



الگوریتم تصمیم‌گیری 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 تصمیم‌گیری 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 تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی باید ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری 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 تصمیم‌گیری ثبت نمود.

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 تصمیم‌گیری به منظور انتخاب بهترین راهکار از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم افزار (EC) (Expert Choice) استفاده شده است. در ادامه نیز با شبیه‌سازی تقاطع‌ها در نرم افزار AIMSUN نتایج بدست آمده از این دو نرم افزار با یکدیگر مقایسه گردیده است.

کلید واژه : معیارهای موثر، تقاطع، فرآیند سلسله‌مراتبی، الگوریتم تصمیم‌گیری، نرم افزار EC و AIMSUN.

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

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

^۳ مدرس دانشگاه مشهد، تلفن: ۰۹۱۵۳۱۶۹۱۹۸، پست الکترونیکی: hmq148@yahoo.com

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. ابتدا فاکتورهای تأثیرگذار بر پارامترهای ترافیکی تقاطع چراغدار و میدان استخراج شده و سپس با توجه به نظر کارشناسان ترافیک شاخص‌های برتر انتخاب می‌شوند. بعد از مشخص شدن معیارها مقایسه بین معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انجام می‌شود. در ادامه گزینه‌ها بر اساس هر یک از معیارها مقایسه و وزن دهی می‌شوند. پس از وزن دهی معیارها و گزینه‌ها، بردارهای اولویت معیارها و گزینه‌ها را بدست آورده و در پایان وزن کلی هر گزینه محاسبه می‌شود. مقدار بیشتر وزن نشانگر گزینه برتر است. نتایج حاصل از پایان نامه را در قالب مطالعه موردی در مورد یک شبکه خیابان که شامل چندین میدان و تقاطع چراغدار باشد، انتخاب و پیاده می‌گردد. 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 [۲]. 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 [۳].

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 [۸].

۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

¹ Analytical Hierarchy Process



فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فرآیندی است که به وسیله ساده نمودن و تسریع کردن فرایندهای تصمیم‌گیری طبیعی، تصمیمات مؤثری را در مورد موضوعات پیچیده اتخاذ می‌نماید. اصولاً AHP شیوه‌ای برای تجزیه وضعیت پیچیده به بخش‌های ترکیبی آن و چینیدن این بخش‌ها یا متغیرها براساس نظم سلسله مراتبی می‌باشد و ارزش‌های عددی به جای قضاوت‌های عینی جایگزین می‌گردد و حسب اهمیت نسبی هر متغیر، در آخر با تحلیل قضاوت‌ها، متغیرهایی که دارای بالاترین تقدم بوده مشخص می‌شوند [۴].

تحلیل سلسله مراتبی روشی است که امکان تصمیم‌گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی و ترکیبی را فراهم می‌کند. AHP یکی از جامع‌ترین مدل‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه می‌باشد. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری 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 می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. بعلاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است. مقایسه زوجی در این فرایند تصمیم‌گیری جهت شکل دهی ماتریس مبدل داده‌های کیفی به مقادیر عددی بکار می‌رود [۹].

از آنجا که روش AHP بیشتر حالت کاربر مبنای بوده و در آن از دانش کارشناسان استفاده می‌شود نسبت به سایر روش‌های وزن دهی، مفیدتر می‌باشد که برای کاهش اشتباهات سلیقه‌ای کارشناسان در وزن دهی، میزان نرخ سازگاری نیز محاسبه می‌گردد.

۴- معیارهای تاثیر گذار

برای انتخاب میدان و یا چهار راه چراغدار پارامترها و شاخص‌های فراوانی وجود دارد که معیارهای تاثیر گذار عبارتند از: ۱- نوع خیابان‌های متقاطع ۲- تعداد خیابان‌های منتهی به تقاطع ۳- تعداد خط‌های 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- هزینه‌های اجرا و ساخت و سطح مورد نیاز ۱۹- تاثیرات زیست محیطی (آلودگی هوا، مصرف سوخت و فضای سبز)

برای مشخص شدن پارامترها و معیارهای تاثیر گذار بر میداین و تقاطع‌های چراغدار از بین چندین معیاری که اشاره شد، باید نظر کارشناسان ترافیک را با پرسشنامه و جداول تنظیم شده، دریافت نمود. 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. بنابراین به روش AHP نظر کارشناسان را در مورد مقایسه بین پارامترها و وزن دهی بین معیارها پرسیده و در جدول مربوطه ثبت می‌شود. پس از مقایسه و اولویت دهی بین معیارها باید گزینه‌ها را با توجه به تک تک معیارها به طور جداگانه با توجه به نظر کارشناسان مقایسه و وزن دهی شوند.

۵-۱- بار روانی مثبت و احساس خوشایندی بر رانندگان

پارامترهای احساس خوشایندی، زیبایی منظر و معماری شهر همگی یک پارامتر و تحت عنوان بار روانی وارد بر افراد، البته از دید مثبت آن نامیده می‌شود. با توجه به اینکه این پارامتر کیفی است ولی کمی سنجیده می‌شود. بنابراین با توجه به احساس خوب افراد نسبت به میدان، جمع بندی نظر کارشناسان در مورد مقایسه بین گزینه‌ها همانند (جدول ۱) می‌باشد.

جدول ۱: مقایسه بین گزینه‌ها براساس بار روانی مثبت

| چهارراه | میدان | بار روانی مثبت |
|---------|---------------|----------------|
| ۷ | ۱ | میدان |
| ۱ | $\frac{1}{7}$ | چهارراه |

بنابراین با توجه به احساس خوب افراد نسبت به میدان مقایسه بین گزینه‌ها با توجه به نظر کارشناسان میدان گزینه برتر می‌باشد.

معیارهای دیگر را نیز با توجه به نظر کارشناسان و افراد خبره وزن دهی می‌نماییم. در ادامه نتایج بدست آمده برای سایر معیارها، ذکر می‌گردد.



۵-۲- نوع خیابان‌های متقاطع

خیابان‌های شهری به سه نوع محلی، شریانی درجه ۲ و شریانی درجه ۱ تقسیم می‌شوند. بنابراین برای هر نوع خیابان پیشنهادی مختلفی می‌شود [۱].

الف- چنانچه تقاطع در خیابان‌های محلی واقع شده باشد، طرح میدان بهترین گزینه برای تقاطع می‌باشد.

ب- چنانچه تقاطع در خیابان‌های شریانی درجه ۲ واقع شود با توجه به حجم ترافیک باید اظهار نظر نمود.

ج- اگر نوع خیابان‌های تقاطع، شریانی درجه ۱ باشد در اکثر مواقع تقاطع چراغدار بهترین گزینه می‌باشد.

۵-۳- ترکیب ترافیک

مهم‌ترین وسایل نقلیه تأثیر گذار در تقاطع‌های شهری، اتوبوس و دوچرخه می‌باشد. به علت اینکه در کشور ما متأسفانه هنوز فرهنگ استفاده از دوچرخه به عنوان وسیله حمل و نقل رایج نمی‌باشد، لذا فقط میزان وسایل نقلیه سنگین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

الف- چنانچه حجم عبوری خودروهای سنگین از تقاطع کمتر از ده درصد حجم عبوری کل باشد نظر کارشناسان میدان می‌باشد.

ب- اگر حجم عبوری خودروهای سنگین برابر و یا بیشتر از ده درصد حجم عبوری کل باشد به دلیل اشغال فضای میدان توسط خودروهای سنگین و کاهش حوزه چرخش برای دیگر وسایل نقلیه، در این صورت نظر کارشناسان تقاطع چراغدار می‌باشد.

۵-۴- عابر پیاده

در خصوص عابرین پیاده دو پارامتر مهم می‌باشد یکی حجم و دیگری ایمنی، که در مورد ایمنی عابر پیاده در پارامتر ایمنی به طور جداگانه پرداخته می‌شود؛ لذا در اینجا فقط نسبت به حجم عبوری عابرین مقایسه می‌گردد.

الف - اگر تعداد عابرین پیاده در شلوغ‌ترین گذرگاه عرضی عابر پیاده مسیر اصلی در ۸ ساعت کمتر از ۱۵۰ نفر در ساعت باشد. نظر کارشناسان میدان می‌باشد.

ب- چنانچه تعداد عابرین پیاده در شلوغ‌ترین گذرگاه عرضی عابر پیاده مسیر اصلی برابر و یا بیشتر از ۱۵۰ نفر در ساعت باشد. در این صورت نظر کارشناسان تقاطع چراغدار می‌باشد.

۵-۵- حجم عبوری چپگرد

در خصوص عابرین پیاده دو پارامتر مهم می‌باشد یکی حجم و دیگری ایمنی، که در مورد ایمنی عابر پیاده در پارامتر ایمنی به طور جداگانه پرداخته می‌شود؛ لذا در اینجا فقط نسبت به حجم عبوری عابرین مقایسه می‌گردد.



- الف- چنانچه حجم ترافیک گردش به چپ در هر مسیر کمتر از ۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت باشد، نظر کارشناسان تقاطع چراغدار می‌باشد.
- ب- چنانچه حجم ترافیک گردش به چپ حداقل در یک مسیر برابر و یا بیشتر از ۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت باشد، در این صورت نظر کارشناسان میدان می‌باشد.

۵-۶- حجم ترافیک

- حجم عبوری تقاطع باید با ظرفیت تقاطع مقایسه و نسبت آن‌ها که همان درجه اشباع می‌باشد محاسبه گردد. چون ظرفیت تقاطع‌های مختلف با یکدیگر یکسان نبوده و معمولاً ظرفیت چهارراه از ظرفیت میدان در شرایط یکسان بیشتر است لذا درجه اشباع میدان مورد ارزیابی و سنجش قرار می‌گیرد. چنانچه درجه اشباع در میدان از ۰/۸۵ بیشتر شود میدان دیگر کارایی خود را از دست می‌دهد و به حالت اشباع و راه بندان نزدیک می‌شود [۶].
- الف- چنانچه درجه اشباع تقاطع با فرض میدان کمتر از ۰/۸۵ باشد، نظر کارشناسان میدان می‌باشد.
- ب- چنانچه درجه اشباع تقاطع با فرض میدان برابر یا بیشتر از ۰/۸۵ باشد، در این صورت نظر کارشناسان تقاطع چراغدار می‌باشد.

۵-۷- ایمنی

- در واقع ایمنی شامل پارامترهای ایمنی عابر پیاده، ایمنی خودرو و میزان تصادفات سالیانه می‌باشد. بنابراین بهترین معیار سنجش ایمنی، میزان تصادفاتی که منجر به جراحات بدنی یا خسارات مالی در طول یک سال اتفاق افتاده، می‌باشد [۷].
- الف- اگر تعداد تصادفات کمتر از ۵ مورد در سال باشد، نظر اکثر کارشناسان تقاطع چراغدار می‌باشد.
- ب- اگر تعداد تصادفات بیشتر از ۵ مورد در سال باشد، در این صورت نظر کارشناسان میدان می‌باشد.

۵-۸- تأخیر

- یکی از مهم‌ترین پارامترهای تأثیر گذار با توجه به نظر اکثر کارشناسان تأخیر می‌باشد؛ با توجه به اینکه در میدان تأخیر ثابت وجود ندارد، معمولاً تأخیر در میدان کمتر از تقاطع چراغدار می‌باشد ولی زمانی که حجم عبوری ترافیک بیشتر از ظرفیت میدان باشد، قضیه فرق خواهد کرد.
- الف- اگر تأخیر کمتر از یک دقیقه (۶۰) ثانیه باشد، در این صورت نظر بیشتر کارشناسان میدان می‌باشد.
- ب- چنانچه تأخیر بیشتر از یک دقیقه (۶۰) ثانیه باشد، اکثر کارشناسان تقاطع چراغدار را پیشنهاد می‌کنند.



۶- تعیین بردار اولویت

پس از مشخص شدن وزن معیارها، بردار اولویت معیارها که همان ضریب اهمیت معیارهاست، تعیین می‌گردد. بنابراین به تعداد معیارها، هشت عدد کوچک‌تر از یک بدست می‌آید که مجموع آن‌ها یک، و هر عدد نشان دهنده اهمیت آن معیار می‌باشد. معیار تأخیر بیشترین تأثیر را داشته و دارای اولویت یک می‌باشد. بعد از آن به ترتیب معیارهای ایمنی، حجم چپگرد، حجم ترافیک، ترکیب ترافیک، حجم عبوری عابر پیاده، بار روانی مثبت و نوع خیابان دارای اولویت‌های بعدی می‌باشند.

پس از وزن دهی ماتریس مقایسات گزینه‌ها بر اساس معیارهای هشت‌گانه باید بردار اولویت‌ها هر ماتریس که همان ضریب اهمیت گزینه‌ها می‌باشد، را محاسبه نمود. از آنجا که فقط دو گزینه برای تصمیم‌گیری وجود دارد لذا چنانچه یک ستون محاسبه گردد ستون دیگر نیز برابر با ستون اول برابر می‌باشد. بنابراین در پایان برای هر معیار دو عدد کمتر از یک به عنوان بردار اولویت گزینه‌ها نسبت به آن معیار بدست می‌آید.

با مشخص شدن بردار اولویت معیارها و همچنین بردار اولویت گزینه‌ها نسبت به هر معیار، باید 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.

۷- 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 بردار اولویت معیارها و گزینه‌ها و همچنین وزن کلی و نهایی گزینه‌ها را می‌توان با استفاده از نرم افزار^۱ EC و بدون محاسبات بدست آورد.

۸- نرم افزار EC

نرم افزار Expert Choice دارای توانائی‌های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی، تصمیم‌گیری و طراحی سوالات، تعیین ترجیح‌ها و اولویت‌ها، محاسبه وزن نهایی، محاسبه نرخ ناسازگاری، تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری 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، رتبه‌ای، 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 تلفیق^۲ استفاده می‌شود [۵].

برای تحلیل و ارزیابی نتایج نرم افزار EC و میزان صحت و دقت آن‌ها، تقاطعات با نرم افزار AIMSUN نیز شبیه‌سازی 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.

۹- 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 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 شبیه‌سازی و در ارتباط با وسایل نقلیه دیگر و شرایط شبکه مدل سازی می‌شود [۱۰].

¹ Expert Choice

² Synthesis



باید توجه داشت به دلیل اینکه شرایط ترافیک در ایران، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با دیگر کشورها دارد، لازم است در بهره‌گیری از نرم افزارهای تهیه شده در دیگر کشورها حساسیتی خاص نسبت به اعتبار سنجی مدل داشت.

۱۰- 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 می‌باشد 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 می‌کنند، که منجر به ایجاد ۷ تقاطع می‌گردد که شامل چهارراه هدایت، چهارراه شفا، چهارراه عبدالمطلب، میدان ابوطالب، میدان موسوی قوچانی، چهارراه موسوی قوچانی و سه راهی هدایت می‌باشد. در ادامه به عنوان نمونه به مطالعه و تحلیل و بررسی تقاطع ابوطالب و حر عاملی پرداخته می‌شود. موقعیت قرارگیری تقاطع بلوار ابوطالب و بلوار حر عاملی مشهد که به صورت میدان می‌باشد 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 گردش با به‌کارگیری ۸ آمارگیری و مشخصات هندسی میدان با استفاده از متر کشی انجام گرفته که در (جدول ۲) آورده شده است.

جدول ۲: مشخصات و حجم ورودی و تمایلات گردش می‌دان ابوطالب

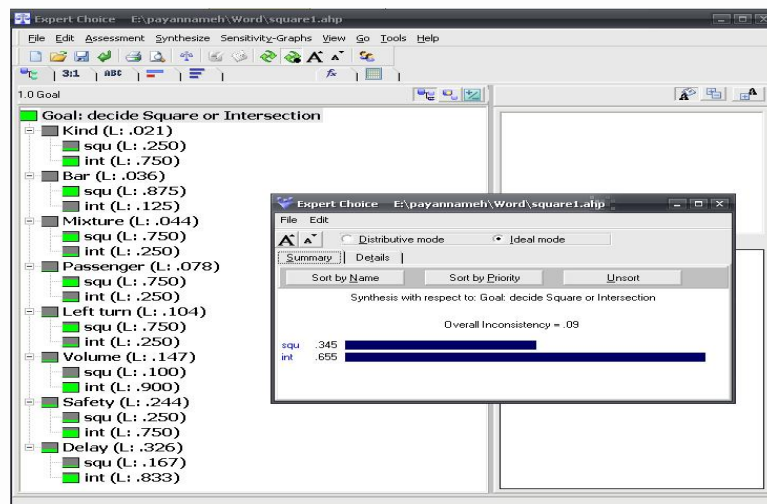
| دوربرگردان UT | گردش به چپ LT | مستقیم DT | گردش به راست RT | تعداد خطوط | عرض مسیر (m) | رویکرد |
|---------------|------------------|--------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------|
| ۲۹ | ۱۶۶ | ۵۱۲ | ۱۹۷ | ۴ | ۱۸ | شمال به جنوب |
| ۱۸ | ۱۹۲ | ۱۲۷۸ | ۷۴ | ۳ | 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 ۳) آورده شده است.

جدول ۳: مشخصات مورد نیاز میدان ابوطالب

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

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

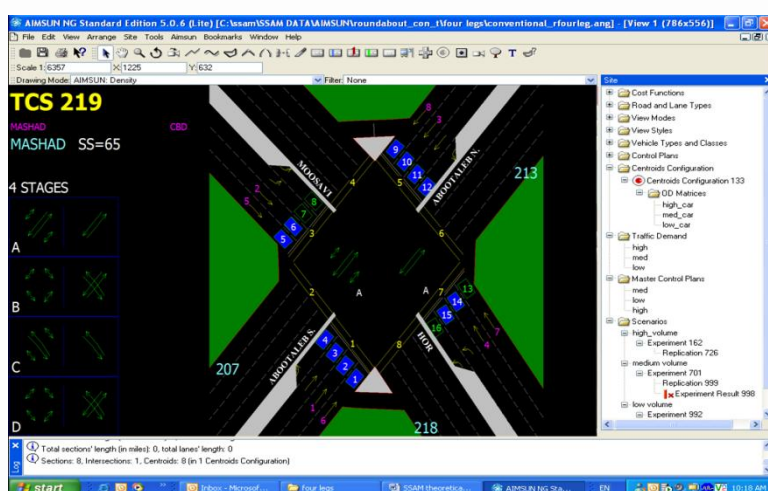


شکل ۲: محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها توسط نرم افزار EC



با توجه به اینکه وزن نهایی بدست آمده برای میدان 0.35 و برای تقاطع چراغدار 0.65 می‌باشد، لذا وزن تقاطع چراغدار بیشتر از میدان می‌باشد ($0.35 = Q_{\text{میدان}} < Q_{\text{تقاطع چراغدار}} = 0.65$). بنابراین چهارراه چراغدار، گزینه برتر و انتخابی برای این تقاطع می‌باشد.

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.



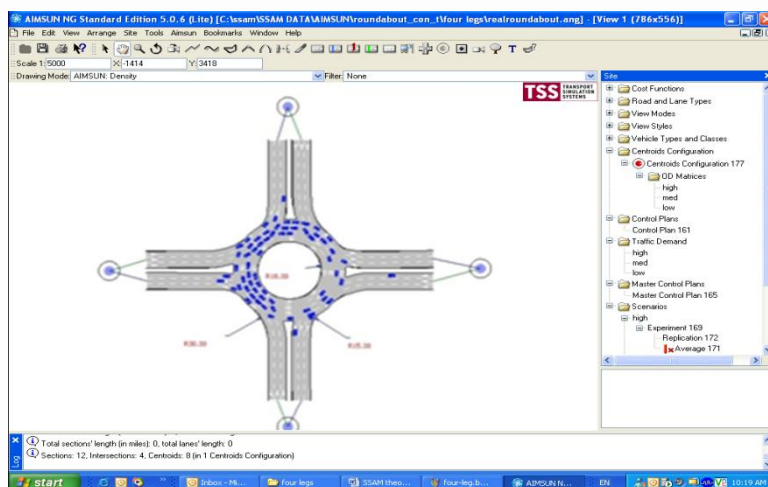
شکل ۳: شبیه سازی تقاطع چراغدار ابوطالب- حر در نرم افزار ایمسان

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 ۴) آورده شده است.

جدول ۴: خروجی نرم افزار ایمسان برای چهارراه ابوطالب

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

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 ایمنسان

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 ۵) آورده شده است.

جدول ۵: خروجی نرم افزار ایمنسان برای میدان ابوطالب

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

با مقایسه نتایج خروجی نرم افزار AIMSUN ملاحظه می‌شود 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 مطلوب‌تری داشته و گزینه برتر است. همانطور که مشاهده می‌شود نتیجه حاصله از نرم افزار AIMSUN با نتیجه به دست آمده از روش AHP و نرم افزار EC مطابقت داشته و آن را تایید می‌نماید.

۱۱- نتیجه گیری و پیشنهادات

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. 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 میادین موجود و یا مقایسه میادین 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 پیشرونده 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 میادین کاهش الزامی سرعت در آن‌ها می‌باشد. هر تقاطع باید قبل از تصمیم‌گیری در ارتباط با تقاطع‌های همجوارش دیده شود بنابراین بهتر است تصمیم‌گیری 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 تصمیم‌گیری 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- سید حسینی سید محمد، برنامه ریزی مهندسی حمل و نقل و تحلیل و جابجایی مواد، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ چهارم، ۱۳۸۷.
- ۲- افندی زاده، شهریار، مهندسی ترابری، اصول برنامه ریزی و مدل سازی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۳.
- ۳- صفار زاده، محمود، مهندسی ترابری و ترافیک، دانشگاه تربیت مدرس، بهمن ماه، ۱۳۸۱.
- ۴- قدسی پور، حسین، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)، ششم، زمستان ۱۳۸۷.
- ۵- 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.
- ۶- شاهی، جلیل، نادران علی، راهنمای ساماندهی ترافیکی تقاطع‌ها، بخش تحقیق و توسعه شرکت کنترل ترافیک تهران ۱۳۸۷.
- ۷- تقاطع‌های همسطح شهری- مبانی فنی، نشریه شماره ۱- ۱۴۵، دفتر امور فنی و تدوین معیارها سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۵.
- ۸- تقاطع‌های همسطح شهری- توصیه‌ها و معیارهای فنی، نشریه شماره ۲- ۱۴۵، دفتر امور فنی و تدوین معیارها سازمان برنامه و بودجه ۱۳۷۵.
- 9- Saaty, T.L. The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority, Resource Allocation, RWS Publications, USA, 1980.
- 10- Mohamed A. Yasser H. State-of-the-art report on: Roundabouts design, modeling and simulation. University of Central Florida, Orlando, 2001.