



تأثیر طول خط تغییر سرعت در شاخص های ترافیکی تقاطع شبدری شبیه سازی شده با Aimsun با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

مهشید میرزایی طایقانی^۱، محمد علی یاری تبار^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد عمران، راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

چکیده

افزایش جمعیت و استفاده از وسایل نقلیه در جوامع امروزی، موجب افزایش سفرهای درون شهری شده و در مواردی نبود ظرفیت کافی برای این تقاضا موجب ایجاد ترافیک شده و زمان تاخیر را افزایش می دهد. در این حالت یکی از روش های کاهش زمان تاخیر در گره های اصلی با حجم تقاضای بالا، ساخت تقاطع های غیر هم سطح می باشد. از آنجایی که ساخت این تقاطع ها نیازمند صرف هزینه ی بالا است، می بایست در انتخاب تقاطع بهینه از نظر طراحی و مشخصات فیزیکی و ترافیکی بسیار دقت نمود. در این مطالعه به بررسی یکی از المان های فیزیکی تقاطع غیر هم سطح شبدری پرداخته شده و تأثیر طول خط تغییر سرعت لوپ خروجی از تقاطع با استفاده از شبیه سازی پنج طول مختلف در نرم افزار Aimsun بر روی چند شاخص مهم ترافیکی یک تقاطع از جمله زمان تاخیر، چگالی، جریان، سرعت، زمان توقف و زمان سفر بررسی شده و در نهایت شاخص های بدست آمده توسط تحلیل سلسله مراتبی AHP مقایسه شده و طول خط تغییر سرعت بهینه برای تقاطع مورد نظر مشخص شده است.

کلید واژه: تقاطع شبدری، طول خط تغییر سرعت، Aimsun تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، شاخص های ترافیکی.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد عمران M.Mirzaee@srbiau.ac.ir

^۲ کارشناس ارشد عمران، راه و ترابری Aliyaritabar.Mohammad@srbiau.ac.ir



۱- مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت و افزایش استفاده از وسایل نقلیه، به وجود آمدن ترافیک در ساعات اوج یکی از معضلات جامعه می‌باشد. با افزوده شدن بر تعداد خودروهای در حال تردد در سطح یک شهر، شاهد افزایش ترافیک و بوجود آمدن صف‌های طولانی اتومبیل‌ها و در نتیجه اتلاف سرمایه‌های جامعه خواهیم بود. اتلاف انرژی، وقت، سوخت، ایجاد آلودگی‌های آب و هوایی و آلودگی صوتی پیامدهای این امر خواهد بود. یکی از مسائل مهمی که در حال حاضر اکثر شهرهای پرجمعیت ایران و به ویژه شهر تهران با آن مواجه است عدم کارایی مناسب تقاطع‌های غیر همسطح به خصوص تقاطع‌های شبدری در شبکه معابر شهری می‌باشد. به نحوی که این مساله یکی از اساسی‌ترین عوامل ایجاد تاخیر برای وسایل نقلیه در تقاطع‌ها و در نتیجه کاهش ظرفیت عبور دهی کل شبکه معابر شهری می‌باشد. خطوط تغییر سرعت آزادراه‌های چند خطه، بزرگترین چالش‌های ایمنی و عملیاتی را برای رانندگان ایجاد می‌کنند [۱]. از این رو پرداختن به این نوع موضوع در جهت بهره‌برداری بهینه از تقاطع‌ها در جهت کاهش تاخیر وارده از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. عملکرد مناسب تقاطع‌های غیر همسطح در افزایش ایمنی و ظرفیت راه‌ها سبب کاربرد وسیع آنها در شبکه‌های درون شهری و برون شهری شده است. با توجه به گستردگی شکل و طرح این طیف از تقاطع‌ها، انتخاب بهینه نوع تقاطع که هم‌ارضا کننده شرایط ایمنی، محیطی و ترافیکی بوده و هم ملاحظات اقتصادی را در برگیرد اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. با توجه به گستردگی عوامل مؤثر در طراحی و مدیریت تقاطع‌ها، نمی‌توان هیچگونه دستورالعمل یا ضوابط قطعی و لازم‌الاجرا برای آن ارائه نمود. از آنجا که امروزه به خصوص در شهرهای بزرگ، ساخت تبادل‌های غیرهمسطح رواج یافته و هزینه‌های احداث آنها بسیار بالا می‌باشد، بنابراین ضروری است با شناخت عوامل تأثیرگذار همچون مسایل فنی، اقتصادی، ایمنی، آسایش سرنشین، زیبایی و غیره و همچنین ارزیابی میزان اهمیت هر یک از عوامل، مناسبترین نوع طراحی (حالت بهینه) در تبادل انتخاب گردد طراحی گردد و نقاط ضعف تا حد امکان حذف گردد.

۲- ادبیات تحقیق

در تحقیق کرو^۱ در سال ۲۰۰۷ با عنوان طراحی به روز رسانی استثناء استانداردهای فاصله تبادل، روش‌های طراحی اجزاء تقاطع‌های غیرهمسطح با توجه به مطالعات ترافیکی به روز رسانی شده و فرمول‌های جدیدی با تغییرات اندک در ضرایب فرمول‌های قدیمی ارائه شده است. روش‌های اصلاح،

^۱ Russel Crew



تعریض و افزایش ظرفیت ترافیک تقاطع‌های غیرهمسطح از دیگر نکات اشاره شده در این مقاله است. همچنین راهکارهایی جهت افزایش سرعت و ظرفیت ترافیک عبوری از یک تقاطع با در نظر گرفتن فضای قابل تملک در اطراف تقاطع ارائه گردیده است [۲].

دستورالعمل‌های برنامه ریزی، طراحی و عملکردها، تقاطع غیر همسطح تک نقطه ای که توسط گروه بخش حمل و نقل طراحی MS۲۸ انجام شد، اغلب ضوابط طراحی تقاطع‌های غیرهمسطح که در گذشته وجود داشتند و نیاز به بازنگری داشته‌اند مورد بحث و بررسی قرار گرفت [۳].

امینی و رحیمی صوفیانی سنجش اثرات تقاطع‌های غیر هم سطح شهری در ترافیک شبکه پیرامونی در سال ۱۳۸۸ پرداختند. در این با استفاده از شبیه سازی ریزنگر ترافیک در یک شبکه فرضی، حساسیت شاخص‌های جریان ترافیکی شبکه و روابط آن‌ها بر اساس تئوری دو سیال مورد بررسی قرار گرفته است که مدل دو سیال توصیف وسایل نقلیه متحرک و متوقف در سیستم را شامل می شود. مدل در نرم افزار Netsim شبیه سازی شده و نتایج با مقایسه دو وضعیت شبکه در حالت تقاطع چراغ دار و تقاطع‌های غیر همسطح بدست آمد. نتایج این مقاله نیز صرفنظر از نوع تقاطع غیر همسطح می باشد و ممکن است انواع مختلف تقاطعات غیر همسطح، تأثیرات متفاوتی را روی محیط پیرامونی خود بگذارند [۴].

شاهی و همکاران در سال ۱۳۹۱ به ارایه شاخصی برای ارزیابی الگوهای مختلف تقاطع‌های غیرهمسطح پرداختند. به سبب خصوصیات ویژه هر مکان، وفق دادن یک طرح (الگوی) کلی و ایده آل، همیشه عملی نیست. برخی از پارامترهایی که باید مورد رسیدگی قرار گیرند عبارتند از: توپوگرافی، کاربری زمین، احجام ترافیک، تراکم جمعیت، بهای زمین و مستغلات، مسایل زیست محیطی و میزان بودجه. آنها با استفاده از نرم افزار شبیه ساز Getram و نتایج به دست آمده از آن برای پارامترهای ترافیکی به مقایسه الگوهای مختلف تقاطع‌های غیر هم سطح پرداختند. برای اعتبارسنجی شاخص پیشنهاد شده در این تحقیق، در گام بعدی، از افزایش احجام چپ گرد به عنوان یک عامل کنترل کننده استفاده شد. در عملیات شبیه سازی که در بخش اعتبارسنجی انجام گرفت، با افزایش حجم تمایلات چپ گرد، نقاط ضعف گزینه‌های مختلف نیز در برابر این تغییر مشاهده گردید. پس از بررسی الگوی میدان دوسطحی، الگوهای لوزی، لوزی تک نقطه، دوربرگردان غیرهمسطح، میدان ۳ سطحی، الگوهای شبدری کامل و نیمه و تقاطع جهتی، تقاطع جهتی به دلیل نبود حرکات برخوردی و تداخلی تا آخرین مرحله سطح بالاتر داشته (و در یک گام D سرویسی قابل قبول) درحد بزرگتر نسبت به سایر الگوها با کاهش سرعت، به سطح سرویس نامطلوب رسیده است [۵].



فنگ^۱ و همکاران با روش تجزیه و تحلیل عملیاتی برای ترمینال‌های رمپ تبادل با استفاده از داده‌های میدانی پرداختند. ترمینال رمپ تبادل با ارتباط بین تسهیلات مختلف بزرگراه را ایجاد می‌کند و در نتیجه عملکرد کارآمد آنها ضروری است. در پروژه NCHRP، روش تجزیه و تحلیل برای ارزیابی عملکرد عملیاتی ترمینال رمپ تبادل های چراغ دار توسعه یافته است. روش توسعه یافته در این پروژه عمدتاً بر اساس داده های شبیه سازی است. داده ها در هشت مکان که انواع مختلفی از تبادل ها، با ویژگی های مختلف هندسی و ترافیک را دارا می باشد، جمع آوری شده است. اطلاعات جمع آوری شده شامل تقاضا، خط مورد استفاده و طول صف در هر سایت مورد استفاده قرار گرفته است. به طور کلی، مدل ها به خوبی انجام شده است. با این حال، برخی اختلافات بزرگ هنگامی که شرایط عملیاتی تبادل نزدیک به ظرفیت بود مشاهده شد. اصلاحات توسط برآورد زمان سبز موثر به وسیله کالیبراسیون پیش بینی طول صف در آغاز فاز شریانی بالادست و یا فاز رمپ ساخته شده است [۶].

خبازه‌ها در مطالعه ای به تهیه و تدوین راهنمای (دستورالعمل) طراحی هندسی تقاطع‌های غیرهمسطح در شبکه راه‌های شهری پرداخته است. روش آمریکایی آشتو (AASHTO)، روش آلمانی رال (RAL) و روش HCM از روشهای معتبر طراحی هستند که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین نشریه شماره ۱۶۱ وزارت راه و ترابری نیز از دیگر آیین نامه‌هاییست که در این پایان نامه به آن اشاره شده است. مسائلی همچون موقعیت تقاطع، فاصله تقاطعها از یکدیگر، موقعیت ورودیها و خروجیها، همسانی تقاطعها، تعیین تعداد خطوط و کیفیت ترافیک از مهمترین مباحثی هستند که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین در طراحی اجزای تقاطع، دهانه‌های رابط، خطوط کاهش سرعت، خطوط نجات، خطوط افزایش سرعت، سرعت طرح، تعیین شیب عرضی سواره‌رو، فاصله آزاد جانبی، پیاده‌رو و ... نکاتی هستند که به آنها اشاره شده است [۷].

رحیمی صوفیانی به سنجش اثرات ترافیکی احداث تقاطع های غیر همسطح شهری در شبکه معابر و تقاطع های پیرامونی پرداخته است. از نتایج شبیه سازی ریز نگر ترافیک با استفاده از نرم افزار CORSIM در یک شبکه فرضی حساسیت شاخص‌های جریان ترافیکی شبکه خیابانهای شریانی فشرده شهری و روابط آنها بر اساس تئوری دوسیال مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج با مقایسه دو وضعیت شبکه در حالت تقاطع چراغ‌دار و تقاطع غیرهمسطح تحت شرایط مختلف هندسی و ترافیکی فرضی در دو بخش جداگانه بیان شده است. نتایج حاصل از این دو بخش نشان می‌دهد با احداث تقاطع غیرهمسطح میزان تاخیر کل و پارامتر fs در شبکه افزایش و میزان سرعت متوسط و جریان عبوری کاهش می‌یابد [۸].

^۱ Clara Fang



در یک پروژه در که سال ۲۰۱۱ انجام شده، دو تقاطع DDI و نیمه شبدری با استفاده از شبیه سازی میکروسکوپییک توسط نرم افزار Aimsun مدل شده و تحت حالات مختلف ترافیکی (ترافیک کم، متوسط و زیاد) بررسی شده اند. در نتیجه ی این پروژه آمده است در شرایط ترافیک نامتعادل، DDI با چهار خط عبور عملکرد بهتری را نسبت به یک تقاطع نیمه شبدری با همان تعداد خطوط ارائه می کند. در شرایط با ترافیک زیاد عملکرد هر دو با ۶ خط عبور تقریباً یکسان بوده است [۹].

صفا زاده و همکاران در سال ۱۳۹۱ در مطالعه ای به اولویت بندی عوامل مؤثر بر انتخاب گزینه های تقاطعات غیرهمسطح شهری پرداختند. یکی از انواع تقاطعات که سهم بسزایی در افزایش مطلوبیت پارامترهای ترافیکی شبکه حمل و نقل شهری دارد، تقاطعات غیرهمسطح می باشند، که برای طرح مهندسی آن، گزینه های مختلفی وجود دارد و از اینرو دغدغه هایی را در تصمیم گیری مدیران شهری ایجاد می نماید. لذا با توجه به میزان اهمیت این تقاطعات، ارائه الگویی که تصمیم گیری مناسبترین گزینه را تسهیل نماید، حائز اهمیت بسزایی است [۱۰].

زهرا قمری مجد و محمدسعید منجم در سال ۱۳۹۴، معرفی یک منحنی جدید برای طراحی تقاطع های غیرهمسطح شبدری جهت افزایش کارایی پرداختند. وجود قوس ها در راهسازی اجتناب ناپذیر است و در تقاطع های غیرهمسطح، به دلیل طول زیاد قطعات و هزینه بالای اجرا، نیاز به دقت بالای محاسبات و انتخاب گزینه های بهینه داریم. در سال های اخیر، منحنی های زیادی به عنوان قوس پیوندی جهت استفاده در طراحی راه ها و بزرگراه ها معرفی شده است. یکی از این منحنی ها، منحنی کلوتوئید دوپل است. این مطالعه ضمن معرفی این نوع قوس پیوندی، خصوصیات و روابط هندسی آن ها، با مدلسازی هندسی این منحنی در نرم افزار Civil3D پرداخته و در نهایت با مقایسه پارامترهای هندسی این منحنی با قوسهای پیوندی مشابه، به معرفی کلوتوئید دوپل به عنوان یکی از ساده ترین و مناسب ترین قوسهای پیوندی جهت استفاده در گردش به چپ های شبدری در تقاطعات غیر همسطح پرداخته است [۱۱].

۳- روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا با بررسی تعدادی از تحقیقات انجام شده پیشین در این زمینه و همچنین با استفاده از آیین نامه های موجود در مورد طراحی تبادل های غیر همسطح اطلاعات کلی در مورد نحوه طراحی این تقاطع ها جمع آوری شد، و تقاطع شبدری برای بررسی انتخاب شد. این شکل از تقاطع های غیرهمسطح، به دلیل امکان انجام کلیه حرکات، به صورت مجزا و حل مشکل ورود و خروج حرکت گردش به چپ از سمت چپ و انجام این حرکات از سمت راست راه، ایمنی به مراتب بیشتری را از این جهت به وجود



می آورد؛ هر چند مشکلاتی در طول قسمت تداخلی به وجود می آید و این مسایل به شدت به طول قسمت تداخلی ارتباط دارد.

اگر نگرانی برای تحصیل زمین وجود نداشته باشد، مانند محدوده برون شهری، این شکل از تقاطع های غیرهم سطح می تواند مناسب باشد [۱۲].

نحوه عملکرد تقاطع های غیرهم سطح شبدری کامل، متأثر از کیفیت جریان ترافیک در مناطق همگذری و همچنین نواحی واگرایی و همگرایی ترافیک در محل اتصال رمپ ها با بزرگراه است. آنالیز روابط موجود در ۲۰۱۰ HCM و AASHTO نشان می دهد؛ مؤثرترین عوامل در سطح خدمت مناطق همگذری، حجم ترافیک ضربدری و غیر ضربدری، تعداد خطوط درگیر ترافیک ضربدری (نوع منطقه همگذر) و طول و عرض منطقه همگذری هستند و پارامترهایی نظیر، سمت قرار گیری رمپ (چپ یا راست)، طول خطوط افزایش یا کاهش سرعت، مشخصات رمپ مجاور و ... از مهمترین عوامل تأثیرگذار در سطح خدمت نواحی واگرایی و همگرایی بشمار می روند [۱۳].

یک تقاطع شبدری طبق ضوابط آیین نامه ای با استفاده از روش شبیه سازی در مقیاس خرد (شبیه سازی میکروسکوپی) در نرم افزار Aimsun شبیه سازی شد. شبیه سازی امکان مدل نمودن شرایط ترکیبی ترافیک را برای ما فراهم می نماید. داده هایی نیز از شرایط واقعی جهت افزایش دقت شبیه سازی جمع آوری شده و مورد استفاده قرار گرفتند. این نرم افزار به دلیل توانایی آن برای انجام تجزیه و تحلیل دقیق در مقیاس میکروسکوپی انتخاب شد که تا حد زیادی نتایج نزدیک به واقعیت ارائه می کند .

سناریو های مختلف در نرم افزار مدل شد تا عملکرد هر تقاطع از لحاظ زمان تأخیر، زمان سفر، سرعت و ... بدست آید تا با توجه به شرایط ترافیکی، هندسه تقاطع و ایمنی، در زمینه انتخاب بهینه ترین طول خط تغییر سرعت لوپ گردش به چپ در تقاطع های شبدری تصمیم گیری گردد. در این تحقیق قصد بر آن است تا با بکار گرفتن یکی از مدل های تصمیم گیری چند معیاره که به آن تحلیل سلسله مراتبی گفته می شود، بهینه ترین گزینه از میان گزینه های پیشنهادی برای بهینه ترین طول خط تغییر سرعت در تقاطع های شبدری مشخص گردد.

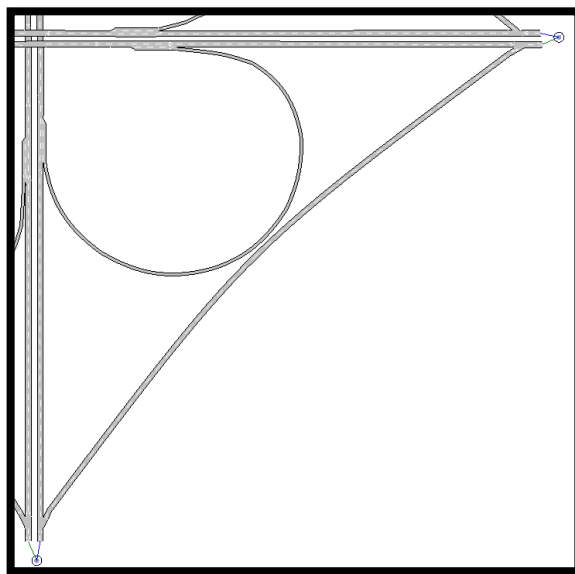
در مورد تقاطعات غیر هم سطح با بررسی آیین نامه ها و نشریات معتبر داخلی و خارجی و مراجعه به سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای و همینطور وزارت راه و شهرسازی یا شهرداری ها که متولی ساخت این گونه تقاطعات می باشند می توان به گرد آوری اطلاعات در زمینه نحوه طراحی و پارامترهای طراحی تقاطعات مد نظر پرداخت. دیگر اطلاعات مورد نیاز با استفاده از خروجی های نرم افزار Aimsun به دست خواهد آمد. در نهایت نیز جهت ایجاد روشی مناسب برای انتخاب مقدار بهینه طول خط تغییر سرعت در تقاطع های شبدری از روش AHP استفاده شده است.



۴- شبیه سازی و تحلیل نتایج

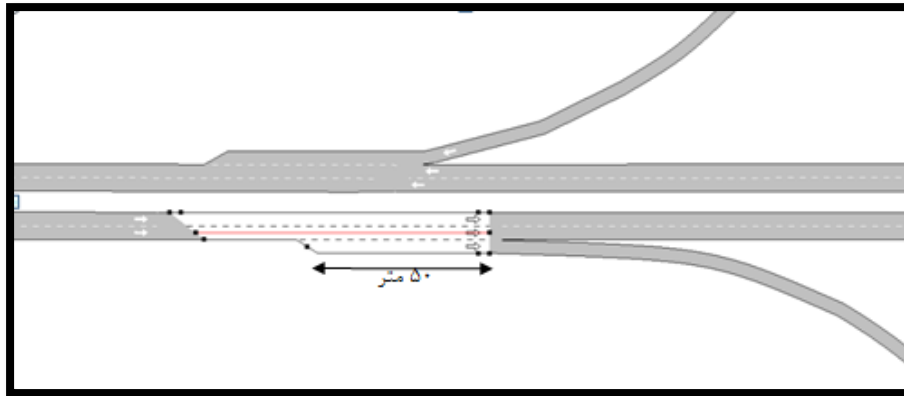
در این مطالعه برای بررسی تاثیر طول خط تغییر سرعت در تقاطع های شبدری، تقاطع دو بزرگراه دوخطه دو طرفه در نظر گرفته شد و بر اساس ضوابط طراحی تقاطع شبدری برای سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت، لوپ های چپگرد طراحی شد. سپس این تقاطع شبدری در نرم افزار Aimsun شبیه سازی شد و در پنج حالت با طول های مختلف خط تغییر سرعت مورد بررسی قرار گرفت.

این تقاطع دارای خطوط عبوری با عرض ۳/۵ متر می باشد و عرض لوپ نیز ۳/۵ متر در نظر گرفته شده است. سرعت در خطوط بزرگراه ۹۰ کیلومتر بر ساعت و در لوپ ۵۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده است. در شکل ۱ قسمتی از تقاطع شبیه سازی شده در نرم افزار Aimsun مشاهده می شود.



شکل ۱: رمپ و لوپ تقاطع شبدری شبیه سازی شده

طول خط تغییر سرعت در سه حالت ۵۰-۷۰-۹۰-۱۱۰ و ۱۳۰ متر مورد بررسی قرار گرفت، که در شکل ۲ نمایی از ورودی لوپ در حالت طول خط تغییر سرعت ۵۰ متر مشاهده می شود.



شکل ۲: ورودی لوپ چپگرد با طول خط تغییر سرعت ۵۰ متر

حجم هر خط عبور بزرگراه، ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و حجم چپگرد ۸۰۰ وسیله در ساعت در نظر گرفته شد. در شکل ۳ جدول مربوط به حجم OD وارد شده در نرم افزار مشاهده می شود. که مجموعاً در ۵ حالت شبیه سازی انجام شد.

O/D Matrix: 414, Name: matrix car: 00:00 01:00

Main Path Assignment Parameters Attributes

Name: 00:00 01:00 External Id: Headers: Id : Name

Vehicle Type: 8: car Initial Time: 12:00:00 AM Duration: 1:00:00

	i6: sharg	57: ghar	i8: shom	i9: jonoc	Total
256: shargh		2000		800	2800
257: qharb	2000		800		2800
258: shomal	800			2000	2800
259: jonoob		800	2000		2800
Total	2800	2800	2800	2800	11200

Operation: None Copy Paste OK Cancel

شکل ۳: احجام وارد شده در شبیه سازی

از میان شاخص های ارائه شده توسط نرم افزار، شش شاخص که تاثیر پذیری بیشتری نسبت به تغییر حجم وسایل نقلیه عبوری و تغییر طول خط تغییر سرعت داشتند انتخاب شدند و در پنج حالت شبیه سازی شده، مورد مقایسه قرار گرفتند که در ادامه، این مقایسه به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام خواهد شد.



این شش شاخص عبارتند از: زمان تاخیر، چگالی، جریان، سرعت، زمان ایست، زمان سفر
نتایج بدست آمده شش شاخص مورد نظر برای پنج حالت، در نرم افزار Aimsun در جدول ۱ ملاحظه
می شود:

جدول ۱ شاخص های مورد بررسی در نرم افزار Aimsun

طول خط تغییر سرعت (متر)	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰	۱۳۰
سناریو	۱	۲	۳	۴	۵
حجم چپگرد (وسیله نقلیه)	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰
زمان تاخیر (ثانیه در کیلومتر)	۳۷/۷۷	۳۱/۵۴	۲۹/۴۸	۱۷/۳۹	۲۶/۶۳
چگالی (وسیله نقلیه در کیلومتر)	۲۹/۵	۲۷/۰۷	۲۵/۸۳	۲۰/۵۴	۲۴/۰۸
جریان (وسیله نقلیه در ساعت)	۱۱۰/۱۵	۱۰۹۷۴	۱۰۹۰۸	۱۰۷۶۲	۱۱۰۶۴
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۵۴/۷۱	۵۶/۶۴	۵۸/۴۸	۶۷/۷۰	۶۱/۳۹
زمان ایست (ثانیه در کیلومتر)	۱۳/۸۲	۱۱/۲۷	۹/۳۵	۴/۱۰	۸/۳۴
زمان سفر (ثانیه در کیلومتر)	۷۷/۱۲	۷۱/۰۶	۶۸/۹۶	۵۶/۸۶	۶۶/۱۴

در این ارزیابی ضریب اهمیت هر شش شاخص مورد بررسی یکسان در نظر گرفته شده و شاخص های با
جنبه منفی، ضریب منفی داده شده است. برای مثال بالا رفتن زمان تاخیر منفی است، بنابراین این شاخص
با ضریب منفی در نظر گرفته می شود.

پس از محاسبه ماتریسی از مقادیر بدست آمده شاخص ها برای سناریوهای موجود، یک ماتریس کلی برای
شاخص ها ایجاد می شود. ماتریس مقایسه زوجی شاخص ها تشکیل می شود که در این جدول وزن تمام
شاخص ها برابر در نظر گرفته شده است.

سپس باید این ماتریس ها را به ماتریس نرمال درجه یک تبدیل کرد، به این صورت که اعداد هر خانه در
هر ستون، بر مجموع اعداد آن ستون تقسیم می شود. جدول ۲ ماتریس مقایسه زوجی نرمال شده
شاخص ها را نشان می دهد.



جدول ۲ ماتریس مقایسه زوجی نرمال شاخص‌ها

Travel time (sec/km)	Stop time (sec/km)	speed (km/hr)	Flow (veh/h)	Density (veh/km)	Delay Time (sec/km)	شاخص‌ها
۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	Delay Time (sec/km)
۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	Density (veh/km)
۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	Flow (veh/h)
۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	speed (km/hr)
۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	Stop time (sec/km)
۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷	Travel time (sec/km)
۱	۱	۱	۱	۱	۱	مجموع

در نهایت با استفاده از ضریب اهمیت و ضریب بدست آمده برای هر شاخص در سناریوها، ارزیابی موزون کل حاصل می‌شود، که مجموع حاصل ضرب ضریب اهمیت هر شاخص در میانگین ماتریس نرمال هر شاخص می‌باشد. جدول ۳ ضرایب اهمیت میانگین هر شاخص و ارزیابی موزون کل را نشان می‌دهد.

جدول ۳ جدول ارزیابی موزون کل

۵	۴	۳	۲	۱	ضریب اهمیت	شاخص‌ها
۰/۱۸۶	۰/۱۲۱	۰/۲۰۶	۰/۲۲	۰/۲۶۴	- ۰/۱۶۷	Delay Time (sec/km)
۰/۱۸۹	۰/۱۶۱	۰/۲۰۳	۰/۲۱۳	۰/۲۳۲	۰/۱۶۷	Density (veh/km)
۰/۲۰۲	۰/۱۹۶	۰/۱۹۹	۰/۲	۰/۲۰۱	۰/۱۶۷	Flow (veh/h)
۰/۲۰۵	۰/۲۲۶	۰/۱۹۵	۰/۱۸۹	۰/۱۸۳	۰/۱۶۷	speed (km/hr)
۰/۱۷۷	۰/۰۸۷	۰/۱۹۹	۰/۲۴	۰/۲۹۴	- ۰/۱۶۷	Stop time (sec/km)
۰/۱۹۴	۰/۱۶۷	۰/۲۰۲	۰/۲۰۸	۰/۲۲۶	- ۰/۱۶۷	Travel time (sec/km)
۰/۰۰۶	۰/۰۳۴	- ۰/۰۰۱	- ۰/۰۱۱	- ۰/۰۲۸		ارزیابی موزون کل

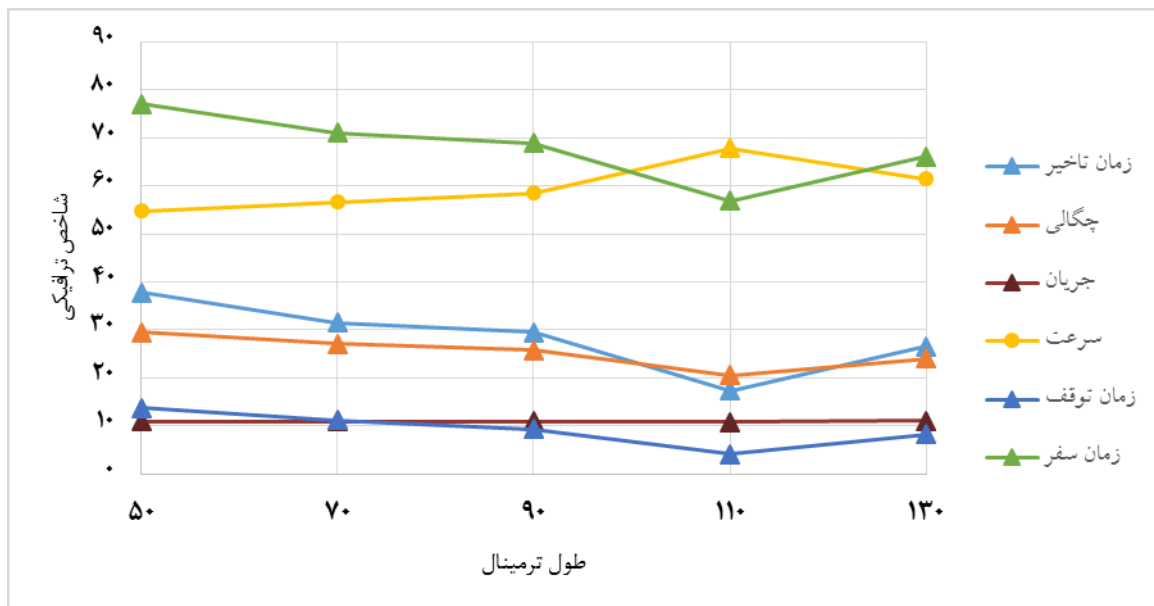


با توجه به نتایج بدست آمده ، حالت چهارم که دارای بیشترین مقدار ارزیابی موزون کل است انتخاب می شود. این حالت بیانگر طول خط تغییر سرعت ۱۱۰ متر و حجم چپگرد ۸۰۰ وسیله نقلیه می باشد.

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه با استفاده از شبیه سازی ترافیکی توسط نرم افزار Aimsun به بررسی تاثیر طول خط تغییر سرعت در تقاطع های شبدری پرداخته شد و یک تقاطع شبدری در بزرگراه دو خطه دوطرفه مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به حالت های در نظر گرفته شده و در نهایت تحلیل سلسله مراتبی شاخص های ترافیکی انجام شد و به ترتیب بهترین تا بدترین حالت مشخص شدند.

در شکل نموداری از تغییرات شاخص ها در پنج حالت طول خط تغییر سرعت ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ متر مشخص شده و هر رنگ نیز نشان دهنده ی یک شاخص می باشد. همانطور که مشاهده می شود زمان تاخیر در یک حجم چپگرد یکسان، با افزایش طول خط تغییر سرعت، کاهش می یابد و بنابراین می توان گفت زمان تاخیر و طول خط تغییر سرعت رابطه عکس دارند. که البته در طول خط تغییر سرعت بالاتر دوباره شاهد افزایش زمان تاخیر هستیم.



شکل ۴ : نمودار مقایسه شاخص ها



- در انتها با بررسی نمودار فوق می توان به یک جمع بندی کلی رسید.
- ۱- در مجموع پنج حالت بررسی شد که در تمام شاخص های مورد بررسی حجم چپگرد ۸۰۰ وسیله نقلیه با طول خط تغییر سرعت ۱۱۰ متر با اختلاف قابل توجهی در مقدار شاخص ها، دارای بهترین وضعیت نسبت به چهار حالت دیگر بود.
 - ۲- با توجه به تمامی این بررسی ها می توان گفت بهتر است در طراحی یک تقاطع شبدری با توجه به برآورد و پیش بینی حجم تقاضای گردش به چپ، اقدام به انتخاب طول خط تغییر سرعت مناسب برای آن حجم نمود، چرا که همیشه طول خط تغییر سرعت بیشتر تاثیر قابل توجهی روی شاخص های ترافیکی نخواهد داشت و از نظر اقتصادی و صرف هزینه های ساخت قابل توجیه نخواهد بود.
 - ۳- همچنین ممکن است فضای موجود در بزرگراه ها همیشه امکان تعبیه خط تغییر سرعت با طول بالا را نداشته باشد. بنابراین طول خط تغییر سرعت مناسب، یک حالت بهینه با در نظر گرفتن تمام موارد از قبیل میزان حجم گردش به چپ، مقدار شاخص های ترافیکی، فضای قابل استفاده و میزان هزینه ساخت خواهد بود.



۶- مراجع

- ۱- Guo, Z., Wan, H., Zhao, Y., Wang, H., & Li, Z., ۲۰۱۳, Driving simulation study on speed-change lanes of the multi-lane freeway interchange. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, ۹۶, ۶۰-۶۹.
- ۲- Design Exception Update Interchange Spacing Standards, Russel Crew, ۲۰۰۷.
- ۳- Single Point Interchange, Planning, Design and Operations Guidelines, june ۲۰۰۱, Department of Transportation Division of design MS۲۸.
- ۴- امینی، ب.، رحیمی صوفیانی، ب.، ۱۳۸۸، سنجش اثرات تقاطع های غیر هم سطح شهری در ترافیک شبکه پیرامونی، در نهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران.
- ۵- شاهی، ج.، اخباری، ک.، افشار، پ.، ۱۳۹۱، آرایه شاخصی برای ارزیابی الگوهای مختلف تقاطع های غیرهمسطح، فصلنامه جاده ۲۷ (۷۱).
- ۶- F. Clara Fang، Lily Elefteriadou، Aaron Elias، ۲۰۱۲، AN EVALUATION OF THE HCM ۲۰۱۰ OPERATIONAL ANALYSIS METHODOLOGY FOR INTERCHANGE RAMP TERMINALS USING FIELD DATA، TRB ۲۰۱۲ Annual Meeting.
- ۷- خبازها، م.، تهیه و تدوین راهنمای (دستورالعمل) طراحی هندسی تقاطع های غیرهمسطح در شبکه راه های شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- ۸- رحیمی صوفیانی، ب.، سنجش اثرات ترافیکی احداث تقاطع های غیر همسطح شهری در شبکه معابر و تقاطع های پیرامونی، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- ۹- “Comparative analysis between the diverging diamond interchange and partial cloverleaf interchange using microsimulation modeling”, ۲۰۱۱، A Thesis by Galletebeitia، Borja، M.S (Thesis Advisor: Evangelos I. Kaisar ، Alexander Stevanovic ، Kaled Sobhan) Florida Atlantic University.
- ۱۰- صفارزاده، م.، حسن پور، ش.، احمدی بافنده، م.، ۱۳۹۱، اولویت بندی عوامل مؤثر بر انتخاب گزینه های تقاطعات غیرهمسطح شهری، یازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.
- ۱۱- قمری مجد، ز.، منجم، م.، س.، ۱۳۹۴، معرفی یک منحنی جدید برای طراحی تقاطع های غیرهمسطح شبدری جهت افزایش کارایی، کنفرانس سالانه تحقیقات در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و محیط زیست پایدار، تهران، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا.
- ۱۲- طرح هندسی راه، ۱۳۸۷، گرشاسپ نریمانی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم



۱۳- آیین نامه طرح هندسی راه ها ، ۱۳۷۵ ، معاونت امور فنی ، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ، مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری ، نشریه ۱۶۱ .



Effects of speed change lanes length in cloverleaf interchange traffic indicators simulated by Aimsun using Analytical Hierarchy Process (AHP)

Mahshid Mirzaee Tayeghani ^۱, Mohammad Aliyaritabar ^۲

^۱ - MSc graduate, Department of Civil Engineering, Science and Research branch, Islamic Azad University

^۲ - MSc student, Department of Civil Engineering, Science and Research branch, Islamic Azad University

Abstract

Population growth and the use of vehicles in today's society, increased urban travels, and, in some cases, lack of capacity to the demand would cause traffic and increase delay time. In this case, construction of interchanges is one of the ways to reduce delay time in main nodes with high- volume demand. Since making these intersections requires high cost, it should be selected very carefully the optimal intersection in terms of design, physical and traffic characteristics. This study discussed one of the physical elements of shamrock Interchanges, and investigated the effects of speed change lane length of the interchange in five different lengths using Aimsun simulation software Traffic on the several important indicators of intersection such as delay time, density, flow, speed, stop time and travel time, and finally obtained indicators compared by AHP method and specified the optimal speed change lane length for the intersection.

Keywords: *clover intersection, speed change lane length, Aimsun, Analytical Hierarchy Process (AHP), traffic indicators*

^۱ MSc student, M.Mirzaee@srbiau.ac.ir

^۲ MSc graduate, Aliyaritabar.Mohammad@srbiau.ac.ir