

الگوریتم تصمیم گیری در خصوص تبدیل میدان به تقاطع چراغدار و بالعکس

شهریار افندی زاده^۱ محمود صفارزاده^۲ حسین محمدی قرقی^۳

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- کارشناس ارشد، مهندسی عمران، برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران

چکیده:

کنترل حمل و نقل و ترافیک در تقاطع‌ها نکته بسیار مهم و حساسی است که باعث عملکرد صحیح کل شبکه می‌گردد. انتخاب نامناسب نوع یک تقاطع، ضمن آنکه افزایش تأخیر وارد بر وسایل نقلیه عمومی عبوری را در پی دارد، به دلیل بسته شدن سه یا چهار مسیر منتهی به تقاطع عملکرد کل شبکه را نیز مختل می‌کند. برای یک تقاطع معمولاً گزینه‌های متعددی از نظر شکل و فرم هندسی نظیر تقاطع چراغدار، تقاطع کانالیزه بدون چراغ، دوربرگردان، میدان، میدان چراغدار و تقاطع غیر همسطح مطرح می‌شود. مسأله‌ای که همیشه با آن مواجهند، انتخاب طرح هندسی برتر از بین گزینه‌های پیشنهادی می‌باشد.

بنابراین در این مقاله به الگوریتم تصمیم گیری در مورد انتخاب میدان و یا چهارراه چراغدار برای تقاطعات شهری پرداخته شده است. برای نوشتن الگوریتم باید ابتدا پارامترها و شاخص‌های ترافیکی دخیل در انتخاب میدان و یا تقاطع چراغدار شناسایی شوند سپس بر مبنای تصمیم گیری سلسله مراتبی باید ابتدا ماتریس تصمیم گیری با دو سطر که گزینه‌های میدان و تقاطع چراغدار می‌باشند و چندین ستون که شاخص‌های ترافیکی می‌باشند نوشته شود. برای مقایسه زوجی به دلیل پیچیدگی مسأله از روش ریاضی و یا برنامه ریزی آرمانی اجتناب می‌شود و از مقایسه عددی و یا روش پرسشنامه‌ای استفاده می‌شود. بنابراین برای استفاده از روش پرسشنامه‌ای باید نظرات متخصصین ترافیکی را در خصوص شاخص‌های مختلف در مورد میدان و تقاطع چراغدار را اخذ و در ماتریس تصمیم گیری ثبت نمود.

^۱ نارمک، تلفن: ۰۲۱۸۸۰۱۱۰۰۱، پست الکترونیکی: zargari@iust.ac.ir

^۲ پل گیشا، تلفن: ۰۲۱۸۸۰۱۱۰۰۱، پست الکترونیکی: saffar_m@modares.ac.ir

^۳ مدرس دانشگاه مشهد، تلفن: ۰۹۱۵۳۱۶۹۱۹۸، پست الکترونیکی: hmql48@yahoo.com

بنابراین برای جلوگیری از نظرسنجی و مطالعه و تحقیق تکراری در مورد هر تقاطع، در این مقاله الگوریتمی جهت انتخاب بهترین گزینه برای تقاطع ارائه گردیده است. برای نوشتن الگوریتم تصمیم گیری به منظور انتخاب بهترین راهکار از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم افزار (Choice Expert) استفاده شده است. در ادامه نیز با شبیه سازی تقاطع ها در نرم افزار AIMSUN نتایج بدست آمده از این دو نرم افزار با یکدیگر مقایسه گردیده است.

کلید واژه : معیارهای موثر، تقاطع، فرآیند سلسله مراتبی، الگوریتم تصمیم گیری، نرم افزار EC و AIMSUN

۱- مقدمه

به منظور ارزیابی گزینه‌های مختلف طراحی با فاکتورهای مختلف ترافیکی و نهایتاً پیشنهاد طرح‌های مؤثر و به موقع، ضروری است که تحلیلگر و طراح از ابزارهای مفید و مؤثر استفاده بکند. به طور کلی میدان به عنوان راه حل برای رفع مشکلات ناشی از ترافیک در تقاطع‌ها و همچنین ایجاد سهولت و ایمنی در حرکات برخوردی ایجاد می‌شود. با بالا رفتن حجم ترافیک و با توجه به ابعاد و طرح هندسی میدان، کار آبی آن به تدریج کاهش پیدا می‌کند. در این حالت نصب چراغ راهنمایی در میدان و تبدیل عملکرد آن به نوعی تقاطع چراغدار می‌تواند در افزایش کار آبی آن مؤثر باشد. اما با قرار دادن چراغ راهنمایی اصل اساسی میدان یعنی عدم وارد شدن تأخیر ثابت نادیده گرفته می‌شود و همچنین تقاطع چراغ دار ظرفیت بالا تر نسبت به میدان چراغ دار را دارا می‌باشد. در این حالت تبدیل میدان به تقاطع می‌تواند در افزایش کار آن مؤثر باشد. گرچه فقط بخش کوچکی از شبکه معابر شهری به تقاطع‌ها اختصاص دارد ولی این بخش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا کارایی، ایمنی، سرعت و ظرفیت معابر وابسته به عملکرد تقاطع‌هاست. عملکرد تقاطع‌ها نیز خود بستگی به طراحی و مدیریت صحیح آن دارد.

۲- تعریف

از دیدگاه ترافیک و حمل و نقل درون شهری تقاطع محل و مکانی است که جریان ترافیک در آنجا می‌تواند بین مسیرها و جهت‌ها و گاهی مدهای مختلف سفر تغییر کند، که اصطلاحاً به آن نقطه اتصال می‌گویند [۱].

تقاطع‌ها به عنوان گره‌های حمل و نقل شهری، مهم‌ترین عامل ایجاد تأخیر در شبکه حمل و نقل شهری می‌باشند. از این رو طراحی و بهینه سازی آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. طراحی و زمان بندی چراغ‌های راهنمایی به موقعیت و نوع ترافیک بستگی داشته و دارای انواع مختلفی همانند از پیش زمان بندی شده، متغیر، نیمه متغیر و چراغ‌های با اولویت اتوبوس و یا هوشمند می‌باشند [۲]. میدان تقاطعی است که مسیرهای منتهی به آن یکدیگر را قطع نمی‌کنند، بلکه توسط یک مسیر یک‌طرفه حول یک جزیره مرکزی به یکدیگر متصل می‌شوند. بنابراین تمام حجم ترافیک به مسیر دورانی یک طرفه در اطراف یک جزیره مرکزی وارد و یا از آن خارج می‌شوند. در واقع میدان یک تقاطع مسیر ده می‌باشند [۷].

۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

تحلیل سلسله مراتبی AHP روشی است که امکان تصمیم گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی و ترکیبی را فراهم می کند. AHP یکی از جامع ترین مدل های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه می باشد. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرایند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چند معیاره می باشد. علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است. مقایسه زوجی در این فرایند تصمیم گیری جهت شکل دهی ماتریس مبدل داده های کیفی به مقادیر عددی بکار می رود [۳].

از آنجا که روش AHP بیشتر حالت کاربر مبنای بوده و در آن از دانش کارشناسان استفاده می شود نسبت به سایر روش های وزن دهی، مفیدتر می باشد که برای کاهش اشتباهات سلیقه ای کارشناسان در وزن دهی، میزان نرخ سازگاری نیز محاسبه می گردد [۶].

۴- معیارهای تاثیر گذار

برای انتخاب میدان و یا چهار راه چراغدار پارامترها و شاخص های فراوانی وجود دارد که معیارهای تاثیر گذار عبارتند از: ۱- نوع خیابان های متقاطع ۲- تعداد خیابان های منتهی به تقاطع ۳- تعداد خط های عبوری ۴- ایمنی عابرین پیاده ۵- ایمنی خودروهای عبوری ۶- حجم عابرین پیاده ۷- حجم وسایل نقلیه (حجم ترافیک) ۸- حجم عبوری خودروهای سنگین (ترکیب ترافیک) ۹- حجم عبوری چپگرد ۱۰- ظرفیت ۱۱- درجه اشباع ۱۲- ترکیب ترافیک ۱۳- میزان تصادفات ۱۴- تأخیر ۱۵- سرعت عملکردی خودروهای عبوری ۱۶- نقش زیبایی منظر و معماری شهری ۱۷- احساس خوشایندی و بار روانی وارد بر افراد ۱۸- هزینه های اجرا و ساخت و سطح مورد نیاز ۱۹- تاثیرات زیست محیطی (آلودگی هوا، مصرف سوخت و فضای سبز)

برای مشخص شدن پارامترها و معیارهای تأثیر گذار بر میدانی و تقاطع های چراغدار از بین چندین معیاری که اشاره شد، باید نظر کارشناسان ترافیک را با پرسشنامه و جداول تنظیم شده، دریافت نمود.

¹ Analytical Hierarchy Process

البته باید به این نکته اشاره نمود که معیارهای زیادی تأثیر گذارند ولی چنانچه تعداد پارامترها و فاکتورها در AHP بیشتر از ۸ معیار باشد باعث پیچیدگی و ناسازگاری زیاد می‌شود. بنابراین پس از بررسی نظر کارشناسان گرامی ۸ شاخص تأثیر گذار نوع خیابان‌های متقاطع، بار روانی مثبت و خوب و احساس خوشایندی بر رانندگان، ترکیب ترافیک (حجم عبوری خودروهای سنگین)، عابر پیاده، حجم عبوری چپگرد، حجم ترافیک، ایمنی و تأخیر انتخاب گردید.

۵- وزن دهی معیارها و گزینه‌ها

اولین گام پس از انتخاب هشت پارامتر و شاخص تأثیر گذار که همان معیارها می‌باشد، وزن دهی ساده بین معیارها می‌باشد. پس از مقایسه و اولویت دهی بین معیارها باید گزینه‌ها را با توجه به تک تک معیارها به طور جداگانه و به روش AHP با توجه به نظر کارشناسان مقایسه و وزن دهی شوند.

۶- ارائه الگوریتم تصمیم‌گیری در خصوص تبدیل میدان به تقاطع چراغ دار

الگوریتم تصمیم‌گیری در خصوص تبدیل میدان به تقاطع چراغ دار و برعکس شامل مراحل و گام‌های زیر می‌باشد.

در ابتدا به جمع آوری آمار و برداشت اطلاعات مورد نیاز تقاطع مربوطه باید پرداخته شود که این اطلاعات شامل حجم تردد و تمایلات هر ورودی و اطلاعات مربوط به طرح هندسی تقاطعات می‌باشد. پس از جمع آوری آمار و برداشت اطلاعات مورد نیاز تقاطع باید دیگر شاخص‌های مورد نیاز همانند ظرفیت و تأخیر محاسبه گردد. پس از برداشت اطلاعات و محاسبه شاخص‌های مورد نیاز، برای هر معیار از وزن‌ها و اولویت‌ها اختصاص داده توسط کارشناسان با توجه به مشخصات هر تقاطع انتخاب می‌گردد. بعد از انتخاب ماتریس‌های دودویی مربوط به هر معیار، در گام بعد باید بردار اولویت معیارها و همچنین بردار اولویت گزینه‌ها نسبت به هر معیار محاسبه گردد. با مشخص شدن بردار اولویت معیارها و همچنین بردار اولویت گزینه‌ها نسبت به هر معیار، باید در این گام بردار اولویت کلی گزینه‌ها را مشخص نمود. چنانچه اولویت هر گزینه نسبت به هر معیار، در اولویت خود آن معیار ضرب شده و با یکدیگر جمع شوند، وزن نهایی و اولویت کلی آن گزینه محاسبه می‌گردد. در پایان بعد از در اختیار داشتن وزن نهایی و بردار اولویت کلی گزینه‌ها که در گام قبلی محاسبه گردید، در آخرین گام از الگوریتم، گزینه‌ای که مقدار بیشتری داشته باشد به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌گردد.

البته لازم به توضیح است که وزن نهایی و کلی گزینه‌ها را می‌توان با استفاده از نرم افزار¹ EC و بدون محاسبات بدست آورد.

۷- نرم افزار EC

نرم افزار Expert Choice دارای توانایی‌های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی، تصمیم گیری و طراحی سوالات، تعیین ترجیح‌ها و اولویت‌ها، محاسبه وزن نهایی، محاسبه نرخ ناسازگاری، تحلیل حساسیت تصمیم گیری نسبت به تغییر در پارامترهای مسأله، استنتاج حالات مختلف و نیز نمودارها و گراف‌های بسیار کاربردی از دیگر توانمندی‌های این نرم افزار است. پس از ایجاد سلسله مراتبی، قدم بعدی ارزیابی عناصر با مقایسه زوجی می‌باشد. این امر در نهایت به مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به هریک از معیارها و نیز مقایسه معیارها نسبت به هدف منتهی خواهد گردید. از جمله ویژگی‌های منحصر به فرد نرم افزار EC توانایی آن در دریافت داده‌های کمی و کیفی می‌باشد. در این نرم افزار از بین روش‌های وزن دهی، از جمله روش نسبتی، رتبه ای، تحلیل توازن و تحلیل سلسله مراتبی، روش تحلیل سلسله مراتبی AHP برای وزن دهی متغیرها استفاده گردید. پس از اتمام مقایسه‌ها، نرم افزار EC نموداری از وزن‌ها را به نمایش درآورده و نرخ سازگاری را نیز نشان می‌دهد. بعد از مقایسه زوجی و محاسبه وزن‌های نسبی گزینه‌ها و معیارها، لازم است تا وزن نهایی هر گزینه محاسبه گردد. بدین منظور از عمل تلفیق² استفاده می‌شود [۴].

برای تحلیل و ارزیابی نتایج نرم افزار EC و میزان صحت و دقت آن‌ها، تقاطعات با نرم افزار AIMSUN نیز شبیه سازی می‌شود تا بتوان نتایج حاصله از نرم افزار EC و AIMSUN را با یکدیگر مقایسه نمود. در ادامه به معرفی نرم افزار AIMSUN پرداخته شده است.

۸- نرم افزار ایمسان

نرم افزار AIMSUN یکی از کاربردی‌ترین نرم افزارهای رایج ترافیکی در بین مهندسين ترافیک است که عمدتاً در زمینه‌های مدیریت ترافیک و تحلیل اثرات جریان ترافیک بر روی شبکه معابر مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایمسان می‌تواند با شبکه‌های ترافیکی مختلف نظیر شبکه‌های شهری، آزاد راه‌ها، بزرگراه‌ها، راه‌های حلقوی، میدان‌ها، شریانی‌ها و ترکیبی از آن‌ها در رابطه باشد. ایمسان یک نرم

¹ Expert Choice

² Synthesis

افزار شبیه ساز خرد نگر است. یعنی هر خودرو منفرد در شبکه به صورت یک جزء مستقل است و رفتار آن به صورت پیوسته در طول دوره شبیه سازی و در ارتباط با وسایل نقلیه دیگر و شرایط شبکه مدل سازی می شود [۷].

باید توجه داشت به دلیل اینکه شرایط ترافیک در ایران، تفاوت های قابل ملاحظه ای با دیگر کشورها دارد، لازم است در بهره گیری از نرم افزارهای تهیه شده در دیگر کشورها حساسیتی خاص نسبت به اعتبار سنجی مدل داشت.

۹- مطالعه موردی تقاطع ابوطالب و حر عاملی شهر مشهد

برای مطالعه موردی یک شبکه به هم پیوسته که شامل ۴ تقاطع چراغدار و ۲ میدان و ۱ سه راهی می باشد در منطقه ابوطالب شهر مشهد انتخاب شده است. این شبکه از دو خیابان به موازات یکدیگر تشکیل شده، که در مسیر خودشان چهار خیابان دیگر را قطع می کنند، که منجر به ایجاد ۷ تقاطع می گردد که شامل چهارراه هدایت، چهارراه شفا، چهارراه عبدالمطلب، میدان ابوطالب، میدان موسوی قوچانی، چهارراه موسوی قوچانی و سه راهی هدایت می باشد. در ادامه به عنوان نمونه به مطالعه و تحلیل و بررسی تقاطع ابوطالب و حر عاملی پرداخته می شود. موقعیت قرارگیری تقاطع بلوار ابوطالب و بلوار حر عاملی مشهد که به صورت میدان می باشد در (شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت قرارگیری میدان ابوطالب

اطلاعات ورودی رویکردهای میدان از طریق ۱۶ حسگر تعبیه شده هوشمند برداشت شده است. برداشت حجم گردش به راست و همچنین تمایلات گردشی با به کارگیری ۸ آمارگیری و مشخصات هندسی میدان با استفاده از متر کشی انجام گرفته که در (جدول ۱) آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات و حجم ورودی و تمایلات گردشی میدان ابوطالب

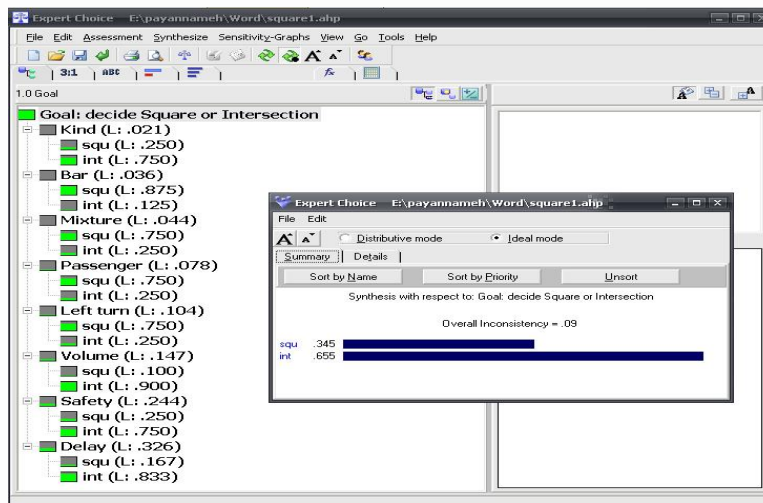
دوربرگردان UT	گردش به چپ LT	مستقیم DT	گردش به راست RT	تعداد خطوط	عرض مسیر (m)	رویکرد
۲۹	۱۶۶	۵۱۲	۱۹۷	۴	۱۸	شمال به جنوب
۱۸	۱۹۲	۱۲۷۸	۷۴	۳	۱۲	شرق به غرب
۳۵	۲۱۶	۱۳۷۴	۸۹	۳	۱۲	غرب به شرق
۲۶	۱۵۸	۹۷۱	۲۶۸	۴	۱۸	جنوب به شمال

علاوه بر اطلاعات فوق برای حل مسأله نیاز به داده‌ها و مشخصات دیگری می‌باشد که این مشخصات پس از محاسبه در (جدول ۲) آورده شده است.

جدول ۲: مشخصات مورد نیاز میدان ابوطالب

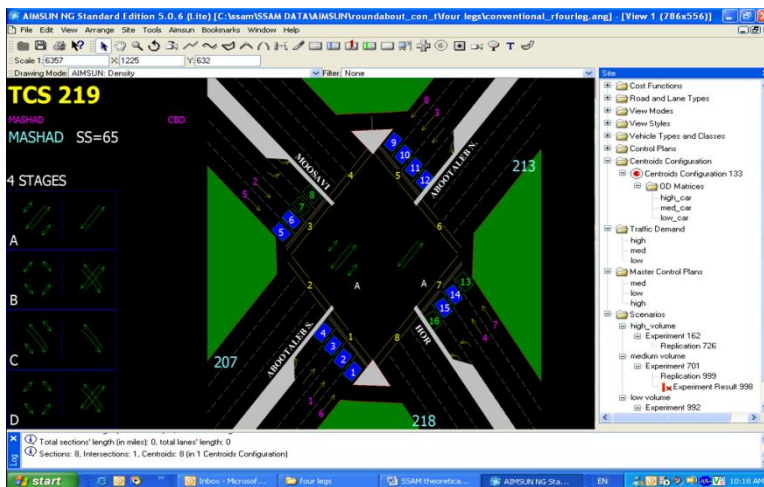
نوع خیابان	تعداد عابر پیاده	خودروهای سنگین %	حجم چپگرد veh/h	حجم ترافیک veh/h	ظرفیت تقاطع veh/h	تعداد تصادفات	تأخیر (ثانیه)
درجه ۲	۱۲۷	۹	۷۳۲	۵۶۰۳	۶۴۳۷	۳	۶۵

حال با استفاده از نرم افزار Expert Choice و جایگذاری مقادیر فوق در نرم افزار مقادیر نهایی گزینه‌ها به صورت (شکل ۲) محاسبه می‌گردد.



شکل ۲: محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها توسط نرم افزار EC

با توجه به اینکه وزن نهایی بدست آمده برای میدان ۰/۳۵ و برای تقاطع چراغدار ۰/۶۵ می باشد، لذا وزن تقاطع چراغدار بیشتر از میدان می باشد ($Q_{\text{میدان}} = 0.35 > Q_{\text{تقاطع چراغدار}} = 0.65$). بنابراین چهارراه چراغدار، گزینه برتر و انتخابی برای این تقاطع می باشد. برای ارزیابی نتایج، تقاطع ابوطالب و حر عاملی با استفاده از نرم افزار AIMSUN به صورت چهارراه چراغدار شبیه سازی شده است که در شکل (شکل ۳) نشان داده شده است.



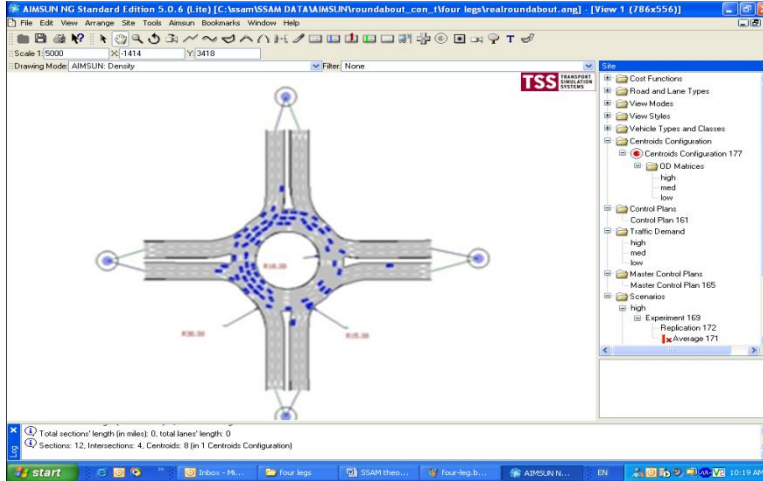
شکل ۳: شبیه سازی تقاطع چراغدار ابوطالب- حر در نرم افزار ایمسان

پس از مراحل ساخت چهارراه ابوطالب در نرم افزار به منظور اجراء کردن نرم افزار از ۸ مرتبه شبیه سازی استفاده شده است که میانگین نتایج خروجی این شبیه سازی در (جدول ۳) آورده شده است.

جدول ۳: خروجی نرم افزار ایمسان برای چهارراه ابوطالب

تأخیر sec/km	جریان veh/h	چگالی veh/km	سرعت km/h	زمان سفر sec/km
۷۵/۸۶	۴۹۶۳	۶۹/۲۸	۲۸/۱۳	۱۳۶/۳۴

تقاطع ابوطالب و حر عاملی به صورت میدان نیز شبیه سازی شده است که در (شکل ۴) نمایش داده شده است.



شکل ۴: شبیه سازی میدان ابوطالب-حر در نرم افزار ایسمان

پس از مراحل ساخت میدان ابوطالب در نرم افزار به منظور اجراء کردن نرم افزار از ۸ مرتبه شبیه سازی استفاده شده است که میانگین نتایج خروجی این شبیه سازی در (جدول ۴) آورده شده است.

جدول ۴: خروجی نرم افزار ایسمان برای میدان ابوطالب

تأخیر sec/km	جریان veh/h	چگالی veh/km	سرعت km/h	زمان سفر sec/km
۷۸/۶۳	۴۹۱۳	۶۷/۳۸	۲۷/۲۵	۱۴۷/۱۲

با مقایسه نتایج خروجی نرم افزار AIMSUN ملاحظه می شود که سرعت و جریان و چگالی در چهارراه چراغدار و زمان سفر و تأخیر در میدان شبیه سازی شده بیشتر است. بنابراین چهارراه چراغدار برای تقاطع ابوطالب و حر عاملی عملکرد بهتر و مطلوب تری داشته و گزینه برتر است. همانطور که مشاهده می شود نتیجه حاصله از نرم افزار AIMSUN با نتیجه به دست آمده از روش AHP و نرم افزار EC مطابقت دارد.

۱۰- نتیجه گیری و پیشنهادات

به منظور ارزیابی گزینه های مختلف طراحی با فاکتورهای مختلف ترافیکی و نهایتاً پیشنهاد طرح های مؤثر و به موقع، ضروری است که تحلیلگر و طراح از ابزارهای مفید و مؤثر استفاده بکند. زمانی که اثر متقابل بین اجزای طراحی خیلی پیچیده باشد، مثل طراحی یک میدان، یکی از مؤثرترین

شیوه‌ها استفاده از مهارت‌های شبیه سازی می‌باشد؛ لذا پیشنهاد می‌شود که ابزار شبیه سازی جهت ارزیابی عملکرد میداين موجود و يا مقایسه میداين مدرن با سایر تقاطع‌ها سنتی، تهیه شود. میدان‌ها عموماً با سیستم‌های هماهنگ سازی چراغ‌های راهنمایی سازگاری ندارند. این سیستم‌ها وسایل نقلیه را دسته بندی و در فواصل زمانی مناسب برای پیشروی هدایت می‌کنند. میدان‌ها با ایجاد تغییر در جریان ورودی چراغ‌های تقاطع‌های پایین دست خود، در حرکت پیشرو نده وسایل نقلیه اختلال ایجاد می‌کنند.

مقایسه میدان و تقاطع‌ها در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که پس از تبدیل تقاطع به میدان تصادفات کاهش یافته است و تصادفات جرحی و فوتی بیش از تصادفات دیگر کاهش یافته اصلی‌ترین علت کاهش تصادفات در میداين کاهش الزامی سرعت در آن‌ها می‌باشد. هر تقاطع باید قبل از تصمیم گیری در ارتباط با تقاطع‌های همجوارش دیده شود بنابراین بهتر است تصمیم گیری در یک شبکه انجام گردد تا تقاطع‌های مستقل. پیش از تغییر خودسرانه و غیر کارشناسی ابتدا با توجه به مشخصات هندسی و شاخص‌های ترافیکی تقاطع بر اساس الگوریتم تصمیم گیری سنجیده و تصمیم نهایی اتخاذ گردد.

۱۲- قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی صمیمانه خود را نسبت به آقایان دکتر سید محمد سیدحسینی و دکتر حسن جوانشیر به خاطر راهنمایی و اصلاحات تقدیم می‌نمایند.

۱۳- منابع و مراجع

- ۱- افندی زاده، شهریار، مهندسی ترابری، اصول برنامه ریزی و مدل سازی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۳.
- ۲- صفار زاده، محمود، مهندسی ترابری و ترافیک، دانشگاه تربیت مدرس، بهمن ماه، ۱۳۸۱.
- ۳- قدسی پور، حسین، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)، ششم، زمستان ۱۳۸۷.
- ۴- نیک مردان، علی، معرفی نرم افزار Expert Choice و به همراه خلاصه ای بر مطالب (AHP)، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی امیر کبیر، اول، ۱۳۸۶.
- ۵- تقاطع‌های همسطح شهری- توصیه‌ها و معیارهای فنی، نشریه شماره ۲- ۱۴۵، دفتر امور فنی و تدوین معیارها سازمان برنامه و بودجه ۱۳۷۵.
- 6- Saaty, T.L. The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority, Resource Allocation, RWS Publications, USA, 1980.
- 7- Mohamed A. Yasser H. State-of-the-art report on: Roundabouts design, modeling and simulation. University of Central Florida, Orlando, 2001.