فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

شبیه‌سازی تأخیر در شبکه معابر شهری با استفاده از نرم‌افزار ریزنگر VISSIM مطالعه موردی شهر نور

علی منصور خاکی[۱]، فاطمه یوسفی[۲]، حامد یوسفی[۳]

۱- دانشیار دانشگاه علم و صنعت

۲- دانشجوی دکتری مهندسی عمران گرایش حمل و نقل دانشگاه شمال آمل

۳- کارشناس ارشد مهندسی عمران گرایش راه و ترابری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

چکیده

تخمین تأخیر در شبکه شهری یکی از مهمترین مسائل مطرح در "سیستم اطلاعات پیشرفته مسافر" است. به این دلیل که در تصمیمات فردی رانندگان در انتخاب کوتاهترین مسیر، پرهیز از ازدحام ترافیکی و بهبود کارایی شبکه بر اساس اطلاعات وابسته به تأخیر و زمان سفر کل شبکه شهری مؤثر است. در این پژوهش، تأخیر شبکه معابر و گره‌های شهر نور مازندران با کمک نرم‌افزار ریزنگر VISSIM، تعیین شد. شبکه مورد مطالعه با تقاطع‌های هم‌سطح بدون چراغ راهنمایی و با تابلوهای رعایت حق تقدم است. برای این منظور، پس از تعیین ساعت اوج شبکه، داده‌های میدانی مربوط به احجام وسایل نقلیه در ساعت اوج در گره‌های ترافیکی شبکه، با استفاده از روش فیلمبرداری و به طور همزمان، برداشت شد. همچنین برای انجام شبیه‌سازی مشخصات هندسی شبکه، از جمله تعداد لینک‌های ارتباطی اصلی، مجموعه خطوط عبوری، محل گردش‌ها، تابلوهای رعایت حق تقدم، کاهش و افزایش سرعت و سایر پارامترهای مورد نیاز برداشت شد. با انجام شبیه‌سازی، تأخیر در گره‌های شبکه بدست‌آمد و نقاط حساس با مشکل ترافیکی مشخص شد. همچنین به منظور اعتبارسنجی نتایج بدست آمده، تأخیر بدست آمده از نرم‌افزار با تأخیر بدست آمده از روابط ارائه شده در HCM مقایسه و اعتبار مدل تأیید گردید.

کلید واژه: تأخیر، شبیه‌سازی، **VISSIM**، شبکه شهری.

۱- مقدمه

شبیه‌سازی در مهندسی ترافیک بطور گسترده‌ای در حال استفاده است و استفاده از ایده‌های جدید در مدیریت، کنترل ترافیک و افزایش ابعاد مسائل مورد بحث در این زمینه دلایل اصلی استفاده روز افزون از نرمافزارهای شبیه‌ساز هستند. در نرم‌افزار شبیه‌ساز VISSIM، نحوه چیدمان و ویژگیهای عناصر شبکه و اطلاعات مربوط به تقاضای ترافیک در قالب یک "سناریو" به عنوان ورودی برای مدل معرفی می‌شود. سپس مدل پس از اجرا، در دو بخش اصلی خروجی‌های آماری و گرافیکی، خروجی مربوط به سناریو را برای تحلیل به کاربر برمی‌گرداند. خروجی‌های آماری به صورت کمی نحوه عملکرد محتمل سیستم را در قالب شاخص‌های ارزیابی نظیر متوسط تأخیر، سرعت سفر، تعداد وسایل گذر کرده از شبکه، کل مسافت پیموده شده، زمان سفر کل و ... به کاربر نشان می‌دهد. هدف از این پژوهش، تعیین میزان تأخیر به‌دست‌آمده در یک شبکه‌ی شهری است. برای این منظور تأخیر کل شبکه شهر نور واقع در استان مازندران که دارای یک شبکه‌ی خطی با تقاطع‌های بدون چراغ می‌باشد با کمک نرم‌افزار VISSIM تعیین شده و چگونگی عملکرد تسهیلات ترافیکی موجود در این شبکه مورد بررسی قرار گرفته است. میزان تأخیر تخمین زده شده در این پژوهش بر اساس مدل مبتنی بر شبیه‌سازی است و به‌منظور اعتبار سنجی آن از داده‌های واقعی حاصل از برداشت میدانی تأخیر کنترلی در گره‌های شبکه مورد مطالعه، استفاده شده است.

۲- مروری بر منابع

مطالعات مختلفی به منظور مدل‌سازی تاخیر وابسته به

پارامترهای ترافیکی صورت پذیرفته است که به بررسی برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

ستین و همکاران از دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه الد دومینین، در مقاله‌ای تحت عنوان "کالیبراسیون توابع حجم-تأخیر برای تخصیص ترافیکی در مدل‌های تقاضای سفر" به ارزیابی کالیبراسیون توابع حجم-تأخیر (VDFs) برای تخصیص ترافیکی در مدل‌های تقاضای سفر (TDMs) پرداختند [۱]. در مقاله‌ی دیگری تحت عنوان "تخمین توزیع تأخیر برای سفرهای شهری" بر اساس اندازه‌گیری‌های نمونه، ژنگ و همکاران از دانشگاه فنی دلفت هلند از دو روش نمونه‌گیری شامل نمونه‌گیری اتفاقی (RS) و نمونه‌گیری لاتین‌هایپرکیوب (LHS) برای بدست آوردن تأخیر نمونه از اندازه‌گیری‌های کلی، استفاده کردند [۲].

در پژوهشی تحت عنوان "روشی برای تحلیل طول صف و تأخیر در نواحی مورد مطالعه"، رمضانی و همکاران از دانشگاه ایلینویز، روش‌هایی برای تخمین تأخیر و هزینه کاربران در نواحی مورد مطالعه، ارائه داده‌اند. در این مطالعه، سه نوع صف، صف در حال حرکت، صف ایستاده و ترکیب صف در حال حرکت و ایستاده، مورد بحث قرار گرفته است و روشی برای تخمین طول صف در حال حرکت و تأخیر، ارائه شده است. همچنین روندی به جهت تطبیق روش پیشنهادی برای صف‌های در حال حرکت با ترکیب صف‌های ایستاده و در حال حرکت، پیشنهاد شده است. این روش بر روی داده‌های میدانی صورت گرفته و چگونگی تأثیر انتخاب طول فواصل زمانی تحلیل بر دقت تخمین تأخیر و طول صف، مورد بحث قرار گرفته است [۳].

در مقاله‌ای تحت عنوان "روش تشخیص سرفاصله مکانی برای تخمین تأخیر در خیابان‌های شهری"، شاو و همکاران از دانشکده مهندسی عمران دانشگاه اکرون، به ارائه یک مدل عملی برای تخمین زمان سفر واقعی، در لینک‌های شهری در زمان واقعی، پرداختند. روش تشخیص سرفاصله زمانی، برای تخمین تأخیر (GRADE)، در این مقاله معرفی و تست شده‌است. در این روش، از سیستم ترافیکی موجود، برای تخمین زمان سفر لینک در محاسبات تأخیر میان دو تقاطع، استفاده شده‌است [۴].

ژنگ و همکاران، در پژوهشی تحت عنوان "ارزیابی تخمین زمان سفر در شبکه شهری براساس داده‌های میدانی به دست آمده از وسیله‌ی نقلیه کاوشگر" زمان سفر لینک‌ها یا راه‌های کامل را تخمین زده‌اند. برای این منظور دو روش برای تخصیص زمان سفر جمع‌آوری شده توسط وسایل نقلیه کاوشگر میان دو فاصله زمانی پشت سر هم، در لینک‌های مجزا، استفاده شده است. یک روش، روش احتمالی است که توسط هلینگا ایجاد شده و روش دیگر روش مسافت-نسبت است [۵].

در پژوهشی دیگر که توسط میپینگ و جینگ در سال ۲۰۱۳ با رویکرد کنترل و مدیریت ترافیک صورت پذیرفت، با استفاده از نرم‌افزار VISSIM اقدام به تعیین روشی مناسب برای کنترل تقاطعات نمودند. در این پژوهش تفاوت میان تقاطعات چراغدار و بدون چراغ با رعایت حق تقدم بر اساس تحلیل تاخیر ایجاد شده با استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار VISSIM مورد بررسی قرار گرفت. سپس با توجه به میانگین تاخیر وسایل نقلیه در تقاطعات تحت حالات مختلف کنترل ترافیکی، اقدام به انتخاب نوع مناسب کنترل تقاطع (چراغدار و یا با تابلو رعایت حق تقدم) شد [۶].

در انجام این پژوهش با توجه به مطالعات مورد بررسی فرض شد که رانندگان، رفتاری معقول و طبیعی دارند و شرایط ترافیک، به‌صورت ثابت در دوره تحلیل درنظرگرفته شد. همچنین داده‌های میدانی در شرایط عادی ترافیکی، یعنی روزهای غیرتعطیل برداشت و در شبیه‌سازی با نرم‌افزار VISSIM، شبکه واقعی، به صورت شبکه‌ای متشکل از گره‌ها و لینک‌ها، مدل شد که در انجام این مطالعه لینک‌ها و گره‌ها (تقاطع‌ها) اصلی شهر، مورد بررسی قرار گرفتند. قسمت‌های ارائه شده در این مقاله صرفاً جهت نشان دادن قالب و ساختار تهیه مقالات بوده و تعداد و عنوان بخش‌های مرتبط می‌تواند به تناسب ماهیت کار پژوهشی مربوطه تغییر نماید[۲].

۳- مواد و روش‌ها

این مطالعه در شبکه‌ی ترافیکی شهری شهر نور که یک شبکه‌ی خطی هموار با شیب۲٪- تا ۲٪است، انجام شده است. در شبیه‌سازی با نرم‌افزار VISSIM، این شبکه به‌گره‌ها و لینک‌ها، تجزیه شده است. در این شبکه دو نوع گره تعریف شده، گره‌های ورودی-خروجی به شهر به تعداد هشت عدد و گره‌های میانی به تعداد چهارده عدد که همان تقاطع‌های میان‌شهری است. تقاطع‌های این شبکه از نوع همسطح، بدون چراغ راهنمایی و با کنترل ترافیکی از نوع رعایت حق تقدم هستند. لینک‌های معرفی شده، لینک‌های ارتباطی که همان خیابان‌های شهری

میان تقاطع‌ها و لینک‌های ورودی- خروجی به شهر هستند.

این تحقیق در شش مرحله انجام پذیرفته است که در گام اول به تعیین محل مورد مطالعه با در نظر گرفتن خصوصیات شبکه انتخابی و مفروضات تحقیق پرداخته شد. در گام دوم پارامترهای هندسی و ترافیکی شبکه مورد مطالعه به صورت میدانی برداشت شد. در گام سوم پارامترهای مورد نیاز جهت پیاده‌سازی شبکه مورد مطالعه در نرم‌افزار شبیه‌ساز از جمله ساعت اوج، فاصله بحرانی و ظرفیت هر معبر در شبکه مورد مطالعه تعیین شد. در گام چهارم داده‌های ورودی و شبیه‌سازی شبکه شهری مورد بحث با پارامترهای قابل قبول در ایران اعمال شد. در گام پنجم به استخراج و تحلیل خروجی‌های نرم‌افزار پرداخته شد و در آخرین گام چند تقاطع به عنوان نمونه انتخاب و برداشت تأخیر کنترلی به‌منظور اعتبارسنجی مدل نهایی تعیین شد.

۳-۱- محدوده مورد مطالعه

شبکه‌ی موردنظر یک شبکه‌ی ترافیکی شهری خطی با تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی و با شیب مسطح است. برای شبیه‌سازی شبکه‌ی مورد نظر در نرم‌افزار، شبکه به لینک‌ها و گره‌هایی تقسیم شده‌است که در آن، لینک‌ها معابر و اتصال‌دهنده‌ها و گره‌ها تقاطع‌ها و میدان‌ها هستند. شبکه‌ی مورد نظر به تفکیک گره‌ها در شکل آورده شده‌است (شکل ۱). همچنین در جدول نام تقاطع‌های مذکور آورده شده است (جدول ۱).

شکل ۱: تصویر هوایی شبکه‌ی شهر نور به تفکیک شماره گره‌ها

جدول ۱: اسامی تقاطع‌ها به تفکیک شماره گره

شماره‌ی گره	اسم تقاطع	شماره‌ی گره	اسم تقاطع
۱	تقاطع کمربندی شرقی	۸	تقاطع اسپندبد
۲	تقاطع اداره‌ی پست	۹	میدان خوابگاه
۳	میدان امام خمینی (ره)	۱۰	تقاطع مزار
۴	تقاطع پلاژ شهرداری	۱۱	میدان کارگر
۵	میدان فیضیه	۱۲	تقاطع آیت الله بهشتی
۶	تقاطع آیت الله خامنه‌ای	۱۳	تقاطع جاده چمستان
۷	تقاطع پلیس‌راه	۱۴	تقاطع جاده عباسا

فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال هجدهم / زمستان ۱۳۹۷ / شماره ۷۵

پارامترهای هندسی تقاطع‌های بدون چراغ مورد مطالعه جدول ۲:

شماره تقاطع	عرض راه اصلی به متر	عرض راه فرعی به متر	تعداد خطوط عبور راه اصلی در هر جهت	تعداد خطوط عبور راه فرعی در هر جهت	نوع راه اصلی	نوع راه فرعی	شیب
۱	۷/۳۰	۷/۳۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ اصلی	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	۲٪ تا ۲-٪
۲	۷/۳۰	۷/۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۳	۷/۳۰	۶/۸۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۴	۷/۳۰	۶/۸۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	خیابان محلی فرعی	۲٪ تا ۲-٪
۵	۷/۳۰	۷/۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۶	۷/۳۰	۷/۳۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ اصلی	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	۲٪ تا ۲-٪
۷	۷/۳۰	۷/۳۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ اصلی	خیابان محلی فرعی	۲٪ تا ۲-٪
۸	۷/۳۰	۶/۸۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	خیابان محلی فرعی	۲٪ تا ۲-٪
۹	۷/۳۰	۶/۸۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۱۰	۷/۰	۶/۸۰	۲	۲	خیابان محلی اصلی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۱۱	۶/۸۰	۶/۸۰	۲	۲	خیابان محلی اصلی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۱۲	۶/۸۰	۶/۸۰	۲	۲	خیابان محلی اصلی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۱۳	۷/۳۰	۷/۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ اصلی	خیابان محلی اصلی	۲٪ تا ۲-٪
۱۴	۷/۳۰	۷/۳۰	۲	۲	شریانی درجه‌ی ۲ فرعی	شریانی درجه‌ی ۲ اصلی	۲٪ تا ۲-٪

۳– ۲– برداشت آمار و تخمین ساعت اوج

با توجه به اینکه هیچگونه آمار ثبت شده و قابل استناد از شبکه‌ی مورد مطالعه موجود نبود، نیاز به برداشت احجام وسایل‌نقلیه و تخمین ساعت اوج بود که با توجه به گستردگی مطالعه‌ی حاضر، برای در دست داشتن معیاری جهت تخمین درست محل برداشت داده‌های آماری، ابتدا شبکه‌ی موجود با توجه به طرح هندسی اجزا و کنترل ترافیکی موجود در شبکه در نرم‌افزار مدل شد و سپس احجامی با توجه به آمار حدودی که از مشورت با پلیس‌راه منطقه به‌دست آمد، نقاطی در شبکه که بیشترین چگالی ترافیکی و زمان از دست داده‌شده در آن‌ها اتفاق افتاد، با شبیه‌سازی در نرم‌افزار مشخص و به عنوان ایستگاه‌های برداشت داده‌های ترافیکی انتخاب شد.

بیشترین چگالی و زمان ازدست‌رفته در محل گره‌ها که همان تقاطعات هستند، که در مدل اتفاق افتاد. پس از مشخص شدن نقاط، احجام ترافیکی در هشت هفته، از ساعت ۰۷:۰۰ صبح تا ساعت ۱۹:۰۰ عصر به جز روزهای تعطیل، از شنبه تا پنجشنبه، برداشت شد. در برداشت آمار از استقرار دوربین فیلمبرداری در محل تقاطعات، استفاده شد. پس از برداشت احجام و تحلیل داده‌ها، دو ساعت اوج که یکی در صبح و دیگری در عصر بدست آمد که برای تخمین تأخیر از بیشترین حجم ساعتی اتفاق افتاده، که از ساعت ۰۷:۱۵ تا ساعت ۰۸:۱۵ صبح شنبه اتفاق افتاد، جهت ورودی به نرم‌افزار استفاده شد.

۳–۳– پارامترهای مورد نیاز برای شبیه‌سازی

به‌منظور شبیه‌سازی شرایط موجود تقاطع‌ها در نرم‌افزار، اطلاعات مربوط به طرح هندسی تقاطع‌های مورد مطالعه و رویکردهای منتهی به آن‌ها مورد نیاز است. از جمله پارامترهای هندسی مورد نیاز جهت شبیه‌سازی شبکه مورد مطالعه در نرم‌افزار VISSIM می‌توان، تعداد خطوط عبور در هر مسیر حرکتی، جهت حرکت جریان ترافیکی، عرض خط عبوری، نوع راه، سرعت طرح، نوع و عرض میانه‌ی راه در صورت وجود، شیب رویکردها، محل قرارگرفتن گردش‌ها را نام برد. در جدول پارامترهای هندسی مربوط به تقاطعات آمده است (جدول ۲).

پس از ساختن مدل اولیه شبکه معابر و گره‌های شهر مورد مطالعه، نیاز به اعمال پارامترهای کنترل ترافیکی شبکه، به منظور محاسبه تأخیر کلی آن است. در جدول پارامترهای ترافیکی تقاطع‌های مورد مطالعه آورده شده است (جدول ۳).

جدول ۳: پارامترهای کنترل ترافیکی شبکه‌ی مورد مطالعه

شماره	نام تقاطع	وضعیت چراغ راهنمایی	نوع کنترل ترافیکی
۱	تقاطع کمربندی شرقی	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۲	تقاطع اداره‌ی پست	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۳	میدان امام خمینی	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۴	تقاطع پلاژ شهرداری	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۵	میدان فیضیه	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۶	تقاطع آیت الله خامنه‌ای	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۷	تقاطع پلیس‌راه	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۸	تقاطع اسپندبد	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۹	میدان خوابگاه	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۱۰	تقاطع مزار	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۱۱	میدان کارگر	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۱۲	تقاطع آیت الله بهشتی	بدون چراغ راهنمایی	توقف - احتیاط
۱۳	تقاطع جاده چمستان	بدون چراغ راهنمایی	توقف در دو جهت
۱۴	تقاطع جاده عباسا	بدون چراغ راهنمایی	توقف در دو جهت

همچنین احجام ترافیکی برای بدست آوردن تاخیر به صورت جدول به نرم‌افزار وارد شد (جدول ۴).

جدول ۴: احجام ترافیکی در لینک‌ها

لینک	گره ابتدایی	گره انتهایی	حجم	سرعت	لینک	گره ابتدایی	گره انتهایی	حجم	سرعت
امام خمینی	۱	۲	۸۵۳	۳۰-۵۰	شیخ فضل الله نوری	۱۱	۱۲	۶۰۹	۲۰-۴۰
امام خمینی	۲	۱	۱۷۸۴	۶۰-۸۰	شیخ فضل الله نوری	۱۲	۱۱	۵۶۴	۲۰-۴۰
امام خمینی	۲	۳	۲۳۴۴	۳۰-۵۰	شیخ فضل الله نوری	۱۲	۱۳	۸۱۴	۴۰-۶۰
امام خمینی	۳	۲	۲۰۱۵	۳۰-۵۰	شیخ فضل الله نوری	۱۳	۱۲	۵۸۹	۳۰-۵۰
امام خمینی	۳	۴	۱۸۱۹	۳۰-۵۰	کمربندی جنوبی	۱۳	۱۴	۴۸۹	۷۰-۹۰
امام خمینی	۴	۳	۲۳۵۷	۳۰-۵۰	کمربندی جنوبی	۱۴	۱۳	۷۷۹	۷۰-۹۰
امام خمینی	۴	۵	۱۸۸۱	۳۰-۵۰	جاده عباسا	۸	۱۴	۱۱۱۸	۳۰-۵۰
امام خمینی	۵	۴	۲۸۳۶	۳۰-۵۰	کمربندی شرقی	۱	۱۳	۸۲۱	۷۰-۹۰
امام خمینی	۵	۶	۱۶۸۴	۴۰-۶۰	کمربندی شرقی	۱۳	۱	۹۹۷	۷۰-۹۰
امام خمینی	۶	۵	۲۳۹۷	۴۰-۶۰	آیت الله خامنه‌ای	۶	۹	۱۰۸۸	۳۰-۵۰
امام خمینی	۶	۷	۱۸۸۷	۴۰-۶۰	آیت الله خامنه‌ای	۹	۶	۱۱۲۷	۳۰-۵۰
امام خمینی	۷	۶	۲۶۳۰	۴۰-۶۰	فردوسی	۵	۱۰	۵۴۹	۳۰-۵۰
جاده عباسا	۸	۹	۷۱۵	۳۰-۵۰	فردوسی	۱۰	۵	۴۷۲	۳۰-۵۰
جاده عباسا	۹	۸	۹۳۹	۲۰-۴۰	مسجد جامع	۲	۱۲	۵۳۷	۲۰-۴۰
نیما	۹	۱۰	۶۳۶	۳۰-۵۰	مسجد جامع	۱۲	۲	۸۵۳	۳۰-۵۰
نیما	۱۰	۹	۶۵۷	۳۰-۵۰	اسپندبد	۷	۸	۵۰۳	۲۰-۴۰
نیما	۱۰	۱۱	۷۱۹	۳۰-۵۰	اسپندبد	۸	۷	۲۵۴	۳۰-۵۰
نیما	۱۱	۱۰	۶۲۹	۳۰-۵۰	ناطق نوری	۳	۱۱	۵۶۰	۳۰-۵۰

پس از برداشت پارامترها و احجام ترافیکی مورد نظر داده‌ها به مدل وارد شد و مدل اجرا گردید.

۴- تأخیر نهایی در کل شبکه مورد مطالعه (نتایج)

به‌منظور تعیین تأخیر کل در شبکه مورد مطالعه، در ابتدا برای هر گره نتایج حاصل از ۹ تکرار اولیه ثبت شده است. سپس با محاسبه میزان انحراف معیار و میانگین ۹ نمونه اولیه، میزان تکرار مورد نیاز برای دست‌یابی به تأخیر کل با اطمینان ۹۵٪ با استفاده از رابطه تعیین گردیده است (رابطه ۱).

$$N(m)=\left(\frac{s(m)\,t_{m-1,1-\alpha/2}}{\bar{X}(m)\varepsilon}\right)^2 \qquad (1)$$

که در آن،

= تعداد تکرار مورد نیاز برای دستیابی به اطمینان ۹۵٪

= میزان میانگین نمونه m تایی

= انحراف معیار نمونه m تایی

= درجه معناداری

= میزان خطای مجاز

تعداد تکرار مورد نیاز برابر ۱۹ تکرار است، نتایج حاصل از تکرار لازم جهت تعیین تأخیر هر گره با اطمینان ۹۵٪ و در نتیجه تعیین میزان میانگین تأخیر کل شبکه در ۱۹ مرتبه تکرار، در جدول ارائه شده است (جدول ۵).

۴-۱- اعتبارسنجی مدل

به‌منظور اعتبارسنجی مدل نهایی، تقاطع چمستان به عنوان نمونه انتخاب شده است. تقاطع جاده چمستان از تقاطع دو راه شریانی درجه‌ی ۲ اصلی و خیابان محلی اصلی تشکیل شده‌است. این تقاطع به صورت چهارراه و با کنترل ترافیکی بدون چراغ راهنمایی و با رعایت اولویت حق تقدم است. این تقاطع اولین تقاطع پس از ورودی جنوب شرقی شبکه‌ی مورد نظر است. همه‌ی رویکردها دارای عملکرد دوطرفه هستند در این تقاطع میزان تأخیر خروجی نرم‌افزار در ۶ مرتبه تکرار آن با نتیجه اندازه‌گیری میدانی تأخیر در تقاطع مورد نظر با روش HCM که مبتنی بر تعیین تأخیر با کمک احجام اندازه‌گیری شده است، مقایسه و ارزیابی گردیده است. حجم‌های گردشی در تقاطع مذکور در روز شنبه ساعت ۷:۱۵ الی ۸:۱۵ به مدت ۶ هفته برداشت شده و تأخیر حاصل با استفاده از رابطه تعیین شده است (رابطه ۲) [۷].

$$d=t_s+900T\left[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+\frac{h_d x}{450T}}\right]+5 \qquad (2)$$

که در آن:

= متوسط تأخیر بر حسب s/veh،

= درجه استفاده ()،

= سرفاصله زمانی بر حسب s، و

= دوره‌ی زمانی تحلیل بر حسب h،

در جدول مقادیر تأخیر حاصل از رابطه بالا و تأخیر خروجی نرم‌افزار شبیه‌ساز در ۶ مرتبه تکرار ارائه شده است (جدول ۶).

جدول۵: نتایج تخمین تأخیر حاصل از شبیه‌سازی در کل شبکه برای ۱۹ مرتبه تکرار

شماره‌ی تکرار	تأخیر در کل شبکه (ثانیه)
۱	۳۸۲/۱۹
۲	۴۳۲/۰۳
۳	۵۴۱/۴۵
۴	۴۵۰/۴۰
۵	۴۶۸/۶۱
۶	۴۳۲/۳۲
۷	۴۲۴/۰۵
۸	۴۹۵/۷۵
۹	۴۲۹/۷۱
۱۰	۴۶۱/۸۴
۱۱	۴۲۰/۷۷
۱۲	۴۵۳/۹۷
۱۳	۴۷۳/۸۲
۱۴	۳۹۸/۵۶
۱۵	۵۰۳/۳۵
۱۶	۴۷۲/۹۶
۱۷	۴۸۳/۹۱
۱۸	۵۱۰/۳۳
۱۹	۴۵۰/۷۶
میانگین	۴۵۷/۲۰
انحراف معیار	۳۹/۸۱
میزان خطا	۳۱/۲۹
بازه‌ی اطمینان تأخیر کل	[۴۸۸/۵و۴۲۵/۹]

جدول ۶: نتایج تخمین تأخیر حاصل از شبیه‌سازی در تقاطع چمستان برای ۶ مرتبه تکرار

شماره‌ی تکرار	تأخیر اندازه‌گیری در ساعت اوج روز شنبه	تأخیر خروجی نرم‌افزار
۱	۸	۵/۲۷
۲	۷	۴/۶۴
۳	۶	۵/۱
۴	۵	۴/۱۹
۵	۵	۳/۶۱
۶	۴	۲/۹۶
میانگین	۴/۲۹۵	۵/۸۳۳
انحراف معیار	۰/۳۶	۰/۶

به منظور اعتبارسنجی خروجی نرم‌افزار شبیه‌ساز از آزمون آماری t-test استفاده شده است. در این آزمون آماری دو گروه نمونه با متغیر تأخیر مقایسه شده‌اند که متغیر اول تاخیر خروجی نرم‌افزار و متغیر دوم تاخیر اندازه‌گیری شده است. پس از تحلیل نتایج حاصل از ۶ تکرار تأخیر اندازه‌گیری شده و تأخیر خروجی نرم‌افزار در بخش تحلیل آماری نرم افزار excel، نتایج حاصل در جدول ارائه شده است (جدول ۷).

جدول۷: آزمون آماری جهت اعتبار سنجی نتایج شبیه‌سازی

	متغیر دوم	متغیر اول
میانگین	۴/۲۹۵	۵/۸۳۳
واریانس	۰/۷۹۶	۲/۱۶۶
مشاهدات	۶	۶
ضریب همبستگی پیرسون	۰/۸۷۶	
اختلاف میانگین فرض شده	۰	
درجات آزادی	۵	
آماره t	-۴/۶۳۵	
P(T<=t) one-tail	۰/۰۰۲۸	
مقدار بحرانی آماره t یک طرفه	۲/۰۱۵۰	
P(T<=t) two-tail	۰/۰۰۵۶	
مقدار بحرانی آماره t دو طرفه	۲/۵۷۰۵	

همان‌طور که از (جدول۶) مشهود است، t اندازه‌گیری شده از t جدول بیشتر است. پس داده‌های خروجی نرم‌افزار در مقایسه با داده‌های اندازه‌گیری شده افزایش معنی‌داری دارند. علت افزایش تأخیر اندازه‌گیری شده در مقایسه با تأخیر خروجی نرم‌افزار در فرضیات تحقیق است. به دلیل فرض هایی که به‌منظور ساده‌تر کردن شبیه‌سازی در نظر گرفته شده شرایط شبیه‌سازی ایده‌آل‌تر از شرایط واقعی شبکه مورد مطالعه است لذا این داده‌ها نسبت به داده‌های خروجی نرم‌افزار افزایش معنی داری دارند. همچنین ضریب همبستگی بین دو گروه تأخیر مقایسه شده بزرگتر از ۰/۸۵ است، لذا تغییرات مشترک زیادی بین دو گروه تأخیر مقایسه شده وجود دارد و اعتبار مدل تأیید می‌گردد.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش پس از یافتن ساعت اوج در شبکه، داده‌های میدانی مربوط به احجام وسایل نقلیه در ساعت اوج در گره‌های ترافیکی شبکه، با استفاده از روش فیلمبرداری و به طور همزمان، برداشت شده‌است. همچنین برای انجام شبیه‌سازی مشخصات هندسی شبکه، اعم از تعداد لینک‌های ارتباطی اصلی، تعداد خطوط عبوری در هر لینک، محل گردش‌ها، تابلوهای رعایت حق تقدم و کاهش و افزایش سرعت و غیره برداشت گردیده است. سپس تأخیر کل در شبکه مورد مطالعه محاسبه و با مقادیر واقعی اعتبارسنجی شده است. مهمترین نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر است.

۱- نتایج حاصل از شبیه‌سازی با نرم‌افزار ریزنگر VISSIM با مقادیر واقعی تا ۹۵٪ اطمینان مطابقت دارد.

۲- تأخیر اوج صبح در کل شبکه متأثر از گره‌های داخلی شهر و تأخیر اوج عصر متأثر از گره‌های ورودی و خروجی شهر است.

۳- به علت کنترل بیشتر گره‌های مورد مطالعه با تابلو ایست، در بسیاری از گره‌ها تداخل ترافیکی رخ داده که موجب افزایش زمان تأخیر کل شبکه مورد مطالعه شده است.

۴- در نقاط داخلی شبکه مورد مطالعه به علت وجود مراکز اموزشی و اداری ازدحام ترافیکی بیشتر نسبت به گره‌های مرزی شبکه مشاهده شده است، در نتیجه تأخیر کل شبکه بیشتر متأثر از گره‌های داخلی شهر است.

همانطور که مشاهده شد رابطه معناداری بین تاخیرهای بدست آمده از نرم‌افزار و رابطه HCM وجود داشت که نشانگر قابلیت اعتماد به خروجی نرم‌افزار ریزنگر VISSIM می‌باشد. با توجه

به قابلیت بالای این نرم‌افزار در شبیه‌سازی و صحت قابل قبول خروجی‌های آن و با توجه به تامین نیازهای مدیریتی می‌توان در بررسی سایر پارامترها در سطح اطمینان بالایی از این نرم‌افزار در تصمیم‌گیری‌های آتی استفاده نمود.

۶- مراجع

1- M. Cetin, P. Foytik, S. Son, A. Khattak, M. Robinson, J. Lee, 2012, Calibration of volume-delay functions for traffic assignment in travel demand models. 91th TRB annual meeting Washington D.C.

2- F. Zheng, H. Van Zuylen, 2011, Estimating the delay distribution for urban trips based on sample measurements. 90th TRB annual meeting Washington D.C.

3- H. Ramezani, R.F. Benkohal, K.A. Avrenli, 2011, Methodology to analyze queue length and delay in work zones. 90th TRB annual meeting Washington D.C.

4- Ch. Shao, P. Yi, C. Feng, B. Wang, 2010, Gap recognition approach to delay estimation on urban streets. 89th TRB annual meeting Washington D.C.

5- F. Zheng, H. Van Zuylen, Y. Chen, 2010, An investigation of urban link travel time estimation based on field sparse probe vehicle data. 89th TRB annual meeting Washington D.C.

6- Procedia - Social and Behavioral Sciences 96 (2013) 2024 – 2031, M. Yun, J. Ji, Delay Analysis of Stop Sign Intersection and Yield Sign Intersection Based on VISSIM.

7- Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 2010, Published by the National Research Council, Washington DC.

Delay simulation in urban network by traffic micro simulation VISSIM - Noor as case study

Ali Mansour Khaki [1], Fatemeh Yoosefi [2] , Hamed Yoosefi [3]

1- Professor of Road & Transportation Engineering, School of Civil Engineering, Iran University of Science & Technology

2-PHD Candidate in Transportation, Shomal University, Iran

3- M.Sc. Road & Transportation Engineering, Noshirvani Industrial University of Babol, Iran

ABSTRACT

Simulation is used to evaluating a real world behavior of a system to find an approach for the best application operation. In fact we can estimate the realistic behavior of a system by simulation. Nowadays, simulating is one of the most powerful ways to study and research. Delay time is a key factor that can influence drivers' behavior, and can let travelers understand what kind of traffic situations they are going to encounter while traveling. Delay prediction for urban networks is an important issue in Advanced Traveler Information Systems since drivers can make individual decisions, choose the shortest route, avoid congestions and improve network efficiency based on the predicted delay time information. Delay time is the difference between the expected travel times, i.e., the time it would take to traverse the system under ideal conditions, and the travel time. It is calculated as the average of all vehicles and then converted into time per kilometer. In this study, as a case study, we used VISSIM to simulate the delay in traffic network of Noor in Iran which is a linear network with unsignalized intersections and priority rules. To do this, first of all we gathered the vehicles volumes of network to drive out the peak hour by using the shooting technique. Also geometric characteristics data of network such as link lengths, number of lanes, lane widths, Right-turns, Left-turns and U-turns positions, priority rules signs and etc collected. As a result of simulating, delays of nodes in network drove out and the critical nodes recognized.