



تعیین مدل ریاضی شاخصهای تاخیر و زمان سفر در تقاطعات هوشمند با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی SimTraffic و Aimsun

آرش نوروزی، کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، مهندسین مشاور رهروان عمران¹
حامد حبیبی، کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، مدیر پایگاه SCATS مرکز نظارت تهران، شرکت
کنترل ترافیک تهران²

سعید دلیرپور، شرکت مطالعات جامع شهر تهران³

¹arashno@gmail.com , 22893566

²leon_rh@yahoo.com , 88825856

³s_dalir60@yahoo.com , 22259058

چکیده

با گسترش استفاده از تقاطعات هوشمند در کلانشهرها تحلیل این نوع از تقاطعها که بدلیل پیچیدگی رفتار و زمانبندی، براحتی با روشهای دستی قابل انجام نخواهد بود، نیاز به دقت نظر از سوی مهندسان خواهد داشت. عموماً نتایجی که محیطهای نرم افزاری مختلف جهت تحلیل یک مورد واحد ارائه می نمایند با یکدیگر همخوانی ندارد. گروه پژوهنده این مطالعه برآن شد تا روابطی میان شاخصهای ترافیکی در دو محیط شبیه سازی SimTraffic و Aimsun بدست آورده و بصورت مدل ریاضی جهت پیش بینی شاخصهای تقاطع ارائه نماید. از میان شاخصهایی که مستقیماً بعنوان خروجی در این محیطها بدست آمده است دو شاخص زمان تاخیر و زمان سفر انتخاب شده و با توجه به مطالعه موردی که دارای گستردگی کافی از نظر مکان جغرافیایی، حجم تردد و رفتارهای رانندگان می باشد مدل مورد نظر بسط داده شد. در نهایت و برای اعتبارسنجی نتایج این مدل، نتایج آن با یک تقاطع دیگر مقایسه گردید و اعتبار مدل اثبات گردید.

کلید واژه : زمان تاخیر، زمان سفر، تقاطع هوشمند، رگرسیون خطی، ضریب همبستگی، SCATS





1 - کلیات

آشنایی به کارکرد سیستمهای کنترل هوشمند چراغهای راهنمایی در شبیه سازی و تعیین پارامترهای زمانی و ورودی این نرم افزارها تاثیر فراوانی خواهد داشت [1]. با وجودیکه استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز در میان مهندسان ترافیک رایج شده اما بدلیل عدم آشنایی با برخی تعاریف، کاربردها و پارامترها در سیستمهای کنترل هوشمند تقاطعها، ممکن است تحلیل درستی از تقاطع حاصل نگردد [1]. از نرم افزارهای رایج مورد استفاده در تحلیل تقاطعات که قابلیت آنالیز تقاطعهای هوشمند را نیز دارد محیط¹ SimTraff و Aimsun می باشد. با تحلیل تقاطع و یا شبکه ای از تقاطعها، هر یک از شبیه سازهای مورد اشاره، برخی شاخصهای ترافیکی را جهت تحلیل و ارزیابی تقاطع در اختیار قرار می دهند که ممکن است با یکدیگر همسان و یا متفاوت باشد. علاوه بر اینکه شناخت پارامترهای مورد نیاز از پارامترهای خروجی هر نرم افزار مهم است دقت به شیوهی ارائه ی آن در هر محیط نرم افزاری نیز مورد نیاز می باشد. بطور مثال زمان تاخیر بر حسب ثانیه بر خودرو و یا کیلومتر طول مسیر ارائه شده باشد.

یکی از چالشهای پیش روی مهندسان، تحلیل خروجیهای هر یک از محیطهای نرم افزاری و استفاده از آنها در محیط دیگر می باشد. از آنجا که برخی مدلها مربوط به سطوح شبیه سازی بوده و برخی مربوط به سطح تحلیلی می باشد لذا دقت در هر یک از سطوح نیز مورد توجه باید باشد [2]. در این مقاله با استفاده از پارامترهای اصلی تحلیلی در تقاطعها که شامل زمان سفر و تاخیر می باشد، بر اساس اطلاعات و آمارهای موجود، مدل ریاضی بسط داده شده تا امکان پیش بینی این معیارها در تقاطعهای هوشمند وجود داشته باشد. اینکار باعث می شود تحلیلگران، مدیران و سایر افراد ذیربط برآورد اولیه مناسبی از یک تقاطع هوشمند بدست آورند.

2 - متدولوژی پژوهش

این فرایند با انتخاب تقاطعهایی که در حال حاضر بصورت زمانبندی با زمان ثابت و یا پیش زمانبندی شده عمل می کنند و مقرر شده به تقاطعهای با زمانبندی هوشمند تبدیل شوند، آغاز می شود. سپس هر یک از تقاطعها در محیطهای نرم افزاری SimTraff و Aimsun مدل شده و تحلیل می گردند. سپس با استفاده از جداول خروجی هر یک، در نموداری این نتایج وارد شده و با انتخاب پارامترهای مستقل از یکدیگر، نقاطی حاصل می شود. با برازش بهترین منحنی به نقاط مذکور که بیشترین میزان رگرسیون را داشته باشد، مدلی تعیین شده و سپس اعتبارسنجی مدل مذکور با استفاده از نتایج

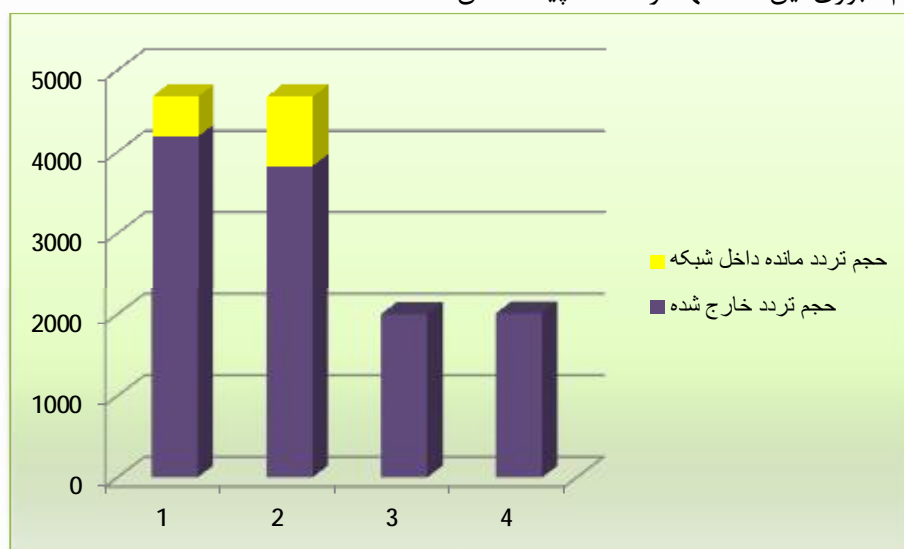
¹ - از مجموعه بسته نرم افزاری TrafficWare



بررسیهای تقاطعهای دیگر مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. دست آخر مدل اعتبارسنجی شده نهایی بعنوان خروجی این مطالعه که نشانگر رابطه‌ی زمانهای سفر و زمان تاخیر بر حسب حجم تردد در تقاطع می‌باشد ارائه می‌گردد.

3 - بیان مساله

در این مطالعه سعی شده است تا با انتخاب تقاطعهای نمونه‌ای که کمترین ویژگیهای مشترک را با یکدیگر داشته و در تعداد فازها، طول چرخه و احجام تردد در ساعت پیک متفاوت باشند، بکار گرفته شود. بهمین دلیل تیم پژوهشگر از شهرهای مختلفی برای این منظور استفاده نمود. تقاطع اروسیه در شهر آبادان و تقاطع کمیل - قصرالدشت در تهران جهت مطالعه موردی برگزیده شده‌اند. در شکل 1 نمودار حجم عبوری این تقاطعها در ساعت پیک نشان داده شده است.



شکل 1: تقاطعهای مورد استفاده در این پژوهش

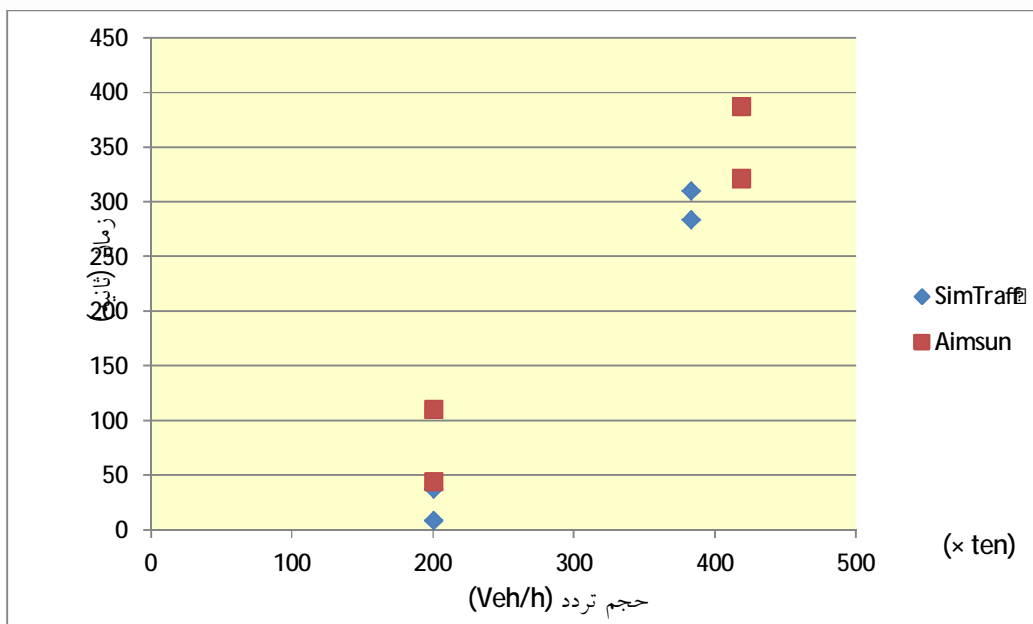
ساعت اوج هر یک از این تقاطعها در محیطهای شبیه سازی SimTraff و Aimsun مدل سازی و برای هر یک نتایج زیر حاصل شد.

جدول 1: نتایج تحلیل تقاطعهای نمونه در محیط شبیه سازی SimTraff و Aimsun

تقاطع 2	تقاطع 1	شاخص	محیط شبیه سازی
2005	3828	حجم تردد عبوری	SimTraff
9	284.4	زمان تاخیر	
38	310	زمان سفر	
2015	4188	حجم تردد عبوری	Aimsun
44	321	زمان تاخیر	
110	387	زمان سفر	

چنانچه از جدول 1 مشخص است این دو تقاطع دارای تفاوت‌های عمده‌ای بوده بطوریکه سطح سرویس تقاطع اول E و سطح سرویس تقاطع دوم A می‌باشد. این میزان تفاوتها عمداً از سوی محققین انتخاب شده است.

سپس با تعیین اندازه‌ی شاخصهای مورد نیاز، در نمودار شکل 2 بصورت نقاطی بر حسب حجم تردد ترسیم می‌گردد.



شکل 2: نمودار زمانهای بدست آمده بر حسب حجم در تقاطعهای مورد بررسی به تفکیک محیط شبیه سازی



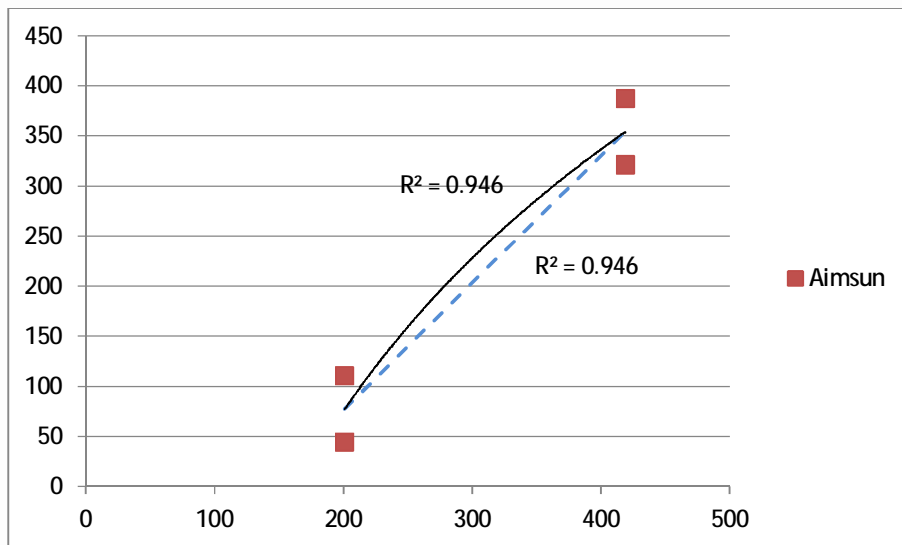
انجمن مهندسان ترافیک



انجمن مهندسان ترافیک



چنانچه در این شکل مشاهده می شود رابطه معنی داری میان این نقاط وجود دارد. در صورتی که نقاط داده شده در نرم افزار Aimsun (نقاط قرمز رنگ) را به تنهایی تحلیل کرده و نتیجه را با برازش بهترین منحنی ممکن نشان دهیم نمودار شکل 3 حاصل می شود.



شکل 3: نمودار منحنی برازش شده به نقاط داده شده در Aimsun

چنانچه مشاهده می شود در این حالت دو نوع منحنی با رگرسیون برابر قابل ترسیم می باشد که یکی بصورت لگاریتمی و دیگر بصورت خطی است. این منحنیها نشان دهنده وجود رابطه معنی داری میان متغیرهای زمان سفر و زمان تاخیر بر حسب حجم تردد بدون توجه به برخی مشخصات تقاطع می باشد.

$$\begin{cases} y = 1.270x - 178.4 \\ y = 377.0 \ln(x) - 1922 \end{cases} \quad (1)$$

همچنین رابطه ای را می توان برای نقاط بدست آمده در SimTraff ارائه نمود. بدلیل همسنخ بودن زمان سفر و زمان تاخیر و همچنین برای استفاده فراگیر از مدلی مورد نظر اقدام به تعریف متغیر "TD" می گردد. این متغیر بصورت رابطه (2) تعریف می شود:

$$TD_i = \frac{D_i + T_i}{2} \quad (2)$$

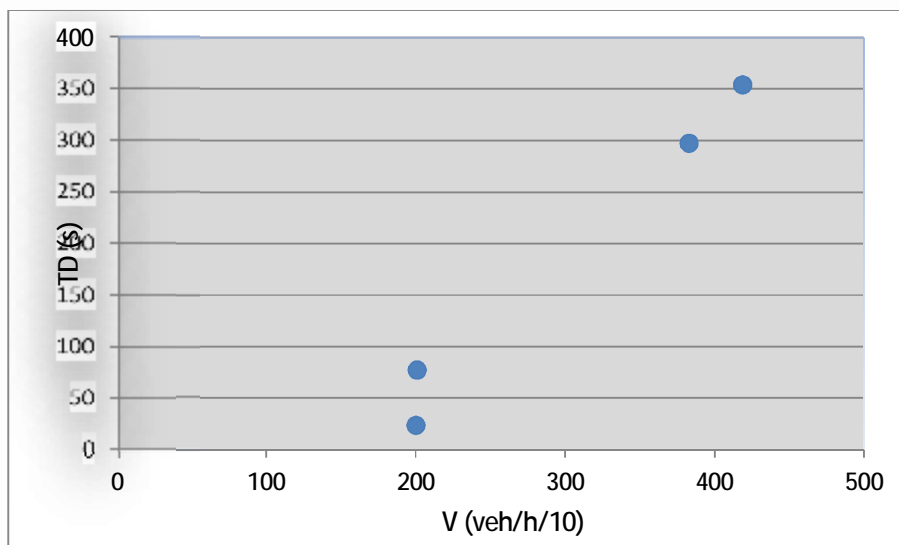
که در آن:

D_i : زمان تاخیر در تقاطع i ام،

T_i : زمان سفر در تقاطع i ام.

حال با استفاده از تعریف فوق، نمودار شکل 4، که حاصل از نمودار شکل 2 می باشد، ترسیم می گردد.





شکل 4: نمودار رابطه‌ی TD و حجم تردد

با برازش خطی که نقاط این نمودار را به یکدیگر متصل نماید رابطه‌ی (3) بدست خواهد آمد.

$$TD = 1.378 V' - (R^2 = 0.982) \quad (3)$$

22.67 که در آن V' ، 0,1 حجم تردد ساعتی می‌باشد.

همچنین شایان ذکر است سایر منحنیهای قابل برازش به این نقاط، هیچیک بیش از منحنی خطی گفته شده در فرمول 2 همبستگی نخواهند داشت.¹

3-1- اعتبارسنجی مدل

در این مرحله اعتبار مدل با ارائه نمونه‌ای کاملاً متفاوت ثابت خواهد شد. بدین صورت که با استفاده از مدل بدست آمده، نتایج مورد نظر در یک تقاطع با شرایط کاملاً متفاوت را پیش بینی کرده و سپس با تحلیل تقاطع مذکور در محیطهای شبیه سازی، میزان تفاوت نتایج بدست آمده توسط مدل ریاضی مذکور و تحلیلهای نرم‌افزاری را با یکدیگر مقایسه می‌گردد [3]. بدین منظور از میان تقاطعهای موجود، تقاطع میدان قدس (شهرداری - شریعتی) در منطقه یک شهرداری تهران انتخاب گردید. با برداشت آمار حجم تردد در یک روز میانی هفته اقدام به تحلیل این تقاطع در محیطهای نرم‌افزاری گردید. با توجه به احجام بدست آمده در نرم‌افزارهای SimTraff و Aimsun، پارامتر TD برای هر یک جداگانه محاسبه خواهد شد. خواهیم داشت:

$$\text{SimTraff} : V' = 424.3 \Rightarrow TD = 562 \quad (4)$$

$$\text{Aimsun} : V' = 563.8 \Rightarrow TD = 754$$

¹ - رگرسیون خطی در سایر منحنیهای ترسیم شده از 0,855 در تابع نمایی تا 0,979 در تابع لگاریتمی متغیر می‌باشد.



انجمن مهندسان ترافیک



انجمن مهندسان ترافیک



حال با مقایسه جدول که حاصل از نتایج شبیه سازی می باشد، به بررسی تفاوت بین نتایج بدست آمده برای پارامتر TD پرداخته می شود.

جدول 2: نتایج شبیه سازی تقاطع هوشمند میدان قدس در محیطهای نرم افزاری *SimTraff* و *Aimsun*

تقاطع میدان قدس	شاخص	محیط شبیه سازی
4243	حجم تردد عبوری	SimTraff
574	زمان تاخیر	
620	زمان سفر	
5638	حجم تردد عبوری	Aimsun
700	زمان تاخیر	
766	زمان سفر	

با استفاده از رابطه ی (2) در محیط *Aimsun*، $TD = 733$ و همچنین TD بدست آمده از فرمول برابر 754 می باشد که دارای تفاوت 2% بوده و در محیط *SimTraff*، $TD=597$ که در مقایسه با مقدار TD بدست آمده از مدل 6% تفاوت دارد. این میزان تفاوت با توجه به خطاهای رایج در نرم افزارهای شبیه ساز که از منطق تصادفی آنها ناشی می شود از نظر نویسندگان قابل قبول می باشد. (معمولاً تا 10% خطا قابل پذیرش خواهد بود. [4])

4 - جمع بندی و نتیجه گیری

رابطه ی بین شاخصهای زمان سفر و تاخیر بر حسب حجم تردد عبور کرده از شبکه در محیطهای نرم افزاری *Aimsun* و *SimTraff* در این مقاله مورد ارزیابی قرار گرفت. این دو نرم افزار دارای امکان تجزیه و تحلیل تقاطعهای هوشمند می باشند که در سطوح مختلف طراحی و تحلیل بکار گرفته می شوند. در این پژوهش با استفاده از داده های آماری تقاطعهایی با حجم تردد متفاوت، سطح سرویس گوناگون، تعداد فاز و طول چرخه بیشینه متفاوت، مدلی جهت پیش بینی پارامتر TD در تقاطعهای هوشمند ارائه گردید (رابطه 3). پارامتر TD همانطور که پیشتر تعریف شد حاصل میانگین زمان تاخیر و زمان سفر در یک تقاطع می باشد. جهت استفاده از این مدل با نتایج موجود، منحنی با بهترین برازش ممکن بر نقاط نمودار TD بر حسب V' ترسیم گردید که دارای رابطه ی خطی با یکدیگر می باشند. (V' حاصل تقسیم تردد عبوری بر 10 در محیط نرم افزاری مورد نظر می باشد). سپس با استفاده از نمونه ی دیگری که دارای ویژگیهای متفاوتی نسبت به تقاطعات مورد بررسی بوده، اعتبار



مدل ارائه شده بررسی گردید که با اختلاف قابل قبولی ، مورد پذیرش قرار گرفت و اعتبار مدل تامین گردید.

با توجه به شرایط فرهنگی متفاوت و احجام تردد گوناگون ، تیم پژوهشگر قصد دارد این مدل را ابتدا برای چندین تقاطع هوشمند دیگر در سایر شهر و سپس در کشورهای دیگر نیز مورد آزمایش قرار دهد.



انجمن مهندسان حمل و نقل ایران



انجمن مهندسان حمل و نقل ایران

5 - مراجع

- 1- Miod UTC, Evaluation of the Scats Control System, Final Report, 2008, University of Detroit Mercy.
- 2- نوروزی، آرش، سایرین، بررسی تردد عابرین پیاده در تقاطع‌های چراغدار با استفاده از نرم‌افزار AIMSUN و کالیبره کردن عوامل تردد عابر در شبیه‌ساز به‌مراه مطالعه موردی، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی ترافیک، تهران، ایران، 1390.
- 3- برنامه ریزی مهندسی حمل و نقل و تحلیل جابه‌جایی مواد، 1389، چاپ هفتم، دکتر سید محمد سید حسینی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- 4- TSS-Transport Simulation Systems, Micro and Meso Simulator Aimsun 6.1 User`s Manual, Dec 2010.
- 5- Youn-Soo Kang, April, 2000, DELAY, STOP AND QUEUE ESTIMATION FOR UNIFORM AND RANDOM TRAFFIC ARRIVALS AT FIXED-TIME SIGNALIZED INTERSECTIONS, Blacksburg, Virginia, USA.
- 6- Xuegang (Jeff) Ban, Ryan Herring, Peng Hao, and Alexandre M. Bayen, Delay Pattern Estimation for Signalized Intersections Using Sampled Travel Times, Transportation Research Record 2009.



Developing a Delay and Travel Time base Model in Actuated Intersections by Simtraff and Aimsun Simulation Software

Arash Norouzy, M.Sc Transportation Planning , Rahrovan Omran Consultant
Engineers

Hamed Habibi, M.Sc Transportation Planning, In charge person of Tehran`s
SCATS unit

Saeed Dalirpour

Abstract

Analysing actuated intersections is a complicated procedure due to changing of time and characteristics of the intersection. Generally the same criteria for a unique case study in two different Modeling Softwares are not synchronized. At this article we are going to achieve some relations between traffic measures on two traffic simulation softwares, SimTraff and Aimsun and then develop this relation as a mathematical prediction model. Among those criteria which are given directly at these softwares we have chosen travel time and delay. And the model is developed by case studies which are comprehensive enough. Finally to prove the validation of the model, it has been tested with another actuated intersection .

