Archive of SID

ارزیابی تأثیر دسترسی‌ها بر عملکرد و ایمنی راه‌های بین‌شهری

امیرمسعود رحیمی*، دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

علی مرادی‌مددلو، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

آرش مظاهری، دانشجوی دکتری، گروه عمران، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:amrahimi@znu.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۳/۱۷- پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۵

صفحه ۳۱-۱۵

چکیده

امروزه یکی از معضلات اساسی شبکه راه‌های کشور، وجود دسترسی‌های غیر ایمن فراوان است. با افزایش تعداد دسترسی‌ها، پتانسیل تصادف، تأخیر، زمان سفر و تراکم افزایش یافته و از درجه عملکردی و ظرفیت راه‌ها کاسته می‌شود. در این پژوهش، تأثیر تراکم دسترسی بر ایمنی و عملکرد راه‌ها در دو شاخه جداگانه بررسی شده است. بر همین اساس، ابتدا در بخش تأثیر ایمنی، اطلاعات تصادفات سه محور از استان آذربایجان شرقی برای سال‌های ۹۲، ۹۳ و ۹۴ جمع‌آوری شد. سپس بررسی تأثیر تراکم دسترسی بر نرخ تصادفات در محورهای مذکور به‌طور جداگانه انجام شده و با استفاده از مدلسازی بین متغیرها، رابطه بین آن‌ها بررسی شد. مهم‌ترین نتیجه در این بخش، وجود سطح معناداری بین تراکم دسترسی در مسیر بزرگراهی و دوخطه جدا نشده (ارتباط مستقیم بین دو پارامتر) و عدم ارتباط بین این دو پارامتر در مسیر آزادراهی می‌باشد. با توجه به دخیل بودن دیگر عوامل در ورودی شهرها، قطعات نزدیک ورودی شهرها از تحلیل موردنظر حذف شده‌اند. سپس در بخش تأثیر عملکردی، اثر دسترسی‌ها بر تأخیر، زمان سفر، سرعت و تراکم شبکه در طول ۸۷ کیلومتر از جاده تبریز اهر بررسی شد. در این بخش برای شبیه‌سازی از چهار سناریوی ترافیکی مختلف در حالت‌های مختلف دسترسی‌ها و نوع میانه، استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که ادغام کردن دو دسترسی پرحجم در یک مسیر مستقیم، عملکرد ترافیک را بهبود بخشیده است. همچنین تبدیل مسیر دوخطه به چهار خطه باعث کاهش تأخیر، زمان سفر و تراکم می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ایمنی ترافیک، عملکرد ترافیک، نرخ تصادفات، تراکم دسترسی

۱- مقدمه

راه‌ها یک منبع با ارزش و سرمایه عمومی اصلی به حساب می‌آید. اقدامات ایمنی و عملکرد آن‌ها از طریق مدیریت دسترسی به و/ از زمین‌های مجاور، ضروری هست. صاحبان املاک مجاور یک حق دسترسی معقول به سیستم عمومی راه‌ها داشته و نیز کاربران راه‌ها یک حق برای آزادی جابجایی، ایمنی و هزینه بودجه‌های عمومی دارند (Gluck et al., 1999). مدیریت دسترسی؛ کنترل سیستماتیک موقعیت، فاصله‌گذاری، طرح و عملکرد راه‌های دسترسی، بازشدگی‌های میانه، تبادل‌ها و اتصالات خیابان به یک راه است (Eisele and Toycen, 2005). همچنین کاربردهای طرح راه، از قبیل انواع میانه و خطوط کمکی و فاصله‌گذاری مناسب چراغ‌های ترافیکی را شامل می‌شود. هدف از مدیریت دسترسی، مهیا کردن دسترسی وسیله نقلیه محور برای توسعه کاربری در یک شیوه است که ایمنی و کارآیی سیستم حمل‌ونقل را حفظ می‌کند. مدیریت دسترسی، دسترسی به توسعه زمین‌ها را مدیریت می‌کند، درحالی‌که به‌طور همزمان جریان ترافیک را در شبکه راه اطراف، با رعایت ایمنی، ظرفیت و سرعت حفظ می‌کند. منافع مدیریت دسترسی سیستم حمل‌ونقل از طریق حفظ ظرفیت و نگه‌داشتن جابجایی و بهبود ایمنی می‌باشد. سه ایالت کلرادو، فلوریدا و نیوجرسی، آیین‌نامه مدیریت دسترسی را در سطح ایالتی به‌صورت جامع انجام دادند. بعضی ایالت‌ها شامل میشیگان، مینِسوتا، مونتانا، اوهایو و اورگان، اقدامات مدیریت دسترسی را مرور یا توسعه داده‌اند. دیگر ایالت‌ها، معیارهای

www.SID.ir

Archive of SID

طرح دسترسی را به‌روزرسانی کرده‌اند (Gluck et al., 1999, Koepke and Levinson, 1992). فاصله‌گذاری و مکانیابی خیابان‌ها و دسترسی‌ها بر ایمنی ترافیک و عملکردها تأثیر می‌گذارد. نقاط دسترسی برخوردها و حساسیت‌های جریان ترافیک را مطرح می‌کند. وسایل نقلیه ورودی و خروجی راه اصلی، اغلب جریان مستقیم را کُند می‌کنند. تفاوت‌ها در سرعت‌های بین وسایل نقلیه مستقیم و گردشی، پتانسیل تصادفات را افزایش می‌دهد. مقبولیت عمومی روزافزون وجود دارد که فاصله بین نقاط دسترسی را افزایش می‌دهند تا جریان ترافیک شریانی و ایمنی را توسط سه عامل زیر بهبود ببخشند:

(١) کاهش تعداد برخورد در هر مایل

(٢) آماده کردن فاصله بزرگ‌تر برای پیش‌بینی و بازیابی از مانورهای گردشی

(٣) مهیا کردن فرصت برای طراحی خطوط گردشی

استانداردهای فاصله‌گذاری برای نقاط دسترسی بدون چراغ، باید مکمل نقاط دسترسی چراغ‌دار باشد. با وجود حجم بالای نقاط دسترسی بدون چراغ، باید جایی مکانیابی شوند که با نیازهای چراغ ترافیکی تطابق داشته باشند (PAPAYANNOULIS, et al., 1999).

به دنبال مشکلات ازدحام ترافیک و ایمنی، ایالات متحده، تحقیقاتی را ترتیب داده و کاربرد تکنیک‌های مدیریت دسترسی را به‌منظور بهبود حمل‌ونقل راه‌ها تشریح کرد، که منافع اجتماعی و اقتصادی بسیاری را به‌وجود می‌آورد و می‌تواند در کشورهای دیگر نیز بکار برده شود. در چین، راه‌های شریانی شهری، اغلب نقاط دسترسی بسیار زیادی دارند که یکی از اصلی‌ترین دلایل ازدحام‌های ترافیک و سوانح ترافیکی است (Zhang and Lu, 2010).

٢- پیشینه تحقیق

پیش از این سیستم‌های مختلفی برای دسته‌بندی تکنیک‌های مدیریت دسترسی ایجاد شده است. سیستم دسته‌بندی اولیه توسط استوور و گلنان استفاده شده و ٧٠ تکنیک را براساس طرح راه اصلی، عملکرد راه اصلی، محل دسترسی، طرح راه دسترسی و عملکرد راه دسترسی دسته‌بندی کردند (Glennon, Stover et al., 1970, 1975). در سال ١٩٨٢، فلورا با پشتیبانی FHWA، ٦٥ تکنیک را براساس اهداف عمکردی مهم از جمله محدود کردن تعداد نقاط برخورد، جدا کردن نواحی برخورد اساسی، محدود کردن نیازهای کاهش سرعت و حذف وسیله نقلیه‌های گردشی از عرض خطوط دسته‌بندی کرد (Flora and Keitt, 1982). بلومو در سال ١٩٩٣ تکنیک‌های مدیریت دسترسی را براساس اجزای مدیریت، اجزای طرح تسهیلات، اجزای طرح راه دسترسی و اجزای تسهیلات ترافیک دسته بندی کرد (Bellomo-McGee, 1993).

کوپک و لوینسون در گزارش ٣٤٨ از NCHRP تکنیک‌ها را براساس مفاهیم تبادل‌ها، راه‌جانبی، چپگردها، راستگردها، میانه‌ها و دسترسی‌ها دسته‌بندی کرد (Koepke and Levinson, 1992). سیستم دسته‌بندی توسط گلاک و همکاران براساس وضوح، مساعدت کاربر، عملی بودن، قابلیت اداره و جامعیت پیشنهاد شد (Gluck et al., 1999). فاصله‌گذاری دسترسی‌های چراغدار (برحسب فراوانی و یکنواختی) بر عملکرد راه‌های شهری و حومه شهری به‌شدت تأثیر می‌گذارد. جایی که چراغ‌ها به‌صورت اتفاقی جانمایی شده‌اند، به‌طور غیرمؤثر هماهنگ شده‌اند یا نامناسب زمان‌بندی شده‌اند، وسیله نقلیه‌ها هم در دوره‌های اوج و هم در دوره‌های غیر اوج تأخیر می‌کنند. فاصله نزدیک و بی‌نظم چراغ‌ها نیز می‌تواند سرعت‌های سفر شریانی را کاهش داده و به‌موجب آن تعداد بسیار زیاد توقف را تحت شرایط ترافیکی معمولی خواهیم داشت. همچنین می‌تواند تصادفات را افزایش دهد (Gluck et al., 1999). در مطالعات بر روی راه‌های ایالت اورگان در سال ١٩٥٠، نتیجه این شد که تعداد تصادفات، با افزایش تعداد دسترسی‌ها، تقاطع‌ها و چراغ‌های ترافیکی در هر مایل، افزایش می‌یابد (Head, 1959). نتایج رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که تعداد تقاطع‌های چراغدار در هر مایل، احتمالاً بزرگترین دلیل تصادفات باشد. مطالعات توسط کریبینز در سال ١٩٦٠ همچنین به این نتیجه رسید که نرخ تصادفات جرحی و کل با افزایش تعداد تقاطع‌ها در مایل، افزایش می‌یابد (Cribbins et al., 1967). نرخ‌های تصادف گزارش شده از چهار ناحیه اورگان، فلوریدا، میشیگان و بریتیش کلمبیا در یک مقیاس رایج در برابر تراکم دسترسی (در هر دو جهت) رسم شده است. سپس مجموعه‌ای از شاخص‌ها به وجود آمد که نرخ‌های تصادفات با تراکم دسترسی را توسط استفاده از نرخ‌های تصادفات برای ١٠ نقطه دسترسی در مایل به‌عنوان پایه بررسی کرد (مجموع ١٠ نقطه دسترسی در مایل در هر دو طرف از راه). شاخص‌ها برای هر تراکم دسترسی، میانگین گرفته شد. شاخص‌های نرخ تصادفات ترکیبی از

www.SID.ir

Archive of SID

مرور پژوهش، پیشنهاد می‌کنند که دو برابر شدن دسترسی‌ها از ١٠ به ٢٠ دسترسی در هر مایل، نرخ تصادفات را حدود ٣٠ درصد افزایش می‌دهد. یک افزایش از ٢٠ به ٤٠ نقطه دسترسی در مایل، نرخ تصادفات را تا بیش از ٦٠ درصد افزایش می‌دهد. این افزایش‌ها مشابه با موارد گزارش‌شده در استرالیا می‌باشد (Levinson and Gluck, 2000).

یک مطالعه تصادف جامع در سطح ایالتی برای دپارتمان حمل‌ونقل مینسوتا انجام شد. مطالعه، ٥ نوع راه بین‌شهری و ٦ نوع راه شهری را آنالیز کرد. تقریباً ٤٣٢ قطعه راه، شامل ٧٦٦ مایل، ٩٧٤٥ نقطه دسترسی و ١٣٧٠٠ تصادف، آنالیز شد. یک ارتباط مثبت بین تراکم دسترسی و تصادفات در ١٠ گروه از ١١ گروه راه پیدا شد و به این نتیجه رسید که نرخ‌های تصادفات با افزایش دسترسی، افزایش می‌یابد (Preston et al., 1998). ژانگ و لو، میانگین زمان تأخیر در راه فرعی نقطه دسترسی راه شریانی را در شرایط ترافیک مختلف، با استفاده از شبیه‌سازی میکروسکوپیک ترافیک آنالیز کردند. برای حجم ترافیک داده‌شده راه فرعی، حجم‌های ترافیک راه شریانی به تدریج از سطوح پایین به سطوح بالا افزایش داده، در طول فرآیند، میانگین زمان تأخیر در رویکرد فرعی باید افزایش می‌یافت و زمانی که میانگین زمان تأخیر از حداکثر مقدار مجاز (٦٠ ثانیه) بیشتر شود حداکثر حجم مجاز راه دسترسی به‌دست می‌آمد. در طی این پژوهش از سه سناریو با استفاده از روش شبیه‌سازی ترافیک برای حجم‌های گردش به راست و گردش به چپ استفاده شد (Zhang and Lu, 2010).

٣- معرفی محدوده مورد مطالعه و جمع آوری داده

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش برای بخش ایمنی و عملکرد راه متفاوت بوده و در ادامه بصورت مجزا بیان می‌شود.

١-٣-توصیف داده‌های مورد نیاز برای آنالیز نرم‌افزار شبیه‌سازی

در این بخش از پژوهش با توجه به اقتضای موضوع از هردو روش کتابخانه‌ای و میدانی برای جمع آوری اطلاعات استفاده شده است. برای ارزیابی تأثیر عملکردی دسترسی‌ها، عوامل مختلفی در رابطه با عملکرد، از قبیل موقعیت دسترسی، فاصله و تراکم دسترسی‌ها، طرح هندسی راه اصلی، طرح هندسی محل اتصال راه دسترسی به راه اصلی، محدودیت سرعت راه دسترسی، محدودیت سرعت راه اصلی، سرعت حرکات گردشی، حجم راه اصلی، حجم ورودی و خروجی به راه دسترسی، شیب راه دسترسی، شیب راه اصلی و عوامل جوی و ... تأثیر دارند. در این بخش از پژوهش، حوزه مطالعاتی مَدِ نظر پژوهش، از کیلومتراژ ٢ (٣٠٠ متر قبل از اولین دوربرگردان) تا کیلومتراژ ٨٩ (٣٠٠ متر بعد از شهرک صنعتی اهر نرسیده به پاسگاه پلیس‌راه) جاده تبریز – اهر می‌باشد که مجموع طول راه در سناریوهای تعریف‌شده، ٨٧ کیلومتر می‌باشد. داده‌های مربوط به موقعیت دسترسی برای سال ١٣٩٥ می‌باشد که برای به دست آوردن این داده‌ها، از اطلاعات سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های استان، نرم‌افزار گوگل ارث و برداشت پیمایشی (میدانی) استفاده شد. با توجه به نواقص موجود در اطلاعات مربوط به سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های استان آذربایجان شرقی، برای تکمیل این اطلاعات، با استفاده از برداشت میدانی، فاصله از مبدأ برای همه دسترسی‌ها به دست آمد. برای تصحیح نهایی و جمع‌بندی این فواصل، از نرم‌افزار گوگل ارث استفاده شد. البته با توجه به محدودیت‌های این نرم‌افزار در کشور ایران و کیفیت پایین عکس‌های هوایی موجود در آن در حوزه مطالعاتی مذکور، از این نرم‌افزار فقط جهت کنترل نهایی فواصل استفاده شد. در بخش رسم شبکه راه مورد نظر در نرم‌افزار ایمسان، علاوه بر موقعیت دسترسی‌ها، نیاز بود که طرح هندسی مسیر اصلی و دسترسی‌ها در دسترس باشند. جهت به دست آوردن طرح هندسی مسیر تبریز– اهر، از دو منبع استفاده شد که مکمل یکدیگر می‌باشند: ١– نقشه اتوکد آکس مسیر اصلی و فایل پی‌دی‌اف شده نقشه اتوکد مسیر اصلی و دسترسی‌های موجود در مسیر تبریز تا اهر در هر دو جهت رفت‌وبرگشت و ٢– عکس‌های هوایی موجود در نرم‌افزار گوگل ارث. دیگر داده‌های مورد نیاز برای نرم‌افزار شبیه‌ساز ایمسان، محدودیت سرعت راه دسترسی و محدودیت سرعت راه اصلی می‌باشد. سرانجام، مهمترین داده‌های مورد نیاز برای آنالیز تأثیر راه‌های دسترسی بر راه اصلی، جهت استفاده در نرم‌افزار ایمسان، حجم راه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

دسترسی و راه اصلی در قطعات مختلف از راه می‌باشد که با مراجعه به سایت سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، اداره حمل‌ونقل و پایانه‌های استان آذربایجان‌شرقی و برداشت میدانی، حجم مسیر تبریز–اهر و بالعکس و دسترسی‌های متصل به آن به دست آمد.

۲-۳-توصیف داده‌های مورد نیاز برای آنالیز آماری

برای ارزیابی تأثیر ایمنی مدیریت دسترسی، عوامل مختلفی در رابطه با تصادفات از قبیل موقعیت دسترسی‌ها، تراکم دسترسی، طول قطعه راه و نرخ تصادفات، در نظر گرفته می‌شود. هر قطعه مورد مطالعه، خصوصیات طرح هندسی، حجم ترافیک و محدودیت سرعت متفاوتی دارد. داده‌های تصادفات از پایگاه داده پلیس راهور استان آذربایجان شرقی به دست آمدند که شامل سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹٤ می‌باشد.

در ادامه اطلاعات مورد نیاز برای آنالیز آماری ایمنی، به موقعیت دسترسی‌ها، طول قطعات و نهایتاً تراکم دسترسی در هر قطعه از راه‌ها نیاز بود. برای به دست آوردن موقعیت دسترسی‌های، علاوه بر پیمایش میدانی با وسیله نقلیه شخصی و استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث، با مراجعه به سازمان حمل‌ونقل جاده‌ای و پایانه‌های استان آذربایجان شرقی و اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی، موقعیت دقیق دسترسی‌ها و فاصله از مبدأ به دست آمدند و هرکدام از سه جاده مورد نظر، به قطعات ٦ الی ۱۱ کیلومتری تقسیم شده و تعداد تصادفات در هر قطعه با استفاده از پایگاه داده فرماندهی پلیس راهور استان آذربایجان‌شرقی و نهایتاً تراکم دسترسی و نرخ تصادفات در هر قطعه (طبق روابط ۱ تا ۳ در ادامه محاسبه و) به دست آمدند. نکته مهمی که در این پژوهش در مورد تراکم دسترسی مهم بود این است که با توجه به شرایط حاکم بر راه‌های استان آذربایجان‌شرقی و تراکم بالای مناطق کشاورزی، دسترسی‌های کشاورزی و روسازی نشده نیز به‌عنوان یکی از انواع دسترسی‌ها مورد بررسی قرار گرفت. انواع دسترسی‌هایی که در این پژوهش در بخش آنالیز آماری برای بررسی اثرات ایمنی مورد بررسی قرار گرفت به‌صورت زیر می‌باشند:

۱- دسترسی‌های معمولی یا اصطلاحاً دسترسی‌های فعال:

این دسترسی‌ها، غالباً دارای روسازی بوده و حجم ترافیک ساعتی در آن بالای ۱۰ وسیله نقلیه در ساعت می‌باشد. این راه‌ها، روستاها و شهرهای موجود در حاشیه راه اصلی را به آن متصل می‌کند.

۲- دسترسی‌های کشاورزی و روسازی نشده:

دسترسی‌هایی که دارای روسازی نبوده و حجم ترافیک ورودی و خروجی در آن‌ها به‌مراتب پایین‌تر از دسترسی نوع یک است. نکته‌ای که در اینجا وجود دارد این است که انتظار می‌رود این نوع دسترسی‌ها که محل و طرح هندسی مشخصی در نقطه اتصال به راه اصلی ندارند در ایمنی راه اصلی تأثیرگذار بوده و در عملکرد ترافیک راه اصلی، تأثیر بسیار ناچیزی داشته باشند، به همین علت در بخش آنالیز نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیکی، از بررسی تأثیر این نوع دسترسی‌ها صرفنظر شده ولی تأثیر آن در بخش آنالیز ایمنی بررسی شد.

۳-دسترسی کاربری‌های تجاری حاشیه و تأسیسات جانبی راه:

این نوع دسترسی، شامل کاربری‌های تجاری حاشیه راه از جمله مجتمع‌های خدماتی رفاهی، تفریحی، صنعتی، جایگاه‌های سوخت و ... می‌باشد. مهمترین نکته‌ای که در مورد این نوع دسترسی‌ها وجود دارد حجم ترافیک ورود و خروج برابر در آن‌ها است. در راستای اهداف این پژوهش، محور تبریز–جلفا، تبریز–اهر و بخشی از آزادراه تبریز–زنجان که مهمترین محورهای مواصلاتی به مرکز استان بوده و پرترافیک‌ترین و پرتصادف‌ترین جاده‌های استان آذربایجان-شرقی می‌باشند؛ بررسی شدند. وجود دسترسی‌های غیر ایمن و غیر استاندارد در این محورها، تأثیر زیادی بر روی نرخ تصادفات آن‌ها دارد. مهمترین دلیل انتخاب این مسیرها، سهم بالای تصادفات از تصادفات استان و حجم ترافیک عبوری بالای این محورها می‌باشد. در ادامه به تفکیک، شرایط هرکدام از محورهای مذکور شرح داده شده است:

الف- محور تبریز–زنجان

با توجه به اطلاعات دریافتی از سایت سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور و برداشت‌های میدانی، طول محور آزادراهی تبریز–زنجان ۲۷۸ کیلومتر می‌باشد (از نقطه شروع آزادراه بلافاصله بعد از بزرگراه کسایی تبریز تا عوارضی سه راه بیجار در زنجان).

این محور شش خطه جداشده با عرض خطوط ۳/٦٥ متر، شانه سمت راست ۲/٦۰ و شانه سمت چپ ۰/۸ متر می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

نکته مهم در مورد این آزادراه وجود دسترسی‌های غیر استاندارد و با زوایای اتصال غیرایمن می‌باشد درحالی‌که طبق آیین‌نامه "طرح هندسی راه‌های ایران- نشریه ٤١٥" هیچ راهی اعم از کشاورزی، خصوصی، خدماتی و رفاهی، حق این نوع اتصال به آزادراه را ندارد. جدول ١، تراکم انواع دسترسی‌ها را به همراه مجموع نرخ تصادفات سه سال برای قطعات آزادراه خلاصه کرده است.

جدول ١. تراکم دسترسی و نرخ تصادفات برای قطعات آزادراه تبریز- زنجان

شماره قطعه	طول قطعه	تعداد دسترسی			تعداد کل دسترسی‌ها	تراکم دسترسی (تعداد در کیلومتر)			تراکم دسترسی کل (تعداد در کیلومتر)	نرخ تصادفات کل برای سه سال (تعداد در کیلومتر)
		دسترسی معمولی و روسازی شده	دسترسی کشاورزی و روسازی نشده	تأسیسات جانبی		دسترسی معمولی و روسازی شده	دسترسی کشاورزی و روسازی نشده	تأسیسات جانبی		
١	٩/٥	٤	٣	٦	١٣	٠/٤٢	٠/٣٢	٠/٦٣	١/٣٧	٥/٥٨
٢	٨/١٥	٠	١	٠	١	٠	٠/١٢	٠	٠/١٢	١٠/٣
٣	٩/٣٥	٣	٥	٤	١٢	٠/٣٢	٠/٥٣	٠/٤٣	١/٢٨	٤/٩٢
٤	٩	٤	٢	٣	٩	٠/٤٤	٠/٢٢	٠/٣٣	١	٢
٥	٩	٣	٢	٤	٩	٠/٣٣	٠/٢٢	٠/٤٤	١	٢/٦٧
٦	١٠	٤	٥	١	١٠	٠/٤	٠/٥	٠/١	١	١/٤
٧	٩	٩	٨	٥	٢٢	١	٠/٨٩	٠/٥٦	٢/٤٥	٠/٨٨
٨	٩/٦٥	٧	٣	٢	١٢	٠/٧٣	٠/٣١	٠/٢١	١/٢٤	٠/٦٢
٩	١١	٧	١	٤	١٢	٠/٦٤	٠/٠٩	٠/٣٦	١/٠٩	٠/٥٤
١٠	١١	٧	٣	٣	١٣	٠/٦٤	٠/٢٧	٠/٢٧	١/١٨	٠/٤٥
١١	١١	٥	٢	٦	١٣	٠/٤٥	٠/١٨	٠/٥٥	١/١٨	٤/٢٧
١٢	١٠	٥	٤	٠	٩	٠/٥	٠/٤	٠	٠/٩	٤/٧
١٣	١٠	٤	١	٣	٨	/٤	٠/١	٠/٣	٠/٨	٣/٨
١٤	٨	٠	٤	٠	٤	٠	٠/٥	٠	٠/٥	٣
١٥	٨/٣٥	٥	٣	٤	١٣	٠/٦	٠/٣٦	٠/٤٨	١/٤٤	٢/٥١
١٦	٩	٥	٢	١	٨	٠/٥٦	٠/٢٢	٠/١١	٠/٨٩	٣/٧٨
١٧	٩	٥	٢	٠	٧	٠/٥٦	٠/٢٢	٠	٠/٧٨	١/٣٣
١٨	١٠	١	٣	٠	٤	٠/١	٠/٣	٠	٠/٤	١/٦
١٩	٩/٢	٧	١	٢	١٠	٠/٧٦	٠/١١	٠/٢٢	١/٠٩	١/٥٢

ب- مسیر تبریز-جلفا

با توجه به اطلاعات دریافتی از سایت سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور و برداشت‌های میدانی، طول محور تبریز-جلفا ١٤٠ کیلومتر است (میدان آذربایجان تبریز تا ورودی شهر جلفا). ضمن اینکه این محور ٤ قسمت مجزا از هم دارد که به شرح زیر می‌باشد:

ب-١- بخش اول از تبریز تا شهر صوفیان می‌باشد که محور شش خطه جداشده بوده و در تقسیمات راه‌های کشور، عملکرد بزرگراهی دارد. طول این مسیر از میدان شهید مدنی تبریز تا ورودی شهر صوفیان (پل روگذر قبل از صوفیان)، ٢٩/٢ کیلومتر می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

ب-٢- بخش دوم از خروجی شهر صوفیان (کیلومتر ٣٠/٨ از مبدأ) تا شهر مرند می‌باشد که محور چهار خطه جداشده بوده و در تقسیمات راه‌های کشور، عملکرد بزرگراهی دارد. این مسیر از خروجی شهر صوفیان تا کیلومتراژ ٥٦/٢ (دو کیلومتر پس از ورودی دوم مرند) می‌باشد که ٢٥/٤ کیلومتر طول داشته و در تقسیمات راه‌های کشور، عملکرد بزرگراهی دارد. از کیلومتر ٥٦/٢ تا کیلومتر ٦٣/٥ اطلاعات تصادفات موجود نمی‌باشد و احتمال می‌رود به دلیل اینکه این ناحیه دقیقاً از کنار شهر مرند عبور می‌کند تصادفات آن در آمار پلیس راهور موجود نباشد.

ب-٣- بخش سوم از خروجی شهر مرند در کیلومتراژ ٦٣/٥ (سه‌راه خوی بازرگان) شروع و تا سه‌راهی زنوز در کیلومتراژ ٨٠/٦ ادامه دارد که طول آن ١٧/١ کیلومتر می‌باشد. این قسمت نیز همانند بخش دوم، چهار خطه جداشده بوده و در تقسیمات راه‌های کشور، عملکرد بزرگراهی دارد.

ب-٤- بخش چهارم از سه‌راه زنوز در کیلومتراژ ٨٠/٦ شروع و تا ایستگاه بازرسی گمرک جلفا در کیلومتراژ ١١٨ ادامه دارد. این بخش از لحاظ تقسیمات راه‌های کشور، عملکرد راه اصلی داشته و طول آن ٣٧/٤ کیلومتر است.

در این پژوهش، برای بررسی اثر تراکم دسترسی بر نرخ تصادفات فوتی و جرحی، این محور به قطعات ٦/٦ تا ١١ کیلومتری تقسیم شد که در مجموع، ١٠٩ کیلومتر مسیری که به آن اشاره شده به ١٢ قطعه تقسیم و تعداد دسترسی‌ها (اعم از دسترسی فعال، دسترسی کشاورزی و روسازی نشده و دسترسی تأسیسات جانبی) در آن به تفکیک معین شده و در ادامه تعداد تصادفات فوتی و جرحی برای هر قطعه مشخص شدند. جدول ٢، تراکم انواع دسترسی‌ها را به همراه مجموع نرخ تصادفات سه سال برای قطعات مسیر تبریز-جلفا خلاصه کرده است.

ج- جاده تبریز-اهر

با توجه به اطلاعات دریافتی از سایت سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور و برداشت‌های میدانی از مبدأ (سه‌راهی اهر در تبریز) تا مقصد (میدان ارسباران اهر)، ٩٣/١ کیلومتر می‌باشد. این محور در سال‌های اخیر یکی از پرتصادف‌ترین جاده‌های کشور بوده و از لحاظ تعداد تصادفات فوتی یکی از پرکشته‌ترین جاده‌های استان به شمار می‌آید با این وجود، پروژه‌های ساخت مسیر جهت مخالف، با سرعت بسیار کم پیش می‌رود. مقایسه حجم‌های جاده اهر-تبریز با آزادراه تبریز زنجان این نتیجه را می‌دهد که میانگین حجم‌های عبوری در جاده تبریز- اهر نزدیک به حجم‌های آزادراه تبریز زنجان می‌باشد درحالی‌که مسیر تبریز اهر دوخطه دوطرفه بوده و مسیر تبریز زنجان شش خطه جداشده می‌باشد. در این پژوهش برای بررسی اثر تراکم دسترسی بر نرخ تصادفات فوتی و جرحی، این محور به قطعات ٦ تا ١٠/٩ کیلومتری تقسیم شد که در مجموع ٩٣/١ کیلومتر (همه بخش‌های جاده تبریز اهر) مسیر جاده تبریز اهر، به ١٢ قطعه تقسیم و تعداد دسترسی‌ها (اعم از دسترسی فعال، دسترسی کشاورزی و روسازی نشده و تأسیسات جانبی) در آن به تفکیک معین شد. جدول ٣، تراکم انواع دسترسی‌ها به همراه مجموع نرخ تصادفات سه سال برای قطعات جاده تبریز-اهر خلاصه کرده است. باتوجه به اینکه سه قطعه آخر جاده تبریز-اهر در طول سه سال تغییرات زیادی داشته است، از دخالت دادن این سه قطعه در محاسبات و نمودارها خودداری شده‌است.

٤- اصطلاحات

در این بخش، به تعریف اجزای اصلی آنالیز آماری و آنالیز شبیه‌سازی ترافیکی و اصطلاحات مورد نیاز در طول این پژوهش، پرداخته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. تراکم دسترسی و نرخ تصادفات قطعات برای مسیر تبریز–جلفا

شماره قطعه	طول قطعه	تعداد دسترسی			تعداد کل دسترسی‌ها	تراکم دسترسی (تعداد در کیلومتر)			تراکم دسترسی کل (تعداد در کیلومتر)	نرخ تصادفات کل برای سه سال (تعداد در کیلومتر)
		دسترسی معمولی و روسازی شده	دسترسی کشاورزی و روسازی نشده	تأسیسات جانبی		دسترسی معمولی و روسازی شده	دسترسی کشاورزی و روسازی نشده	تأسیسات جانبی		
۱	۱۰/۳	۱۵	٦	۹٤	۱۱۵	۱/٤٦	۰/۵۸	۹/۱۳	۱۱/۱٦	۱۲/۸۲
۲	۹/۲	۱۰	۰	۸۷	۹۷	۱/۰۹	۰	۹/٤٦	۱۰/۵٤	۱۲/۰٦
۳	۹/۷	۱۰	۲	٤۰	۵۲	۱/۰۳	۰/۲۱	٤/۱۲	۵/۳٦	۵/۹۸
٤	۸/۲	٤	۲	۲	۸	۰/٤۹	۰/۲٤	۰/۲٤	۰/۹۷	۳/٦٦
۵	۱۰/٦	۹	۸	۲۱	۳۸	۰/۸۵	۰/۷۵	۱/۹۸	۳/۵۸	٦/۳۲
٦	٦/٦	۷	۷	۸	۲۲	۱/۰٦	۱/۰٦	۱/۲۱	۳/۳۳	۹/۲٤
۷	۱۰	۸	٦	۲	۱٦	۰/۸	۰/٦	۰/۲	۱/۰٦	۵/٤
۸	۷/۱	۱۲	٦	۲	۲۰	۱/٦۹	۰/۸۵	۰/۲۸	۲/۸۲	۷/۷٤
۹	۱۰	٤	۲	۳	۸	۰/٤	۰/۲	۰/۳	۰/۹	۳/۲
۱۰	۸	٤	۲	۱	۸	۰/۵	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۸۷	۲/۲۵
۱۱	۸/٤	۵	۲	۱	۸	۰/٦	۰/۲٤	۰/۱۲	۰/۹٦	٤/۵۲
۱۲	۱۱	۱۵	۵	٦	۲٦	۱/۳٦	۰/٤۵	۰/۵۵	۲/۳٦	۸/۲۷

جدول ۳. تراکم دسترسی و نرخ تصادفات قطعات جاده تبریز–اهر

شماره قطعه	طول قطعه	تعداد دسترسی			تعداد کل دسترسی‌ها	تراکم دسترسی (تعداد در کیلومتر)			تراکم دسترسی کل (تعداد در کیلومتر)	نرخ تصادفات کل برای سه سال (تعداد در کیلومتر)
		دسترسی معمولی و روسازی شده	دسترسی کشاورزی و روسازی نشده	تأسیسات جانبی		دسترسی معمولی و روسازی شده	دسترسی کشاورزی و روسازی نشده	تأسیسات جانبی		
۱	۸/۱	۱۳	۲	۷	۲۲	۱/٦	۰/۲۵	۰/۸٦	۲/۷۳	۳/۰۸
۲	۱۰/۹	۱	٤	۱	٦	۰/۰۹	۰/۳۷	۰/۰۹	۰/۵۵	٤/۷۷
۳	۷	٦	۰	۱۳	۱۹	۰/۸٦	۰	۱/۸٦	۲/۷۲	۹
٤	۹	۲	۱	۰	۳	۰/۲۲	۰/۱۱	۰	۰/۳۳	٤/۵٦
۵	۱۰	۲	۲	۰	٤	۰/۲	۰/۲	۰	۰/٤	۵/۱
٦	۷	٦	۰	۰	٦	۰/۸٦	۰	۰	۰/۸٦	۳/۸٦
۷	٦	۲	۲	۵	۹	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۸۳	۱/٤۹	٤/۳۳
۸	۸	۳	۰	۰	۳	۰/۳۸	۰	۰	۰/۳۸	۲/۳۸
۹	٦/۵	۱	۰	۲	۳	۰/۱۵	۰	۰/۳۱	۰/٤٦	٤/۱۵

www.SID.ir

Archive of SID

٤-١- تراکم دسترسی

تراکم دسترسی، تعداد نقاط دسترسی در کیلومتر در یک جهت حرکت را نشان می‌دهد. از آنجایی که در بخش نرخ تصادفات، با توجه به محدودیت‌های آمار تصادفات مربوط به کشور، نرخ تصادفات در دو جهت مخالف راه‌ها، قابل تفکیک نیست، در تعریف تراکم دسترسی نیز از تعداد نقاط دسترسی در هر کیلومتر در هر دو جهت استفاده می‌کنیم (Yi, 2009).

بنابراین مقدار تراکم دسترسی در هر قطعه از راه، از طریق تقسیم تعداد نقاط دسترسی (تعداد در هر دو جهت راه) بر طول هر قطعه از راه محاسبه می‌شود که در معادله (١) نشان داده شده است. این مقدار، نهایتاً میانگین فاصله بین نقاط دسترسی را هم نشان می‌دهد.

$$AD=\frac{N}{L} \qquad (١)$$

در این معادله، L، طول قطعه مورد نظر راه برحسب کیلومتر، N تعداد نقاط دسترسی در هر دو جهت راه در قطعه موردنظر و AD تراکم دسترسی قطعه موردنظر برحسب تعداد در کیلومتر می‌باشد.

٤-٢- تعداد معادل تصادفات (نرخ تصادفات)

زمانی که آنالیز آماری انجام می‌شود تعداد معادل تصادفات در کیلومتر، به‌عنوان یک متغیر آنالیز استفاده می‌شود و مقدار آن از طریق تقسیم تعداد واقعی تصادفات بر طول قطعه موردنظر طبق معادله (٢) محاسبه می‌شود (Yi, 2009).

$$ENC=\frac{ANC}{L} \qquad (٢)$$

در اینجا، ANC تعداد واقعی تصادفات (در هر دو جهت از راه) در قطعه موردنظر، L طول واقعی قطعه موردنظر به کیلومتر و ENC تعداد معادل تصادفات با واحد تعداد در کیلومتر برای هر قطعه می‌باشد. امروزه به‌ویژه در پروژه‌ها، دستورالعمل‌ها و گزارش‌های مختلف، از شاخص "تعداد تصادفات در هر میلیون وسیله نقلیه مایل سفر "یا "تعداد تصادفات در هر میلیون وسیله نقلیه کیلومتر سفر" استفاده می‌شود. ولی با توجه به محدودیت‌های موجود در آمارهای حجم ترافیک میزان پیمایش وسیله نقلیه‌های عبوری از راه‌ها در ایران، در اینجا مجبور به استفاده از شاخص ENC به‌عنوان نرخ تصادفات هستیم. در نتیجه نرخ تصادفات مورد استفاده در این پژوهش از طریق تقسیم تعداد واقعی تصادفات بر طول قطعه موردنظر از راه به دست می‌آید.

این شاخص در معادله (٣) مشاهده می‌شود.

$$\text{Crash Rate} = CR = \frac{ANC}{L} \qquad (٣)$$

در اینجا CR، نرخ تصادفات قطعه مورد نظر، بر حسب تعداد واقعی تصادفات قطعه مورد نظر (در هر دو جهت) بر طول قطعه مورد نظر می‌باشد که با واحد تعداد بر کیلومتر بیان می‌شود.

قابل ذکر است با توجه به موجود نبودن میزان دقیق پیمایش وسیله نقلیه‌ها در ایران، محاسبه شاخص "تعداد تصادفات در هر میلیون وسیله نقلیه کیلومتر سفر" در کشور ما، امری به‌مراتب سخت و چه‌بسا غیرممکن می‌باشد.

به همین دلیل، استفاده از شاخص "تعداد تصادفات در کیلومتر"، معقول‌ترین و منطقی‌ترین شاخص ممکن پیشنهاد می‌شود.

٥- روش‌شناسی پژوهش

٥-١- بخش اول- ایمنی ترافیک

پژوهش‌های انجام‌شده گذشته، نشان می‌دهند که تراکم دسترسی تأثیر چشمگیری بر تصادفات قطعات راه‌ها دارد. البته علاوه بر تراکم دسترسی، ADT و سرعت وسایل نقلیه نیز می‌تواند بر احتمال رخداد تصادفات تأثیر زیادی بگذارند ولی با توجه به محدودیت اطلاعات سرعت و حجم در کشور، در حال حاضر امکان بررسی اثر ADT و سرعت، وجود نداشته و به بررسی اثر تراکم دسترسی در این پژوهش بسنده شده است. هدف این بخش از پژوهش، پیدا کردن ارتباط معنادار بین تراکم دسترسی و تعداد تصادفات است. در این پژوهش، برای آنالیز ارتباط بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات، از روش رگرسیون خطی ساده استفاده شده است. در ادامه نمودارهای پراکنش برای سنجش رابطه بین نرخ تصادفات و تراکم دسترسی، با استفاده از مفاهیم این فصل از پژوهش رسم شده و این ارتباط را بررسی می‌کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۵- بخش دوم- تحلیل عملکرد جاده تبریز- اهر

در این بخش، یک روش شبیه‌سازی میکروسکوپیک ترافیکی بر اساس نرم‌افزار ایمسان برای ارزیابی تأثیر عوامل احتمالی (از جمله فاصله دسترسی‌ها) بر عملکرد ترافیکی جاده تبریز- اهر به کار برده شد. در این روش، ابتدا شبکه ۸۷ کیلومتری از این جاده به همراه دسترسی‌های نوع یک (دسترسی فعال: دسترسی‌های روسازی شده و عرض حداقل شش متر با حجم ترافیکی حداقل ۱۰ وسیله‌نقلیه در ساعت) و دسترسی‌های نوع دو (تأسیسات جانبی و کاربری‌های حاشیه راه) برای شرایط موجود رسم و از اطلاعات حجم و سرعت حاصل‌شده از سایت سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و حجم‌های برداشت‌شده برای وارد کردن در نرم‌افزار ایمسان استفاده شد. پس از ساخت شبکه پایه در نرم‌افزار ایمسان، برای آنالیز تأثیر دسترسی‌ها بر شبکه راه مورد نظر، نیاز به سناریوهای بیشتر برای آنالیز مقایسه‌ای وجود دارد. در این بخش از پژوهش، علاوه بر سناریوی پایه، سه سناریوی دیگر با شرایط مختلف ایجاد شده است که هر کدام از این سناریوها به تفکیک در زیر توصیف شده و در قسمت بعدی، هدف از هر سناریو به‌طور مختصر توضیح داده شده است.

٦- معرفی سناریوهای شبیه‌سازی

برای آنالیز شبیه‌سازی ترافیک از چهار سناریو به صورت زیر استفاده شد که در بخش (الف) تا (د) توضیح داده می‌شود.

الف- سناریوی ۱ (سناریوی پایه)

این سناریو، شبکه ۸۷ کیلومتری مورد نظر را برای شرایط موجود، به‌وسیله دسترسی‌های نوع ۱ و ۳ بررسی می‌کند. هدف از این سناریو، بررسی تأثیر دسترسی‌های موجود در طول شبکه بر عملکرد ترافیک راه اصلی مورد نظر است.

ب- سناریوی شماره ۲

این سناریو، شبکه ۸۷ کیلومتری مورد نظر را برای شرایط موجود، به‌وسیله دسترسی‌های نوع ۱ بررسی می‌کند. هدف از این سناریو، مقایسه این سناریو با سناریوی پایه و بررسی میزان کاهش تأخیر و زمان سفر در اثر حذف دسترسی‌های نوع ۳ هست. البته شایان ذکر است که تأسیسات جانبی و بیشتر کاربری‌های حاشیه راه، جزء جدا نشدنی یک راه می‌باشند و این سناریو فقط میزان تأثیر آن‌ها را بررسی کرده و به‌هیچ‌عنوان پیشنهاد حذف آن‌ها را نمی‌دهد.

ج- سناریوی شماره ۳

این سناریو، حالتی را بررسی می‌کند که دسترسی سه‌راهی ورزقان با سه‌راهی خواجه در محل تقاطع خواجه تجمیع گشته و تأثیر حاصل از این تجمیع در مقایسه با سناریوی حالت پایه سنجیده می‌شود. لازم به ذکر است که تقاطع سه‌راهی ورزقان در یک قوس افقی تند بوده و با توجه به حجم‌های ورودی و خروجی بسیار بالا، تأثیر چشمگیری بر عملکرد ترافیکی شبکه مورد نظر دارد. در حالتی که تقاطع خواجه در یک مسیر مستقیم، کارا و ایمن تر از تقاطع ورزقان قرار دارد.

د- سناریوی شماره ٤

این سناریو، شبکه ۸۷ کیلومتری مورد نظر را برای شرایط راه چهار خطه جداشده بررسی می‌کند (شایان ذکر است که پروژه تبدیل جاده تبریز- اهر به بزرگراه چهار خطه جدا شده در حال انجام بوده و در سال‌های آتی به بهره‌برداری خواهد رسید). هدف از این سناریو انجام مقایسه با سناریوی ۱ و تعیین اختلاف درصد در زمان تأخیر، زمان سفر، تراکم و زمان توقف است. با توجه به اینکه در حال حاضر، هنوز ٦٤ کیلومتر از این جاده به صورت دوخطه دو طرفه می‌باشد این مقایسه برای بررسی پارامترهای مذکور، به ویژه برای طول ٦٤ کیلومتری مذکور، منطقی می‌باشد.

۷- بحث در مورد یافته‌ها

با توجه به نمودار و در صورت وجود ارتباط بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات، نمودار پراکنش (اسکتر پلات) بین این دو پارامتر رسم شده و مقدار ضریب تبیین، R^2، برای هرکدام از نمودارها تعیین می‌شود. در ادامه تست‌های لازم به‌ویژه ضریب همبستگی بین دو پارامتر مستقل و وابسته انجام‌شده و میزان ارتباط بین آن‌ها را مشخص می‌کند.

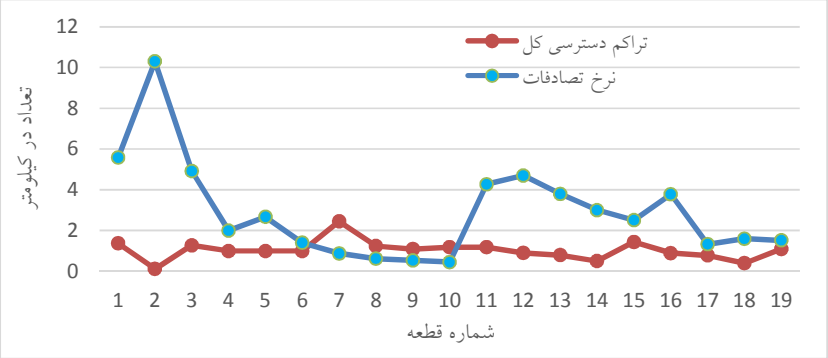
www.SID.ir

Archive of SID

۷-۱- بحث در مورد نتایج آزادراه تبریز-زنجان

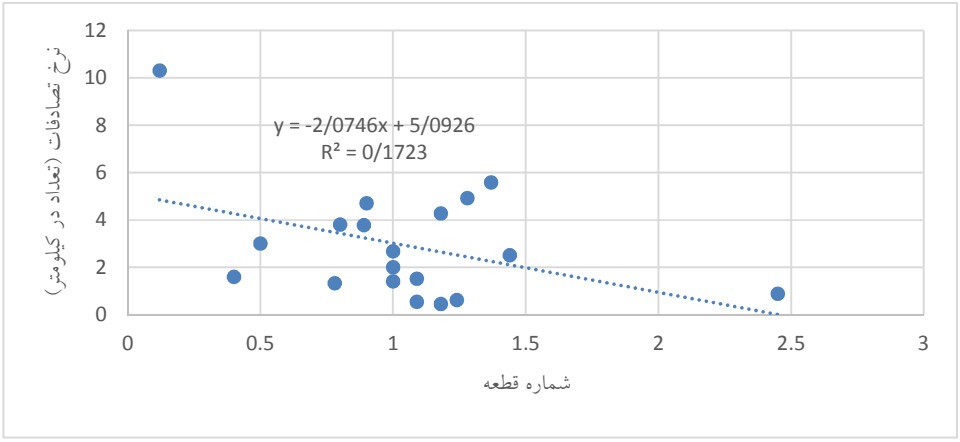
ابتدا با استفاده از جدول ۱ این پژوهش، وجود یا عدم وجود ارتباط بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات سنجیده شده است.

نمودار شکل ۱ این ارتباط را در مورد اطلاعات موجود برای آزادراه تبریز-زنجان نشان می‌دهد.



شکل ۱. رابطه بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات در آزادراه تبریز-زنجان

با توجه به شکل۱، به‌وضوح دیده می‌شود که ارتباط معناداری بین تراکم دسترسی (کل) و نرخ تصادفات فوتی و جرحی در آزادراه تبریز-زنجان وجود ندارد. در ادامه شکل۲ با استفاده از روش رگرسیون خطی ساده نمودار پراکنش بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات را برای آزادراه رسم کرده و بار دیگر ارتباط نداشتن بین دو پارامتر اثبات می‌شود.



شکل ۲. رابطه تصادفات و تراکم دسترسی در آزادراه تبریز زنجان

لازم به ذکر است که ضریب همبستگی بین متغیر مستقل و متغیر وابسته در شکل بالا ۰/۳۲ می‌باشد.

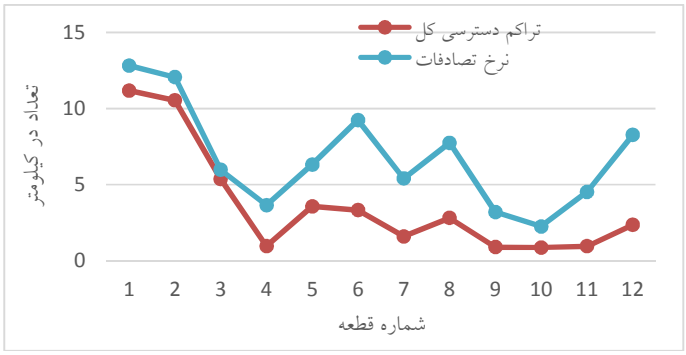
با توجه به مقدار ضریب همبستگی و مقدار ضریب تبیین در شکل ۲ ملاحظه می‌شود که هیچگونه ارتباطی بین نرخ تصادفات و تراکم دسترسی وجود ندارد.

۷-۲- بحث در مورد نتایج مسیر تبریز-جلفا

ابتدا با استفاده از جدول ۲ از این پژوهش، وجود یا عدم وجود ارتباط بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات سنجیده شده است. نمودار شکل ۳ این ارتباط را در مورد اطلاعات موجود برای مسیر تبریز-جلفا نشان می‌دهد.

www.SID.ir

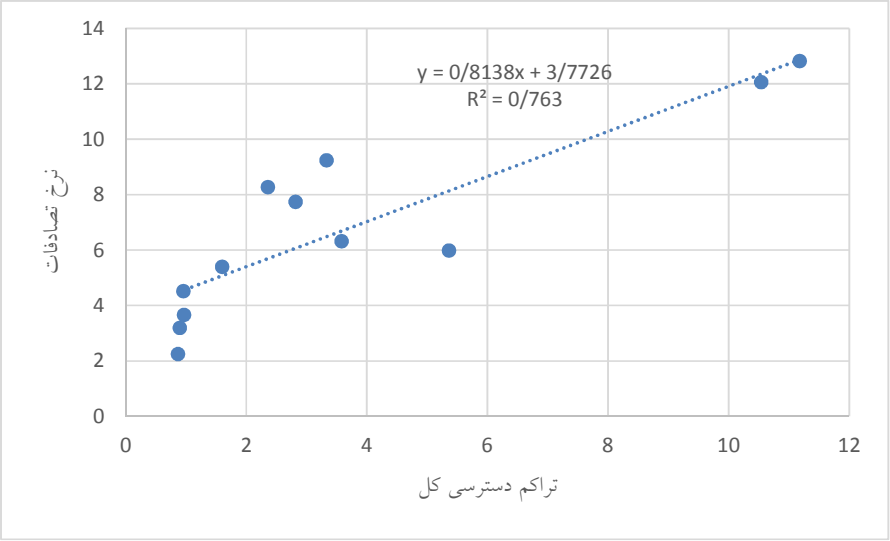
Archive of SID



شکل ٣. ارتباط بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات مسیر تبریز–جلفا

با توجه به شکل ٣، مشاهده می‌شود که در اکثر قطعات این راه، با افزایش تراکم دسترسی، نرخ تصادفات نیز افزایش می‌یابد.

در ادامه، شکل ٤ با استفاده از رگرسیون خطی ساده، نمودار بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات را برای مسیر تبریز–جلفا رسم کرده و بار دیگر ارتباط بین دو پارامتر را بررسی می‌کند.



شکل ٤. رابطه تصادفات و تراکم دسترسی کل در مسیر تبریز–جلفا

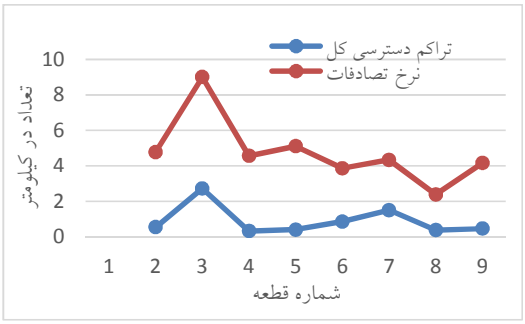
لازم به ذکر است که ضریب همبستگی بین متغیر مستقل و وابسته در شکل ٤، ٠/٨٧ می‌باشد. با توجه به مقدار ضریب همبستگی و مقدار ضریب تبیین و معادله به دست آمده از این شکل، مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم دسترسی، نرخ تصادفات نیز افزایش می‌یابد. درصورتی‌که تعداد یک دسترسی در هر کیلومتر به‌عنوان حالت پایه در نظر گرفته شود نشان می‌دهد که نرخ تصادفات در حالتی که تراکم دسترسی کل از ١ به ١٠ می‌رسد ٢/٥٩ برابر شده و افزایش ١٥٩ درصدی به ازاء ٩ دسترسی اضافی را نشان می‌دهد که نهایتاً نشان‌دهنده ١٧/٧ درصد افزایش نرخ تصادفات به ازاء اضافه شدن در هر دسترسی کل در کیلومتر می‌باشد.

٧-٣- نتایج جاده تبریز–اهر

ابتدا با استفاده از جدول ٣ از این پژوهش، وجود یا عدم وجود ارتباط بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات برای قطعات ٢ تا ٩ سنجیده شده است. نمودار شکل ٥ این ارتباط را در مورد اطلاعات موجود برای جاده تبریز اهر(برای قطعات دوخطه دوطرفه) نشان می‌دهد.

www.SID.ir

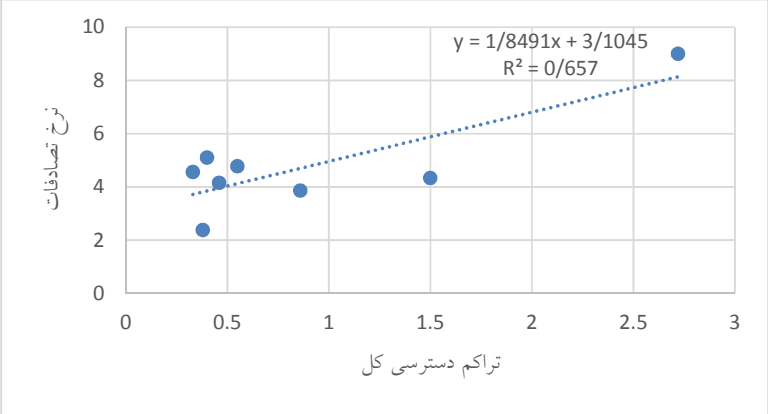
Archive of SID



شکل ٥. ارتباط بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات جاده تبریز–اهر

با توجه به شکل ٥، مشاهده می‌شود که در اکثر قطعات این راه، با افزایش تراکم دسترسی، نرخ تصادفات نیز افزایش می‌یابد.

در ادامه شکل ٦ با استفاده از رگرسیون خطی ساده، نمودار بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات را برای جاده تبریز اهر در قطعات دوخطه دوطرفه رسم کرده و بار دیگر ارتباط بین دو پارامتر را بررسی می‌کند.



شکل ٦. رابطه تصادفات و تراکم دسترسی کل در جاده تبریز–اهر

لازم به ذکر است که ضریب همبستگی بین متغیر مستقل و وابسته در شکل ٦، ٠/٨١ می‌باشد.

با توجه به مقدار ضریب همبستگی و مقدار ضرایب تبیین و معادله به‌دست‌آمده در شکل ٦ مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم دسترسی، نرخ تصادفات نیز افزایش می‌یابد.

درصورتی‌که تعداد یک دسترسی در هر کیلومتر به‌عنوان حالت پایه در نظر گرفته شود نرخ تصادفات در حالتی که تراکم دسترسی کل از ١ به ١٠ می‌رسد ٤/٣٦ برابر شده و افزایش ٣٣٦ درصد به ازاء ٩ دسترسی اضافی را نشان می‌دهد که نهایتاً نشان‌دهنده ٣٧/٤ درصد افزایش نرخ تصادفات به ازاء اضافه شدن هر دسترسی کل در کیلومتر می‌باشد.

٧-٤- مقایسه تأثیر تراکم دسترسی بر آزادراه، بزرگراه و راه دوخطه

با مقایسه نتایج سه بخش قبلی، این نتیجه حاصل شد که بیشترین تأثیر تراکم دسترسی بر نرخ تصادفات در راه‌های دوخطه جدانشده بوده و همچنین ارتباط معناداری بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات در آزادراه مشاهده نمی‌شود. باتوجه به اینکه آزادراه تبریز–زنجان، جزئی از مسیر تبریز–تهران می‌باشد و این مسیر یک مسافت طولانی و خسته کننده‌تری نسبت به دو مسیر دیگر می‌باشد، به نظر می‌رسد تصادفات در این آزادراه می‌تواند ناشی از عوامل دیگر بوده و تراکم دسترسی سهم ناچیزی در نرخ تصادفات آن دارد. با توجه به آمار تصادفات موجود و بررسی علل تصادفات، صحت این دلیل ثابت می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

٧-٥- آنالیز تأثیر دسترسی بر عملکرد ترافیکی جاده تبریز-اهر

پس از وارد کردن داده‌های موردنیاز در نرم‌افزار ایمسان و ساخت شبکه پایه (سناریوی شماره ١) و سناریوهای شماره ٢ تا ٤ هم ساخته شد. نمونه‌ای از نتایج خروجی‌های حاصل از شبیه‌سازی میکروسکوپیک مورد نظر برای سناریوهای موردنظر در پیوست الف ضمیمه شده است. شایان ذکر است که نتایج مقادیر میانگین ناشی از ٥ بار اجرای نرم افزار است. پس از آنالیز هر کدام از سناریوها، نتایج به‌دست‌آمده از هر یک از آن‌ها در جدول ٤ به شرح زیر می‌باشد.

جدول ٤. نتایج آنالیز سناریوی شماره ١

شماره سناریو	تأخیر sec/km/veh	چگالی veh/Km	زمان سفر ثانیه بر کیلومتر	زمان توقف ثانیه بر کیلومتر
سناریو ١	١٤/٩٣	١٠/٦٧	٥٢/٣٣	٩/٢٤
سناریو ٢	١٠/٦٥	٨/٤٣	٤٧/٨٤	٥/١٨
سناریو ٣	١٣/١١	١٠/٥٤	٥٠/١٦	٧/٨
سناریو ٤	٥/٦٣	٧/٥٢	٤٢/٨٩	٢/٣٧

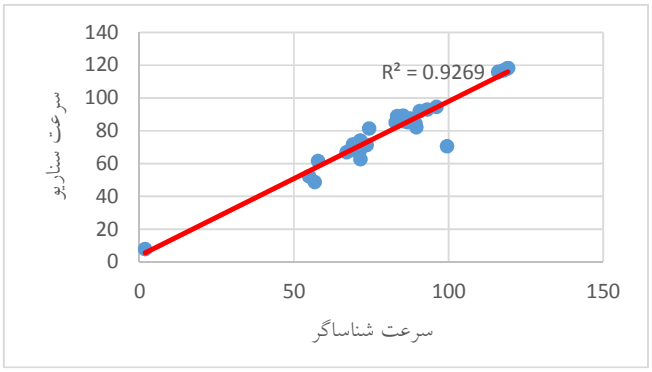
نکته قابل توجه در این سناریو این است که تأسیسات جانبی و کاربری‌های حاشیه راه جزء جدانشدنی راه می‌باشند و هدف این سناریو حذف آن‌ها نبوده و صرفاً جهت ارزیابی میزان تأثیر آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. مقایسه نتایج سناریو شماره ٢ با سناریوی شماره ١، نشان می‌دهد که وجود تأسیسات جانبی و کاربری‌های حاشیه راه، باعث افزایش ٤٠ درصدی در تأخیر می‌شود. همچنین افزایش ٢٦ و ٩ درصدی به ترتیب در چگالی و زمان سفر مشاهده می‌شود. زمان توقف ناشی از سناریوی شماره یک نیز، نزدیک به دو برابر سناریوی شماره دو می‌باشد، نکته قابل توجه در این سناریو، غیر قابل حذف بودن کاربری حاشیه راه و تأسیسات جانبی راه است، با این‌وجود جهت کاهش این تأثیرها، طرح هندسی مناسب در نقطه اتصال به راه و تجمیع دسترسی‌های نزدیک به هم در یک نقطه می‌باشد. مقایسه نتایج سناریوی شماره ٣ با سناریوی شماره ١، نشان می‌دهد که تجمیع دسترسی ورزقان و خواجه در محل تقاطع خواجه، ١٢/٢ درصد کاهش تأخیر وجود دارد. همچنین ١/٢ و ٤/١ درصد کاهش در چگالی و زمان سفر مشاهده می‌شود. باتوجه به این‌که، تقاطع ورزقان در یک قوس تند قرار داشته و در یک مسیر مستقیم در محل تقاطع خواجه با هم تجمیع شده‌اند و با توجه به حجم بسیار زیاد ورودی خروجی به راه اصلی از طریق آن، این بهبود که فقط از طریق تجمیع دو دسترسی در کل شبکه حاصل شده است، قابل ملاحظه بوده و بسیار خوب ارزیابی می‌شود. نکته قابل توجه در سناریو شماره ٤ این است که شبکه شبیه‌سازی فعلی در حال حاضر از ٦٤,٤ کیلومتر راه اصلی دوخطه دوطرفه و ٢٢,٦ کیلومتر راه چهارخطه جداشده تشکیل شده است و این سناریو نتایج حاصل از تبدیل ٦٤,٤ کیلومتر باقیمانده از راه به چهارخطه جداشده را نسبت به حالت فعلی ارزیابی می‌کند. مقایسه نتایج حاصل از سناریوی شماره ٤ با سناریوی پایه، کاهش زمان تأخیر، زمان سفر، تراکم شبکه و زمان توقف را در اثر تبدیل راه دوخطه دوطرفه به چهارخطه جداشده نشان می‌دهد. مقادیر کاهش در پارامترهای مذکور به ترتیب ٦٢، ١٨، ٢٩ و ٧٦ درصد می‌باشد.

٦-٧- اعتبارسنجی

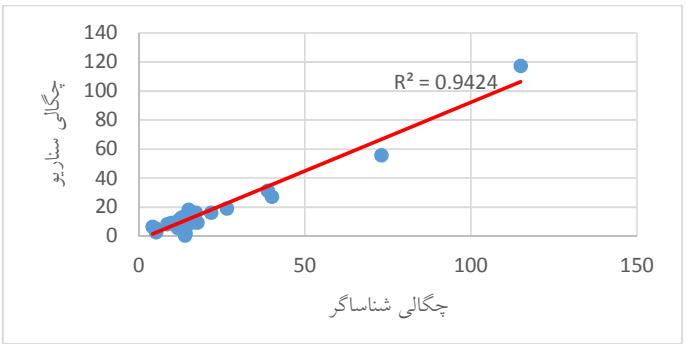
با توجه به موجود نبودن پژوهش مشابه، در این پژوهش استفاده از تعدادی شناساگر (٣٢ شناساگر) در مسیر رفت و برگشت در قطعات مختلف از راه و مقایسه نتایج سناریو با نتایج شناساگر برای ارزیابی سناریوها استفاده شده است. شناساگرهای نرم افزار ایمسان، خروجی‌های مختلف از قبیل تراکم، سرعت، تأخیر، جریان و ... را شامل می‌باشد که در این بخش از تراکم و سرعت برای اعتبارسنجی پژوهش استفاده شده است. نتایج اعتبارسنجی در شکل‌های ٧ تا ١٤ ارائه شده است. طبیعی است که مقادیر بالای ضریب تبیین در نمودارهای شکل ٧ تا ١٤ نشانگر تطابق سناریوهای شبیه سازی با دنیای واقعی بوده و اعتبار داده‌ها و خروجی‌های حاصل از نرم‌افزار شبیه‌سازی را تأیید می‌کنند.

www.SID.ir

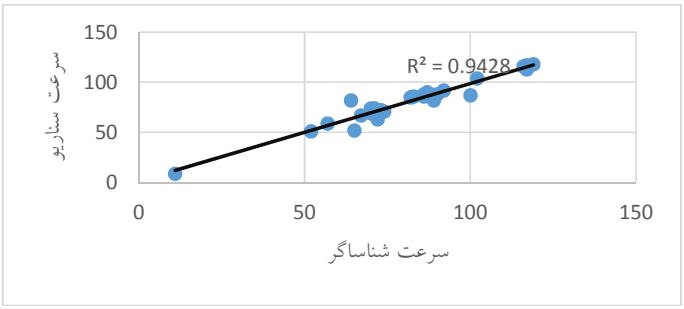
Archive of SID



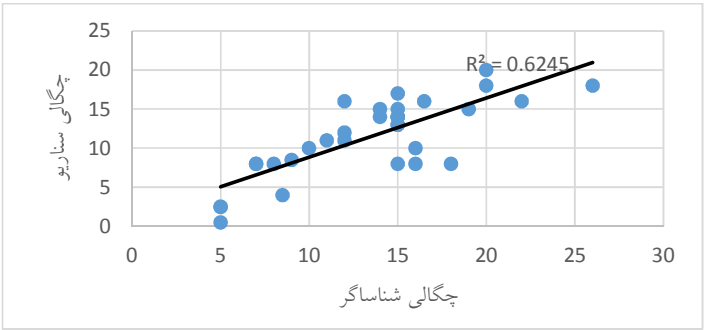
شکل ۷. اعتبارسنجی خروجی‌های سرعت سناریوی شماره ۱



شکل ۸. اعتبارسنجی خروجی‌های تراکم سناریوی شماره ۱



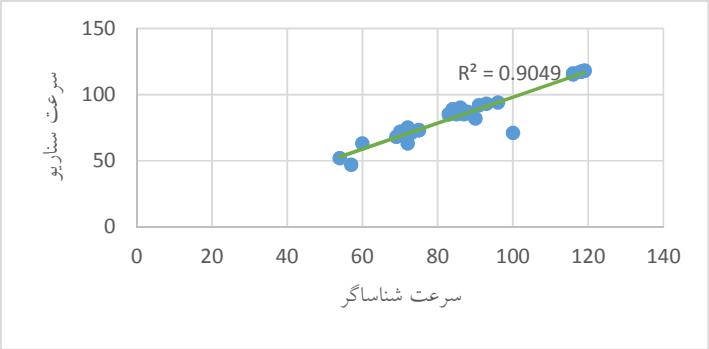
شکل ۹. اعتبارسنجی خروجی‌های سرعت سناریوی شماره ۲



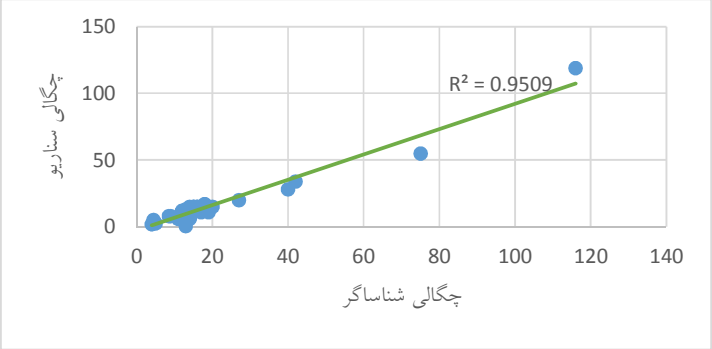
شکل ۱۰. اعتبارسنجی خروجی‌های تراکم سناریوی شماره ۲

www.SID.ir

Archive of SID

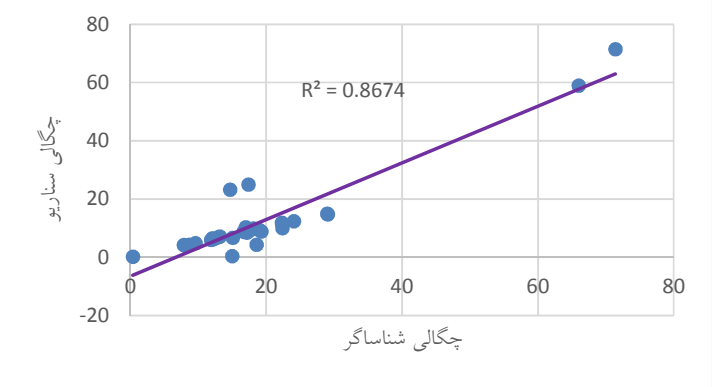


شکل ١١. اعتبارسنجی خروجی‌های سرعت سناریوی شماره ٣



شکل ١٢. اعتبارسنجی خروجی‌های تراکم سناریوی شماره ٣

شکل ١٣. اعتبارسنجی خروجی‌های سرعت سناریوی شماره ٤



شکل ١٤. اعتبارسنجی خروجی‌های تراکم سناریوی شماره ٤

www.SID.ir

Archive of SID

۸- نتیجه‌گیری

با بررسی کلی نتایج، می‌توان به این نتیجه رسید که علاوه بر اینکه دسترسی‌ها و فواصل بین آن‌ها بر عملکرد ترافیک تأثیر می‌گذارد بر ایمنی ترافیک نیز مؤثر بوده و با آن در ارتباط است. لذا نتایج در دو بخش ایمنی و عملکرد ترافیک، به‌طور جداگانه در ذیل ارائه خلاصه می‌شود.

۸-۱- نتایج بخش ایمنی ترافیک

در راه دوخطه و بزرگراهی، تراکم دسترسی با نرخ تصادفات رابطه مستقیم داشته و در آزادراه، ارتباط معناداری بین تراکم دسترسی و نرخ تصادفات مشاهده نمی‌شود.

در مسیر تبریز جلفا، که ترکیبی از مسیر بزرگراهی و راه اصلی دوخطه دوطرفه می‌باشد (طول قسمت بزرگراهی به‌مراتب بیشتر می‌باشد)، به ازا افزایش یک نقطه دسترسی در هر کیلومتر، افزایش ۱۷/۷ درصدی در نرخ تصادفات مشاهده می‌شود.

در مسیر دوخطه دوطرفه تبریز-اهر، به ازا افزایش یک نقطه دسترسی در هر کیلومتر (تراکم دسترسی کل)، نرخ تصادفات ۳۷/٤ درصد افزایش می‌یابد. همچنین در این مسیر، به ازای افزایش یک نقطه دسترسی نوع ۱ یا ۳ در هر کیلومتر، نرخ تصادفات ۳۳/۷ درصد افزایش می‌یابد.

با مقایسه نتایج تأثیر تراکم دسترسی بر نرخ تصادفات درراه‌های دوخطه، بزرگراه و آزادراه، این نتیجه مشهود است که افزایش تراکم دسترسی، بیشترین تأثیر بر نرخ تصادفات را درراه‌های دوخطه دوطرفه دارد.

۸-۲- نتایج بخش عملکرد ترافیک

وجود تأسیسات جانبی و کاربری‌های حاشیه راه، باعث افزایش ٤٠ درصدی در تأخیر، ٢٦ درصدی در چگالی و ۹ درصدی در زمان سفر می‌شود. آشکارسازی مناسب این نوع دسترسی‌ها، جانمایی صحیح و استفاده از خطوط افزایش و کاهش سرعت در محل آن‌ها و افزایش فاصله این نوع دسترسی‌ها از تقاطع‌های پرحجم (برای مثال فاصله جایگاه سوخت خواجه از تقاطع‌های خواجه و ورزقان بسیار کم می‌باشد)، راهکارهای مناسبی برای کاهش این تأثیر می‌باشد.

تجمیع دسترسی ورزقان (که در قوس افقی تند قرار داشته و حجم بسیار زیادی وارد شبکه می‌کند) با دسترسی خواجه (که در مسیر مستقیم قرار دارد)، باعث کاهش ۱۲/۱ درصدی در تأخیر و ٤/۱ درصدی در زمان سفر می‌شود. این موضوع در دسترسی‌های پرحجم دیگر نیز تأثیر مثبتی بر روی عملکرد پارامترهای عملکرد ترافیک شبکه دارد هرچند که تأثیر نسبتاً کمتری نسبت به این حالت دارد. تبدیل راه دوخطه دوطرفه (٦٤ کیلومتر از مسیر ۸۷ کیلومتری مدل‌های شبیه‌سازی) به چهار خطه جداشده در شرایط حجم‌های ترافیکی یکسان، به ترتیب ٦٧، ۳۳ و ۸ درصد در پارامترهای تأخیر، چگالی و زمان سفر کاهش نشان می‌دهد.

۹- مراجع

-Bellomo-McGee, (1993), "Guidelines for Providing Access to Transportation". FHWA.

-Cribbins, P., Horn, J., Beeson, F. & Taylor, R. (1967), "Median Openings on Divided Highways: Their Effect on Accident Rates and Level of Service".

-Eisele, W. L. & Toycen, C. M. (2005), "Identifying and quantifying operational and safety performance measures for access management: micro-simulation results". Citeseer.

-Flora, J. W. & Keitt, K. M. (1982), "Access management for streets and highways".

-Glennon, J. C. (1975), "Technical Guidelines for the Control of Direct Access to Arterial Highways, Department of Transportation", Federal Highway Administration, Office of Research and Development.

-Gluck, J. S., Levinson, H. S. & Stover, V. G. (1999), "Impacts of access management techniques, Transportation Research Board".

-Head, J. A. (1959), "Predicting traffic accidents from roadway elements on urban extensions of state highways". Highway Research Board Bulletin, 208, pp.45-63.

www.SID.ir

Archive of SID

-Papayannoulis, V., S. Gluck, J. & Feeney, K., (1999), "Access Spacing And Traffic Safety. TRB Circular E-C019: Urban Street Symposium.

-Preston, H., Newton, R., Keltner, D. & Albrecht, C. (1998), "Statistical Relationship Between Vehicular Crashes and Highway Access".

-Zhang, G. & Lu, J. (2010), "Study on signalized access points using microscopic traffic simulation". Traffic and Transportation Studies.

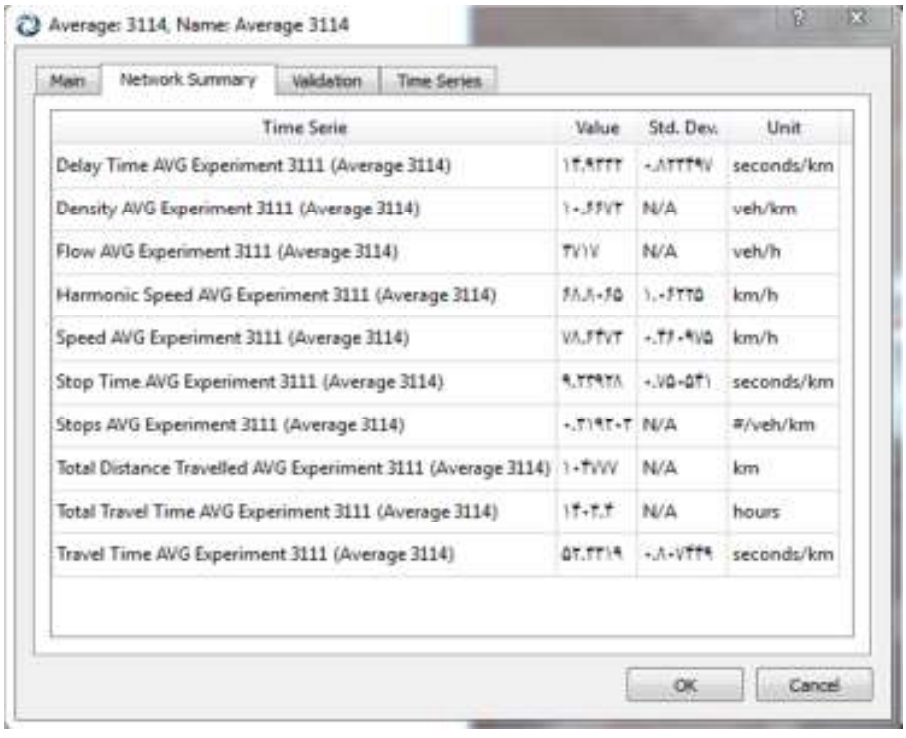
-Huang, B., Zhang, Y., Lu, J. & Lu, L. (2013), "A Simulation Study for Minimizing Operating Speed Variation of Multilane Highways by Controlling Access". Procedia-Social and Behavioral Sciences, 96, pp.2767-2781.

-Koepke, F. J. & Levinson, H. S. (1992), "Access management guidelines for activity centers".

-Levinson, H. & Gluck, J. (2000), "Access Spacing and Safety: Recent Research Results". Fourth National Access Management Conference.

-Levinson, H. S., Koepke,, F. & Allyn, D., (2000), "Indirect Left Turns The Michigan Experience". 4th Annual Access Management Conference Portland, Oregan.

پیوست الف



نمونه‌ای از خروجی‌های نرم‌افزار ایمسان (سناریوی شماره ۱)

www.SID.ir