بررسی اثر وسایل نقلیه‌ی سنگین بر جریان ترافیک

سارا مریدپور*، دانشکده‌ی مهندسی عمران، محیط زیست و شیمی، دانشگاه RMIT، ملبورن، استرالیا
احسان مظلومی، شرکت مشاور آریکون، ملبورن، استرالیا
محمود مصباح، دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه کوینزلند، استرالیا
ساسان مریدپور، دانشکده‌ی‌مهندسی عمران، محیط زیست و شیمی، دانشگاه RMIT، ملبورن، استرالیا
* Email: sara.moridpour@rmit.edu.au

تاریخ دریافت مقاله: اردیبهشت ۹۰ تاریخ پذیرش: خرداد ۹۱

چکیده

اثر حرکت وسایل نقلیه سنگین بر ترافیک محیط آن احتمالاً بیشتر از اثری است که وسایل نقلیه سواری بر ترافیک محیط اطراف خود می‌گذارند. در عین اینکه وسایل نقلیه سنگین در اقلیت هستند، اثر چشم‌گیری بر جریان ترافیک می‌گذارند. حرکت وسایل نقلیه سنگین هم از لحاظ فیزیکی و هم از لحاظ روانی ترافیک محیط اطراف خود را متأثر می‌کند. این اثرات از ویژگی‌های فیزیکی آنها مانند طول و اندازه و خصوصیات عملکردی آنها مانند افزایش و کاهش سرعت و نیز مانورهای آنها نشأت می‌گیرد. هدف این تحقیق بررسی تغییرات در وضعیت ترافیکی اطراف وسایل نقلیه سنگین و سواری است. در این مقاله رفتار ترافیکی وسایل نقلیه سنگین و سواری و شرایط ترافیکی اطراف آنها تجزیه و تحلیل می‌شوند. در این تحقیق، بدون وارد شدن به جزئیات، اثر عبور وسایل نقلیه سنگین روی رفتار ترافیکی اطراف آنها (مانورهای تغییر خط عبوری، سرعت میانگین و متوسط زمان سفر) مطالعه شده است. شرایط ترافیکی سنگین (سطح سرویس E) برای انجام تحلیل در نظر گرفته شده است. همچنین برای این تحقیق از داده‌های عبور و مرور بخشی از یکی از بزرگراه‌های آمریکا استفاده شده است. نتایج مطالعات حاکی از وجود تفاوت‌هایی در رفتار رانندگان وسایل نقلیه سنگین و وسایل نقلیه سواری است. علاوه بر آن، خروجی‌های تحلیل نشان می‌دهند که وجود وسایل نقلیه سنگین تأثیر قابل توجهی بر رفتار ترافیک محیط اطراف آنها از لحاظ مانورهای تغییر خط عبوری، سرعت میانگین و متوسط زمان سفر داشته است.

کلیدواژه‌ها: وسایل نقلیه سنگین، وسایل نقلیه سواری، زمان سفر، سرعت، مانور تغییر خط عبوری

مقدمه

اثر وسایل نقلیهٔ سنگین (کامیون‌ها) بر روی ترافیک بیشتر از وسایل نقلیهٔ سواری است. حرکت[1]وسایل نقلیهٔ سنگین و تغییر باند دادن[2]توسط اینگونه وسایل، تاثیر چشمگیری بر روی خصوصیات میکروسکوپی[3] و ماکروسکوپی[4] جریان ترافیک دارد. مطالعات گذشته نشان داده است که وسایل نقلیهٔ سنگین (کامیون ها) و وسایل نقلیهٔ سواری دارای تفاوتهای ساختاری در رفتار رانندگی می‌باشند [۵, ۴, ۳, ۲, ۱]. در مطالعات پیشین، حرکت کامیون ها و تغییر باند آن ها به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته و مدل‌هایی برای پیش بینی رفتار رانندگی آنها ارائه شده است [۵, ۴, ۲].

با وجود این که وسایل نقلیهٔ سنگین درصد کمی از حجم ترافیک را به خود اختصاص می دهند، اثرات بسیار محسوسی روی جریان ترافیک داشته و باعث ناهمگنی جریان ترافیک می گردند. این تأثیر در شرایطی که ترافیک سنگین است، شدیدتر می‌شود [۷]. وسایل نقلیهٔ سنگین (کامیون‌ها) تأثیر فیزیکی و روانی قابل توجهی بر جریان ترافیک دارند [۱۰, ۹, ۸, ۷, ۶]. این تأثیرات به دلیل خصوصیات فیزیکی کامیون‌ها (طول و اندازه) و خصوصیات عملکردی (شتاب و قابلیت حرکت[5]) این نوع از وسایل نقلیه است. تأثیر خصوصیات عملکردی کامیون ها در ترافیک سنگین دارای اهمیت بسیار بالایی است.

تعداد کامیون ها در بزرگراه های آمریکا در طول سه دههٔ گذشته به میزان ۷۵ ٪ رشد داشته است و انتظار می‌رود این روند در طول دههٔ آینده نیز ادامه داشته باشد [۱۱]. در بسیاری از بزرگراههای دنیا، نسبت کامیون ها در طول روز متغیر بوده و بین ۲٪ تا ۲۵٪ کل حجم ترافیک را تشکیل می دهد [۷]. بر مبنای آمارگیریهای ترافیکی متفاوتی که در بزرگراههای استرالیا صورت گرفته است، در پیک صبح[6] نسبت وسایل نقلیهٔ سنگین به کل حجم ترافیک حدود ۳۰ ٪و در پیک بعدازظهر[7] به ۲۰ ٪ می رسد.

1-Car Following
2- Lane Changing
3- Microscopic
4- Macroscopic
5- Maneuverability
6- Peak Morning
7- Peak Afternoon

علیرغم افزایش تعداد کامیون ها در بزرگراهها، اثر این نوع وسایل نقلیه بر ترافیک اطرافشان مورد توجه قرار نگرفته است. در حالیکه آگاهی از رفتار رانندگان در مجاورت کامیون ها، از نظر مطالعات ایمنی بسیار دارای اهمیت است. به دلیل اندازهٔ بزرگ کامیون ها و نیز محدودیتهای عملکردی آنها (سرعت و شتاب)، این نوع وسایل نقلیه اثرات روانی نامطلوبی را بر رانندگان وسایل نقلیهٔ سواری اطراف ایجاد می کنند. مطالعات پیشین نشان داده است که رانندگان وسایل نقلیهٔ سواری همواره تلاش می کنند تا از مجاورت کامیون ها دوری کنند. آنها یا تلاش می کنند تا فاصلهٔ[8] زیادی را با کامیونی که در مقابل آنها یا پشت سر آنها در حال حرکت است حفظ کنند و یا در صورت امکان باند خود را تغییر دهند [۸, ۵, ۴].

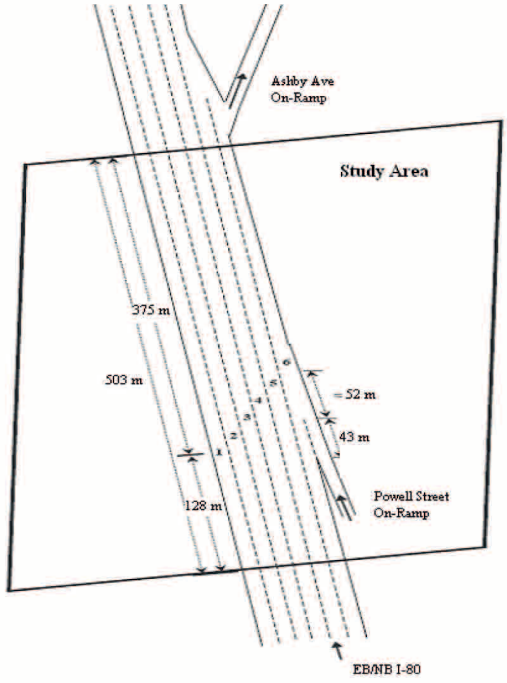
در حالت کلی، تعداد تغییر باند وسایل نقلیه، معیار خوبی برای سطح ایمنی می باشد [۱۳]. تعداد زیاد تغییر باند می تواند باعث افزایش تعداد تصادفات شده و در نتیجه باعث کاهش ایمنی گردد. مطالعات و بررسی ایمنی برای بزرگراه ها و آزادراه های با درصد وسایل نقلیهٔ سنگین بالا و یا دارای ترافیک سنگین ضروری است. نتایج این بررسی ها می تواند برای تعریف سیاست های ایمنی مناسب و سیاست های محدودیت تردد کامیون ها در برخی بزرگراه ها و آزادراه ها مورد استفاده قرارگیرد [۱۵, ۱۴].

هدف این مطالعه، تحقیق و ارزیابی رفتار وسایل نقلیه ای است که در مجاورت وسایل نقلیهٔ سواری و وسایل نقلیهٔ سنگین در حال تردد می باشند. در این مقاله، اثر وسایل نقلیهٔ سنگین بر جریان ترافیک مورد بررسی قرارمی گیرد. در این مطالعه، فاصلهٔ بین وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین نسبت به وسایل نقلیهٔ جلو و عقب آنها و همچنین سرعت نسبی این دو نوع وسیلهٔ نقلیه نسبت به وسایل نقلیهٔ جلو و عقب مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرد. بعلاوه، تغییرات سرعت وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین در بزرگراهها بررسی می گردد. سپس، اثر وسایل نقلیهٔ سنگین بر جریان ترافیک مورد بررسی قرار می گیرد. به این منظور، اثر وسایل نقلیهٔ سنگین بر تعداد تغییر باند، سرعت متوسط و زمان سفر وسایل نقلیهٔ مجاور ارزیابی می‌شود. در این بررسی و ارزیابی، از بانک اطلاعاتی مربوط به یک بزرگراه در آمریکا استفاده می گردد (I-۸۰) داده‌های مربوط به این بزرگراه در شرایط ترافیک سنگین (سطح سرویس E[9] است.

در این مقاله، ابتدا بانک داده های مورد استفاده توضیح داده می شود. سپس خصوصیات ترافیکی وسایل نقلیه در مجاورت وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین مورد بررسی قرار می گیرد. در قسمت بعد، اثر وسایل نقلیهٔ سنگین بر جریان ترافیک ارزیابی می گردد. در پایان، نتایج این بررسی و ارزیابی مورد بحث قرارگرفته و زمینه‌های مطالعات آینده بیان می‌شود.

داده‌های مورد استفاده

داده هایی که در این مطالعه مورد استفاده قرار می گیرد، برای یک محدوده از یکی از بزرگراه های کالیفرنیا در آمریکا (Berkeley Highway, I-۸۰) و به سفارش FHWA[10] تهیه شده است. مشخصات این محدوده از بزرگراه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: مشخصات هندسی محدودهٔ مورد مطالعه از بزرگراه I-۸۰

محدودهٔ مورد مطالعه از بزرگراه I-۸۰ (شکل ۱)، ۵۰۳ متر طول دارد و شامل ۵ باند[11] اصلی و یک باند کمکی است [۱۶]. این محدوده دارای یک ورودی[12] بوده و یک خروجی[13] در پایین دست محدودهٔ مورد مطالعهٔ I-۸۰ قرار دارد. بعلاوه، هیچ محدودیتی برای تردد وسایل نقلیهٔ سنگین در این بزرگراه وجود ندارد. داده های مورد استفاده در این مطالعه از ساعت ۰۰: ۴ تا ۱۵: ۴دقیقه بعدازظهر و پس از آن ساعت ۰۰: ۵ تا ۳۰: ۵ بعدازظهر جمع آوری شده است. داده ها با دقت بالای ۱۰ مشاهده در ثانیه تهیه شده است. داده ها در شرایط آب و هوایی مطلوب، با قدرت دید بالا و روسازی خشک فراهم شده است. در این داده ها، وسایل نقلیه به سه دسته تقسیم شده که این سه دسته عبارتند از: وسایل نقلیهٔ سواری، وسایل نقلیهٔ سنگین و موتور سیکلت. جدول شمارهٔ ۱، پارامترهای جریان ترافیک را برای محدودهٔ مورد مطالعهٔ I-۸۰ نشان می دهد.

بانک داده های مورد استفاده در این مطالعه، اطلاعات مربوط به هر وسیلهٔ نقلیه و کلیهٔ وسایل نقلیهٔ اطراف را فراهم می نماید. وسایل نقلیه‌ای که اطلاعات مربوط به آن‌ها در این بانک داده فراهم شده، در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است. یک وسیلهٔ نقلیهٔ سنگین و وسایل نقلیهٔ اطراف در این شکل نشان داده شده است. این بانک داده، امکان تعیین مکان، سرعت و شتاب

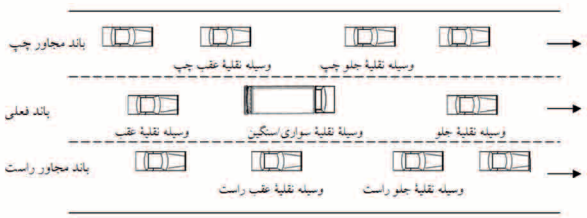
8- Space Gap
9- Level Of Service (LOS)
10- Federal HighWay Administration
11- Lane
12-On-ramp
13-Off-ramp

جدول ۱: پارامترهای جریان ترافیک برای محدودهٔ مورد مطالعهٔ I- ۸۰

بازهٔ زمانی	تعداد وسایل نقلیه سواری و موتور سیکلت (٪)	تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین (٪)	حجم جریان ترافیک (وسیلهٔ نقلیه بر ساعت)	کیلومتر بر ساعت)) متوسط سرعت	تراکم وسایل نقلیه وسیلهٔ نقلیه بر) (کیلومتر	سطح سرویس (LOS)
4 :00 تا 4 :15	1956 (95/3)	96 (4/7)	۸۱۴۴	۷/۲۸	۲۸۴	E
5 :00 تا 5 :15	1766 (96/2)	70 (3/8)	۷۲۸۸	۶/۲۲	۳۲۲	E
5 :15 تا 5 :30	1741 (97/3)	49 (2/7)	۷۰۴۸	۰/۲۰	۳۵۲	E
جمع کل	5463 (96/2)	96 (3/8)	۷۴۹۳	۸/۲۳	۳۱۵	E

هر وسیلهٔ نقلیه و فاصله و سرعت نسبی بین وسایل نقلیه را در زمان‌های مختلف فراهم می آورد.

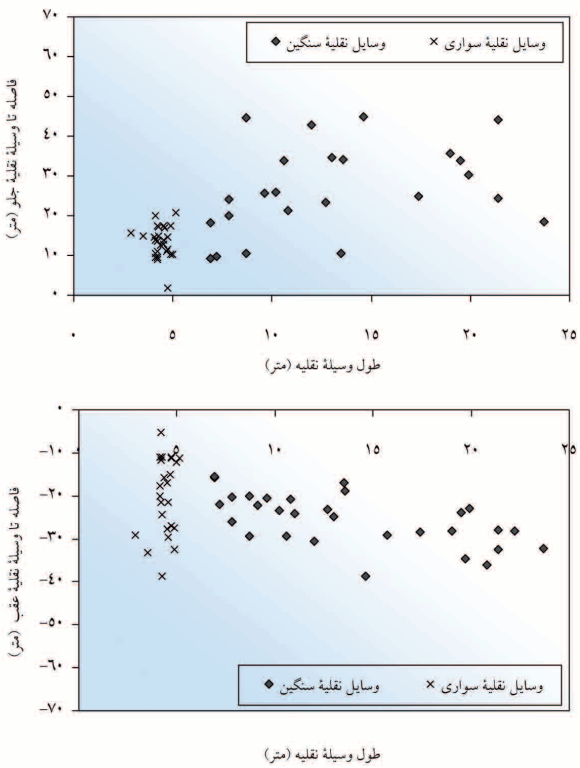
شکل ۲: وسیلهٔ نقلیه سنگین و وسایل نقلیهٔ اطراف



مقایسه‌ی رفتار وسایل نقلیه‌ی سواری و سنگین

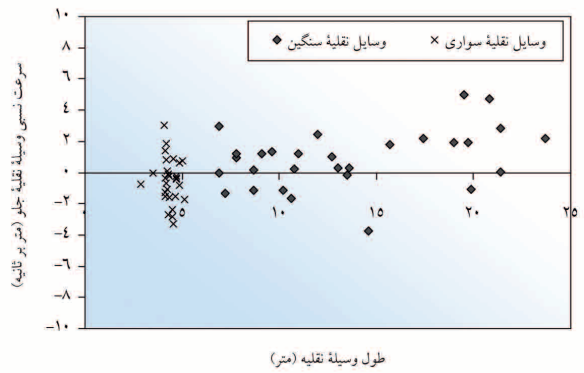
همان‌گونه که در پیش اشاره شد، طول و اندازهٔ وسایل نقلیهٔ سنگین به همراه محدودیت‌های موجود در قابلیت مانور آن‌ها ممکن است اثرات فیزیکی و روانی متعددی بر ترافیک اطراف ایجاد کند. مطالعات اولیه نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت‌هایی بین خصوصیات ترافیکی وسایل نقلیه در مجاورت وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین است [۷,۲]. در این قسمت، خصوصیات ترافیکی وسایل نقلیه در مجاورت وسایل نقلیهٔ سواری و وسایل نقلیهٔ سنگین مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. به این منظور، فاصله و سرعت نسبی وسایل نقلیه ای که در جلو و عقب وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین قرار دارند و همچنین تغییرات سرعت وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرد. در مجموع ۳۰ وسیلهٔ نقلیهٔ سواری و ۳۰ وسیلهٔ نقلیهٔ سنگین در این قسمت بررسی و ارزیابی می‌شوند. به منظور مقایسهٔ صحیح، شرایط ترافیکی وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین که برای مقایسه انتخاب شده اند، تقریباً مشابه می‌باشند. در شکل‌های بعدی، طول وسایل نقلیه بر حسب متر به عنوان معیاری برای اندازهٔ وسایل نقلیه و تکفیک نمودن وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین در نظر گرفته شده است. در این شکل‌ها، طول وسایل نقلیه بر روی محور X نشان داده شده و مشاهدات مربوط به وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین به ترتیب با ضربدر و نقطه نشان داده شده‌اند.

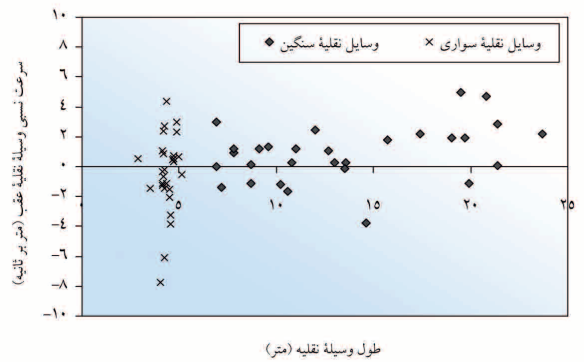
در شکل ۳، فاصلهٔ بین وسایل نقلیهٔ جلو و عقب در وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین مورد بررسی قرار گرفته است. همان طور که در این شکل نشان داده شده، فاصله بین وسایل نقلیهٔ سنگین و وسایل نقلیهٔ جلو بسیار بزرگ تر از اندازهٔ این فاصله در وسایل نقلیه سواری است. این فاصلهٔ زیاد بین وسایل نقلیهٔ سنگین و وسیلهٔ جلو ممکن است به دلیل محدودیت در قابلیت مانور وسایل نقلیهٔ سنگین باشد. که این حالت در وسایل نقلیهٔ سواری دیده نمی شود. در حالت کلی، فاصلهٔ وسایل نقلیهٔ عقبی تا وسایل نقلیهٔ سنگین کمی بیشتر از این فاصله در وسایل نقلیهٔ سواری است. این مسأله می تواند به دلیل در نظر گرفتن مسایل ایمنی توسط رانندگان وسایل نقلیهٔ عقبی باشد. به علاوه، این فاصلهٔ بیشتر نسبت به وسایل نقلیهٔ سنگین می تواند به دلیل محدودیت دید وسایلی باشد که دقیقاً در پشت سر وسایل نقلیه سنگین در حال تردد هستند.



شکل ۳: فاصله‌ی وسایل نقلیه‌ی جلویی و عقبی در مجاورت وسایل نقلیه‌ی سواری و سنگین

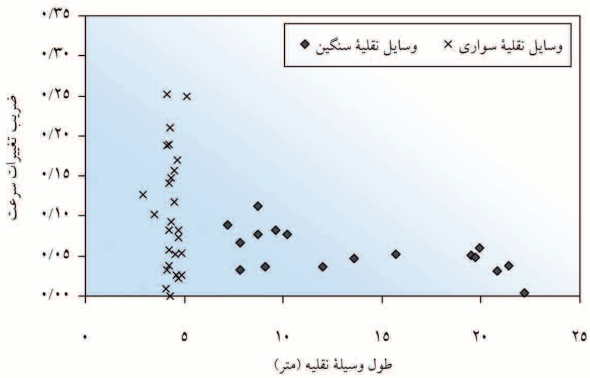
رابطهٔ بین سرعت نسبی وسایل نقلیه‌ای که در جلو و عقب وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین در حال حرکت هستند در شکل ۴ نشان داده شده است. در این شکل سرعت نسبی وسایل نقلیهٔ جلویی و عقبی به صورت سرعت وسیلهٔ نقلیهٔ جلویی/عقبی منهای سرعت وسیلهٔ نقلیه سواری/سنگین تعریف شده است. مطابق با شکل شمارهٔ ۴، سرعت وسایل نقلیهٔ سنگین معمولاً کمتر از سرعت وسایل نقلیهٔ جلویی و عقبی آن‌هاست که این رفتار در مورد وسایل نقلیهٔ سواری مشاهده نمی شود. این مسأله نشان‌دهندهٔ سرعت کمتر وسایل نقلیهٔ سنگین نسبت به ترافیک اطراف است. به عبارت دیگر، به طور کلی کامیون ها قادر نیستند سرعت خود را مطابق با سرعت وسایل نقلیهٔ اطراف تنظیم نمایند.





شکل۴: سرعت نسبی وسایل نقلیه‌ی جلویی و عقبی در مجاورت وسایل نقلیه‌ی سواری و سنگین

برای درک بهتر تفاوت میان وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین، تغییرات سرعت در این دو نوع وسیله محاسبه و مقایسه شده است. ضریب تغییرات سرعت که نسبت انحراف معیار به میانگین سرعت این دو نوع وسیله است، برای مقایسهٔ تغییرات سرعت در این دو نوع وسیله استفاده داده شده است. همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده، سرعت وسایل نقلیهٔ سنگین دارای تغییرات بسیار کمی است (کمتر از ۰/۱) در حالی که تغییرات سرعت در وسایل نقلیهٔ سواری دارای تغییرات محسوسی می باشد (بیشتر از ۰/۲۵). اندازهٔ کوچک CV نشان دهنده تغییرات نامحسوس سرعت وسایل نقلیهٔ سنگین است، در حالی که سرعت وسایل نقلیهٔ سواری به مقدار قابل توجهی متغیر می باشد. این امر نشان‌دهندهٔ این است که وسایل نقلیهٔ سواری به راحتی می توانند سرعت خود را با سرعت وسایل نقلیهٔ اطراف تنظیم نمایند. در حالی که انجام این کار برای وسایل نقلیهٔ سنگین بسیار مشکل و حتی غیر ممکن است (محدودیت شتاب و قابلیت مانور). وسایل نقلیهٔ سنگین معمولاً سرعت ثابتی را حفظ می کنند و سرعت خود را تغییر نمی دهند.



شکل۵: تغییرات سرعت در وسایل نقلیه‌ی سواری و سنگین

در حالت کلی، وسایل نقلیهٔ سنگین بر روی جریان ترافیک وسایل نقلیهٔ اطراف تأثیر قابل توجهی دارند. فاصلهٔ بین وسایل نقلیهٔ سنگین و وسایلی که در جلو و عقب آن‌ها در حال حرکت هستند، بزرگ تر از این فاصله در وسایل نقلیهٔ سواری است. به علاوه، سرعت وسایل نقلیهٔ سنگین تقریباً ثابت بوده و دارای تغییرات بسیار کمی است و این سرعت، عموماً کمتر از سرعت وسایل نقلیهٔ جلویی و عقبی آن‌هاست. این رفتار در وسایل نقلیهٔ سواری دیده نمی شود. وسایل نقلیهٔ سواری عموماً سرعت خود را با ترافیک اطراف تنظیم می کنند. فواصل خالی قابل توجه در اطراف وسایل نقلیهٔ سنگین و همچنین محدودیت وسایل نقلیهٔ سنگین در تنظیم سرعتشان با ترافیک اطراف، باعث ناهمگن شدن ترافیک مخصوصاً در شرایط ترافیک سنگین می شوند. این تغییرات با جزئیات بیشتر، در قسمت بعد مورد بررسی قرار می گیرد.

اثر وسایل نقلیه‌ی سنگین بر ترافیک

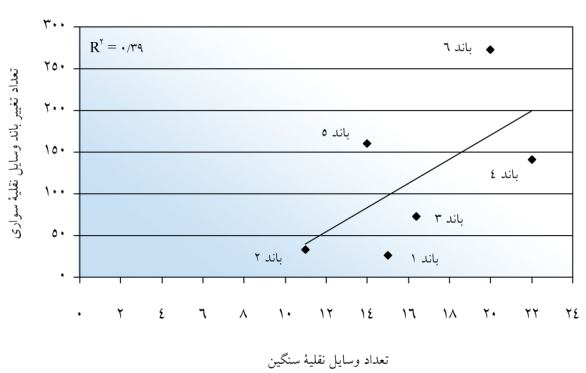
همان‌گونه که در قبل اشاره شد، وسایل نقلیهٔ سنگین اثرات فیزیکی و روانی را بر ترافیک اطراف وارد می-کنند که این مسأله به دلیل خصوصیات فیزیکی و عملکردی این نوع وسایل نقلیه است. این اثرات باعث افزایش تعداد تغییر باند در مجاورت وسایل نقلیهٔ سنگین می شود. محدودیت عملکردی وسایل نقلیهٔ سنگین، به همراه تعداد زیاد تغییر باند در مجاورت آن‌ها، می تواند باعث

نوسان و تغییرات در سرعت و جریان ترافیک شود [۸, ۹, ۱۷].

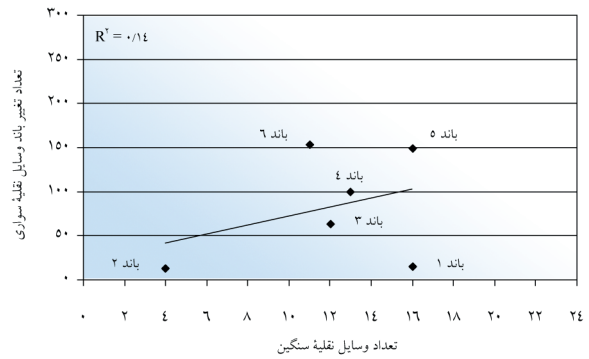
برای درک بهتر اثرات ماکروسکوپیک وسایل نقلیهٔ سنگین بر ترافیک اطرافشان، در این قسمت تعداد تغییر باند، متوسط سرعت و متوسط زمان سفر در مجـــاورت این نوع وسایل نقلیه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در شکل‌های زیر رابطهٔ بین تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین و تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری، متوسط سرعت و متوسط زمان سفر برای هر باند، در بازه های زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

شکل ۶، رابطهٔ بین تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند و تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری در همان باند را در بازه های زمانی ۱۵ دقیقه ای در بزرگراه I-۸۰ نشان می دهد. در این شکل، تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند، بر روی محور X نشان داده شده است. محور Y نشان دهندهٔ تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری از هر باند به باند راست یا چپ مجاور است.

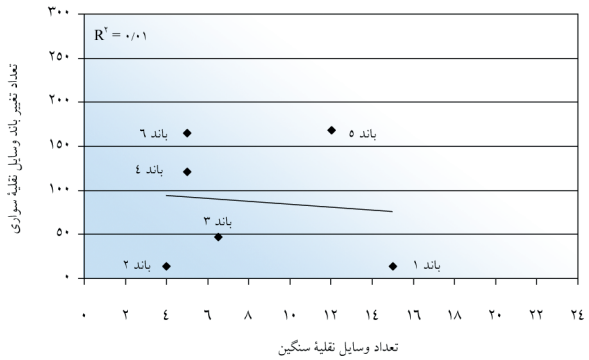
مطابق این شکل، با افزایش تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری از آن باند به باندهای مجاور افزایش می یابد. به طور کلی، رابطهٔ مستقیمی بین تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند و تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری در آن باند وجود دارد. این امر نشان می دهد که وسایل نقلیهٔ سواری همواره از قرار گرفتن در مجاورت وسایل نقلیه سنگین اجتناب می کنند و در نتیجه ممکن است باند خود را تغییر دهند. همان طور که در قبل اشاره شد، تعداد تغییر باند یک معیار مناسب برای بررسی پتانسیل تداخل وسایل نقلیه و در نتیجه میزان تصادفات است. تعداد زیاد تغییر باند وسایل نقلیه می تواند تعداد تصادفات رانندگی را افزایش دهد و در نتیجه باعث کاهش ایمنی گردد. بنابراین افزایش تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین باعث کاهش ایمنی بزرگراه‌ها شده و ریسک تصادفات را افزایش می دهد. رابطهٔ مستقیم بین تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین و تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری به طور عمده در باندهای ۲ تا ۶ مشاهده می شود.



الف) ۴:۰۰ تا ۴:۱۵ بعدازظهر



ب) ۵:۰۰ تا ۵:۱۵ بعدازظهر



ج) ۵:۱۵ تا ۵:۳۰ بعدازظهر

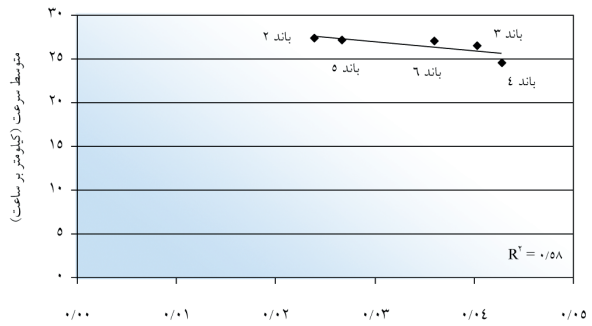
شکل۶: رابطه‌ی بین حجم وسایل نقلیه‌ی سنگین و تعداد تغییر باند در وسایل نقلیه‌ی‌سواری

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، باند شمارهٔ ۱، سریع ترین باند است و در حالت کلی، وسایل نقلیه در این باند با سرعت بیشتری نسبت با سایر باندها در حال حرکت هستند. متوسط سرعت در باند ۱ در ۱۵ دقیقهٔ اول برابر با ۴۸/۳ کیلومتر بر ساعت و در دو بازهٔ ۱۵ دقیقه ای بعدی به ترتیب برابر با ۳۷/۸ و ۳۶/۴ کیلومتر بر ساعت می باشد. مقایسهٔ این مقادیر، با نتایج ارائه شده در جدول ۱ نشان می دهد که متوسط سرعت در باند ۱، به مقدار قابل توجهی بالاتر از سرعت در سایر باندها می باشد. بنابراین، علی رغم وجود وسایل نقلیهٔ سنگین، رانندگان وسایل نقلیهٔ سواری ترجیح می دهند که در باند سریع تر رانندگی کنند. بیشترین تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری، متعلق به باند ۶ است. در این باند، بیشترین تعداد تغییر باند بعد از ورود به بزرگراه و یا به منظور خروج از بزرگراه مشاهده می شود. این مسأله می تواند تعداد بسیار زیاد متغیر باند وسایل نقلیهٔ سواری در باند ۶ را توضیح دهد.

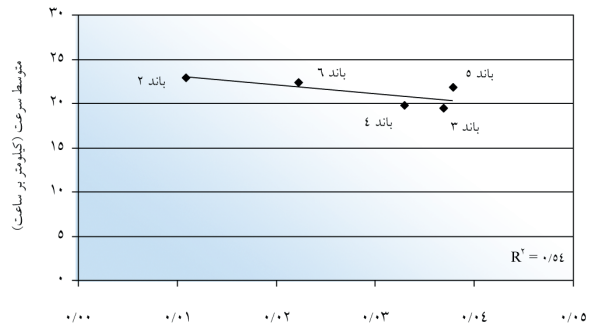
رابطهٔ بین تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند و متوسط سرعت و زمان سفردر آن باند در شکلهای ۷ و ۸ نشان داده شده است. در شکل۷، نسبت تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین به کل حجم ترافیک در محور X نشان داده شده است. در این شکل، متوسط سرعت در محور Y نشان داده شده است. بر اساس این شکل، با افزایش نسبت وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند، متوسط سرعت در آن باند کاهش می یابد. در این

شکل، اطلاعات مربوط به باند ۱ در نظر گرفته نشده است که این امر به دلیل بالا بودن قابل توجه متوسط سرعت در باند ۱ نسبت به متوسط سرعت در کل بزرگراه مورد مطالعه است (I-۸۰). وسایل نقلیهٔ سنگین، قدرت شتاب و مانور محدودی نسبت به وسایل نقلیهٔ سواری دارند و در حالت کلی، متوسط سرعت این نوع وسایل به میزان قابل ملاحظه ای کمتر از وسایل نقلیهٔ سواری است. بنابراین افزایش نسبت وسایل نقلیهٔ سنگین می تواند باعث نوسانات سرعت و در نتیجه کاهش سرعت متوسط در بزرگراه‌ها شود.

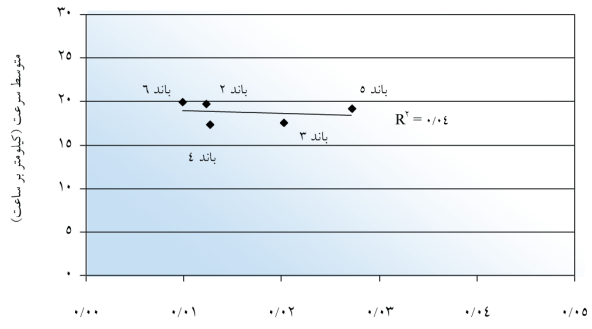
در شکل ۸، نسبت تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین به کل حجم ترافیک در هر باند بر محور X و متوسط زمان سفر بر محور Y نشان داده شده است. متوسط زمان سفر برابر است با متوسط زمان مورد نیاز وسایل نقلیه برای عبور از محدودهٔ مورد مطالعه (۵۰۳ متر از بزرگراه I-۸۰ که در شکل ۱ نشان داده شده است).



الف) ۴:۰۰ تا ۴:۱۵ بعداظهر

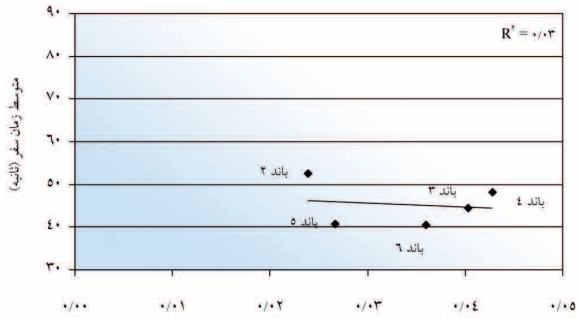


ب) ۵:۰۰ تا ۵:۱۵ بعدازظهر

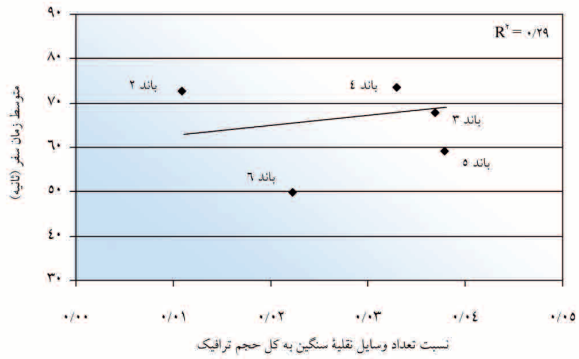


ج) ۵:۱۵ تا ۵:۳۰ بعدازظهر

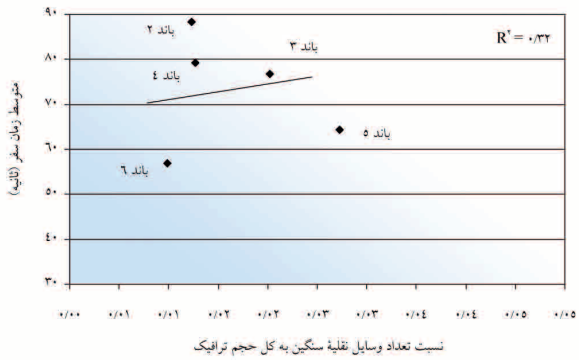
شکل۷: رابطه ی بین حجم وسایل نقلیه ی سنگین و متوسط سرعت



الف) ۴:۰۰ تا ۴:۱۵ بعدازظهر



ب) ۵:۰۰ تا ۵:۱۵ بعدازظهر



ج) ۵:۱۵ تا ۵:۳۰ بعدازظهر

شکل۸: رابطه ی بین وسایل نقلیه‌ی سنگین و متوسط زمان سفر

به طور کلی، متوسط زمان سفر با افزایش نسبت وسایل نقلیهٔ سنگین افزایش می یابد. این نتیجه گیری کلی مطابق نتایج به دست آمده از شکل ۷ است. زمانی که نسبت وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند افزایش می یابد، متوسط سرعت کاهش یافته و زمان سفر در هر باند افزایش می یابد.

بنابر نتایج به دست آمده در این بخش، وسایل نقلیهٔ سنگین به مقدار قابل توجهی بر ترافیک اطراف تأثیر گذارند و به دلیل محدودیت‌های عملکردی خود می توانند متوسط سرعت در بزرگراه‌ها را کاهش داده و باعث افزایش زمان سفر گردند. به علاوه، وجود وسایل نقلیهٔ سنگین در بزرگراه‌ها باعث افزایش تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری می شود. در حالت کلی، وسایل نقلیه‌ای که در جلوی کامیون ها در حال حرکت هستند، به دلیل اثرات روانی کامیون ها بر روی ترافیک اطراف

با احتمال بیشتری تغییر باند می دهند. به علاوه، وسایل نقلیهٔ سواری تا حد امکان از قرار گرفتن در عقب وسایل نقلیهٔ سنگین و دنبال کردن این نوع وسایل اجتناب می کنند که این مسأله بیشتر به دلیل محدودیت دید رانندگان وسایل نقلیهٔ سواری و رعایت ایمنی بیشتر است. در عین حال، وسایل نقلیهٔ سواری از گیر افتادن و رانندگی در عقب وسایل نقلیهٔ سنگین کندرو دوری می کنند.

برای افزایش متوسط سرعت و متوسط زمان سفر در بـــزرگراهها و آزاد راهها و همچنیـــن افزایش ایمنی، سیاستهای مختلفـی برای محـــــدود کـــــردن وسایل نقلیهٔ سنگین اعمال می‌شود. این سیاستها می تواند باعث کاهش تعداد تصادفات، افزایش سرعت و ظرفیت بزرگراهها و همچنین افزایش سطح ایمنی بزرگراهها و آزاد راهها شود. نتایج این بخش می تواند به درک بهتر اثر وسایل نقلیهٔ سنگین بر ترافیک اطراف و به کارگیری سیاستهای کارآمدتر محدودیت وسایل نقلیهٔ سنگین مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری

وسایل نقلیهٔ سنگین در مقایسه با وسایل نقلیهٔ سواری دارای تأثیر قابل توجهی بر ترافیک اطراف هستند. وسایل نقلیهٔ سنگین می توانند اثرات فیزیکی و روانی قابل توجهی را بر ترافیک اطراف وارد نمایند که این امر به دلیل خصوصیات فیزیکی (سایز و طول) و خصوصیات عملکردی (شتاب و قابلیت مانور) این نوع از وسایل نقلیه است. علی‌رغم افزایش قابل توجه وسایل نقلیهٔ سنگین در بزرگراهها و آزاد راهها، تأثیر این نوع وسایل نقلیه، بر ترافیک اطراف به طور دقیق مورد بررسی قرار نگرفته است.

در این مقاله، خصوصیات ترافیکی در اطراف وسایل نقلیه سواری و سنگین مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. برای بررسی خصوصیات ترافیکی وسایل نقلیه در مجاورت وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین، فاصله و سرعت نسبی وسایل نقلیهٔ جلویی و عقبی این دو نوع وسیله و در عین حال تغییرات سرعت آن‌ها آنالیز و مقایسه شده است. تعداد ۳۰ وسیلهٔ نقلیهٔ سواری و ۳۰ وسیلهٔ نقلیهٔ سنگین در این مقایسه انتخاب شده و این تعداد وسایل نقلیه دارای خصوصیات ترافیکی مشابهی می باشند.

نتایج به دست آمده نشانگر فاصله قابل توجه وسایل نقلیهٔ جلویی نسبت به وسایل نقلیهٔ سنگین بود (این امر در وسایل نقلیهٔ سواری مشاهده نشد). فاصلهٔ قابل توجه در جلوی وسایل نقلیهٔ سنگین می تواند به دلیل محدودیت مانور وسایل نقلیهٔ سنگین باشد. در حالت کلی، فاصلهٔ وسایل نقلیهٔ عقبی تا وسایل نقلیهٔ سنگین کمی بیشتر از این فاصله در وســـایل نقلیهٔ سواری است. این مسأله می تواند به دلیل محدودیت دید رانندگانی باشد که دقیقاً در پشت وسایل نقلیهٔ سنگین در حال حرکت هستند و یا به دلیل در نظر گرفتن مسایل ایمنی توسط رانندگان وسایل نقلیهٔ عقبی است. به علاوه، سرعت وسایل نقلیهٔ سنگین در حالت کلی کمتر از سرعت ترافیک اطراف می باشد. بررسی تغییرات سرعت در وسایل نقلیهٔ سواری و سنگین نشان داد که سرعت وسایل نقلیه سواری دارای نوسان و تغییر است. این امر نشان می دهد که وسایل نقلیهٔ سواری سرعت خود را با ترافیک اطراف تنظیم می کنند. با این حال، سرعت وسایل نقلیهٔ سنگین دارای تغییرات نامحسوسی است. این مسأله نشان می دهد که وسایل نقلیهٔ سنگین قابلیت کمی برای تنظیم سرعت خود مطابق با سرعت ترافیک اطراف دارند. اصولاً این نوع وسایل نقلیه سرعت ثابتی را حفظ می کنند و سرعت خود را به مقدار قابل توجهی تغییر نمی دهند. فضاهای خالی قابل توجه در اطراف وسایل نقلیهٔ سنگین و محدودیت این نوع وسایل در تنظیم سرعت خود مطابق با ترافیک اطراف، باعث ایجاد تـــرافیک ناهمگن مخصوصاً در شرایط ترافیک سنگین می‌شود.

در این مقاله، اثرات ماکروسکوپیک وسایل نقلیهٔ سنگین بر ترافیک اطرافشان (تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری، متوسط سرعت و متوسط زمان سفر) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری با افزایش تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین در هر باند، افزایش می یابد. این امر نشان می دهد که وسایل نقلیهٔ سواری از قرار گرفتن در مجاورت وسایل نقلیهٔ سنگین اجتناب کرده و باند خود را تغییر می دهند. تعداد تغییر باند، نشانهٔ خوبی برای تعیین میزان احتمال تصادفات است. تعداد زیاد تغییر باند باعث افزایش تعداد تصادفات رانندگی و کاهش ایمنی می شود. بنابراین، افزایش تعداد وسایل نقلیهٔ سنگین ممکن است باعث کاهش ایمنی شده و احتمال تصادفات را افزایش دهد. به علاوه، وسایل نقلیهٔ سنگین دارای قابلیت شتاب و مانور محدودی نسبت به وسایل نقلیهٔ سواری هستند. بنابراین افزایش نسبت وسایل نقلیهٔ سنگین ممکن است باعث ایجاد نوساناتی در سرعت شده و باعث کاهش متوسط سرعت و در نتیجه افزایش زمان سفر در بزرگراهها و آزاد راهها شود.

نتایج این مقاله نشان داد که وسایل نقلیهٔ سنگین اثر قابل توجهی بر ترافیک اطرافشان دارند. آن‌ها می توانند باعث کاهش متوسط سرعت و افزایش زمان سفر در بزرگراهها و آزاد راهها شوند. به علاوه، وجود تعداد بیشتر وسایل نقلیهٔ سنگین می تواند تعداد تغییر باند وسایل نقلیهٔ سواری اطراف را افزایش دهد. برای افزایش ظرفیت و ایمنی بزرگراهها و آزاد راهها و افزایش متوسط سرعت و کاهش زمان سفر در بزرگراهها و آزاد راهها، سیاستهای محدودیتی مختلفی برای وسایل نقلیهٔ سنگین مورد استفاده قرارمی گیرد. این سیاستها ممکن است

باعث کاهش تعداد تصادفات، افزایش سرعت و ظرفیت بزرگراه‌ها و آزاد راه‌ها و بهبود ایمنی شود. به علت اندازهٔ بزرگ وسایل نقلیهٔ سنگین، محدود کردن این نوع وسایل به برخی باندهای خاص، باعث ایجاد اثرات روانی مطلوب بر ســـایر رانندگان شده و خصوصیات ترافیکی را بهبود می بخشد. انتخاب دقیق این سیاست‌های محدودیتی می تواند موضوعی برای تحقیق در آینده باشد. در این مقاله، اثر وسایل نقلیهٔ سنگین بر خصوصیات ماکروسکوپیک ترافیک اطراف مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین، بررسی دقیق اثرات میکـروسکوپی وسایل نقلیهٔ سنگین بر ترافیک اطراف، می تواند زمینهٔ دیگری برای مطالعات آینده باشد.

مراجع و منابع

1- Moridpour, S., Rose, G. and Sarvi, M. (2009). Modelling the heavy vehicle drivers' lane changing decision under congested traffic conditions. Journal of Road and Transport Research, 18(4): 49-57.

2- Moridpour, S., Rose, G. and Sarvi, M. (2010). The effect of surrounding traffic characteristics on lane changing behavior. Journal of Transportation Engineering, 136(11), 937-1055.

3- Moridpour, S., Sarvi, M. and Rose, G. (2010). Lane changing models: a critical review. Transportation Letters: The International Journal of Transportation Research, 2(3), 157-173.

4- Moridpour, S., Sarvi, M. and Rose, G. (2010). Modeling the lane changing execution of multi class vehicles under heavy traffic conditions. Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, 2161: 11-19.

5- Moridpour, S., Sarvi, M., Rose, G. and Mazloumi, E. A Lane Changing Decision Model for Heavy Vehicle Drivers. Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations. (In Press)

6- Uddin, M. S. and Ardekani, S. A. (2002). An observational study of lane changing on basic freeway segment. Proceeding of the 81th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC., CD-ROM.

7- Al-Kaisy, A. F., Hall, F. L. and Reisman, E. S. (2002). Developing passenger car equivalents for heavy vehicles on freeways during queue discharge flow. Transportation Research A, 36(8): 725-742.

8- Al-Kaisy, A. F. and Hall, F. L. (2003). Guidelines for estimating capacity at freeway reconstruction zones. Journal of Transportation Engineering, 129(5): 572-577.

9- Al-Kaisy, A. F. and Jung, Y. (2005). Examining the effect of heavy vehicles on traffic flow during congestion. ITE Annual Meeting and Exhibit Presentations, Washington, DC, USA.

10- Al-Kaisy, A. F., Jung, Y. and Rakha, H. (2005). Developing passenger car equivalency factors for heavy vehicles during congestion. Journal of Transportation Engineering, 131(7): 514-523.

11- Bureau of Transportation Statistics (2002). US Department of Transportation, National Transportation Statistics BTS02-08, Washington DC, US Government Printing Office.

12- Conway, K. (2005). Pacific highway upgrade–F3 to Raymond Terrace route (Consultancy Report). Maunsell Australia Pty Ltd.

13- El-Tantawy, S., Djavadian, S., Roorda, M. J. and Abdulhai, B. (2009). Safety Evaluation of Truck Lane Restriction Strategies Using Microsimulation Modeling. Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, 2099, 123–131.

14- Adelakun, A. and Cherry, C. (2009). Exploring truck driver perceptions and preferences: congestion and conflict, managed lanes, and tolls. Proceeding of the 88th Transportation Research Board Annual Meeting. Washington, DC., CD-ROM.

15- Yang, Q. and Koutsopoulos, H. N. (1996). A microscopic traffic simulator for evaluation of dynamic traffic management systems. Transportation Research C 4(3): 113-129.

16- Cambridge Systematics. "NGSIM I-80 Data Analysis. (2005). Summary Reports, Federal HighWay Administration (FHWA). https://camsys.com/.

17- Mauch, M. and Cassidy, M. J. (2002). Freeway traffic oscillations: observations and predictions. The 15th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Pergamon-Elsevier, Oxford: 653-674.