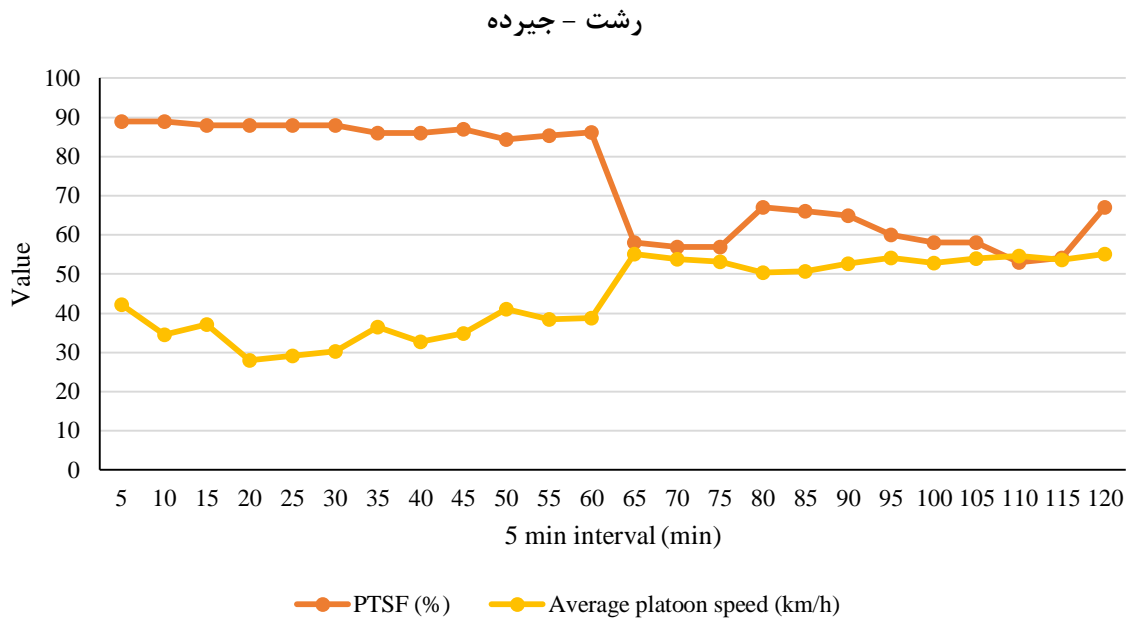
شکل ۳-۷ ویژگی‌های دسته صف (نرخ جریان ترافیک، درصد وسایل نقلیه سنگین، تعداد دسته صف و تعداد سبقت‌ها) را در مسیر رشت به سراوان نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۷ می‌توان نشان داد، که با افزایش درصد وسایل نقلیه سنگین، تعداد دسته‌های صف نیز افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش دسته‌های صف، تعداد سبقت‌ها بیشتر می‌شود که این تاثیر بسزایی در افزایش جریان ترافیک در مسیر دارد.

رشت - جیرده



شکل ۳-۷ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر رشت به جیرده

شکل ۳-۸ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت دسته صف در محور رشت به جیرده را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۳-۸ با افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، میانگین سرعت دسته صف کاهش پیدا می‌کند.

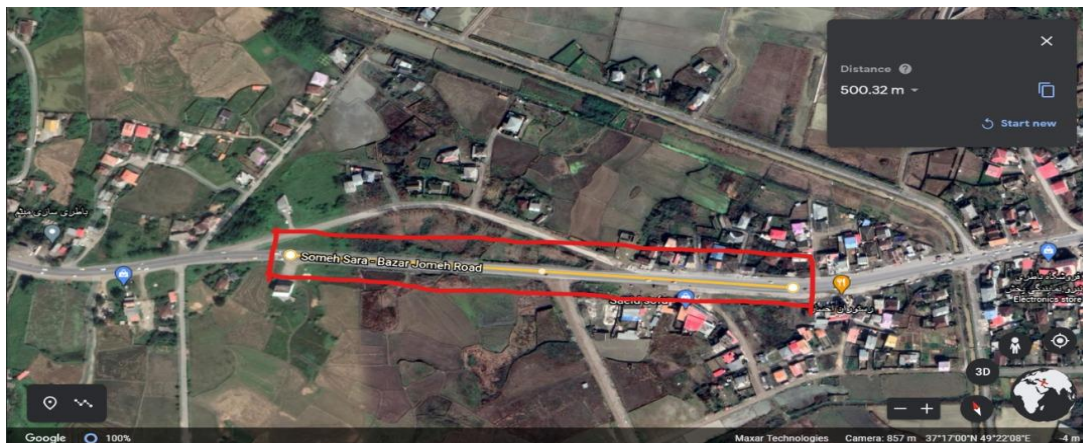


شکل ۳-۸ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور

رشت به جیرده

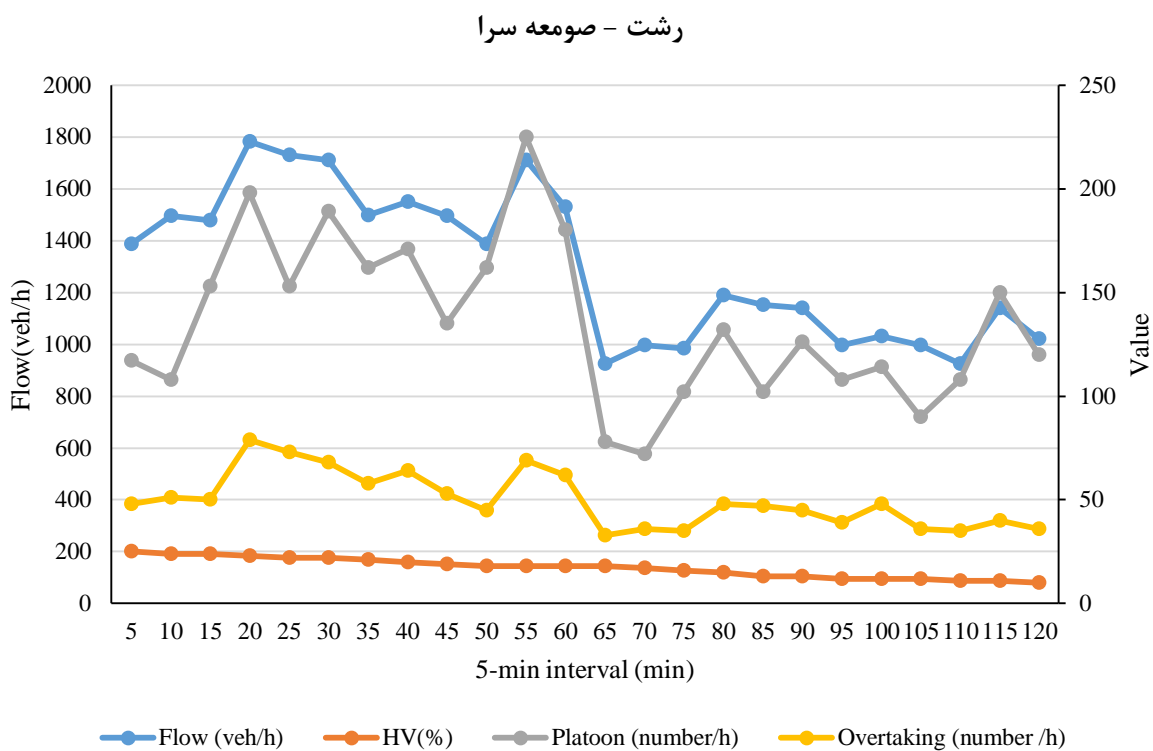
۳-۳-۳- محور رشت به صومعه سرا استان گیلان

محور رشت به صومعه سرا نیز مطابق شکل ۳-۹ در ۱۵ کیلومتری مسیر مواسلاتی از سمت شهرستان رشت به شهرستان صومعه سرا واقع شده است. این مسیر به علت قرار گرفتن در بین دو شهرستان بزرگ استان گیلان دارای ترافیک نسبتاً زیادی برخوردار بوده و تردد کلیه وسایل نقلیه نیز در این مسیر نیز مجاز می‌باشد.



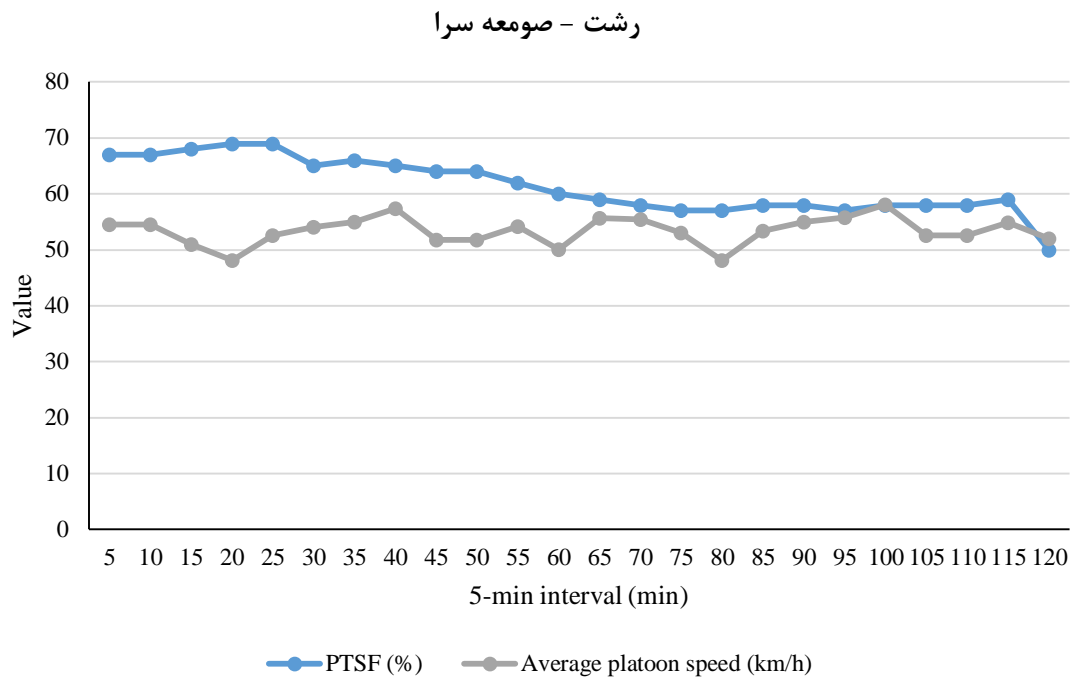
شکل ۳-۹ محور رشت به صومعه سرا (Google Map)

شکل ۳-۱۰ ویژگی‌های دسته صف (نرخ جریان ترافیک، درصد وسایل نقلیه سنگین، تعداد دسته صف و تعداد سبقت‌ها) را در مسیر رشت به صومعه سرا نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۱۰ می‌توان نشان داد که افزایش درصد وسایل نقلیه سنگین باعث کاهش جریان ترافیک، تعداد دسته صف، و تعداد سبقت‌های وسایل نقلیه عبوری در محور رشت به صومعه سرا می‌شود.



شکل ۳-۱۰ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر رشت به صومعه سرا

شکل ۳-۱۱ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت دسته صف در محور رشت به جبرده را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۱۱ با افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، میانگین سرعت دسته صف کاهش پیدا می‌یابد.



شکل ۳-۱۱ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور

رشت به صومعه سرا

۳-۳-۴- محور کیاسر به ساری استان مازندران

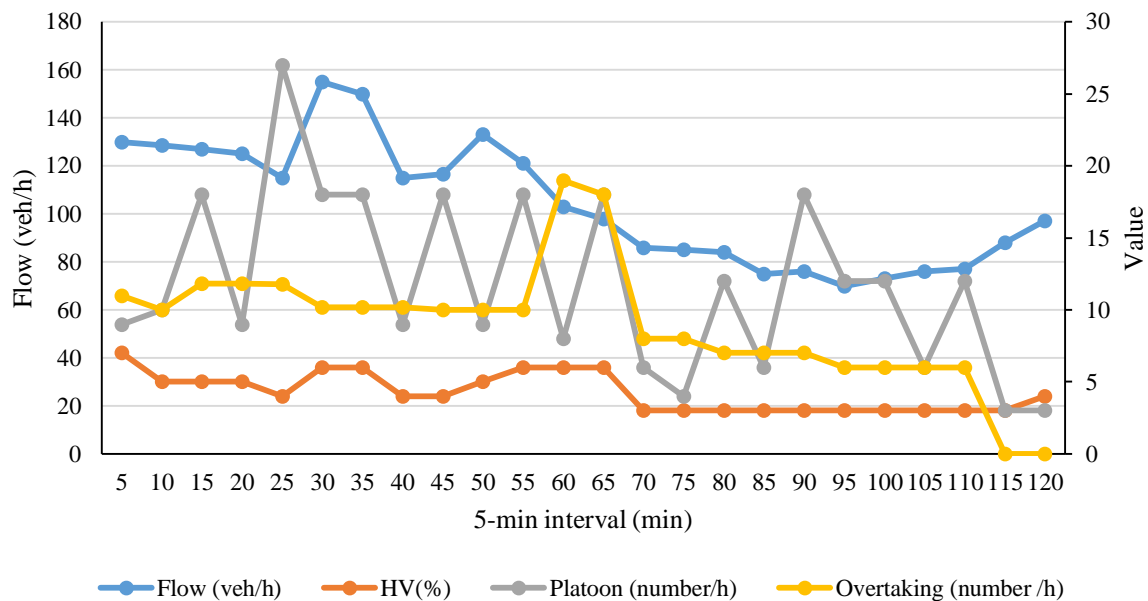
محور کیاسر به ساری در استان مازندران و در حد فاصل شهرستان ساری و شهرستان دامغان مطابق شکل ۳-۱۲ واقع شده است. محور مورد مطالعه در کیلومتر ۷۵ از سمت شهرستان دامغان به شهرستان ساری و در حوالی شهر کیاسر واقع شده است. مسیر مورد مطالعه دارای شیب کمتر از ۳ درصد و دور از هرگونه عوامل تاثیر گذار اعم از پل، آبراه و ... می‌باشد. این محور دارای ترافیک مختلط، و تردد کلیه وسایل نقلیه در آن مجاز می‌باشد. همچنین، این محور دارای ترافیک کمتری نسبت به دیگر محورها می‌باشد.



شکل ۳-۱۲ محور کیاسر به ساری (Google Map)

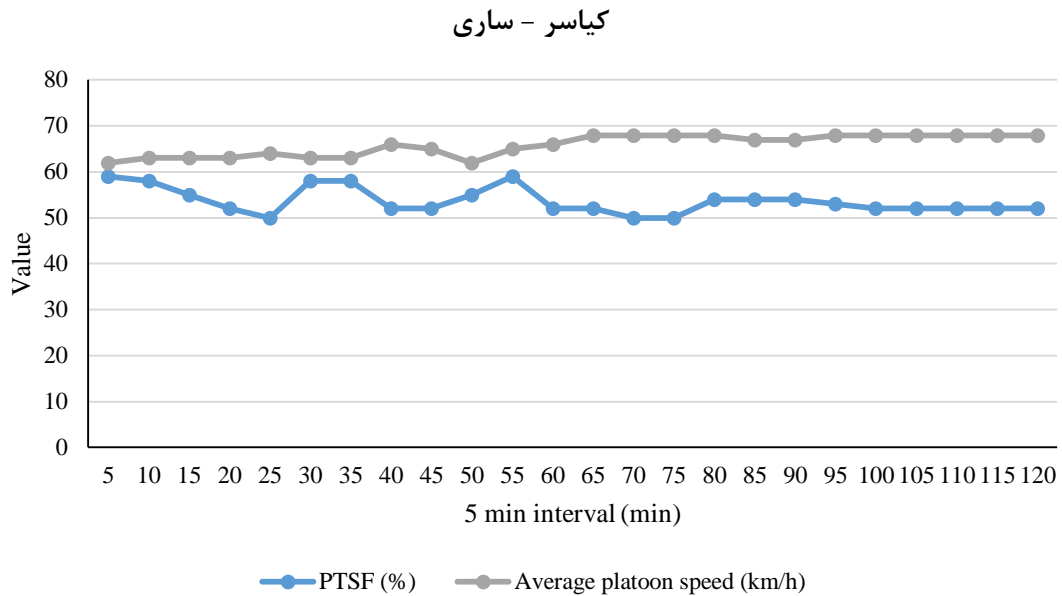
شکل ۳-۱۳ ویژگی‌های دسته صف (نرخ جریان ترافیک، درصد وسایل نقلیه سنگین، تعداد دسته صف و تعداد سبقت‌ها) را در مسیر کیاسر به ساری نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۱۳ می‌توان نشان داد، که در ابتدا با افزایش درصد وسایل نقلیه سنگین، تعداد دسته‌های صف و تعداد سبقت‌ها افزایش پیدا می‌کند. که این تاثیر به سزایی در افزایش جریان ترافیک ورودی به مسیر را دارد. همچنین در ادامه با کاهش درصد وسایل نقلیه سنگین، تعداد سبقت‌ها و دسته‌های صف، و همچنین جریان ورودی کاهش می‌یابد.

کیاسر - ساری



شکل ۳-۱۳ ویژگی‌های دسته صف و جریان مسیر کیاسر به ساری

شکل ۳-۱۴ رابطه بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت دسته صف در محور کیاسر به ساری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۱۴ با افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، میانگین سرعت دسته صف کاهش پیدا می‌یابد.



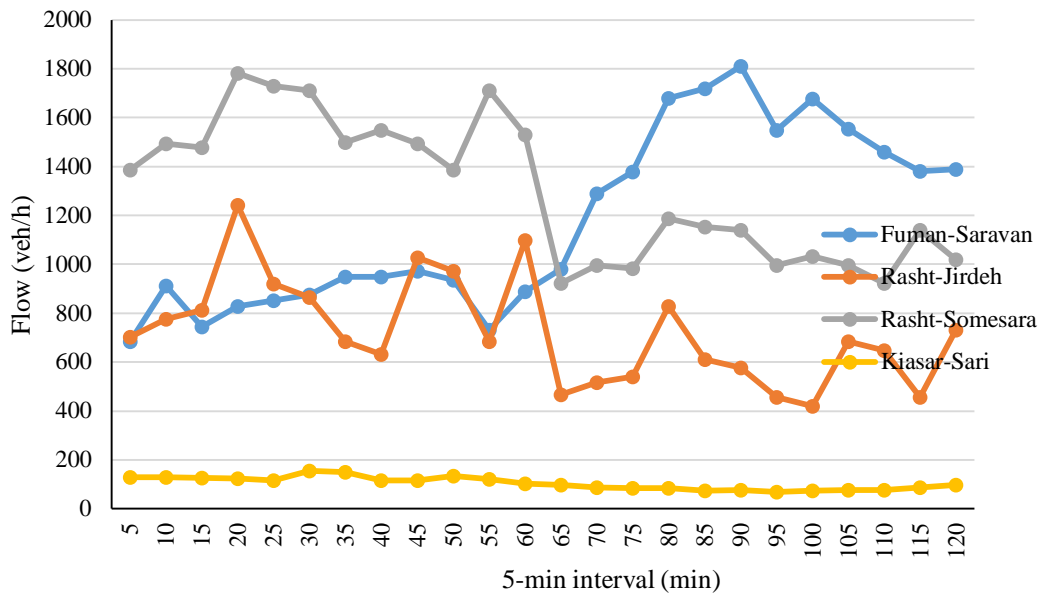
شکل ۳-۱۴ رابطه‌ی بین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف محور

کیاسر به ساری

۳-۴- دسته بندی داده ها

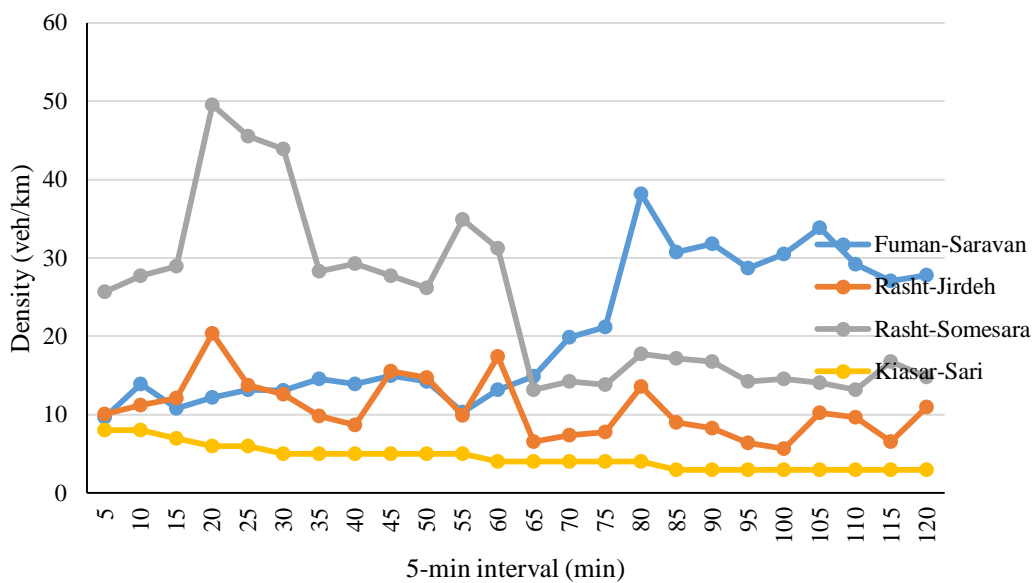
در این قسمت از پژوهش به دسته بندی داده های مورد مطالعه پرداخته است. مطابق شکل ۳-۱۵ تا ۳-۱۸ پارامترهای نرخ جریان ترافیک، تراکم تعداد وسایل نقلیه، متوسط سرعت سفر و سرفاصله زمانی برای هر محور به صورت جداگانه آورده شده است.

شکل ۳-۱۵ نرخ جریان ترافیک را در محوهای مورد مطالعه به صورت جداگانه برای هر محور نشان می‌دهد. شکل ۳-۱۵ نشان می‌دهد که محور فومن به سراوان دارای بیشترین مقدار نرخ جریان ترافیک، و محور کیاسر به ساری کمترین مقدار نرخ جریان ترافیک را دارد.



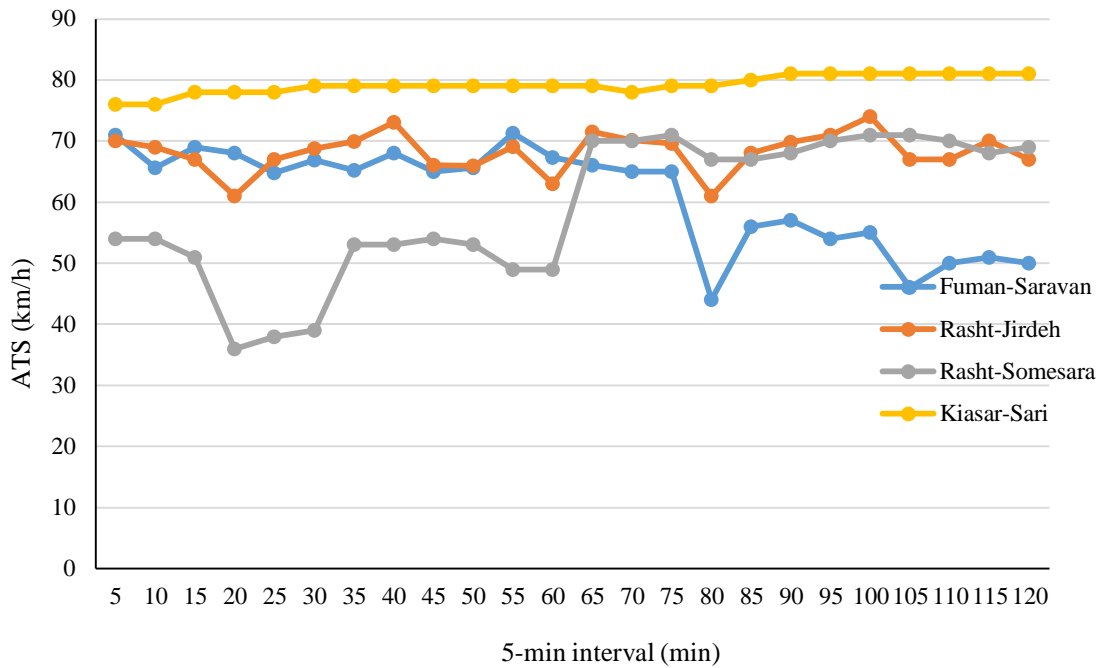
شکل ۳-۱۵ نرخ جریان ترافیک محورهای مورد مطالعه

شکل ۳-۱۶ تراکم وسایل نقلیه را در محورهای مورد مطالعه به صورت جداگانه برای هر محور نشان می‌دهد. شکل ۳-۱۶ نشان می‌دهد که با توجه اینکه بیشترین نرخ جریان ترافیک ورودی برای محورهای فومن به سراوان و رشت به صومعه سرا می‌باشد، این محورها بیشترین مقدار تراکم وسایل نقلیه را دارا می‌باشند.



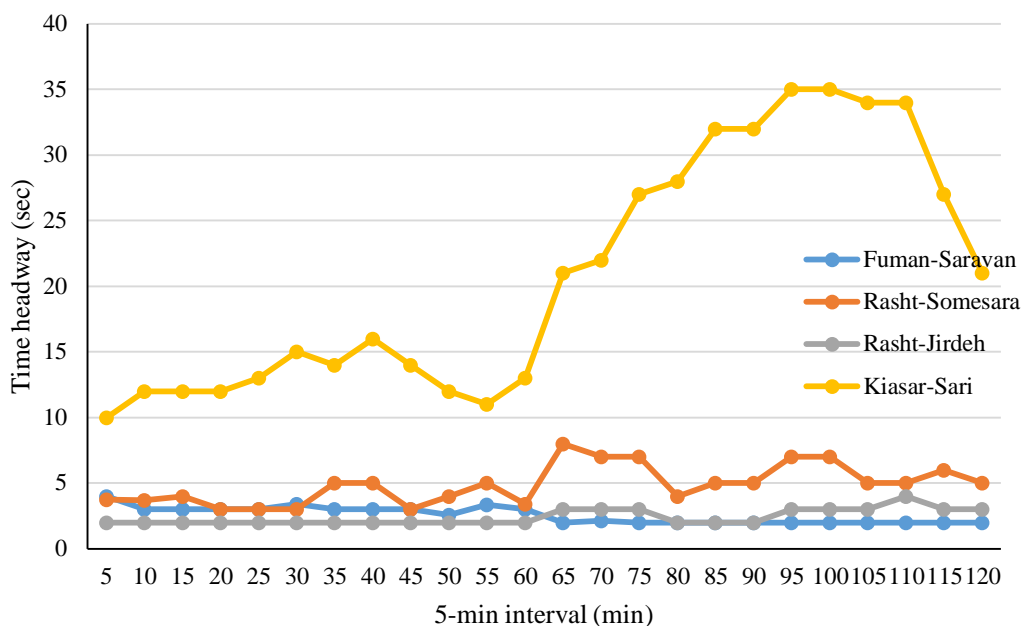
شکل ۳-۱۶ تراکم وسایل نقلیه محورهای مورد مطالعه

شکل ۳-۱۷ متوسط سرعت سفر را در محوهای مورد مطالعه به صورت جداگانه برای هر محور نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۱۷ محور کیاسر به ساری به دلیل پایین بودن نرخ جریان ترافیک و کم بودن تراکم وسایل نقلیه دارای بیشترین مقدار میانگین سرعت سفر، و محورهای فومن به سراوان و رشت به صومعه سرا کمترین مقدار میانگین سرعت سفر می‌باشند.



شکل ۳-۱۷ متوسط سرعت سفر محورهای مورد مطالعه

شکل ۳-۱۸ سرفاصله‌ی زمانی هر یک از محورهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳-۱۸ محور کیاسر به ساری به دلیل پایین بودن نرخ جریان ترافیک دارای بیشترین مقدار سرفاصله‌ی زمانی می‌باشد. در حالی که محور فومن به سراوان و رشت به جیرده به ترتیب دارای سرفاصله زمانی کمتری به دلیل اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف در این محورها را داراست.



شکل ۳-۱۸ سرفاصله زمانی محورهای مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مطابق جدول ۳-۱ شامل پارامترهای ماکروسکوپیک^۱ ویژگی-های دسه صف نظیر جریان ترافیک، سرعت، سرفاصله زمانی، تراکم، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، متوسط زمان سفر، تعداد سبقت‌ها، تعداد صف‌ها و سرعت صف‌ها نشان داده می‌شود. داده‌ها در بازه‌های ۵ دقیقه‌ای، و به مدت ۸ ساعت این پارامترها برداشت شد. با توجه به جدول ۳-۱ می‌توان نشان داد که کمترین جریان ترافیک دارای ۷۰ وسیله نقلیه بر ساعت می‌باشد، این درحالی است که بیشترین جریان ترافیک ۱۸۱۰ وسیله نقلیه بر ساعت با بیشترین تراکم ۵۵ وسیله‌نقلیه بر کیلومتر است. و میانگین سرعت سفر وسایل نقلیه عبوری ۶۷ کیلومتر بر ساعت است که دارای، کمترین سرفاصله زمانی مشاهده شده نیز ۲ ثانیه می‌باشد، در حالی که بیشترین فاصله‌ای که وسایل نقلیه از یکدیگر داشته‌اند ۳۵ ثانیه می‌باشد و به طور میانگین در تمامی محورهای مورد مطالعه ۷/۶۹ ثانیه می‌باشد. بیشترین تعداد سبقت‌های مشاهده شده نیز ۹۶ سبقت در ساعت است، به‌گونه‌ای که تعداد

¹ Macroscopic

۲۲۵ وسایل نقلیه در دسته صف در ساعت ناشی از ۲۵ درصد وسایل نقلیه سنگین و ۹۱ درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو می‌باشند که دارای بیشترین و کمترین سرعت این دسته‌های صف به ترتیب ۶۸ و ۲۵ کیلومتر بر ساعت می‌باشند.

جدول ۳-۱ بررسی پارامترهای ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه

انحراف معیار استاندارد	میانگین	بیشترین	کمترین	ویژگی‌های دسته صف
۵۳۴/۷۴	۸۲۵/۹۶	۱۸۱۰	۷۰	جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)
۸/۹۹	۷/۶۹	۳۵	۲	سرفاصله زمانی (ثانیه)
۱۲/۱۷	۱۵/۸۲	۵۵	۳	تراکم (وسیله نقلیه بر کیلومتر)
۱۲/۷۲	۶۴/۹۲	۹۱	۵۰	درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو (درصد)
۵/۸۸	۱۱	۲۵	۳	درصد وسایل نقلیه سنگین (درصد)
۱۰/۷۵	۶۶/۸۷	۸۱	۳۶	میانگین سرعت سفر (کیلومتر بر ساعت)
۲۱/۴۵	۳۳/۳۸	۹۶	۰	تعداد سبقت‌ها (تعداد بر ساعت)
۵۶/۳۴	۸۵/۷۶	۲۲۵	۰	دسته صف (تعداد بر ساعت)
۱۰/۹۸	۵۲/۱۹	۶۸	۲۵	سرعت دسته صف (کیلومتر بر ساعت)

۳-۵- بررسی میزان همبستگی پیرسون بین متغیرهای دسته صف و جریان ترافیک

پس از بررسی پارامترهای ماکروسکوپیک ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در جدول ۳-۱، به منظور ارائه مدلی جهت ارزیابی ظرفیت و سطح سرویس تحت تاثیر متغیرهای صف، بین متغیرهای دسته صف و جریان ترافیک مطابق جدول ۳-۲، نتایج تحلیل همبستگی پیرسون نشان می‌دهد، که به ترتیب جریان ترافیک بیشترین میزان همبستگی را با سرعت دسته صف، تعداد سبقت‌ها، تعداد دسته صف، میانگین سرعت سفر، تراکم، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، درصد وسایل نقلیه سنگین، و سرفاصله زمانی را دارد.

رابطه جریان ترافیک با پارامترهای دسته صف به گونه‌ای است که با کاهش سرعت دسته صف، تعداد سبقت‌ها و جریان ترافیک افزایش می‌یابد. افزایش تعداد سبقت‌ها نشان‌دهنده، افزایش تعداد دسته

صف و کاهش میانگین سرعت سفر در محورهای مورد مطالعه می‌باشد. از طرفی افزایش تعداد صف‌ها و کاهش سرعت سفر، ناشی از افزایش تراکم و درصد زمان وسایل نقلیه پیرو می‌باشد که تحت تاثیر افزایش درصد وسایل نقلیه سنگین و کاهش سرفاصله زمانی بین آنها بوده است. این به گونه‌ای است که با کاهش سرعت دسته صف و تعداد سبقت‌ها، سرفاصله زمانی نیز به بحرانی‌ترین حالت خود می‌رسد و تراکم وسایل نقلیه افزایش می‌یابد. بنابراین از بین عوامل موثر دسته صف وسایل نقلیه، سرعت دسته صف و تعداد سبقت‌ها بر جریان وسایل نقلیه عبوری بیشترین تاثیر را داشته به گونه‌ای که با افزایش تعداد دسته صف و کاهش سرعت سفر، تراکم، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و درصد وسایل نقلیه سنگین به ترتیب افزایش می‌یابند که باعث کاهش سرفاصله زمانی بین وسایل نقلیه می‌شود.

جدول ۳-۲ ضریب همبستگی پیرسون بین اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک راههای دوخطه

متغیر ویژگی‌های دسته صف		جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)	سرفاص له زمانی (ثانیه)	تراکم (وسیله نقلیه بر کیلومتر)	درصد زمان سپری شده وسایل نقلیه پیرو (درصد)	میانگین سرعت سفر (کیلومتر بر ساعت)	تعداد سبقت (تعداد بر ساعت)	تعداد دسته صف (تعداد بر ساعت)	سرعت دسته صف (کیلومتر بر ساعت)	درصد وسایل نقلیه سنگین (درصد)
جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)	Pearson Correlation	1	-0.753*	0.920*	0.863**	-0.920**	0.951**	0.947**	-0.956*	0.850**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.046	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
سرفاصله زمانی (ثانیه)	Pearson Correlation	-0.753**	1	-0.567*	-0.540**	0.658**	-0.669**	0.730**	0.718	-0.610**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.596	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
تراکم (وسیله نقلیه بر کیلومتر)	Pearson Correlation	0.920**	-0.567*	1	0.915**	-0.917**	0.945**	0.850**	-0.958**	0.848**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو (درصد)	Pearson Correlation	0.863**	-0.540*	0.915*	1	-0.885**	0.858**	0.795**	-0.905**	0.815**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
میانگین سرعت سفر (کیلومتر بر ساعت)	Pearson Correlation	-0.922**	0.658*	-0.917*	-0.885**	1	-0.876**	-0.900**	0.952**	-0.820**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.001	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
تعداد سبقت (تعداد بر ساعت)	Pearson Correlation	0.951**	-0.669*	0.945*	0.858**	-0.878**	1	0.883**	-0.932**	0.822**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.008	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
تعداد دسته صف (تعداد بر ساعت)	Pearson Correlation	0.947**	-0.731*	0.850*	0.795**	-0.900**	0.883**	1	-0.883**	0.778**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
سرعت دسته صف (کیلومتر بر ساعت)	Pearson Correlation	-0.956*	0.718**	-0.958**	-0.905**	0.952**	-0.932**	-0.888	1	-0.851**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000		.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96
درصد وسایل نقلیه سنگین (درصد)	Pearson Correlation	0.850**	-0.610*	0.848*	0.815**	-0.820**	0.822*	0.778**	-0.851**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.007	.000
	N	96	96	96	96	96	96	96	96	96

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

۳-۶- مدل‌سازی غیرخطی رگرسیون

پس از بررسی همبستگی ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در جدول ۳-۲ و نتایج اثرگذاری این ویژگی‌ها بر جریان ترافیک در محورهای مورد مطالعه، به منظور ارائه مدل اثرگذاری این ویژگی‌ها بر جریان ترافیک راه‌های دوخطه، مدل غیرخطی رگرسیونی مطابق معادله ۳-۱ پیشنهاد داده شده است. این مدل دارای ضریب رگرسیون ۰/۹۳۰ بین داده‌های برداشت شده و پیش‌بینی شده می‌باشد.

$$f(Q) = 0.008 * ATS^2 + 16.99 * \rho + 0.101 * HV * NO + 0.091 * \sqrt{(PTSF * H_t * (100 - HV))} + 0.117 * NP * PV \quad 1-3$$

که در معادله ۳-۱، متغیرها به صورت زیر هستند:

$$f(Q) = \text{جریان ترافیک (وسیله‌نقلیه بر ساعت)}$$

$$ATS = \text{میانگین سرعت سفر وسایل نقلیه (کیلومتر بر ساعت)}$$

$$HV = \text{درصد وسایل نقلیه سنگین (درصد)}$$

$$NP = \text{تعداد دسته صف وسایل نقلیه (تعداد بر ساعت)}$$

$$NO = \text{تعداد سبقت وسایل نقلیه (تعداد بر ساعت)}$$

$$PV = \text{سرعت متوسط صف وسایل نقلیه (کیلومتر بر ساعت)}$$

$$H_t = \text{سرفاصله زمانی (ثانیه)}$$

$$PTSF = \text{درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو (درصد)}$$

$$\rho = \text{تراکم (وسیله‌نقلیه بر کیلومتر)}$$

۳-۷- محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس معادله رگرسیون غیرخطی

همچنین، پس از ارائه مدل رگرسیون غیرخطی، به منظور اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف وسایل - نقلیه بر کیفیت جریان ترافیک، و ارائه مدل سطح سرویس برای محورهای مورد مطالعه، بر اساس تعداد وسایل نقلیه پیرو در محورهای مورد مطالعه و ظرفیت موجود در آنها، معادله ۳-۲ به عنوان تابعی از تعداد وسایل نقلیه پیرو و ظرفیت موجود در راه‌های دو خطه، حاصل از جایگذاری تعداد وسایل نقلیه

پیرو بر ماکزیمم تابع جریان در معادله ۳-۱، به عنوان متغیر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت^۱ پیشنهاد داده شد.

$$NFPC = \frac{NF}{\max(f(Q))} \quad ۲-۳$$

که در معادله ۳-۲، متغیرها عبارتند از:

NFPC = تعداد وسیله نقلیه پیرو بر ظرفیت راه

NF = وسایل نقلیه پیرو (وسیله نقلیه بر ساعت)

$\max(f(Q))$ = ماکزیمم ظرفیت (وسیله نقلیه بر ساعت)

۳-۸- بررسی اثرگذاری دسته صف بر کیفیت جریان با استفاده از روش همسایگی مجاور

یکی از روش‌های بررسی اثرگذاری دو متغیر مستقل بر متغیر وابسته روش همسایگی مجاور می‌باشد. در این روش به صورت گراف، اثر متغیرهای مستقل به صورت جستجوی همسانی یا جستجوی نزدیک‌ترین نقطه شناخته می‌شوند. این روش برای پیدا کردن نزدیک‌ترین نقطه‌ها در فضاهای متریک است به گونه‌ای که مجموعه S شامل تعدادی نقطه در یک فضای متریک مانند M و نیز یک نقطه جستجوی $q \in M$ داده شده است، هدف این کار پیدا کردن نزدیک‌ترین نقطه در S به q است. بنابراین به منظور اثرگذاری دو متغیر مستقل دسته صف وسایل نقلیه بر سطح سرویس راه‌های دوخطه با استفاده از معادله پیشنهادی وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت، ابتدا دو متغیر مستقل دسته صف نسبت به مجموعه سطح سرویس (S) به صورت M_1 و M_2 که دارای نقاط جستجوی $q_1 \in M_1$ و $q_2 \in M_2$ تعریف شده و سپس نسبت به طبقه‌بندی‌های سطح سرویس پیشنهادی مبتنی بر معادله تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت ارزیابی می‌شوند.

^۱ Number Follower Per Capacity (NFPC)

۳-۹- خلاصه و جمع بندی فصل

در این فصل مراحل انجام پژوهش و روند آن توضیح داده شده است. کلیات فصل بر این اساس است که مشخصاتی برای محورهای مورد مطالعه قرار گرفته است که شامل عرض خطوط جاده، عرض شانه راه، نبود شیب بیش از اندازه در محورهای مورد مطالعه و ... است. سپس مسیرهای مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند و بعد از آن روش داده برداری توضیح داده شده است. به بررسی میزان همبستگی پیرسون بین متغیرهای دسته صف و جریان ترافیک، و سپس مدلسازی غیرخطی رگرسیون پرداخته شد. در انتهای این فصل محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس معادله رگرسیون غیرخطی مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل چهارم:

بررسی و تحلیل نتایج

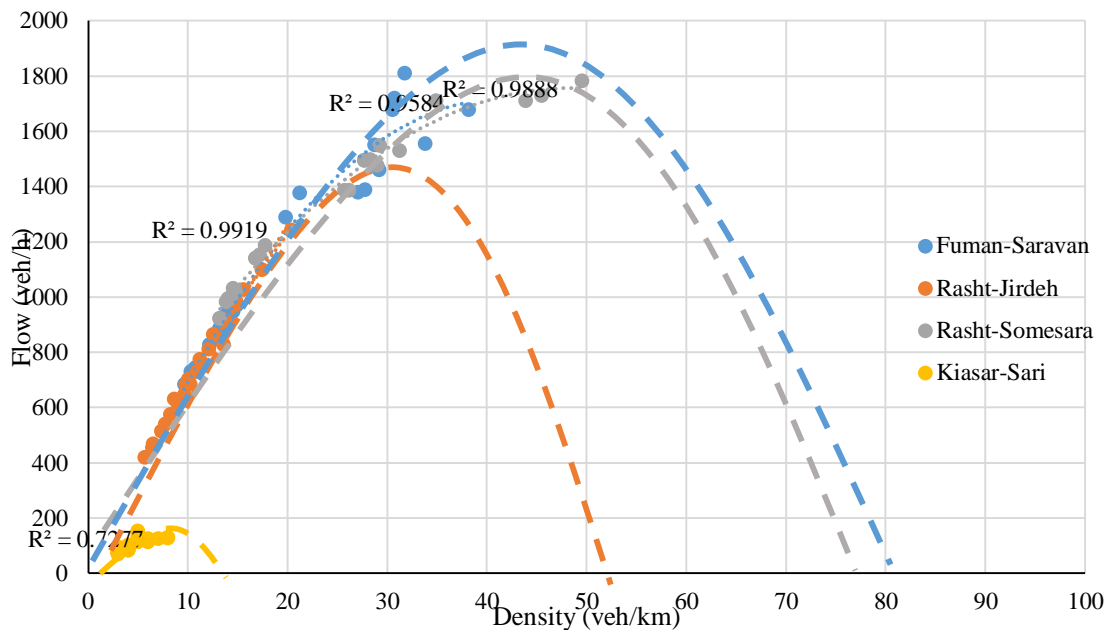
در این فصل به بررسی نتایج داده‌های ترافیکی پرداخته شده است. نتایج به صورت جداگانه برای هر پارامتر شرح داده شده است. ابتدا شکل‌های مربوط به هر یک از داده‌های آماری و رابطه آن‌ها با یکدیگر شرح داده می‌شود. بعد از آن در ادامه فصل چهارم نتایج مدلسازی غیرخطی که برای بدست آوردن جریان ترافیک مدل شده است بیان می‌شود. کلیه پارامترهای مدل جریان به همراه اشکال مربوطه مورد بررسی قرار گرفته است. سپس محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بررسی می‌شود. برای این منظور پارامتری تحت عنوان تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ساعت (NFPC) تعریف شده است. بر اساس این پارامتر و با در اختیار داشتن مقدار PTSF سطح سرویس به دست می‌آید. سپس مقایسه‌ای بین سطح سرویس به دست آمده در راه‌های دوخطه دوطرفه در آیین‌نامه بزرگراه‌ها و مطالعه‌ی پنمتسا و همکاران و سطح سرویسی که از پارامتر NFPC بدست آمده انجام گرفته است [۷، ۱۳]. و در انتهای فصل رابطه‌ی بین تمامی پارامترهایی که بیشترین همبستگی را با جریان داشتند از طریق روش همسایگی مجاور انجام گرفته است.

۴-۲- بررسی نتایج مربوط به داده‌های میدانی

در این قسمت از پژوهش، ابتدا نتایج مرتبط به ارزیابی تحلیلی ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در محورهای مورد مطالعه پرداخته می‌شود و سپس نتایج مرتبط به توسعه مدل غیرخطی رگرسیونی و پارامتر تعداد وسایل نقلیه بر ظرفیت به منظور طبقه‌بندی سطح سرویس بر اساس مدل حاضر و آیین‌نامه ظرفیت بزرگراه (۲۰۱) بررسی می‌شود و علاوه بر این نتایج مرتبط به روش همسایگی مجاور به منظور اثرگذاری زوج متغیر بر پارامتر توسعه داده شده یا همان عداد وسایل نقلیه بر ظرفیت برای ارزیابی سطح سرویس نشان داده می‌شود.

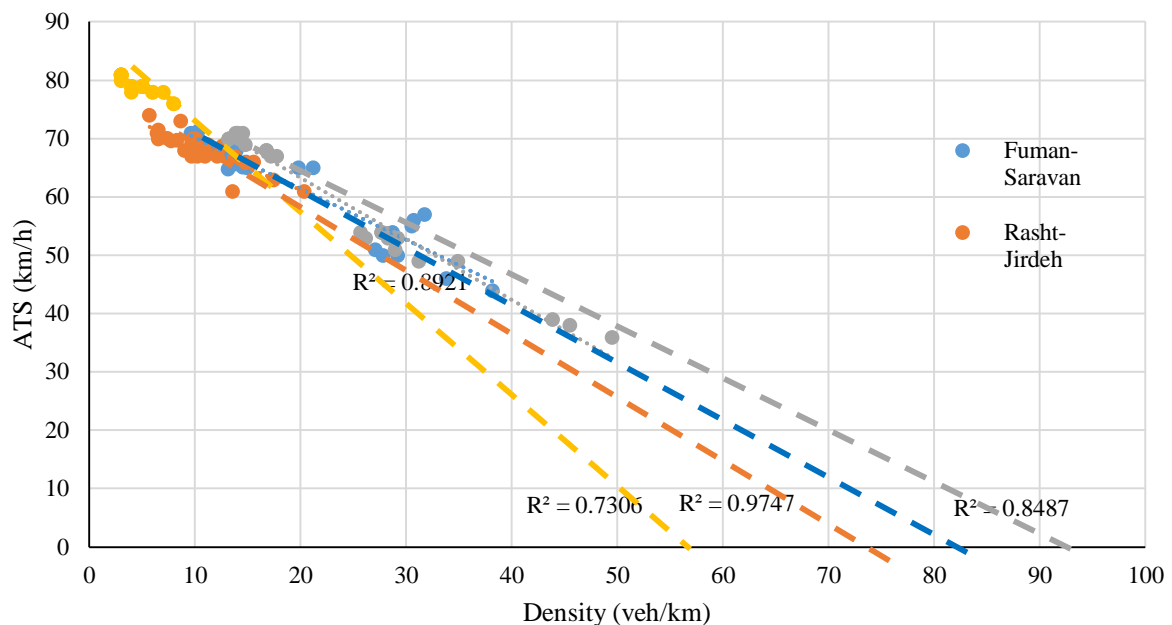
۴-۲-۱- بررسی نتایج مربوط به داده های میدانی

در این قسمت از پژوهش، ابتدا نتایج مرتبط به ارزیابی تحلیلی ویژگی های دسته صف وسایل نقلیه در محورهای مورد مطالعه پرداخته می شود و سپس نتایج مرتبط به توسعه مدل غیرخطی رگرسیونی و پارامتر تعداد وسایل نقلیه برطرفیت به منظور طبقه بندی سطح سرویس بر اساس مدل ارائه شده و آیین نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰) بررسی می شود. و علاوه بر این نتایج مرتبط به روش همسایگی مجاور به منظور اثرگذاری زوج متغیر بر پارامتر توسعه داده شده یا همان تعداد وسایل نقلیه برطرفیت برای ارزیابی سطح سرویس پرداخته می شود. شکل ۴-۱ رابطه بین تراکم و جریان ترافیک وسایل نقلیه را نشان می دهد. همانطور که از شکل ۴-۱ مشخص است، هر چه تراکم وسایل نقلیه افزایش یابد، نرخ جریان ترافیک نیز افزایش می یابد تا جایی که تراکم به بیشترین مقدار خود می رسد و جریان نیز کاهش می یابد. افزایش تراکم با توجه به ضریب همبستگی در جدول ۳-۲ تاثیر منفی بر کاهش میانگین سرعت سفر و افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو دارد که این باعث افزایش تعداد دسته صف و درصد وسایل نقلیه سنگین می شود که فاصله زمانی بین وسایل نقلیه را نیز کاهش می دهد.



شکل ۴-۱ رابطه بین تراکم و جریان ترافیک در محورهای مورد مطالعه

شکل ۲-۴ نیز رابطه بین اثرگذاری تراکم بر میانگین سرعت سفر را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲-۴ می‌توان نشان داد که هرچه تراکم وسایل نقلیه افزایش یابد، میانگین سرعت سفر وسایل نقلیه نیز کاهش می‌یابد. مطابق ضریب همبستگی موجود بین تراکم و ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در جدول ۲-۳، زمانی که تراکم وسایل نقلیه افزایش می‌یابد، سرعت دسته صف با توجه به بیشترین ضریب کاهشی همبستگی، کاهش می‌یابد و تعداد دسته صف و سبقت‌های وسایل نقلیه نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه میانگین سرعت سفر کاهش می‌یابد.

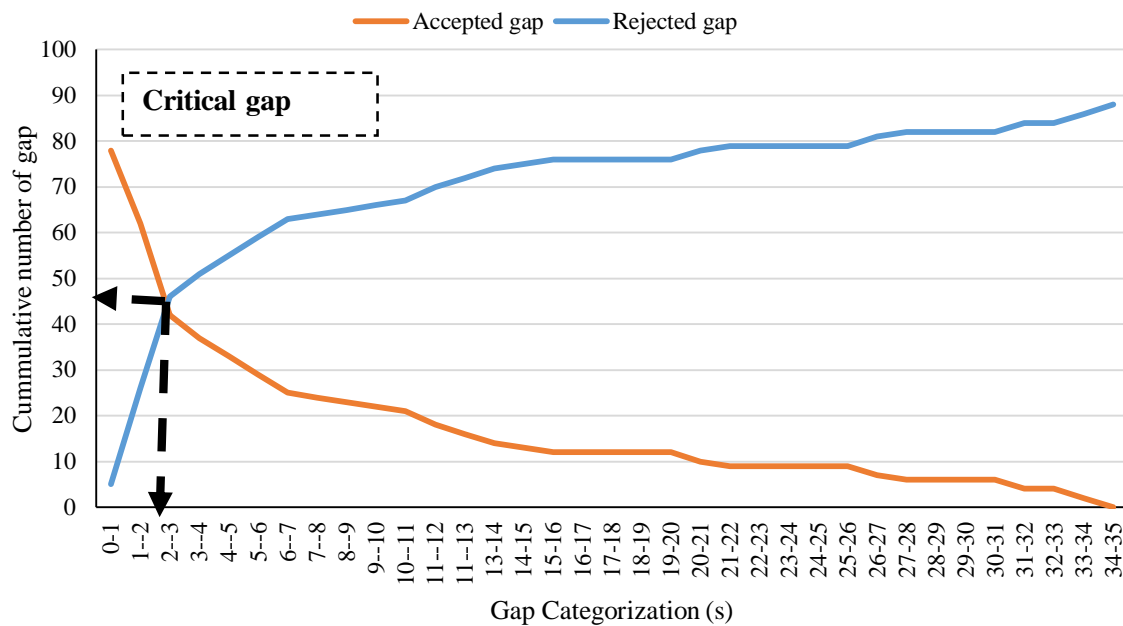


شکل ۲-۴ رابطه بین تراکم و میانگین سرعت سفر

شکل ۳-۴، دسته‌بندی یک ثانیه‌ای سرفاصله زمانی خودروها و تعداد تجمعی خودروها را به منظور تعیین سرفاصله زمانی ایجاد صف خودرویی در راه‌های دوخطه تحت تاثیر ویژگی‌های دسته صف نشان می‌دهد. همانطور که از شکل ۳-۴ نشان داده می‌شود، با مقایسه سرفاصله‌های زمانی پذیرش^۱ و غیرقابل

^۱ Accepted gap

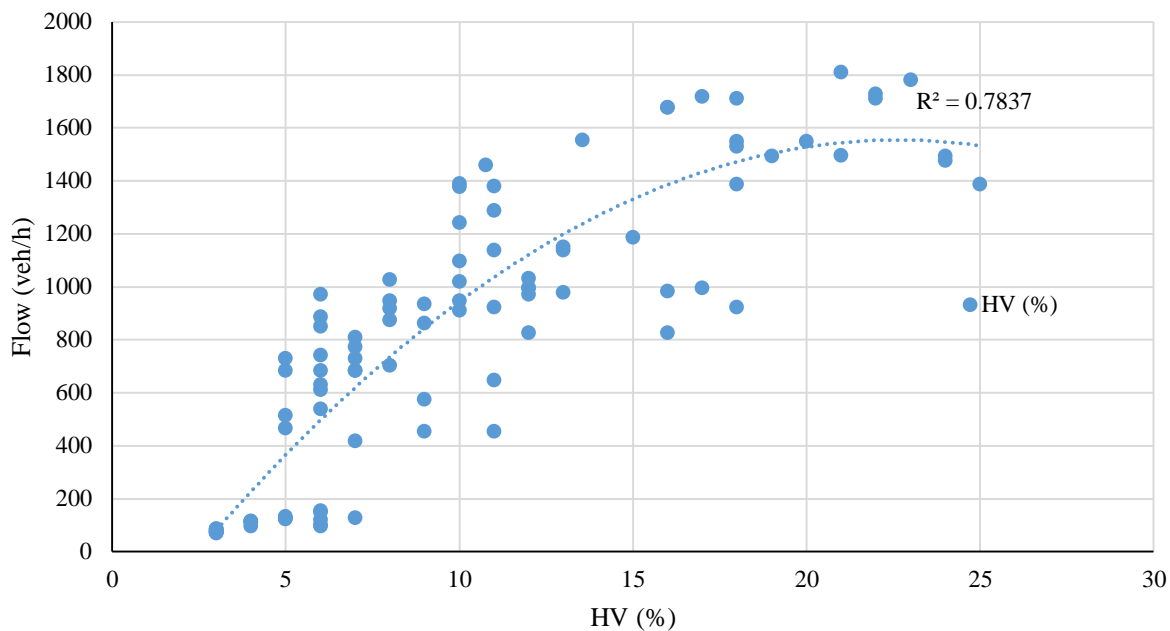
پذیرش^۱، سرفاصله زمانی ایجاد صف ۲/۴ ثانیه تحت تاثیر ویژگی‌های دسته صف در راه‌های دوخطه دوطرفه برون‌شهری بدست می‌آید. بنابراین سرفاصله‌های زمانی کمتر از ۲/۴ ثانیه، به عنوان سرفاصله زمانی ایجاد صف برای وسایل نقلیه پیشرو و پیرو در نظر گرفته می‌شود.



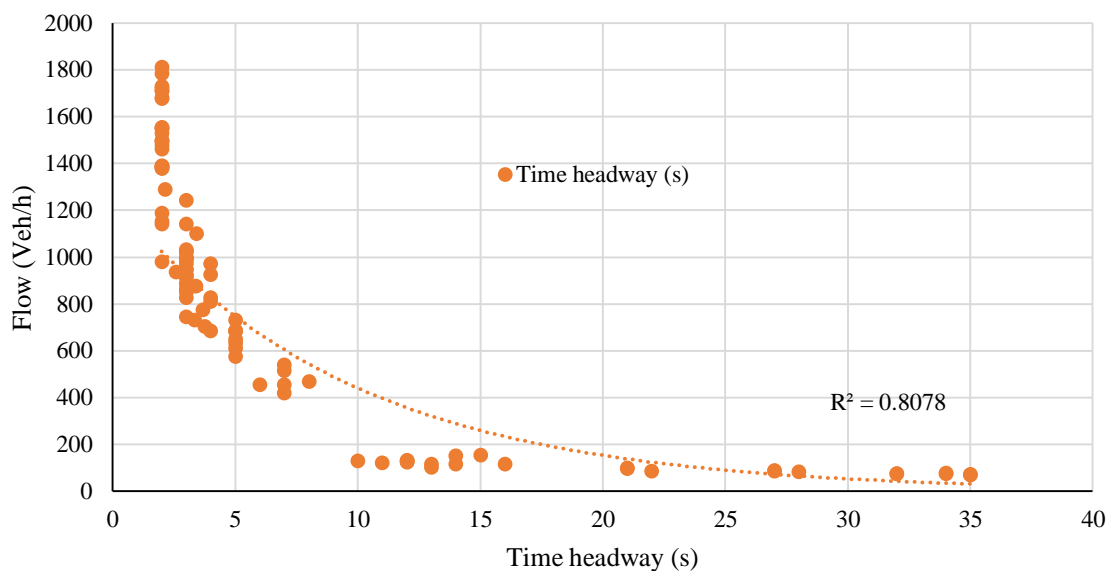
شکل ۴-۳ دسته‌بندی یک ثانیه‌ای سرفاصله زمانی وسایل نقلیه

همچنین شکل ۴-۴ رابطه بین اثرگذاری درصد وسایل نقلیه سنگین و سرفاصله زمانی بر جریان ترافیک عبوری وسایل نقلیه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌های ۴-۴ الف و ۴-۴ ب می‌توان نشان داد که با افزایش درصد وسایل نقلیه سنگین و کاهش سرفاصله زمانی بین وسایل نقلیه، جریان عبوری افزایش پیدا می‌کند. همانطور که در جدول ۳-۲، درصد وسایل نقلیه سنگین، اثرگذاری بیشتری نسبت به سرفاصله زمانی بر جریان ترافیک بر اساس بیشترین ضریب همبستگی پیرسون دارد، به گونه‌ای که اثرگذاری این متغیر بر دیگر ویژگی دسته صف وسایل نقلیه بدین گونه است که افزایش درصد وسایل نقلیه سنگین، باعث کاهش سرعت دسته صف و افزایش تراکم و تعداد سبقت و کاهش میانگین سرعت سفر

^۱ Rejected gap



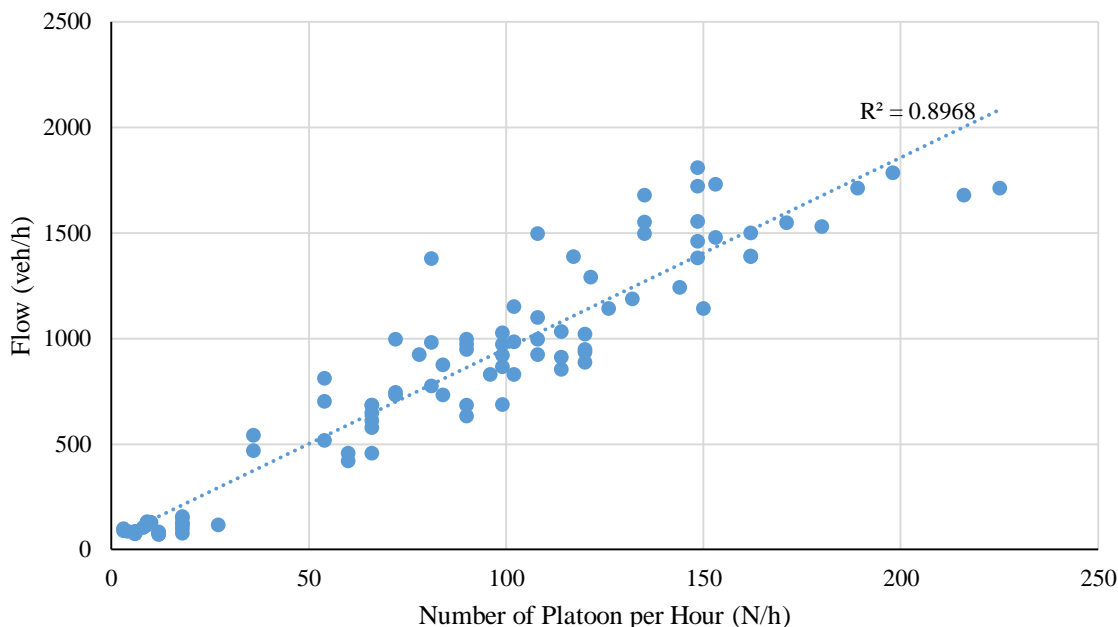
شکل ۴-۴ الف- رابطه بین درصد وسایل نقلیه سنگین و جریان



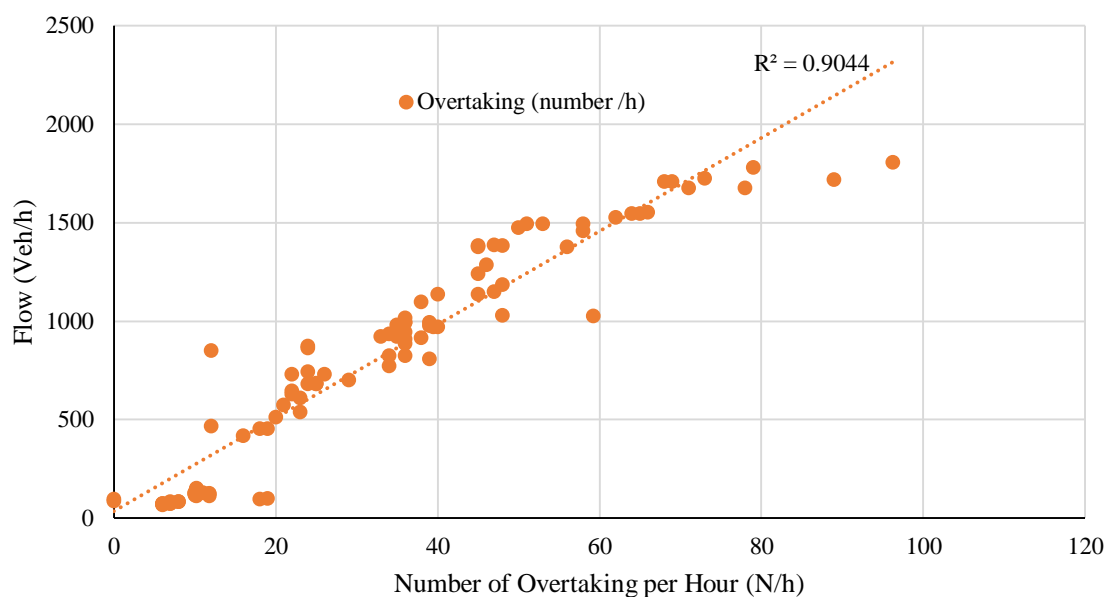
شکل ۴-۴ ب- رابطه بین سرفاصله زمانی و جریان

شکل ۴-۴ رابطه بین جریان، سرفاصله زمانی و درصد وسایل نقلیه سنگین

شکل ۴-۵-الف و شکل ۴-۵-ب نیز رابطه اثرگذاری تعداد دسته صف‌ها و سبقت‌ها را بر جریان ترافیک وسایل نقلیه نشان می‌دهد. شکل ۴-۵-الف و شکل ۴-۵-ب نشان‌دهنده آن است که افزایش تعداد صف‌ها و سبقت‌ها، تاثیر بسزایی در افزایش تعداد جریان عبوری نیز داشته است. علاوه بر این، از بین دو پارامتر تعداد دسته صف و سبقت‌ها با توجه به ضریب همبستگی در جدول ۳-۲، می‌توان نشان داد که تعداد سبقت‌ها دارای ضریب اثرگذاری بیشتری نسبت به تعداد صف‌وسایل نقلیه در جریان ترافیک عبوری می‌باشد. این به گونه‌ای است که با افزایش تعداد سبقت‌ها و صف‌ها، با توجه به ضریب همبستگی افزایشی در جدول ۳-۲، جریان ترافیک نیز افزایش می‌یابد در حالی که با ضریب کاهشی همبستگی بین تعداد سبقت‌ها و صف‌ها با افزایش این دو پارامتر، میانگین سرعت سفر، سرعت دسته صف و سرفاصله زمانی، نیز کاهش می‌یابند. همچنین، با توجه به ضریب افزایشی همبستگی بین تعداد سبقت‌ها و صف‌ها با تراکم، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و درصد وسایل نقلیه سنگین، افزایش می‌یابند.



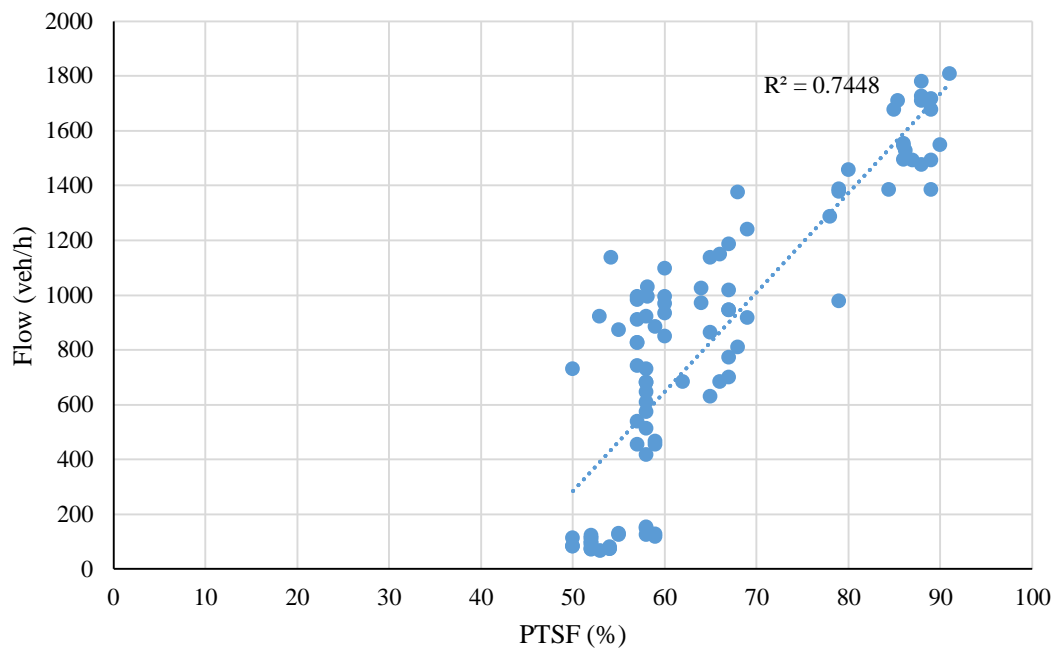
شکل ۴-۵-الف - رابطه بین تعداد دسته صف و جریان عبوری وسایل نقلیه



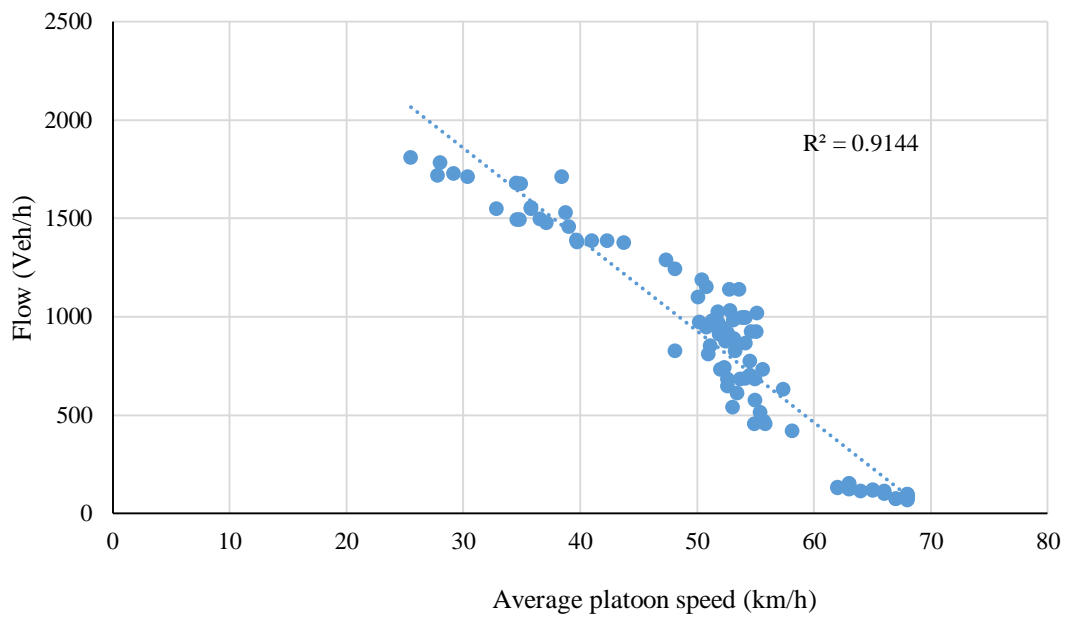
شکل ۴-۵-ب رابطه بین تعداد سبقت و جریان وسایل نقلیه

شکل ۴-۵ رابطه بین اثرگذاری تعداد صف و سبقت وسایل نقلیه بر جریان ترافیک عبوری وسایل نقلیه

شکل ۴-۶-الف و ۴-۶-ب نیز رابطه اثرگذاری درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف را به ترتیب نشان می‌دهند. همانطور که از شکل ۴-۶-الف و ۴-۶-ب می‌توان نشان داد که با افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه و کاهش میانگین سرعت دسته صف، جریان ترافیک افزایش می‌یابد. از بین دو پارامتر درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت صف، سرعت دسته صف اثرگذاری بیشتری نسبت به پارامتر درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو با توجه به ضریب همبستگی کاهشی در جدول ۳-۲ دارد. همچنین اثرگذاری سرعت دسته صف بر دیگر ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه بدین صورت است که با کاهش سرعت دسته صف، با توجه به ضریب همبستگی، میانگین سرعت سفر کاهش و تعداد سبقت‌ها و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه نیز افزایش می‌یابد. که با افزایش سرعت دسته صف، نیز با توجه به ضریب کاهشی همبستگی، درصد وسایل نقلیه سنگین و سرفاصله زمانی نیز کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۶-الف - رابطه بین اثرگذاری درصد وسایل نقلیه پیرو بر جریان ترافیک عبوری

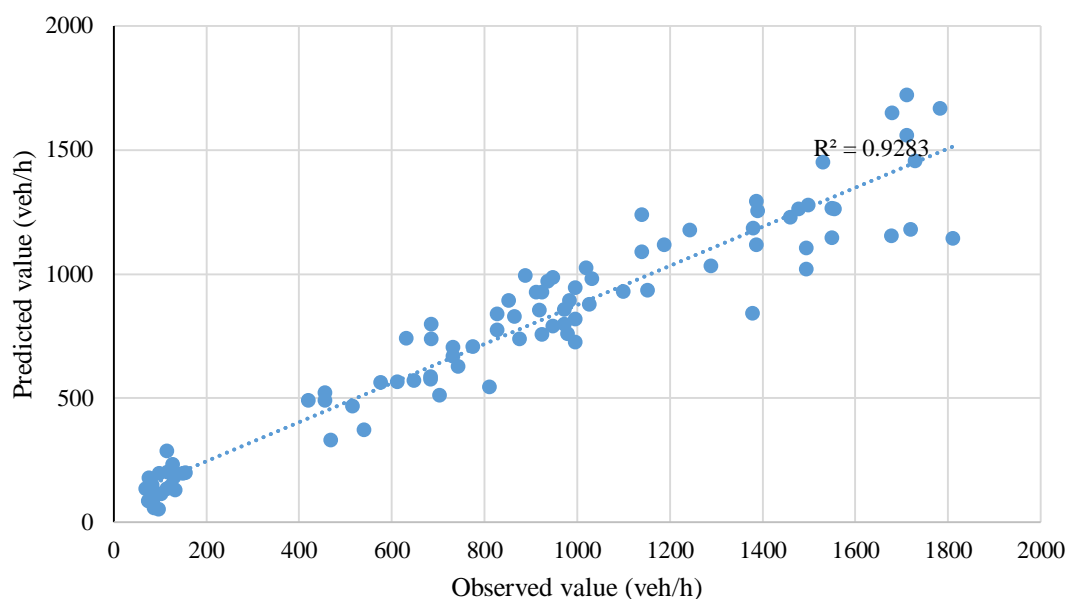


شکل ۴-۶-ب - رابطه بین اثرگذاری سرعت صف بر جریان ترافیک عبوری

شکل ۴-۶ - رابطه بین اثرگذاری درصد وسایل نقلیه پیرو و سرعت صف بر جریان ترافیک عبوری

۳-۴- محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس معادله رگرسیون غیرخطی

بنابراین، به منظور ارزیابی ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه بر کیفیت جریان ترافیک راههای دوخطه برون‌شهری، معادله رگرسیونی غیرخطی برای محاسبه ظرفیت و سطح سرویس مطابق روابط ۱-۳ و ۲-۳ پیشنهاد داده شد. و سپس نتایج در شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸ نشان داده شد. همانطور که شکل ۴-۷ نشان می‌دهد، مدل پیشنهاد داده شده توانسته با ضریب رگرسیونی ۰/۹۳۰ نسبت به داده‌های واقعی، جریان ترافیک را در راههای دوخطه به خوبی پیش‌بینی کند.



شکل ۴-۷ رابطه بین جریان ترافیکی مشاهده شده و مقدار پیش‌بینی شده جریان ترافیک توسط مدل

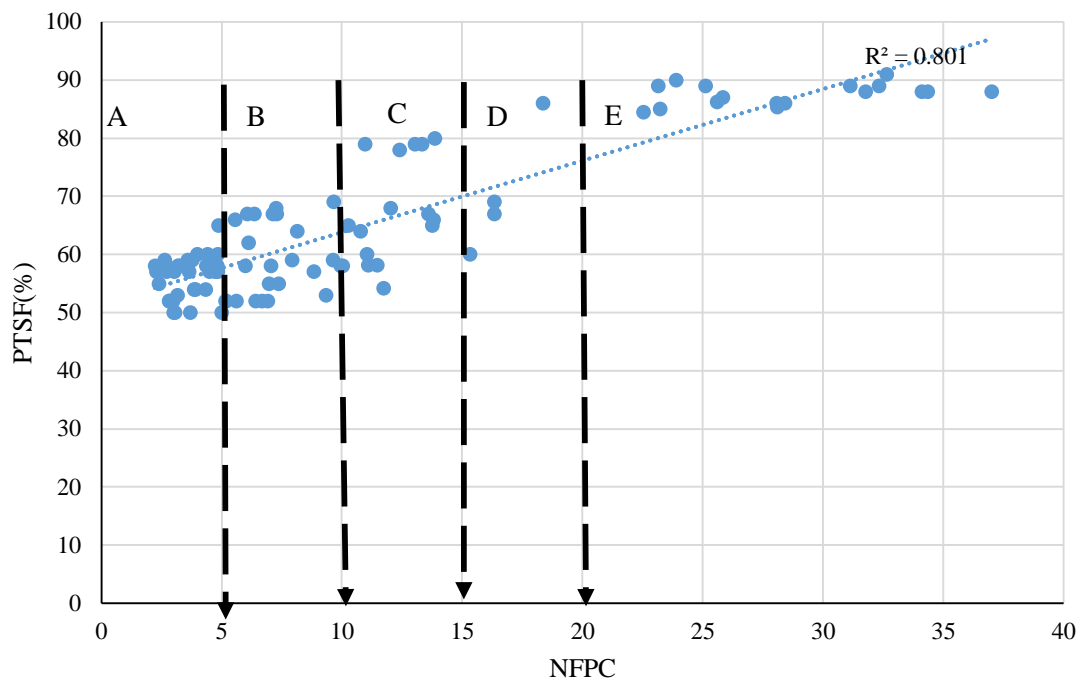
پیشنهادی

همچنین شکل ۴-۸ نتایج اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه بر سطح سرویس را به صورت تابعی از تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو با جایگذاری معادله ۲-۳ در معادله ۴-۱ و در نتیجه معادله ۴-۲ بدست می‌آید. مطابق معادله ۴-۲ و شکل ۴-۸، سطح سرویس از A تا E بر اساس تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد وسایل نقلیه پیرو در محورهای مورد مطالعه طبقه‌بندی می‌شود. بنابراین با افزایش تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت، درصد زمان

سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو افزایش می‌یابد که این خود دسته صف را افزایش، و در نتیجه سطح سرویس را نیز کاهش می‌دهد.

$$FP = 1.23NFPC + 51.53 \quad ۱-۴$$

$$FP = 1.23 \frac{NF}{Max(f(Q))} + 51.53 \quad ۲-۴$$



شکل ۴-۸ تعیین سطح سرویس با استفاده از تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد وسایل نقلیه پیرو بنابراین بر اساس نتایج موجود در شکل ۴-۸، به منظور ارائه مدلی برای ارزیابی سطح سرویس راههای دوخطه، تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت به صورت جدول شماره ۴-۱ نشان داده می‌شوند. با توجه به جدول ۴-۱ می‌توان نشان داد که روش پیشنهادی توانسته بر اساس تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت، سطح سرویس A و B را در بازه ۵ تا ۱۰ طبقه‌بندی می‌کند و برای سطح سرویس های C تا E، در بازه ۱۰ تا ۲۰ می‌باشد. در حالی که بر اساس روش آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها، بر اساس میانگین سرعت سفر و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه برای سطح سرویس های A و B را با میانگین

سرعت سفر بیشتر از ۸۸ کیلومتر بر ساعت و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو کمتر از ۳۵ درصد در نظر می‌گیرد و برای سطح سرویس‌های C تا E، میانگین سرعت سفر بین ۶۴ تا ۷۲ کیلومتر و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو بین ۵۰ تا ۸۰ درصد در نظر می‌گیرد. همچنین در مطالعه پنمتسا و همکاران (۲۰۱۵)، معیار طبقه‌بندی بر اساس تعداد وسایل نقلیه پیرو به صورت درصدی از ظرفیت در نظر گرفته شده است که سطح سرویس را در بازه کوچکتر از ۰/۱۵ تا ۰/۷۵ برای حالت‌های زیر اشباع و اشباع در محورهای دوخطه پیشنهاد داده است.

جدول ۴-۱ طبقه‌بندی سطح سرویس بر اساس پژوهش حاضر و آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰)

سطح سرویس	PTSF(HCM 2010)		پنمتسا و همکاران (۲۰۱۵)	پژوهش حاضر
LOS	ATS (km/h)	PTSF	NFPC	NFPC
A	>۸۸	≤۳۵	≤۰/۱۵	≤۵
B	>۸۰-۸۸	> ۳۵-۵۰	>۰/۱۵-۰/۳۱	>۵-۱۰
C	>۷۲-۸۰	>۵۰-۶۵	>۰/۳۱-۰/۵۱	>۱۰-۱۵
D	>۶۴-۷۲	>۶۵-۸۰	>۰/۵۱-۰/۷۵	>۱۵-۲۰
E	≤ ۶۴	>۸۰	>۰/۷۵	>۲۰

علاوه بر این، به منظور کاربرد مدل پیشنهادی در محورهای مورد مطالعه، جدول ۴-۲ بر اساس تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد وسایل نقلیه پیرو، نتایج سطح سرویس را نشان می‌دهد. در محور فومن به سراوان ظرفیت با توجه به تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت، سطح سرویس C بدست می‌آید. در حالی که، محور کیاسر-ساری، ظرفیت، در سطح سرویس B قرار دارد. همچنین به منظور اثرگذاری درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت راه، مطابق جدول ۴-۲ و معادله ۳-۲، نشان داده می‌شود که با افزایش میانگین درصد وسایل نقلیه پیرو تا ۶۵ درصد، ظرفیت راه دوخطه پیشنهادی ۱۸۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت که معادل ۲۰۸۲ وسیله سواری بر ساعت می‌شود که نسبت به

ظرفیت راه‌های دوخطه در آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰) که ۲۶۵۰ وسیله‌نقلیه بر ساعت هست، ظرفیت ۲۱ درصد کاهش پیدا می‌کند. همچنین، با مقایسه آیین‌نامه ظرفیت راه‌های دوخطه (۲۰۱۰) برای محورهای مورد مطالعه نشان داده می‌شود. که آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰)، بر اساس میانگین سرعت سفر و درصد وسایل‌نقلیه پیرو، محورهای مورد مطالعه را به ترتیب از C تا E طبقه‌بندی می‌کند [۷]. در حالی که بر اساس روش پیشنهادی، سطح سرویس از B تا E طبقه‌بندی می‌کند. همچنین با مقایسه طبقه‌بندی بر اساس سطح سرویس هر محور نسبت با آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰)، می‌توان نشان که بر اساس روش پیشنهادی سطح سرویس محورهای کیاسر-ساری، رشت-جیرده، فومن-سراوان به ترتیب B و C می‌باشد در حالی که در آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰)، C و D می‌باشد. که این نشان‌دهنده آن است که روش پیشنهادی توانسته محورهای مورد مطالعه که دارای حجم ترافیکی زیر اشباع تا اشباع و درصد وسایل‌نقلیه پیرو زیاد می‌باشند، را با در نظر گرفتن اثر ظرفیت هر محور به خوبی نسبت به آیین‌نامه بزرگراهها که مبتنی بر میانگین سرعت سفر و درصد وسایل‌نقلیه پیرو می‌باشد، پیش‌بینی کند. در حالی که برای محور رشت-صومعه‌سرا که جریان ترافیک نیز زیاد می‌باشد. سطح سرویس نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰)، تغییر نمی‌کند. بنابراین می‌توان بدین نتیجه رسید که روش پیشنهادی حاضر توانسته برای جریان‌های ترافیک زیر اشباع تا اشباع در راه‌های دوخطه را نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰) به خوبی پیش‌بینی کند. در حالی که برای حالت جریان اشباع و فوق اشباع نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰) یکسان است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای محورهای مورد مطالعه درجه ۱ شریانی، معیار تعداد وسایل‌نقلیه پیرو بر ظرفیت به خوبی توانسته نسبت به دو معیار ارزیابی عملکردی آیین‌نامه ظرفیت (۲۰۱۰)، نظیر درصد زمان سپری شده توسط وسایل‌نقلیه پیرو و میانگین سرعت سفر، به خوبی راه‌های دوخطه مورد استفاده را برای حالت زیر اشباع تا اشباع پیش‌بینی کند. همچنین با مقایسه مطالعه حاضر یا پژوهش پنمتسا و همکاران (۲۰۱۵) در جدول ۴-۲ می‌توان نشان داد که در شرایط زیر اشباع و اشباع

پژوهش حاضر با توجه با در نظر گرفتن ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک توانسته سطح سرویس را B، و C برای حالت زیر اشباع و E در حالت اشباع در نظر بگیرد. در حالی که در پژوهش پنمتسا و همکاران (۲۰۱۵)، سطح سرویس A، B را برای حالت زیر اشباع و C را در حالت اشباع پیشنهاد داده است [۱۳]. که با توجه به محورهای مورد مطالعه در این پژوهش سطح سرویس‌های ارائه شده توسط پنمتسا و همکاران (۲۰۱۵)، بر اساس جریان ترافیک و ویژگی‌های دسته صف، برای حالات زیر اشباع به صورت زیاد^۱ برآورد شده‌اند و در حالت زیر اشباع نیز به صورت کم تخمین زده^۲ شده‌اند، در نتیجه این سطح سرویس‌ها بر اساس شرایط محورهای مورد مطالعه مطابقت ندارد. این ارزیابی نامناسب به دلیل در نظر نگرفتن شرایط اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک در پژوهش پنمتسا و همکاران (۲۰۱۵) در راه‌های دوخطه می‌باشد که بر خلاف این مطالعه، پژوهش حاضر توانسته در ابتدا با محاسبه زمان سر فاصله زمانی تشکیل دسته صف و ارزیابی ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک بر اساس معادلات و معیارهای پیشنهادی سطح سرویس را در حالت زیر اشباع و اشباع برای محورهای مورد مطالعه به خوبی پیشنهاد دهد.

^۱ Overestimate

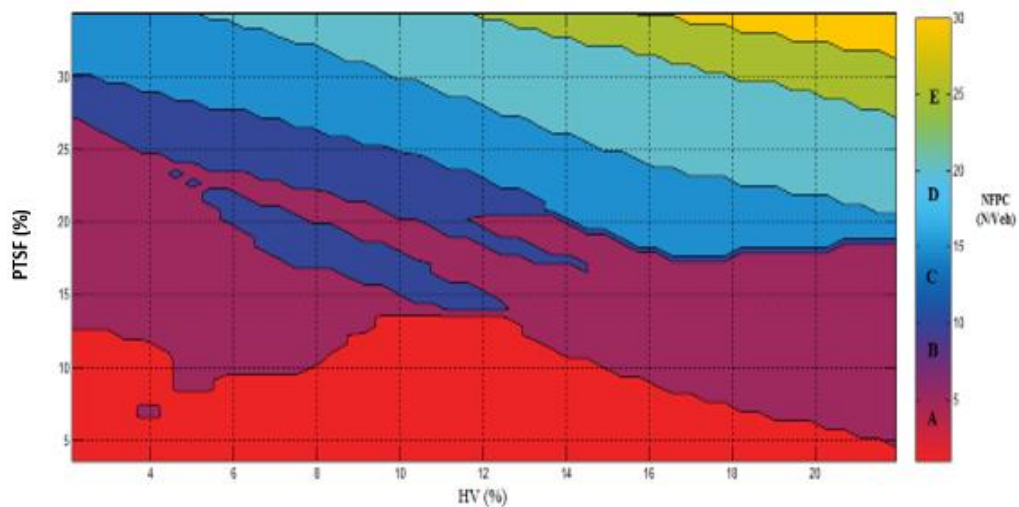
^۲ Underestimate

جدول ۴-۲ مقایسه ظرفیت و سطح سرویس محورهای مورد مطالعه با آیین نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰)

محورهای مورد مطالعه	ظرفیت (وسیله بر ساعت)	ظرفیت (معادل وسیله سواری بر ساعت)	میانگین تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت (NFPC)	میانگین سرعت سفر (کیلومتر بر ساعت) (ATS)	میانگین درصد زمان سپری شده وسایل نقلیه پیرو (PTSF)	سطح سرویس پیشنهادی در پژوهش حاضر	سطح سرویس آیین نامه (۲۰۱۰)	پنمتسا و همکاران (۲۰۱۵)
فومن - سراوان	۱۸۱۰	۲۰۸۲	۱۱	۶۱	۷۱	C	D	C
رشت - چیرده			۷	۶۸	۶۱	B	C	B
رشت - صومعه سرا			۲۰	۵۹	۷۴	E	E	C
کیاسر - ساری			۶	۷۹	۵۴	B	C	A

۴-۴- بررسی تاثیر ویژگی های دسته صف بر سطح سرویس با استفاده از روش همسایگی مجاور

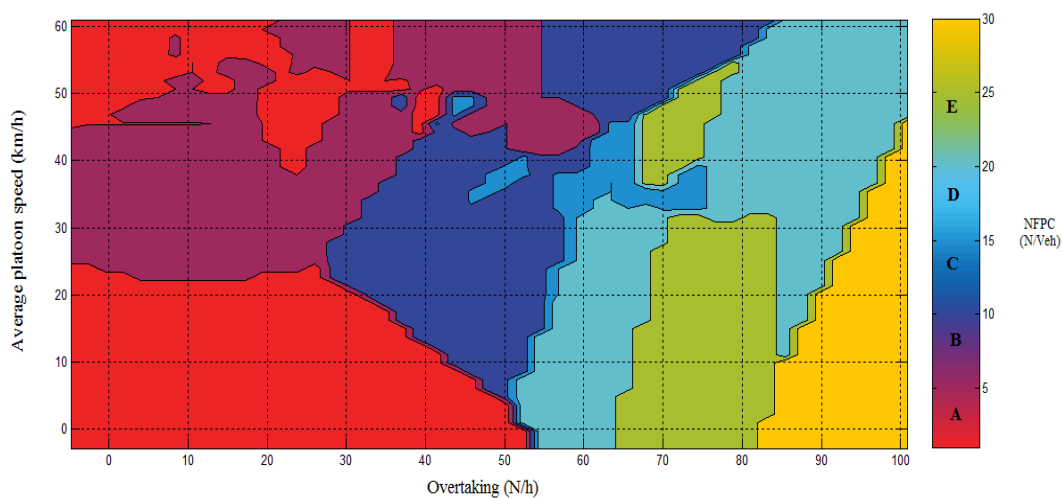
به منظور ارزیابی سطح سرویس تحت تاثیر ویژگی های دسته صف در راههای دوخطه، معادلات ۳-۲ و ۴-۱ و روش همسایگی مجاور به کار برده شد و نتایج در شکل های ۴-۹ تا ۴-۱۳ نشان داده شدند. شکل ۴-۹ نشان می دهد که هرچه درصد وسایل نقلیه سنگین بیشتر شود و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو افزایش پیدا کند، تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت نیز افزایش می یابد. با افزایش تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت، جریان ترافیک افزایش، و در نتیجه تعداد صفها نیز افزایش می یابد که باعث کاهش سطح سرویس می شود.



شکل ۴-۹ رابطه بین تاثیر درصد وسایل نقلیه سنگین و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو بر

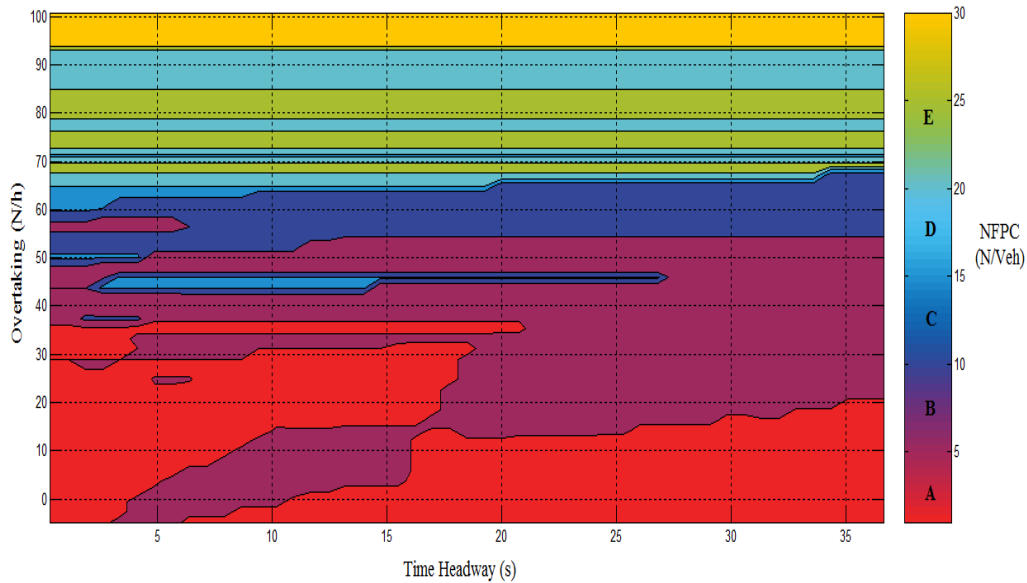
تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت

شکل ۴-۱۰ رابطه بین تعداد سبقت‌ها، میانگین سرعت صف و تاثیر این دو پارامتر بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۴-۱۰ می‌توان نشان داد که هرچه میانگین سرعت صف کمتر شود، تعداد سبقت‌ها و افزایش می‌یابد که باعث افزایش تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت می‌شود که در نتیجه سطح سرویس کاهش می‌یابد.



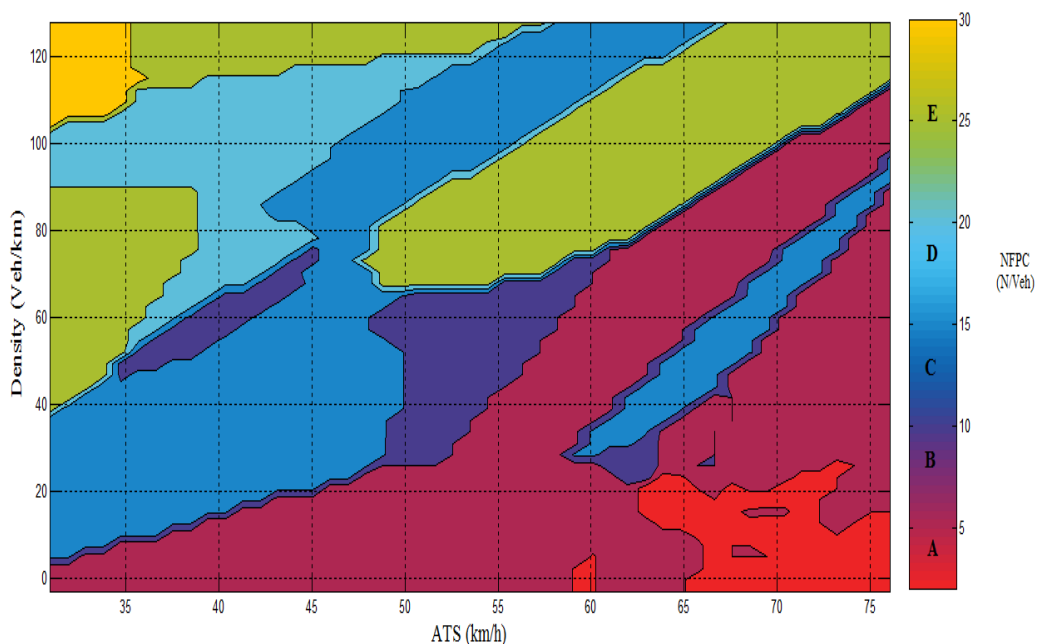
شکل ۴-۱۰ رابطه بین تاثیر تعداد سبقت و متوسط سرعت صف بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت

شکل ۴-۱۱ رابطه بین سرفاصله زمانی و تعداد سبقت‌ها را با تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۴-۱۱، با کاهش سرفاصله زمانی بین وسایل نقلیه، تعداد سبقت‌ها افزایش پیدا می‌یابد و در نتیجه تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت نیز افزایش پیدا می‌کند که این افزایش باعث کاهش سطح سرویس می‌شود.



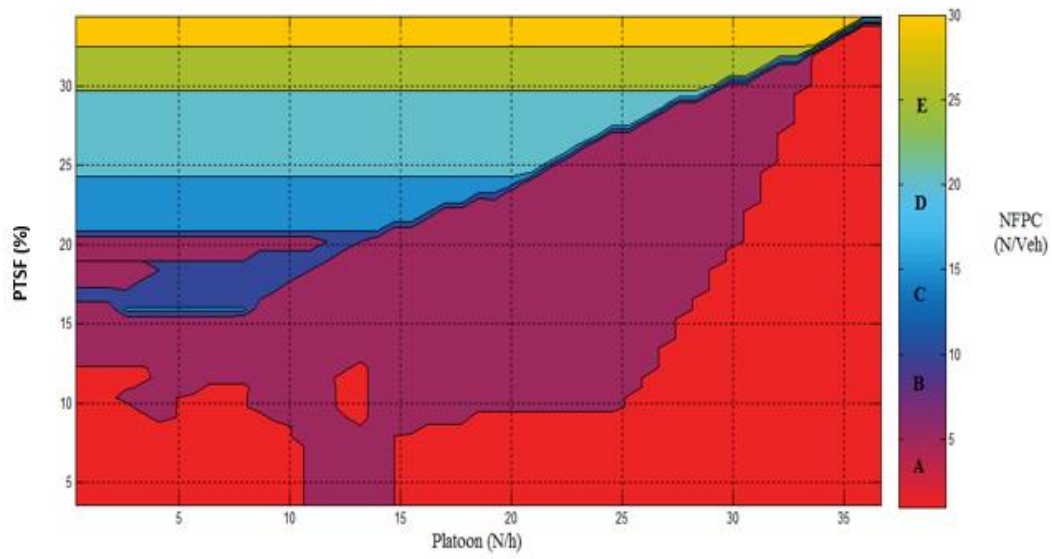
شکل ۴-۱۱ رابطه بین تاثیر تعداد سبقت و سرفاصله زمانی بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت

شکل ۴-۱۲ رابطه بین سرعت متوسط سفر و تراکم وسایل نقلیه و تاثیر این دو پارامتر بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت نشان می‌دهد. در شکل ۴-۱۲، با افزایش سرعت متوسط سفر، تراکم وسایل - نقلیه در هر کیلومتر کاهش می‌یابد. که این کاهش تراکم باعث کاهش تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت می‌شود و در نتیجه سطح سرویس بهبود می‌یابد.



شکل ۴-۱۲ رابطه بین تاثیر سرعت متوسط سفر و تراکم بر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت

شکل ۴-۱۳ رابطه بین دسته صف و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و تاثیر این دو پارامتر بر روی تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۴-۱۳ می‌توان نشان داد که هر چه تعداد دسته صف وسایل نقلیه افزایش پیدا کند، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو نیز افزایش می‌یابد. که با افزایش وسایل نقلیه پیرو، تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت نیز افزایش یافته و در نتیجه سطح سرویس کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۱۳ رابطه بین تاثیر تعداد دسته صف و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو بر تعداد

وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت

فصل پنجم:

جمع‌بندی نتایج و ارائه پیشنهادها

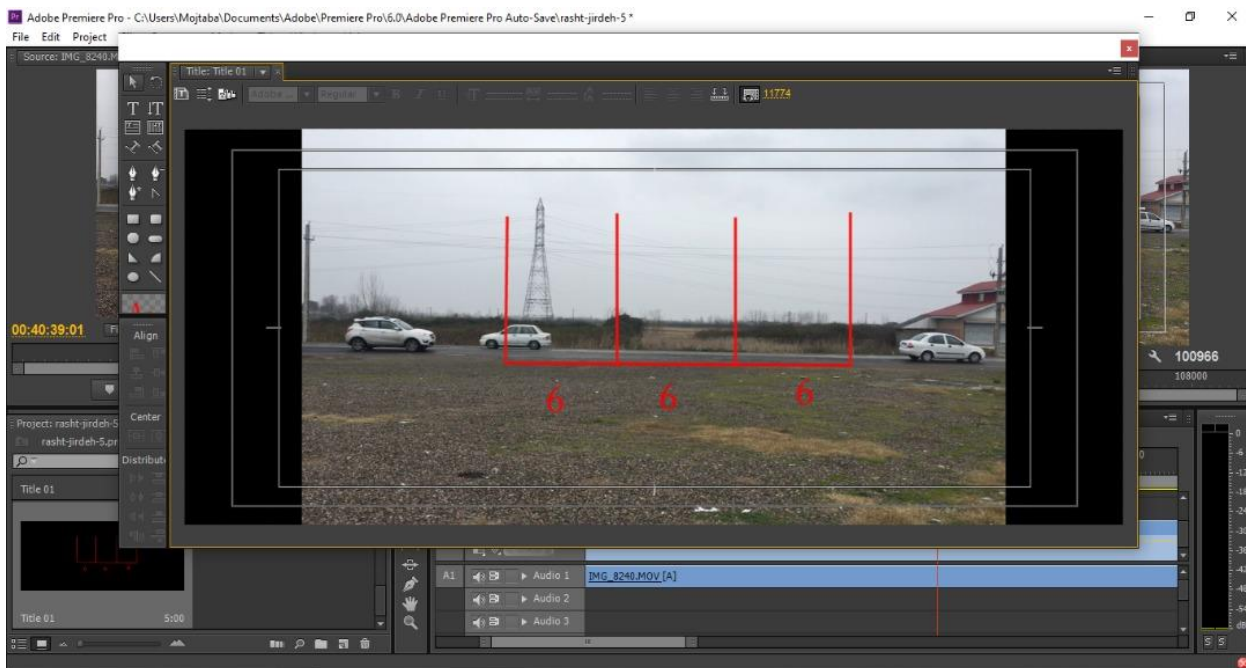
۵-۱- بحث و نتیجه‌گیری

راه‌های دوخطه برون‌شهری نقش مهمی در جابجایی و دسترسی شهرها ایفا می‌کنند. ارزیابی جریان ترافیک در این راه‌ها کمک شایانی به طراحی و برنامه‌ریزی سفر به منظور افزایش تسهیلات سفر می‌کند. بنابراین به منظور رسیدن به این مهم، اهداف این پژوهش عبارتند از اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف وسایل نقلیه در راه‌های دوخطه و شناسایی بحرانی‌ترین زمان ایجاد دسته صف خودروها بر اساس زمان پذیرش و عدم پذیرش سرفاصله‌های زمانی وسایل نقلیه می‌باشد. همچنین بررسی تاثیر ویژگی‌های دسته صف خودروها بر جریان ترافیک راه‌های دوخطه و ارائه مدل غیرخطی و محاسبه ظرفیت و سطح سرویس بر اساس تعداد خودروهای پیرو در ظرفیت از اهداف دیگر این پژوهش می‌باشند. متغیرهای مورد مطالعه مرتبط به صف نظیر، سرفاصله زمانی، میانگین سرعت سفر، تعداد دسته صف، درصد وسایل سنگین، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، تعداد وسایل نقلیه پیرو، تعداد سبقت و تراکم و جریان ترافیک در چهار محور مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این پژوهش به صورت موارد زیر عبارتند از:

- ۱- نتایج حاصل از تحلیل همبستگی پیرسون بین اثرگذاری ویژگی‌های دسته صف بر جریان ترافیک راه‌های دوخطه نشان داد که به ترتیب جریان ترافیک بیشترین میزان همبستگی را با سرعت دسته صف، تعداد سبقت‌ها، تعداد دسته صف، میانگین سرعت سفر، تراکم، درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو، درصد وسایل نقلیه سنگین، و سرفاصله زمانی را دارد.
- ۲- هر چه تعداد صف‌های تشکیل شده در جریان ترافیک بیشتر شود به همان اندازه سرفاصله‌ی زمانی کمتر شده که به نقطه $2/4$ ثانیه می‌رسد. بنابراین، سرفاصله زمانی تحت تاثیر ویژگی‌های دسته صف در راه‌های دو خطه کاهش می‌یابد.
- ۳- با افزایش تعداد دسته صف‌ها، میانگین سرعت سفر کاهش و بر افزایش درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو تاثیر دارد که این باعث افزایش تعداد سبقت‌ها نیز می‌شود.

۴- نتایج حاصل از پیشنهاد پارامتر تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت و درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو مبتنی بر معادله رگرسیون غیرخطی نسبت به آیین‌نامه ظرفیت بزرگراهها (۲۰۱۰) نشان داد، که معیار تعداد وسایل نقلیه پیرو بر ظرفیت به خوبی توانسته نسبت به دو معیار ارزیابی عملکردی آیین‌نامه ظرفیت (۲۰۱۰)، نظیر درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو و میانگین سرعت سفر، راه‌های دوخطه مورد استفاده را در حالت زیر اشباع تا اشباع پیش‌بینی کند. به گونه‌ای که، با افزایش میانگین درصد زمان سپری شده توسط وسایل نقلیه پیرو تا ۶۵ درصد، ظرفیت راه دوخطه ۲۱ درصد کاهش پیدا می‌کند.

پوست



شکل ۱-۰ محیط نرم افزار Adobe Premier CC 2018 مسیر رشت به جیرده

منبع

۱. سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای (۱۳۸۷)؛ سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌های سال ۱۳۸۷، تهران، دفتر فناوری اطلاعات سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای

۲. سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای (۱۳۹۰) <https://www.rmto.ir/Pages/SalnameAmari.aspx>

3. Iran Road Maintenance and Transportation Organisation, RMTO (2009) [Online] Iran Road Maintenance and Transportation Organization Available at <http://www.rmto.ir/newtto/Download/Roads.pdf> [Accessed 15 January 2009].
4. Iran Road Maintenance and Transportation Organisation, RMTO (2012) [Online] Iran Road Maintenance and Transportation Organization Available at <http://www.rmto.ir/newtto/Download/Roads.pdf> [Accessed 15 January 2012].
5. MIZANUR, R. M., & NAKAMURA, F. (2005). A study on passing-overtaking characteristics and level of service of heterogeneous traffic flow. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1471-1483.
6. Dyre, B. P., Dixon, M., Grover, A., Meyer, M., Rember, J., & Abdel-Rahim, A. (2015). *Modeling passing behavior on two-lane rural highways: evaluating crash risk under different geometric configurations*.
7. HCM (2010). Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., USA.
8. Al-Kaisy, A., & Durbin, C. (2009). Platooning on two-lane two-way highways: An empirical investigation. *Journal of advanced transportation*, 43(1), 71-88.
9. Transportation Research Board. (TRB). (2000). Highway Capacity Manual, Fourth Edition, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
10. Rozic, P. (1992). Capacity of two-lane, two-way rural highways: the new approach. *Transportation Research Record*, 1365, 19.
11. Kim, J., & Elefteriadou, L. (2010). Estimation of capacity of two-lane two-way highways using simulation model. *Journal of Transportation Engineering*, 136(1), 61-66.

12. Jrew, B., Msallam, M., & Naser, E. M. Analysis, Evaluation and Improvement the Level of Service of Two-Lane Highways in Jordan (Case Study/Jordan).
13. Penmetsa, P., Ghosh, I., & Chandra, S. (2015). Evaluation of performance measures for two-lane intercity highways under mixed traffic conditions. *Journal of Transportation Engineering*, 141(10), 04015021.
14. Roy, N., Roy, R., Talukdar, H., & Saha, P. (2017). Effect of mixed traffic on capacity of two-lane roads: case study on Indian highways. *Procedia engineering*, 187, 53-58.
15. Boora, A., Ghosh, I., & Chandra, S. (2017). Assessment of level of service measures for two-lane intercity highways under heterogeneous traffic conditions. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 44(2), 69-79.
16. Bessa Jr, J. E., & Setti, J. R. (2018). Evaluating Measures of Effectiveness for Quality of Service Estimation on Two-Lane Rural Highways. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 144(9), 04018056.
17. Vijay, B. G., & Khatavkar, R. (2019). Comparative Study of Methods Used for a Capacity Estimation on Two Lane Undivided National Highways. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7, 29-37.
18. Vijay, B. G., & Khatawkar, R. (2020). CAPACITY ESTIMATION OF TWO LANE HIGHWAYS BASED ON LINEAR REGRESSION MODEL USING SPSS.
19. Volosenko, S., & Laurinavičius, A. (2020). Level of service evaluation methods: possible adaptation for Lithuania. *The Baltic journal of road and bridge engineering*, 15(2), 145-157.
20. Gaur, A., & Mirchandani, P. (2001). Method for real-time recognition of vehicle platoons. *Transportation research record*, 1748(1), 8-17.
21. Arasan, V. T., & Kashani, S. H. (2003). Modeling platoon dispersal pattern of heterogeneous road traffic. *Transportation research record*, 1852(1), 175-182.

22. Al-Kaisy, A., & Durbin, C. (2011). Platooning on two-lane two-way highways: An empirical investigation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 16, 329-339.
23. Al-Kaisy, A., Jafari, A., Washburn, S., Lutinnen, T., & Dowling, R. (2018). Performance measures on two-lane highways: Survey of practice. *Research in transportation economics*, 71, 61-67.
24. Yang, D., Kuijpers, A., Dane, G., & van der Sande, T. (2019). Impacts of large-scale truck platooning on Dutch highways. *Transportation research procedia*, 37, 425-432.
25. Riccardo, R., & Massimiliano, G. (2012). An empirical analysis of vehicle time headways on rural two-lane two-way roads. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 865-874.
۲۶. تمنایی، م.، ابطحی، س. م.، حق شناس، ح. (۱۳۹۱). تحلیل توزیع سرفاصله زمانی وسایل نقلیه در شرایط روز و شب تحت جریان سنگین ترافیک. مهندسی حمل و نقل / سال سوم، شماره چهارم.
۲۷. ندیمی ن.، ناصرعلوی س. ص.، باقری، س. ر. (۱۳۹۱). تحلیل سرفاصله زمانی به تفکیک ترکیبات مختلف انواع زوج خودرو در شرایط جریان متراکم ترافیک. پژوهشنامه حمل و نقل / سال نهم، شماره سوم
۲۸. دقیقی، ا.، افلاکی س. (۱۳۹۴). مطالعه سرفاصله زمانی در جریان ترافیک با استفاده از تحلیل داده‌های واقعی حاصل از آمارگیری و مدلسازی توزیع سرفاصله. کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک / سال سیزدهم
29. Polus, A., & Cohen, M. (2009). Theoretical and empirical relationships for the quality of flow and for a new level of service on two-lane highways. *Journal of Transportation Engineering*, 135(6), 380-385.
30. Peng, G. (2013). "A new lattice model of the traffic flow with the consideration of the driver anticipation effect in a two-lane system." *Nonlinear Dynamics* 73(1-2): 1035-1043.

31. Catbagan, J. L., & Nakamura, H. (2006). Evaluation of performance measures for two-lane expressways in Japan. *Transportation Research Record*, 1988(1), 111-118.
32. Al-Kaisy, A., & Karjala, S. (2008). Indicators of performance on two-lane rural highways: Empirical investigation. *Transportation Research Record*, 2071(1), 87-97.
۳۳. شریعت، ا، خاکی، ع.م، نصرتی، ه (۱۳۸۹). سنجش معیار جایگزین شاخص عملکردی راه های دو خطه دو طرفه برون شهری. فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک/ سال پنجم، شماره ۱۷.
34. Hashim, I. H., & Abdel-Wahed, T. A. (2011). Evaluation of performance measures for rural two-lane roads in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 50(3), 245-255.
35. Rossi, R., Gastaldi, M., & Pascucci, F. (2014). Flow rate effects on vehicle speed at two way-two lane rural roads. *Transportation Research Procedia*, 3, 932-941.
36. Al-Kaisy, A., Jafari, A., & Washburn, S. (2017). Measuring performance on two-lane highways: empirical investigation. *Transportation Research Record*, 2615(1), 62-72.
37. Moreno, A. T. (2020). Estimating traffic performance on Spanish two-lane highways. Case study validation. *Case studies on transport policy*, 8(1), 119-126.
38. Al-Zerjawi, A. K., Al-Jameel, H. A., & Zagroot, S. A. (2020). Traffic Characteristics of Two-WayTwo-Lane (TWTL) Highway in Iraq: Al-Mishkhab Road As A Case Study. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 888, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
39. Ahmed, F., & Easa, S. (2020). Development of Direct Models for Percent Time-Spent Following on Two-Lane Highways. *Frontiers in Built Environment*, 6, 1.
40. Kim, J. (2020). Truck platoon control considering heterogeneous vehicles. *Applied Sciences*, 10(15), 5067.

۴۱. آیین نامه طرح هندسی راههای ایران - سازمان برنامه و بودجه - (نشریه شماره: ۴۱۵) - ۱۳۹۱.

Abstract

The present study is aiming to investigate the effect of platooning characteristics on performance measures of two-lane roads based on gap acceptance and rejected gaps of vehicles. Further, platooning characteristics of vehicles in two-lane roads and nonlinear regression traffic flow in order to estimate capacity and level of service (LOS) regarding number of follower per capacity (NFPC) and percent time spent following (PTSF) are examined in the present study. Thus, in order to reach the aims, firstly platooning characteristics are considered as time headway, average travel speed (ATS), number of platoon, percentage of heavy vehicles, PTSF, number of followers, number of overtaking maneuvers, and density in four studied two-lane roads in Gilan and Mazandaran, Iran. Thus, the results of the Pearson correlation analysis for the effect of platooning characteristics on performance measures of two-lane roads indicated that traffic flow has a higher correlation with the average speed of platoon, number of overtaking maneuvers, number of platoon, average travel speed, density, PTSF, percentage of heavy vehicles, and time headway, respectively. Additionally, the effect of platooning characteristics on traffic flow of two-lane roads indicated that by an increase in number of platoon, time headway is decreased which is reached in a critical point as 2.4 seconds. By increasing the number of platoon, ATS is decreased and PTSF is increased in which the number of overtaking maneuvers is increased, accordingly. Moreover, the results of NFPC, and PTSF considering the nonlinear regression traffic flow in comparison with HCM (2010) showed that NFPC proposed in the present study predicted LOS appropriately for unsaturated and saturated traffic conditions in comparison with two performance measure including ATS, and PTSF for class I two-lane roads. Increasing the values of the PTSF up 65% also led to a decrease by 21% in capacity of two-lane roads.

Keywords: Two-lane roads, Platooning characteristics, Performance measures, Capacity, LOS



Shahrood University of Technology

Faculty of *Civil Engineering*

M.Sc. Thesis in Roads and transport Engineering

**Evaluating the Effect of Vehicular Overtaking under Heavy Vehicles
on Operational Characteristics of Two-Lane Roads**

By:

Hossien Samadi

Supervisor:

Dr. Iman Aghayan

March 2021