Archive of SID

سنجش اثرات ترافیکی احداث تقاطع‌های ناهمسطح شهری در شبکه معابر و تقاطع‌های پیرامونی

بهنام امینی *[۱] و بابک رحیمی [۲]
[۱] استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
[۲] کارشناس ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

چکیده

احداث تقاطع‌های ناهمسطح در خیابان‌های شریانی شهری با اهداف متفاوتی صورت می‌گیرد که از جمله آن‌ها می‌توان به جداسازی مکانی جریان‌های ترافیکی، ایجاد جریان ترافیک پیوسته، کم شدن زمان سفر و تأخیر و افزایش ظرفیت تقاطع‌ها اشاره کرد. ولی تجربه نشان داده است احداث یک تقاطع ناهمسطح می‌تواند باعث افزایش زمان سفر و کاهش کیفیت تردد در تقاطع‌ها و خیابان‌های شریانی مجاور آن شود که این وضعیت مغایر با اهداف اصلی احداث تقاطع‌های ناهمسطح و ضرورت وجودی آن‌هاست. در این مقاله به بررسی نحوه تأثیرپذیری شاخص‌های ترافیکی شبکه خیابان‌های شریانی شهری در اثر احداث تقاطع‌های ناهمسطح پرداخته شده است. در این راستا شبیه‌سازی ریزنگر یک شبکه فرضی در دو حالت با و بدون تقاطع ناهمسطح تحت شرایط مختلف هندسی و ترافیکی انجام شده است. با استفاده از نتایج شبیه‌سازی، تأثیرگذاری احداث تقاطع ناهمسطح در عملکرد ترافیکی شبکه بر اساس تغییرات در شاخص‌های جریان ترافیک شبکه و همچنین پارامترهای مدل دو سیال مورد بررسی قرار گرفته است. مدل دو سیال روابط نسبتاً ساده‌ای میان زمان حرکت متوسط و زمان توقف متوسط در سطح شبکه برقرار می‌کند. مقایسه نتایج حاصل از این دو بخش نشان می‌دهد احداث تقاطع ناهمسطح می‌تواند در شرایطی مقدارکل تأخیر در شبکه را افزایش و مقدار سرعت متوسط و حجم عبوری را کاهش دهد و همچنین باعث افت کارایی عملکرد شبکه خیابانی شهری شود.

واژگان کلیدی: تقاطع‌های ناهمسطح، شبکه معابر، اثرات ترافیکی، مدل دو سیال.

۱- مقدمه

شبکه معابر مجموعه‌ای از راه‌های متقاطع است که در آن امکان دسترسی میان مبادی و مقصدها از طریق مسیرهای مختلف فراهم می‌شود. ظرفیت مسیرها معمولاً محدود به ظرفیت تقاطع‌هاست، زیرا تقاطع‌ها محل عبور نوبتی یا هم‌زمان جریان‌های متقاطع است و بنابر این نسبت به قطعه‌های مسیر ظرفیت کمتری دارند به همین دلیل است که معمولاً تأخیر، راه‌بندان، تصادفات و غیره در محل تقاطع‌ها بیشتر است. به طور کلی برای هدایت ترافیک تقاطع‌ها، راه‌حل‌های متعددی وجود دارد که می‌باید بسته به نوع تقاطع و ویژگی‌های ترافیکی آن راه حل مناسب تجویز شود. در تقاطع‌های راه‌های کم حجم محلی ممکن است هیچ‌گونه وسیله کنترلی به غیر از قوانین حق تقدم وجود نداشته باشد. در حجم‌های بالاتر تابلوی رعایت حق تقدم و یا تابلوی ایست به کار می‌آید. با افزایش اهمیت راه‌های متقاطع و حجم ترافیک مربوطه، به خاطر حفظ ایمنی و نظم عبور و مرور جداسازی جریان‌های ترافیکی متقاطع‌های ضرورت می‌یابد که به دو صورت امکان‌پذیر است: اول جداسازی زمانی و دوم جداسازی مکانی. منظور از جداسازی زمانی استفاده نوبتی وسایل نقلیه از سطح تقاطع است که با استفاده از انواع چراغ‌های راهنمائی میسر می‌شود. جداسازی مکانی جریان‌های ترافیکی با ناهمسطح سازی آن‌ها انجام می‌پذیرد که با احداث انواع سازه‌های روگذر یا زیرگذر حرکت پیوسته و همزمان جریان ترافیکی از محدوده تقاطع صورت می‌گیرد. بنابر این ملاحظه می‌شود که هدایت عبور و مرور در تقاطع‌ها به صورت‌های متفاوتی امکان‌پذیر است ولی سؤالی که همواره مطرح است جایگاه کاربردی هر روش و ارزیابی اثرات مربوطه است.

همه ساله بودجه‌های هنگفتی برای اجرای پروژه‌هائی در جهت بهبود عملکرد و روان‌سازی جریان ترافیک و کاهش زمان سفر در کلان‌شهرها صرف می‌شود که بعضاً به علت عدم مطالعات عمیق علمی تأثیر نامطلوبی بر روی کل شبکه شهری می‌گذارد. این اثرات نامطلوب علاوه بر اتلاف منابع مالی و انسانی، دارای اثرات مخرب زیست‌محیطی در جوامع شهری هستند. معمولاً تبدیل تقاطع همسطح به تقاطع‌های ناهمسطح در شبکه معابر خیابان‌های شریانی شهری با هدف کاهش زمان

* نویسنده مسئول

دریافت ۹۱/۲/۲۸ پذیرش ۹۱/۹/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

تأخیر و افزایش ظرفیت تقاطع‌ها، با صرف زمان و هزینه‌های کلان انجام می‌شود. ولی تجربه نشان داده است احداث تقاطع‌های ناهمسطح در شبکه خیابان‌های شریانی شهری می‌تواند باعث افزایش زمان سفر و تأخیر در شبکه پیرامونی و تقاطع‌های مجاور آن گردد. وجود این تجربیات، ضرورت مطالعات عمیق‌تر و علمی‌تر این پدیده را ایجاب می‌کند تا بتوان معیار مناسبی برای ارزیابی صحیح عملکرد شبکه تحت شرایط تقاطع چراغ‌دار یا تقاطع ناهمسطح به دست آورد. بدین منظور در این مقاله به بررسی نحوه تأثیرپذیری شاخص‌های ترافیکی در شبکه و تقاطع‌های مجاور با احداث تقاطع ناهمسطح در یک شبکه خیابان‌های شریانی شهری، پرداخته شده است.

۲- هدف و چارچوب تحقیق

هدف از این تحقیق سنجش اثرات احداث یک تقاطع ناهمسطح بر روی وضعیت ترافیک شبکه پیرامونی بر اساس یک رویکرد شبیه‌سازی است. در این راستا نخست یک شبکه فرضی در محیط نرم‌فزاری در دو حالت با و بدون یک تقاطع ناهمسطح تحت شرایط مختلف ترافیکی و هندسی شبیه‌سازی خواهد شد. سپس نتایج شبیه‌سازی برحسب شاخص‌های ترافیکی شبکه خیابان‌های شهری شامل زمان تأخیر کل، سرعت و حجم تردد و همچنین پارامترهای مدل دو سیال مورد مقایسه قرار می‌گیرند. مدل دو سیال به عنوان یک مدل درشت‌نگر، روابط نسبتاً ساده‌ای میان زمان حرکت و توقف وسایل نقلیه در یک شبکه خیابانی شهری برقرار می‌کند.

۳- مرور سوابق

تاکنون مطالعات گسترده‌ای درمورد عملکرد تقاطع‌های ناهمسطح و تعیین ضوابط لازم برای ایجاد کارایی و مطلوبیت ترافیکی آن انجام شده است که از جمله این کارها می‌توان به گزارش NCHRP 420 اشاره کرد که در آن به حداقل استانداردهای فاصله‌ای برای تأمین و مدیریت دسترسی‌های تقاطع‌های ناهمسطح و تأثیرات این فاصله‌ها بر روی جریان‌های ترافیکی پرداخته شده است [۱]. Twomey و همکاران [۲] به بررسی ایمنی در تقاطع‌های ناهمسطح و مقدار کارایی انواع آن‌ها از لحاظ ایمنی پرداخته‌اند. Garber و همکاران [۳] تحقیقات گسترده‌ای در مورد نحوه انتخاب نوع تقاطع ناهمسطح انجام داده‌اند و علاوه بر به دست آوردن درصد هر یک از انواع تقاطع‌های به کار رفته شهری و بین‌شهری ، هر یک از انواع تقاطع‌های ناهمسطح از لحاظ شاخص‌هایی همچون ایمنی، هزینه ساخت و نگهداری، حریم مورد نیاز، سهولت دسترسی به کاربری‌های مجاور الویت‌بندی کرده‌اند. Brown و همکاران [۴] عملکرد یک بزرگراه محدود شده به دو تقاطع ناهمسطح و اثرات عملکرد این دو تقاطع ناهمسطح بر روی این بزرگراه با استفاده از شبیه‌ساز Paramics بررسی نموده‌اند. Chein و همکاران [۵] برای به دست آوردن تأخیرات مرتبط با نوع کنترل ترافیک در تقاطع‌های ناهمسطح از نرم‌افزار شبیه‌سازی CORSIM استفاده کرده‌اند. Bared و همکاران [۶] اقدام به توسعه مدل برنامه‌ریزی تقاطع‌های ناهمسطح شهری با استفاده از شبیه‌سازی کرده‌اند. Williams و همکاران [۷] تحلیل حساسیت پارامترهای مدل دو سیال در شبکه خیابانی را با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی انجام داده‌اند. Amini و همکاران [۸ و ۹] مطالعاتی در خصوص سنجش تأثیر پارامترهای هندسی شبکه در کیفیت جریان ترافیک شبکه با استفاده از تئوری دو سیال انجام داده‌اند. Poole و Swenson [۱۰] گزارشی از رفع تراکم تقاطع‌های چراغ‌دار پر ازدحام از طریق احداث زیرگذر و روگذر ارائه کرده‌اند. آن‌ها تغییرات مشخصات ترافیکی در اثر تعریض از شش خط به هشت خط عبور را نیز بررسی کرده‌اند. Nithya و همکاران [۱۱] به منظور ارزیابی سناریوهای ناهمسطح سازی تقاطع‌های یک کریدور پرتراکم در شهر چنای هند از نرم‌افزار شبیه‌سازی VISSIM استفاده کرده‌اند.

علی‌رغم مطالعات فوق در دهه اخیر تحقیقات چندانی در خصوص سنجش اثرات احداث تقاطع‌های ناهمسطح انجام نشده است. علت این امر را می‌توان عمدتاً در دشواری جمع‌آوری آمار و اطلاعات میدانی لازم برای این ارزیابی دانست؛ زیرا هر مطالعه قبل و بعد احداث تقاطع ناهمسطح مدت زیادی به طول می‌انجامد و در این مدت پارامترهای ترافیکی ثابت باقی نخواهند ماند. در این شرایط استفاده از روش‌های شبیه‌سازی اجتناب‌ناپذیر است. از سوی دیگر، این یک واقعیت پذیرفته شده است که در محدوده بلاواسطه یک تقاطع ناهمسطح وضعیت ترافیک بهبود می‌یابد؛ اما در شبکه پیرامونی ممکن است نتیجه معکوس به دست آید.

۴- مبانی نظری مدل‌سازی جریان ترافیک شبکه

به طور کلی مدل‌سازی جریان ترافیک شبکه در دو تراز خرد و کلان امکان‌پذیر است. در مدل‌های خرد یا ریزنگر از متغیرهای خرد عناصر شبکه و وسایل نقلیه و تعامل میان آن‌ها استفاده می‌شود. شبیه‌سازی نیز از جمله مدل‌های ریزنگر به شمار می‌رود که در آن بر اساس یک سری مدل‌های عملکردی، رفتار وسایل

www.SID.ir

Archive of SID

نقلیه در عناصر شبکه در طی گام‌هایی بازسازی می‌شود. مدل‌های کلان‌نگر مبتنی بر متغیرهای میانگین در سطح شبکه بوده و روابط این متغیرها را بیان می‌کنند. در این تحقیق سعی می‌شود از هر دو این مدل‌ها برای ارزیابی اثرات تقاطع‌های ناهمسطح بهره گرفته شود. در این راستا از نرم‌افزار قوی و شناخته شده CORSIM برای شبیه‌سازی جریان ترافیک یک شبکه فرضی استفاده می‌شود. بر اساس نتایج این شبیه‌سازی اقدام به مدل‌سازی کلان متغیرهای شبکه با استفاده از مدل موسوم به دو سیال خواهد شد. در ادامه هر یک از این دو ابزار تحلیلی به اختصار تشریح می‌شوند.

۴-۱- نرم‌افزار شبیه‌سازی CORSIM

همان‌گونه که اشاره شد در این تحقیق از نرم‌افزار CORSIM برای شبیه‌سازی استفاده شده است. این نرم‌افزار در ابتدا به نام TRAF و توسط بخش مدیریت راه وزارت حمل و نقل ایالات متحده (FHWA)، در اواسط دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت و در دو بخش شبیه‌سازی شبکه (NETSIM) و شبیه‌سازی آزاد راه (FRESIM) قادر است سیستم‌های شبکه خیابانی و سیستم‌های آزادراهی را به صورت یک‌پارچه مدل‌سازی کند. در شبیه‌سازی ریزنگر نرم‌افزار حرکت وسایل نقلیه را به صورت انفرادی مدل می‌کند. از مزیت‌های دیگر نرم‌افزار CORSIM توانایی آن در تخصیص ترافیک به شبکه و در نتیجه، دارا بودن قابلیت مدل‌سازی شبکه به منظور برنامه‌ریزی آن است. ورودی اصلی نرم‌افزار، ماتریس مبدأ- مقصد ترافیکی (سفرهای وسیله نقلیه) است.

اطلاعات ورودی نرم افزار شامل موارد زیر است:

- اطلاعات هندسی: موقعیت تقاطع‌ها، طول خیابان‌ها، تعداد خطوط عبور گردش به راست و به چپ، طول خطوط عبور گردش به راست و به چپ، تعداد خط‌های عبور هر رابط در هر جهت و شیب رابط

- اطلاعات ترافیکی: طریقه گردش‌ها از هر رابط، حجم عابر پیاده، سرعت جریان آزاد، میانگین زمان تلف شده اولیه، حالت گردش به راست آزاد یا ممنوع در تقاطع‌ها، اطلاعات تقاطع‌های بدون چراغ، ماتریس مبدأ مقصد و پارامترهای تخصیص ترافیک.

اطلاعات خروجی نرم افزار شامل موارد زیر است:

- سرعت تردد در پیوندها، حجم ترافیک خیابان‌ها، حجم گردش به چپ، گردش به راست و مستقیم در تقاطع‌ها، زمان حرکت، زمان تأخیر و زمان کل حرکت وسیله، نسبت زمان حرکت به زمان کل، شاخص‌های کارایی برحسب مایل سفر، تأخیر برحسب نفر دقیقه، زمان سفر برحسب نفر دقیقه، تعداد سفرها در هر پیوند و طول صف در خطوط.

لازم به ذکر است که نرم‌افزار CORSIM علاوه بر موارد فوق، خروجی‌های متنوع دیگری از جمله مصرف سوخت، آلودگی هوا (انتشار مواد زاید) و ... نیز می‌تواند داشته باشد، که نیاز به ورودی‌های ویژه آن دارد [۱۲].

۴-۲- مدل دو سیال

به طور کلی وضعیت جریان ترافیک در راه‌ها را می‌توان به دو گروه اصلی پیوسته و ناپیوسته طبقه‌بندی کرد. در حالی که روابط بسیار متعددی برای توصیف جریان‌های پیوسته ارائه شده است، مدل‌های محدودی برای بیان شرایط ناپیوسته توسعه یافته‌اند که یکی از معروف‌ترین آن‌ها مبتنی بر تئوری دو سیال است. مدل دو سیال روابط نسبتاً ساده‌ای بین متغیرهای وسایل نقلیه متحرک و متوقف در سیستم برقرار می‌کند و بر دو فرض اصلی استوار است. نخستین فرض این مدل عبارت است از متناسب بودن سرعت حرکت وسایل نقلیه با نسبت وسایل نقلیه در حال حرکت و دومین فرض مدل این است که درصد زمان توقف برای یک وسیله نقلیه متحرک در شبکه (Ts/T) برابر متوسط نسبت کل وسایل نقلیه متوقف در شبکه یعنی fs می‌باشد [۱۱].

روابط زیر را می‌توان ما بین پارامترهای شرح داده شده برقرار نمود:

$$V_r = V_m(1-f_s)^n \qquad (۱)$$

$$T_s = T - T_m^{[1/(n+1)]}T^{[n/(n+1)]} \qquad (۲)$$

$$T_r = T_m^{[1/(n+1)]}T^{n/(n+1)} \qquad (۳)$$

$$f_s = \left(\frac{T_s}{T}\right) \qquad (۴)$$

که در آن‌ها:

V_r: سرعت حرکت متوسط

T: زمان سفر متوسط

V_m: بیشترین سرعت درشبکه

T_s: زمان توقف متوسط

n: شاخص کیفیت سرویس‌های ترافیکی درشبکه

f_s : درصد وسایل متوقف

www.SID.ir

Archive of SID

T_r: متوسط زمان حرکت

T_m: حداقل زمان سفر جریان آزاد به ازای واحد طول شبکه

با داشتن اطلاعات متغیرهای اصلی این روابط یعنی زمان حرکت و توقف وسایل نقلیه و همچنین زمان سفر جریان آزاد شبکه می‌توان به روش رگرسیون لگاریتمی پارامتر n را برای شبکه مورد نظر به دست آورد. پارامتر n شبکه می‌تواند به مانند شیب منحنی T در مقابل T_s در نظر گرفته شود. اگر $n=0$ آن‌گاه $T_r = T_m$ یعنی زمان سفر با همان نرخ زمان توقف تغییر می‌کند. اگر $n>0$ زمان سفر با یک نرخ سریع‌تر از زمان توقف افزایش می‌یابد یعنی زمان حرکت T_r نیز افزایش می‌یابد. دو پارامتر n و T_m و رابطه مابین T_s و T_r و T و چگالی شبکه شاخص‌های مهمی از عملکرد کلان شبکه و تقاطع‌ها هستند [۱۲].

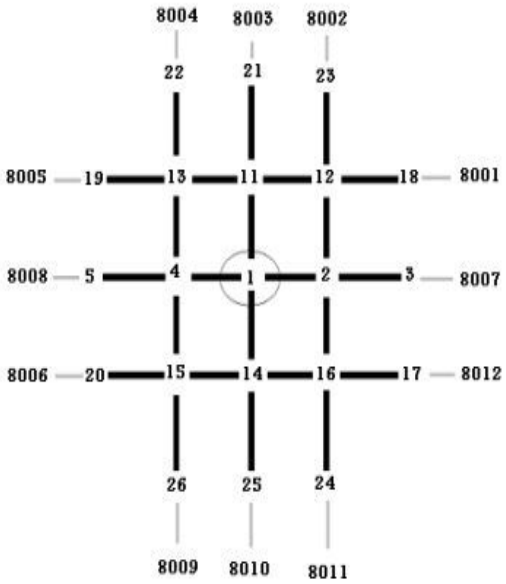
۵- جزئیات شبیه‌سازی شبکه فرضی

در توسعه مدل شبیه‌سازی سعی شده است شرایط واقعی شبکه خیابان‌های شریانی شهری به نحوی در نظر گرفته شود که نتایج حاصل از شبیه‌سازی قابل تعمیم باشد و این کار با ایجاد حالت‌های مختلف هندسی و ترافیکی موجود در مدل امکان‌پذیر شده است. این مدل دربرگیرنده حالات زیر است:

- دو حالت کلی شبکه دارای تقاطع همسطح و ناهمسطح
- فواصل متغیر تقاطع‌ها
- بارگذاری‌های متغیر شبکه

مدل فرضی تحت هر یک از فواصل و بارگذاری‌های متغیر برای هر دو حالت همسطح و ناهمسطح ایجاد شده است تا علاوه بر مقایسه مقدار پارامترها در این دو حالت بتوان چگونگی تغییرات این پارامترها تحت اثر هر یک از متغیرهای هندسی و ترافیکی معین کرد.

شبکه فرضی به صورت یک قطعه شطرنجی شبکه خیابانی شامل ۲۱ گره است که به وسیله خیابان‌های دو طرفه شش خطه با فواصل منظم، بدون خطوط ویژه راست‌گرد و چپ‌گرد به یکدیگر متصل شده‌اند. ساختار شبکه و تقاطع‌ها در شکل (۱) نمایش داده شده است. کلیه تقاطع‌های شبکه به استثناء تقاطع میانی (گره شماره یک) به صورت همسطح و با چراغ راهنمایی هستند اما تقاطع میانی در دو حالت همسطح چراغدار و ناهمسطح با امکان حرکت‌های گردشی تک نقطه‌ای همسطح در نظر گرفته شده است.



شکل ۱- ساختار شبکه فرضی

وسایل نقلیه از ۱۲ گره ورودی با ۷ نوع بارگذاری مختلف ۳۰۰،۵۰۰، ۷۰۰، ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۱۳۰۰ و ۱۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت به شبکه تزریق می‌شوند و در هر طرف سه نقطه ورودی وجود دارند. فواصل تقاطع‌ها در سه حالت متغییر ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ متر قرار دارند. ماتریس مبدأ- مقصد به گونه‌ای در نظر گرفته شده است که توزیع بار به صورت قطری بین گره‌های متقابل جریان داشته باشد و تقاطع میانی گذرگاه عبور بخش عمده ترافیک باشد. چگونگی توزیع فرضی ترافیک مابین گره‌های ورودی و خروجی در جدول (۱) آورده شده است. Va نشانگر حجم بارگذاری‌های مختلفی است که در هر حالت به طور یکسان از گره‌های ورودی پیرامونی به شبکه وارد می‌شوند.

پیوندهای شبکه در هر جهت عبور به صورت سه خطه، بدون خط ویژه گردش به راست یا چپ، بدون شیب و با حداکثر سرعت آزاد ۵۰ km/h بوده است. در تقاطع‌های همسطح، تأخیر اولیه حرکت ۲ ثانیه، سر فاصله تخلیه ۱/۸ ثانیه، ناهم‌راستایی محوری صفر، عرض همه خطوط ۳/۶ متر، خطوط به صورت مستقیم، حوادث کوتاه مدت ۱۲ بار در دقیقه و هر بار به مقدار ۱۵ ثانیه، بدون حوادث بلند مدت، بدون ایستگاه اتوبوس و بدون پارکینگ حاشیه‌ای تعریف شده است. مشخصات ترافیکی تقاطع‌های شبکه شامل حجم عبوری ۷۵ درصد، حجم گردش به چپ ۱۰ درصد، حجم گردش به راست ۱۵ درصد، عبور عابر پیاده با حجم کم (۱۵۰-۱۰۰ عابر در ساعت)، زمان سبز ۳۰ ثانیه، زمان زرد ۳ ثانیه، زمانی که همه چراغ‌ها قرمزند ۲ ثانیه و همه گردش‌ها مجاز در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- ماتریس مبدأ- مقصد بارگذاری شبکه

مبدأ / مقصد	۸۰۰۱	۸۰۰۲	۸۰۰۳	۸۰۰۴	۸۰۰۵	۸۰۰۶	۸۰۰۷	۸۰۰۸	۸۰۰۹	۸۰۱۰	۸۰۱۱	۸۰۱۲
۸۰۰۱						Va						
۸۰۰۲									Va			
۸۰۰۳										Va		
۸۰۰۴											Va	
۸۰۰۵												Va
۸۰۰۶	Va											
۸۰۰۷								Va				
۸۰۰۸							Va					
۸۰۰۹		Va										
۸۰۱۰			Va									
۸۰۱۱				Va								
۸۰۱۲					Va							

پس از ایجاد مدل شبیه‌سازی در نرم‌افزار، هر یک از حالت‌های طرح در بازه‌های زمانی ۶۰ دقیقه‌ای اجرا شد و نتایج خروجی مورد نیاز استخراج گردید.

۶- تجزیه و تحلیل نتایج شبیه سازی

متغیرهای بکار رفته در تجزیه و تحلیل جریان ترافیک شبکه فرضی عبارتند از: مقدار حجم عبوری، زمان سفر کل برحسب وسیله-ساعت، سرعت متوسط بر حسب کیلومتر در ساعت، پارامترهای مدل دو سیال fs و n که از رگرسیون رابطه (۴) بر اساس اطلاعات شبیه‌سازی به دست آمده‌اند.

۶-۱- تغییرات حجم عبوری

یکی از پارامترهای مهم در تحلیل وضعیت شبکه حجم عبوری برحسب وسیله در ساعت است، که مقادیر عددی آن متوسط حجم عبوری در یک ساعت برای کل شبکه بوده و از میانگین احجام به دست آمده برای تمامی پیوندهای شبکه تحت اجرای حالت‌های مختلف شبیه‌سازی حاصل شده است. مقدار حداکثر این متغیر، بیانگر قابلیت گذردهی جریان ترافیک شبکه است. مقادیر عددی به دست آمده برای تمامی حالت‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است.

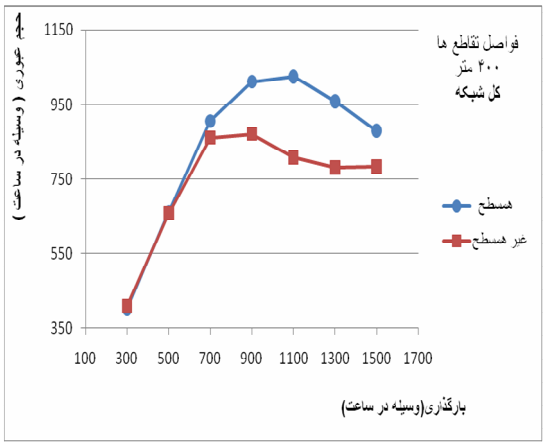
جدول ۲- نتایج میانگین حجم عبوری شبکه در شرایط مختلف (وسیله در ساعت)

میانگین طول پیوند (متر)	حالت شبکه با تقاطع	واحد بارگذاری (وسیله نقلیه در ساعت)						
		۳۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۹۰۰	۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰
۳۰۰	همسطح	۴۰۲	۶۶۸	۹۱۹	۱۰۴۵	۱۰۰۴	۹۴۸	۸۶۷
	ناهمسطح	۳۹۰	۶۵۰	۷۷۲	۷۱۶	۷۲۱	۷۲۲	۶۳۳
۴۰۰	همسطح	۴۰۱	۶۶۲	۹۰۶	۱۰۱۱	۱۰۲۵	۹۵۹	۸۷۹
	ناهمسطح	۴۰۹	۶۵۹	۸۶۱	۸۷۱	۸۰۸	۷۸۱	۷۸۴
۵۰۰	همسطح	۴۰۲	۶۶۷	۹۲۵	۱۰۴۶	۱۰۵۲	۹۴۱	۸۷۳
	ناهمسطح	۳۹۷	۶۲۹	۸۷۱	۹۷۰	۸۹۹	۸۳۰	۸۱۹

همانگونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، برای بارگذاری کمتر از ۷۰۰ وسیله در ساعت مقدار حجم عبوری در هر دو حالت یکسان بوده و با افزایش بارگذاری به بیشتر از ۷۰۰ وسیله در ساعت، مقدار حجم عبوری در حالت همسطح بیشتر از حالت ناهمسطح می‌باشد. از لحاظ تغییر فواصل می‌توان گفت با افزایش فواصل تقاطع‌ها هیچ‌گونه تغییر محسوسی در شکل منحنی در حالت همسطح ایجاد نشده ولی برای حالت ناهمسطح با افزایش فواصل تقاطع‌ها مقدار حجم عبوری افزایش یافته و در فواصل ۵۰۰ متر مقدار حجم عبوری در حالت همسطح و ناهمسطح تقریباً یکسان می‌شوند. در شکل (۲) نمودار حجم عبوری بر حسب مقدار بارگذاری شبکه در میانگین طول پیوند ۴۰۰ متر رسم شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- میانگین حجم عبوری شبکه

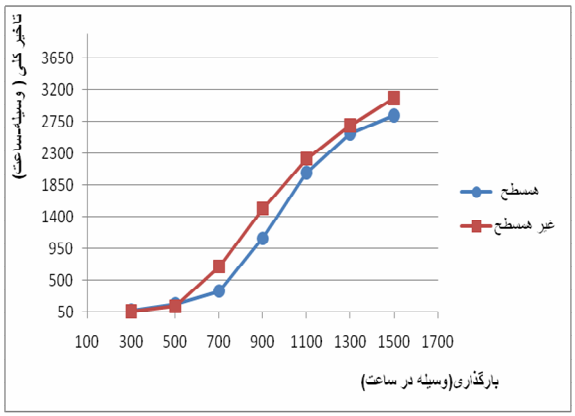
۶-۲- تغییرات تأخیر کل

یکی دیگر از پارامترهای بررسی شده در تحلیل وضعیت شبکه متغیر تأخیر کل برحسب وسیله-ساعت است. مقادیر عددی آن بیانگر تأخیر کل در یک ساعت برای کل شبکه بوده و از مجموع تأخیرهای کل به دست آمده برای تمامی پیوندهای شبکه در حالت‌های مختلف شبیه‌سازی حاصل شده است. در جدول (۳) مقادیر عددی به دست آمده برای تمامی حالت‌ها نشان داده شده است.

همانگونه که در جدول (۳) ملاحظه می‌شود برای بارگذاری کمتر از ۵۰۰ وسیله در ساعت، مقدار تأخیر کل در هر دو حالت یکسان بوده و با افزایش بارگذاری به بیشتر از ۵۰۰ وسیله در ساعت، مقدار تأخیر کل در حالت ناهمسطح بیشتر از حالت همسطح می‌باشد. از سوی دیگر با افزایش فواصل تقاطع‌ها، مقدار تأخیر کل برای هر دو حالت همسطح و ناهمسطح افزایش یافته ولی در عین حال تقریباً به یکدیگر نزدیک می‌شوند. در شکل (۳) نمودار تأخیر کل بر حسب مقدار بارگذاری شبکه در میانگین طول پیوند ۴۰۰ متر ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج تأخیر کل شبکه در شرایط مختلف

میانگین طول پیوند (متر)	حالت شبکه با تقاطع	واحد بارگذاری (وسیله نقلیه - ساعت)						
		۳۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۹۰۰	۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰
۳۰۰	همسطح	۷۷	۱۶۵	۳۸۴	۱۰۹۷	۲۰۲۹	۲۵۸۴	۲۸۳۶
	ناهمسطح	۶۲	۱۳۰	۶۹۵	۱۵۱۸	۲۲۲۷	۲۶۹۸	۳۰۸۲
۴۰۰	همسطح	۸۹	۱۶۸	۳۱۹	۱۰۷۰	۲۲۰۵	۳۰۲۹	۳۰۱۸
	ناهمسطح	۵۹	۱۲۸	۵۴۹	۱۲۰۴	۲۳۱۲	۳۰۲۴	۲۹۳۰
۵۰۰	همسطح	۸۱	۱۵۶	۲۹۵	۱۱۳۳	۲۱۵۸	۳۱۰۸	۳۴۶۸
	ناهمسطح	۶۸	۱۳۳	۴۷۱	۱۲۹۷	۲۳۳۵	۳۲۴۷	۳۹۳۸



شکل ۳- تأخیر کل شبکه

۶-۳- تغییرات میانگین سرعت

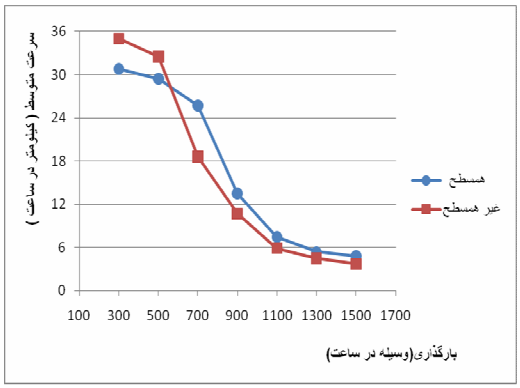
در تحلیل وضعیت ترافیک شبکه، سرعت متوسط یک شاخص کیفیت تردد است. مقادیر عددی آن بیانگر سرعت متوسط برحسب کیلومتر در ساعت برای کل شبکه بوده و از میانگین سرعت‌های متوسط به دست آمده برای تمامی پیوندهای شبکه در حالت‌های مختلف شبیه‌سازی به دست آمده است. در جدول (۴) مقادیر عددی به دست آمده برای تمامی حالت‌ها ارائه داده شده است. مطابق جدول (۴) برای بارگذاری کمتر از ۵۰۰ وسیله در ساعت، مقدار سرعت متوسط در حالت تقاطع ناهمسطح بیشتر بوده و با افزایش بارگذاری، مقدار سرعت متوسط در حالت تقاطع همسطح بیشتر می‌شود. با افزایش فواصل تقاطع‌ها تا ۴۰۰ متر، مقدار سرعت متوسط (کیلومتر در ساعت) برای هر دو حالت همسطح و ناهمسطح افزایش یافته و در ثانی مقدار سرعت متوسط (کیلومتر در ساعت) برای هر دو حالت همسطح و ناهمسطح با افزایش فواصل تقاطع‌ها تقریباً یکسان شده و نمودارها بر هم منطبق می‌شوند. در شکل (۴) نمودار سرعت متوسط بر حسب مقدار بارگذاری در فواصل ۴۰۰ متری تقاطع‌های شبکه رسم شده است.

جدول ۴- نتایج میانگین سرعت شبکه در شرایط مختلف

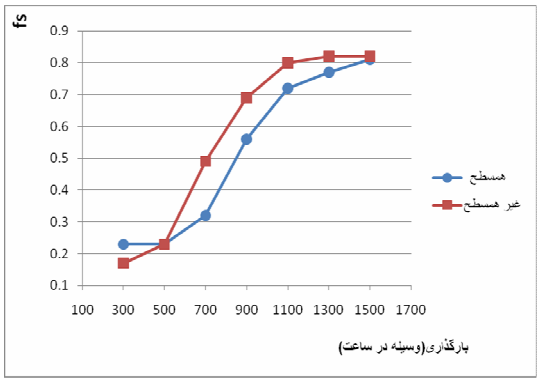
میانگین طول پیوند (متر)	حالت شبکه با تقاطع	واحد بارگذاری (وسیله نقلیه در ساعت)						
		۳۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۹۰۰	۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰
۳۰۰	همسطح	۲۹/۵	۲۶/۵	۲۱/۴	۱۰/۷	۶/۳	۴/۵	۴/۱
	ناهمسطح	۳۱/۷	۲۹/۲	۱۲/۴	۶/۲	۴/۴	۳/۸	۳/۳
۴۰۰	همسطح	۳۰/۸	۲۹/۴	۲۵/۷	۱۳/۵	۷/۴	۵/۴	۴/۸
	ناهمسطح	۳۵	۳۲/۵	۱۸/۶	۱۰/۷	۵/۹	۴/۵	۳/۷
۵۰۰	همسطح	۳۴/۱	۳۲/۵	۲۹/۱	۱۴/۹	۹/۲	۵/۸	۵/۲
	ناهمسطح	۳۵/۷	۳۴/۱	۲۳	۱۳/۱	۷/۷	۵/۷	۴/۶

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- سرعت متوسط شبکه



شکل ۵- مقدار پارامتر fs شبکه

۶-۴- تحلیل بر اساس پارامتر *fs*

پارامتر *fs* مدل دو سیال بیانگر نسبت وسایل نقلیه متوقف در شبکه است و هرچه کوچکتر باشد وضعیت تردد مناسب‌تر است. بر اساس نتایج شبیه‌سازی و از میانگین مقادیر تمامی پیوندهای شبکه حالت‌های مختلف حاصل شده است. در جدول (۵) مقادیر عددی به دست آمده برای تمامی حالت‌ها نشان داده شده است.

بر اساس جدول (۵) برای بارگذاری کمتر از ۵۰۰ وسیله در ساعت مقدار پارامتر *fs* در حالت تقاطع همسطح بیشتر بوده و با افزایش بارگذاری مقدار پارامتر *fs* در حالت ناهمسطح بیشتر از حالت همسطح می‌باشد. همچنین با افزایش مقدار بارگذاری شیب نمودارها کاهش یافته و مقادیر پارامتر *fs* ثابت می‌ماند. مقدار پارامتر *fs* برای هر دو حالت همسطح و ناهمسطح با افزایش فواصل تقاطع‌ها کاهش یافته ولی شیب نمودار برای هر دو حالت افزایش می‌یابد؛ ولی در عین حال برای هر دو حالت همسطح و ناهمسطح با افزایش فواصل تقاطع‌ها تقریباً یکسان شده و نمودارها برهم منطبق می‌شوند. در شکل (۵) نمودار مقدار پارامتر *fs* بر حسب مقدار بارگذاری شبکه رسم شده است.

جدول ۵- نتایج پارامتر *fs* در شبکه در شرایط مختلف

میانگین طول پیوند (متر)	حالت شبکه با تقاطع	واحد بارگذاری (وسیله نقلیه - ساعت)						
		۳۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۹۰۰	۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰
۳۰۰	همسطح	۰/۲۹	۰/۵۸	۰/۸۱	۱/۱۴	۱/۲۴	۱/۳۵	۱/۴۴
	ناهمسطح	۰/۳۹	۰/۶۹	۰/۹۷	۱/۰۳	۱/۱۵	۱/۲۴	۱/۳۴
۴۰۰	همسطح	۰/۳۲	۰/۴۹	۰/۶۸	۱/۱۲	۱/۲۸	۱/۴	۱/۴۴
	ناهمسطح	۰/۴	۰/۶۶	۱	۱/۰۹	۱/۱۴	۱/۲۴	۱/۳۴
۵۰۰	همسطح	۰/۲	۰/۴۲	۰/۶۸	۱/۱۵	۱/۱۹	۱/۲۵	۱/۳
	ناهمسطح	۰/۳۹	۰/۶۳	۱	۱/۱۲	۱/۱	۱/۱۶	۱/۲۲

۶-۵- تحلیل بر اساس پارامتر *n*

یکی دیگر از پارامترهای مدل دو سیال در تحلیل وضعیت شبکه پارامتر *n* است. هر چه شبکه دارای *n* کوچکتری باشد از کارایی بیشتری برخودار خواهد بود زیرا تحت یک تغییر زمان توقف مفروض تغییر زمان سفر کمتری در آن ایجاد خواهد شد. در جدول (۶) مقادیر *n* بدست آمده برای تمامی حالت‌ها نشان داده شده است. این مقادیر بیانگر متوسط پارامتر *n* در کل شبکه بوده و از میانگین مقادیر تمامی پیوندهای شبکه در حالت‌های مختلف شبیه‌سازی حاصل شده است.

جدول ۶- نتایج پارامتر *n* در شبکه در شرایط مختلف

میانگین طول پیوند (متر)	حالت شبکه با تقاطع	واحد بارگذاری (وسیله نقلیه - ساعت)						
		۳۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۹۰۰	۱۱۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰
۳۰۰	همسطح	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۴	۰/۶۲	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۸۱
	ناهمسطح	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۶۶	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳
۴۰۰	همسطح	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۵۶	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۸۱
	ناهمسطح	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۴۹	۰/۶۹	۰/۸	۰/۸۲	۰/۸۲
۵۰۰	همسطح	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۵۳	۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۸۱
	ناهمسطح	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۴	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۱

مقادیر مندرج در جدول (۶) نشان می‌دهد که برای بارگذاری کمتر از ۹۰۰ وسیله در ساعت، مقدار پارامتر *n* در حالت تقاطع ناهمسطح بیشتر بوده و لذا حالت تقاطع همسطح مطلوب‌تر می‌باشد و با افزایش بارگذاری، مقدار پارامتر *n* در حالت همسطح بیشتر از حالت ناهمسطح می‌باشد و لذا حالت تقاطع ناهمسطح مطلوب‌تر می‌باشد. با افزایش فواصل تقاطع‌ها، تغییر محسوسی در مقدار پارامتر *n* مشاهده نمی‌شود. در شکل (۶) نمودار مقدار پارامتر *n* بر حسب مقدار بارگذاری شبکه رسم شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۶- مقدار پارامتر *n* شبکه

۸- نتیجه‌گیری

در این مقاله، تحلیل روابط جریان ترافیک در شبکه بر اساس کاربرد توأم شبیه‌سازی ترافیکی ریزنگر و تئوری دو سیال درشت‌نگر به منظور سنجش اثرات ترافیکی احداث تقاطع‌های ناهمسطح شهری در شبکه معابر و تقاطع‌های پیرامونی انجام شده است. در این راستا، علاوه بر متغییرهای ترافیکی معمول مانند حجم عبور ، تاخیر و سرعت از پارامترهای مدل دو سیال نیز به عنوان شاخص ارزیابی بهره گرفته شده است. شبیه‌سازی در دو حالت با و بدون یک تقاطع ناهمسطح در وسط یک شبکه ۳×۳ فرضی تحت بارگذاری‌های مختلف ترافیکی و با تغییر فواصل تقاطع‌ها صورت گرفته است. تجزیه و تحلیل نتایج نشان می‌دهد که:

- احداث تقاطع ناهمسطح در حجم‌های ترافیک بالا می‌تواند مقدار حجم عبوری و قابلیت گذردهی شبکه را تا ۳۰ درصد کاهش دهد. این اثر با افزایش فواصل تقاطع‌ها کاهش می‌یابد.
- احداث تقاطع ناهمسطح فقط در حجم‌های پایین، تأخیر کل شبکه را کاهش می‌دهد. در فواصل تقاطع کوتاه و ترافیک پر حجم می‌تواند تأخیر را تا ۵۰ درصد افزایش دهد.
- سرعت متوسط ترافیک شبکه نیز صرفاً در حجم‌های ترافیکی کم با احداث تقاطع ناهمسطح افزایش می‌یابد. با افزایش فواصل تقاطع این تأثیر کاهش می‌یابد.
- درصد وسایل نقلیه متوقف در شبکه در حجم‌های متوسط و زیاد با احداث تقاطع ناهمسطح افزایش می‌یابد؛ ولی افزایش فاصله تقاطع‌ها باعث کاهش این اثر می‌شود.
- از لحاظ پارامتر *n*، احداث تقاطع ناهمسطح در حجم‌های کم تا متوسط باعث بهبود عملکرد و کارایی شبکه می‌شود و در خارج این محدوده تأثیر منفی دارد.

۹- مراجع

[1] Gluck , J., Levinson, H. S., Stover, V. G., "Impacts of Access Management Techniques", NCHRP Report 420, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1999.

[2] Twomey, J. M., Heckman, M. L., John C., Hayward Richard J., "Zuk Accidents and Safety Associated with Interchange", Report No. 1985. TRR, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1993.

[3] Garber, N. J., Fontaine, M. D., "Guidelines for Preliminary Selection of the Optimum Interchange Type for a Specific Location", VTRC Report No. 99-R15, Charlottesville, Virginia Transportation Research Council, 1999.

[4] Brown, W. P., "Gungahlin Drive Extension - Preliminary Assessment", Traffic Report for Ultimate Development Scenario, 2002.

[5] Chein, S., Goulias, D., Yahalom, S., Chowhury, S., "Simulation-Based Estimates of Delays at Freeway Work Zones", Journal of Advanced Transportation, Institute for Transportation, Calgary, 2002, 36 (2), 131-156.

[6] Bared, J., Powell, A., Kaisar, E., "Traffic Planning Models for Single-Point and Tight Diamond Interchanges", Transportation Research Record, No. 1847, Transportation Research Board, Washington, DC, 2003.

[7] Williams, J. C., Mahmassani, H., Herman, R., "Analysis of Traffic Network Flow Relation and Two-Fluid Model Parameter Sensitivity", Transportation Research Record 1005, 1985, 95-106.

[8] Amini, B., Shahi, J., Ardekani, S., "An Observational Study of the Network–Level Traffic Variables", Transportation Research, 1998, 32 (4), 271-278.

[9] Amini, B., Shahi J., "Urban Network Traffic Variables and their Relationships", Journal of Science and Engineering, 1998, 11(3), 41-48.

[10] Poole, R. W., Swenson, C. R., "Managed Arterials: A New Application of the Managed Lanes Concept", Transportation Research Board, Annual Meeting, 2012.

[11] Nithya, S., Senthurkumar, D., Gunasekaran K., "Evaluation of Grade Separation at Intersections using Simulation", European Journal of Scientific Research, 2012, 80 (4), 540-551.

www.SID.ir

Archive of SID

[12] CORSIM User s Manual Version 5.1, 2008.
[13] Herman, R., Ardakani, S., "Characterizing Traffic Condition in Urban Areas", Journal of Transportation Science, 1984, 18 (2), 101-140.
[14] Herman, R., Prigogine, I., "A Two-Fluid Approach to Town Traffic", Journal of Science, 1979, 204 (2389), 148-151.

www.SID.ir