طراحی و توسعه مدل بهبود شبکه‌های دسترسی در شهرهای متوسط با استفاده از روش شبیه‌سازی (مطالعه موردی شهر سنندج)

رضا مویدفر، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
طالب فیضی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: r-moayedfar@araku.ac.ir ،
دریافت:95/12/18 - پذیرش:96/05/17

چکیده

استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری یکی از مهم‌ترین ابزار کنونی تحلیل مهندسی ترافیک است. شبیه‌سازی یعنی بدونه نیاز به ساخت سیستم واقعی، بدونه اغتشاش در سیستم واقعی، بدونه نگرانی از تخریب سیستم واقعی و در واقع بدونه اینکه ضرر و زیانی متوجه سیستم شود، ما آزمایشات موردنظر خود را انجام، نتایج را تست و نسبت به سیستم واقعی سنجیده و در صورت مثبت بودن در واقعیت به مرحله اجرا درآوریم. این پژوهش با استفاده از مطالعات کتاب خانه ای – فیش برداری – و تحلیل آن ها و همچنین شبیه سازی و طراحی سازه مورد نظر بوده که هدف از این مطالعه بهبود شبکه‌های دسترسی در شهرهای متوسط و مورد مطالعه شهر سنندج مرکز استان کردستان می باشد. حجم ترافیک میدان آزادی بزرگترین میدان اصلی در هسته مرکزی شهر به انضمام میدانها و تقاطع‌های اطراف محدوده مطالعه و برای شبکه وضعیت موجود و سه سناریوی پیشنهادی با استفاده از نرم افزار ایمسان شبیه سازی انجام شده است. به کمک خروجی‌های نرم افزار پارامترهای موثر مانند جریان، چگالی، سرعت، زمان تاخیر، زمان توقف، کل مسافت سفر، کل زمان سفرمورد بررسی و نهایتا متغیرهای موثر بر بهبود ترافیک شهری برای وضعیت موجود و سناریوهای مطرح شده بوسیله نمودارها و جداول بررسی و بهترین سناریو برای اجرا انتخاب گردیده است.در مقایسه شبکه ها(سناریوهای پیشنهادی با وضعیت موجود) می توان نتیجه گرفت که در بعضی از تقاطع ها با تغییر زمان بندی چراغ ها نمی توان بار ترافیکی را در آن نقطه را کاهش داد، بنابراین ایجاد تقاطع غیر همسطح در تقاطع های شریف آباد و کوسه هجیج می تواند بهترین راه حل باشد و اینکه شاید با ایجاد تقاطع غیر همسطح سرعت خودروها آنچنان افزایش نیابد، لاکن می تواند ترافیکی روان را ایجاد و آرامش و راحتی برای رانندگان و شهروندان گرامی را بهمراه داشته که هدف اصلی این پژوهش می باشد. همچنین تعریض خیابان‌ها، اجرای پیاده راه، ممنوعیت پارک حاشیه‌ای و گردش‌ها و چراغ‌دار کردن یکسری از تقاطع‌ها، احداث پل هوایی استاندارد در تقاطعات و میدان آزادی می تواند در بهبود عبور و مرور و ترافیک و کاهش تصادفات موثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: مشکل ترافیک شهری، میدان، تقاطع، زمان بندی چراغ‌ها، شبیه سازی، نرم افزار ایمسان

1- مقدمه

امروزه مشکل ترافیک شهری، مشکل همه شهرهای کشور است و باعث بروز مشکلاتی برای شهروندان و مدیریت شهری شده است. (موسی حسین زاده و محمدحسین محمدی، ۱۳۹۲). این بررسی به روش اسنادی و میدانی با تکنیک مشاهده و بادیدی تاریخی در صدد توصیف و تبیین مشکل ترافیک شهری باتوجه به رابطه ظرف و مظروف بین شاخصهای هفتگانه حیات انسان در محیط‌های شهری است. یافته‌های اصلی تحقیق حاکی ازآن است که باوجود رشد تقریباً دوبرابری جمعیت ایران طی

پنجاه سال گذشته، ورود خودرو شخصی بصورت گسترده به چرخه حمل و نقل شهری قابل توجه بوده اما تغییری درخور درسطح معابر سواره رو در مراکز شهرهای مورد بررسی، انجام نگرفته است تا جمعیت و خودروهای افزوده شده به سیستم را در خود جای دهد. مهم‌ترین و اصلی‌ترین هدف از انجام این پژوهش بهبود شبکه های دسترسی در شهرهای متوسط می باشد. در حالی که حداکثر آسایش و سهولت حرکت برای وسایل نقلیه و بیشترین آرامش را برای شهروندان بدنبال داشته باشد. اهداف فرعی نیز عبارتند از: بهبود شبکه های دسترسی در شهر های متوسط، برنامه ریزی حمل و نقل، راهکار در حمل و نقل و ترافیک، ایجاد ایمنی و سیستمی کارا.

2- پیشینه تحقیق

برنامه ریزی حمل و نقل، فن نظام یافته ای از تجزیه و تحلیل، تشخیص و راهکار در حمل و نقل و ترافیک است. هدف کلی آن ایجاد ایمنی و سیستمی کارا و مناسب در ارتباط با نیازهای جاری و آینده و اولویتهای جامعه است. (بزرگمهرنیا، 1389). جهت شناخت میزان دستیابی برنامه و سیاستگذاری‌ها به حمل و نقل پایدار، استفاده از شاخص‌های استاندارد، جامع و کاربردی می تواند بسیار راهگشا باشد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد از سوی مراکز و سازمان های مختلف، تاکنون شاخص‌های فراوانی ارائه شده است (TRB,2008 و Liman , 2003). با توجه به هزینه‌های سرمایه‌گذاری و به‌منظور ارزیابی و اثر سنجی انجام پروژه‌های مختلف پیش از اجرای آن‌ها از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز به‌منظور ارزیابی شاخص‌های عملکردی قبل و بعد از اجرای طرح‌ها استفاده می‌گردد. استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز محدودیت‌هایی دارد که با توجه به نوع نرم‌افزار و میزان دقت و گستردگی عوامل ورودی بایستی نرم‌افزاری را که بیشترین همخوانی را با شرایط واقعی داشته باشد، انتخاب نمود. (شریعت مهیمنی، 1390).

پیاده روی بخشی از همه سفرهای شهری است؛ وهمه افراد حداقل در قسمتی از طول سفرهای خود پیاده‌اند با وجود این، نیازهای اساسی پیاده ها عموماً نادیده گرفته می‌شوند، و به طراحی صحیح و نگهداری درست مسیرهای پیاده توجه نمی‌شود. در این تحقیق نقش ابزارهای کلی و در عین حال کلیدی ترافیک حمل ونقل شهری مد نظر می باشد که شامل مکانیابی کاربری‌ها و توزیع منطقی آنها، تعیین تراکم ها، تعیین سرانه‌ها، منطقه‌بندی، توزیع منطقی مکان‌های توزیع کالا و خدمات،کاهش فاصله نواحی مسکونی از نواحی اشتغال، انتقال کاربری‌های عمده (تمرکز زدایی)، ایجاد کمربندی در پیرامون بخش مرکزی ،هدایت ترافیک گذری شهر ،توسعه گذرهای پیاده، تقسیمات فضایی و کالبدی براساس توپو گرافی و طرح تفصیلی شهری استفاده شده که باید در ساخت و سازهای شهری مد نظر قرار گیرند (رستمی زاد؛ رضانیا و بلوچیان، ۱۳۹۱). افزایش سریع وسائل نقلیه موتوری وبالارفتن نرخ مالکیت خودرو در کلانشهرهای کشورمان، مشکلات بسیاری، همچون تراکم ترافیکی وعواقب ناشی از آن همانند افزایش میزان آلودگی هوا را به دنبال داشته است. (سلطانی، ۱۳۹۱). از جمله چالش‌های اساسی مدیریت شهری در جهان امروز مسئله حمل و نقل شهری و رابطه آن با محیط زیست شهری است. نظریه توسعه پایدار شهری یکی از شاخصه‌های رسیدن به توسعه پایدار شهری را گسترش حمل و نقل عمومی کارآمد، در شهرها می‌داند (ملک پور، ۱۳۹۲).

سنندج همانند دیگر شهرهای کشور به دلیل افزایش جمعیت و مهاجرت دردهه‌های اخیرباگسترش فضایی و کالبدی روبه روبوده است هجوم ناگهانی روستائیان به شهر و حاشیه موجب رشدقارچ گونه بافت درجواروستاهای اطراف شهرگردیده و فاقد هرگونه تأسیسات و تجهیزات و خدمات شهری می‌باشند. (رشیدی،1392).

3- اهداف تحقیق

3-1-اهداف اصلی

مهم‌ترین و اصلی‌ترین هدف از انجام این پژوهش بهبود شبکه‌های دسترسی در شهرهای متوسط می‌باشد.

3-2- اهداف فرعی

1- بهبود شبکه‌های دسترسی در شهرهای متوسط
2- برنامه ریزی حمل و نقل
3- راهکار در حمل و نقل و ترافیک
4- ایجاد ایمنی و سیستمی کارا

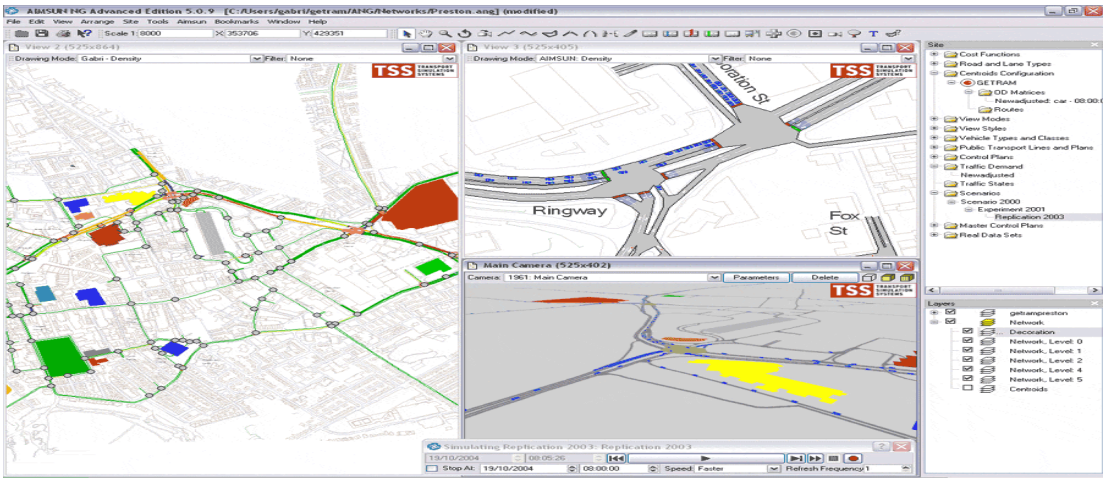
4- شبیه سازی ترافیکی

4-1- مقدمه

شبیه سازی ترافیکی یکی از جدید ترین علـوم مهندسـی در شاخه حمل و نقل و ترافیک است و در کشورهایی که در زمینه ترافیکی پیشرفته هستند یکی از ملزومات برای تصویب طرح ها به شمار می آید.در واقع کار شبیه سازی تقلید رفتار یک سیستم واقعـی اسـت. امـروز شـبیه سـازی یکـی از قـویترین و مـورد اعتمادترین ابزارهای تحقیق در عملیات و تحلیل سیستم هاست. در سیستم‌های پیشرفته مـدیریت ترافیـک، هـدف تنهـا حرکـت وسایل نقلیه نیست بلکه بهینه‌سازی جریان بـا حـداقل تـأخیر و زمان سفر می‌باشد. بـا توجـه بـه اهمیـت موضـوع و پیچیـده‌تر شدن روزبه‌روز مسئله حمل‌ونقل و جریان ترافیـک در جوامـع، به‌واقع ابزار تحلیل مهندسی ترافیک که درگذشـته مورداسـتفاده قـرار می‌گرفـت شـاید امـروزه جوابگـوی تحلیـل ظرفیـت شبکه‌های درون‌شهری نباشد. استفاده از شبیه‌سـازی کـامپیوتری یکی از مهم‌ترین ابزار کنـونی تحلیـل مهندسـی ترافیـک اسـت به‌شرط آنکـه نرم‌افزار قبلاً با شرایط محیطی کالیبره شده باشـد. شبیه‌سازی کامپیوتری به دلایلی مهم و ضروری به نظر می‌رسد. ازجمله آنکه، کم‌هزینـه‌تر اسـت، نتـایج به‌سـرعت بـه دسـت می‌آیند، اطلاعات تولیدشده به‌وسیله شبیه‌سازی شـامل چنـدین معیار تأثیرپـذیری می‌باشـد کـه نمی‌تـوان آن‌هـا را بـه‌راحتی از مطالعـات محلـی بـه دسـت آورد، از آشـفتگی ترافیکـی کـه اغلب با یک آزمایش محلی همـراه مـی‌شـود کـاملاً جلـوگیری می‌شود، بسیاری از طرح‌ها نیاز به اقدام به تغییرات فیزیکی قابل ملاحظه‌ای در تـسهیلات دارنـد کـه برای اهداف تجربـی قابـل پـذیرش نمی‌باشـند. در دنیـای صـنعتی امـروز برنامـه‌ریزی و مدل‌سازی همیشه تقـدم بـر امـور دیگـر دارد و حـل مـدل‌های مختلف همیشه راهگشا در امر ترقی و توسـعه بـوده اسـت. در مسائل حمل‌ونقل و در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، غالباً آزمون یـک مدل واقعی، معمولاً پرهزینه می‌باشد و اگر بخواهیم که چنـدین مدل را آزمون نموده تا مدل بهینه انتخاب شود یا ازنظر اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست و یـا امکان‌پـذیر نمی‌باشـد. بـرای همـین امـروزه شبیه‌سـازی بـه‌عنوآن‌یک متـدولوژی حـل مسـائل و تجزیه‌وتحلیل مدل‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است.

4-2- معرفی نرم افزار شبیه ساز ایمسان

تنهـا نرم‌افـزار موجـود در بـازار اسـت کـه در سـه سـطح، مدل‌های حمل و نقل زیر را در قالب یک نرم‌افزار واحـد ارائـه می‌دهـد: ابـزار تخصـیص ترافیـک اسـتاتیک، شبیه‌سـاز جدیـد مزوسکوپیک و بهترین نرم‌افزار شبیه‌سازی میکروسکوپیک حال حاضر در دنیا. ایمسان انتخابی ایده‌آل برای کاربردهـایی بـا هـر سایز و پیچیدگی می‌باشد که به عنوان مثال می‌توان بهینه نمودن عوارضی در ترمینال بار توکیو بـه منظـور بهره‌بـرداری بهتـر بـه صورت Online و یا کنترل چراغ‌های راهنمایی کل کمربنـدی مادرید و مدل‌سازی شبکه معابر و حمل و نقـل معـابر عمـومی شهر مکهٔ مکرمه را نام برد. از نقطـه نظـر یـک کـاربر حرفـه‌ای نرم‌افزار شبیه‌ساز میکروسکوپیک ایمسان در کلاس خاص خـود قرار دارد. شبیه‌ساز میکروسکوپیک مـا مـدلی از سـنگاپور را بـا 10580 تقاطع، 4483 کیلومتر لاین، تقریباً بـین 2 تـا 3 برابـر سریع‌تر از زمان واقعی شبیه‌سازی می‌نماید و در مدل دیگری از بخش مرکزی بارسلونا زمان تقاضای یک ساعته را در یک دقیقه (60 برابر زمان واقعی) اجرا می‌گردد. کاربردهای این نرم افـزار عبارتند: تجزیه و تحلیل تاثیر طرح هـای زیـر سـاختی از قبیـل احداث تقاطع های غیر همسطح، تونل ها، میادین و...، مطالعات محیطی، مطالعات هزینه جاده‌ای و عوارضی مانند طـرح زوج و فرد و محدوده‌های ممنوعه، طراحی شبکه معـابر مـی باشـد. از خروجی های ایمسان می توان به میزان مصرف سوخت، میـزان تردد، میزان آلودگی هوا، سرعت در شبکه، تعداد توقـف هـا در واحد زمان، چگالی، زمان سفر در شبکه، میزان تاخیر در قبـل و بعد... اشاره کرد. ایمسان شما را مستقیماً به محیط پروژه می‌بـرد و تبادل اطلاعات با اکثر نرم‌افزارها و ابزارهـای معمـول ماننـد-CAD، GIS، مدل‌های حمل و نقل، نرم‌افزارهای بهینه سـازی برنامه چراغ‌ها و برنامه‌های تطبیقی، این کار را تسهیل می‌نمایـد.



شکل1. محیط نرم افزار ایمسان

5- ارایه نتایج طراحی شبکه معابر در شهر سنندج با استفاده از نرم افزار شبیه ساز ترافیکی ایمسان

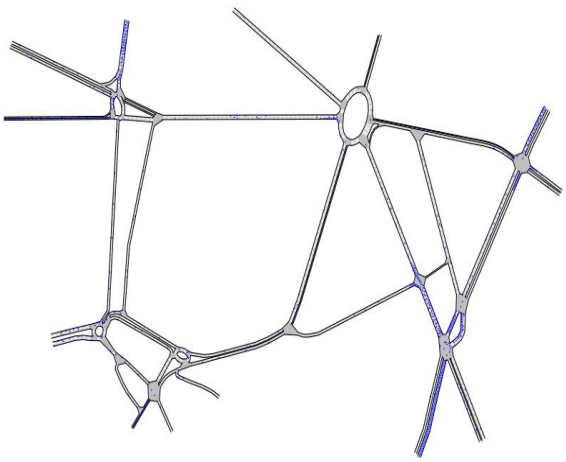
شبکه مورد مطالعه مطابق با شکل 2 شامل مسیرهای ذیل است:

میدان‌های (آزادی، مولوی، جامی، هورام)

چهار راه‌های (حافظ، غفور، ژندارمری)

سه راه‌های (حسن آباد، شهید تعریف)

خیابان‌های (پاسداران، سیدقطب، مولوی، فلسطین، کشاورز، آبیدر، کوهنورد، جامی، حسن آباد، شهید تعریف، فجر، کوسه هجیج).



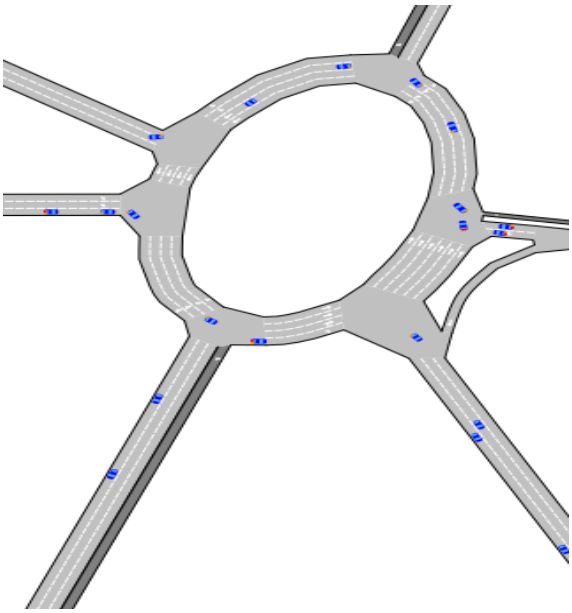
شکل 2. زمان اجرای شبیه سازی

همانطور که در شکل 2 مشاهده می‌شود قسمتی از هسته مرکزی شهر سنندج مورد مطالعه قرار گرفته است.

برداشت‌های میدانی در سه دوره مختلف در اوج ترافیک ساعت 7 الی 8 عصر فصل تابستان دربازه زمانی یک ساعت از میدان‌ها، چهارراه‌ها و خیابان‌های منتهی به آنها انجام شده است. در برنامه نرم افزار شبیه سازی ایمسان در مرحله اول داده‌های ورودی شبکه در جدول وارد می‌شود و سپس درصدهای تمایلات مطابق حجم برداشت شده در مرحله دوم در جدول مربوطه درج خواهد شد. در جدول 1 حجم برداشت شده خیابان‌های ورود به شبکه در بازه زمانی یک ساعت نمایش داده شده است.

جدول 1. حجم برداشت شده

خیابان	حجم (وسیله نقلیه/ساعت)
مردوخ	2750
آبیدر	1120
سفری	1600
شریف آباد	750
پاسداران	1250
قائم مقام فراهانی	800
فجر	1050
کوسه هجیج	650
خیابان جدید احداث	750
فلسطین	600



شکل 3. شبکه ترافیکی میدان آزادی به شکل دو بعدی

جدول 2. پارامترهای ترافیکی خروجی سناریوی اول (شبکه موجود)

Replication: 692, Name: Replication 692

Main | Network Summary | Validation | Time Series | Path Statistics | Path Assignment

Time Serie	Value	Std. Dev.	Unit
Delay Time DTA Experiment 688 (Replication 692)	118.892	235.601	seconds/km
Density DTA Experiment 688 (Replication 692)	24.0841	N/A	veh/km
Flow DTA Experiment 688 (Replication 692)	11930	N/A	veh/h
Fuel Consumption DTA Experiment 688 (Replication 692)	1452.6	N/A	litres
Harmonic Speed DTA Experiment 688 (Replication 692)	13.9894	14.503	km/h
Pollutant CO DTA Experiment 688 (Replication 692)	176.922	N/A	Kg
Pollutant HC DTA Experiment 688 (Replication 692)	14.5428	N/A	Kg
Pollutant NOx DTA Experiment 688 (Replication 692)	3.08292	N/A	Kg
Speed DTA Experiment 688 (Replication 692)	29.0249	16.5388	km/h
Stop Time DTA Experiment 688 (Replication 692)	137.961	311.302	seconds/km
Stops DTA Experiment 688 (Replication 692)	4.21028	N/A	#/veh/km
Total Distance Travelled DTA Experiment 688 (Replication 692)	9228.72	N/A	km
Total Travel Time DTA Experiment 688 (Replication 692)	455.379	N/A	hours
Travel Time DTA Experiment 688 (Replication 692)	257.337	324.071	seconds/km

OK | Cancel

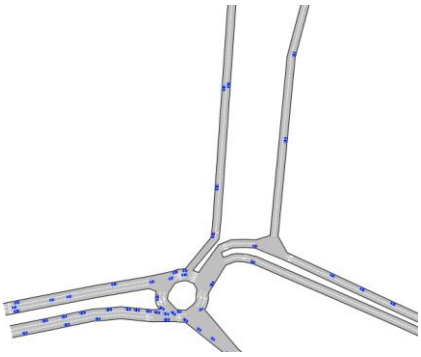
جدول 3. برگزیده پارامترهای ترافیکی خروجی سناریوی اول (شبکه موجود)

واحد	اندازه	پارامتر
وسیله نقلیه/ کیلومتر	11930	جریان
وسیله نقلیه/ کیلومتر	24	چگالی
ساعت/ کیلومتر	14	سرعت متوسط
ثانیه/ کیلومتر	118	زمان تاخیر
ثانیه/ کیلومتر	138	زمان توقف
کیلومتر	9228	کل مسافت سفر
ساعت	455	کل زمان سفر
ثانیه/ کیلومتر	257	زمان سفر

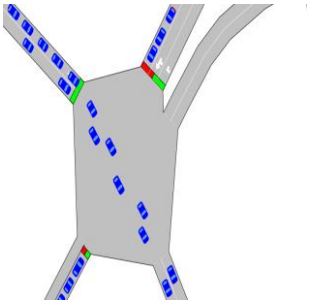
5-1- سناریوی دوم

- چراغ دار کردن تقاطع کوسه هجیج.
- تعرض خیابان جامی به دو لاین.
- ممنوعیت عبور میدان غفور به طرف چهار راه غفور.
- سامان دهی تقاطع سید قطب (با چراغ دار کردن سه راه مذکور).
- ساماندهی کوچه به خیابان (موازی خیابان جامی در جهت مخالف).

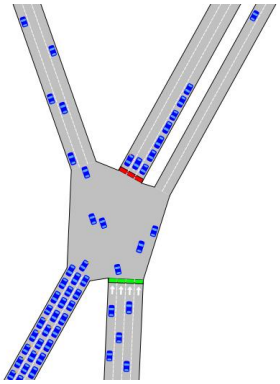
اشکال 4 و 5 و 6 زمان بندی شبیه سازی سناریوی دوم را نشان می دهد.



شکل4. ساماندهی کوچه به خیابان (موازی خیابان جامی در جهت مخالف).



شکل 5. چراغ دار کردن تقاطع غفور



شکل6.چراغ دار کردن سه راه سید قطب

جدول 4. برگزیده پارامترهای ترافیکی خروجی سناریوی دوم

واحد	اندازه	پارامتر
وسیله نقلیه/ کیلومتر	11885	جریان
وسیله نقلیه/ کیلومتر	25	چگالی
ساعت/ کیلومتر	13	سرعت متوسط
ثانیه/ کیلومتر	125	زمان تاخیر
ثانیه/ کیلومتر	142	زمان توقف
کیلومتر	10821	کل مسافت سفر
ساعت	550	کل زمان سفر
ثانیه/ کیلومتر	269	زمان سفر

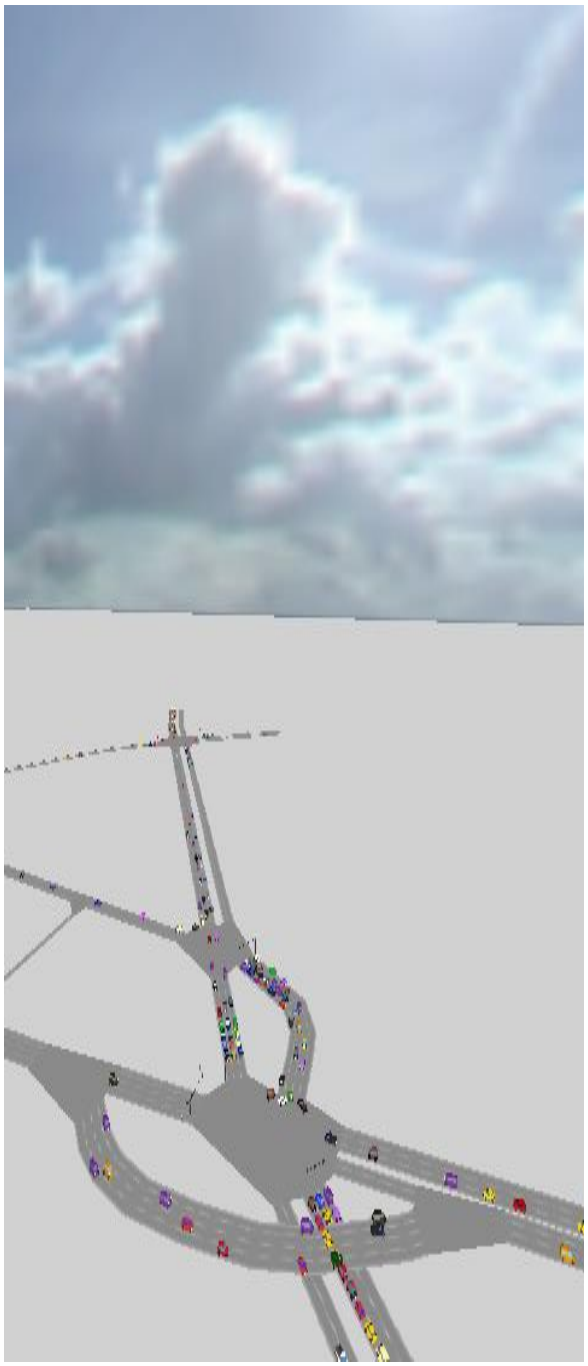
5-2- سناریوی سوم

ایجاد تقاطع غیر همسطح تقاطع حافظ

زمان بندی چراغ تقاطع حافظ به سیگنال های جدول2 تغییر یافت.

جدول **5**. تغییر زمان‌بندی چراغ‌ها (تقاطع حافظ)

	Start Time	Duration
Signal 1	0	27
Signal 2	32	61
Signal 3	98	58



شکل **7**. نمای سه بعدی زمان شبیه سازی تقاطع غیر همسطح حافظ

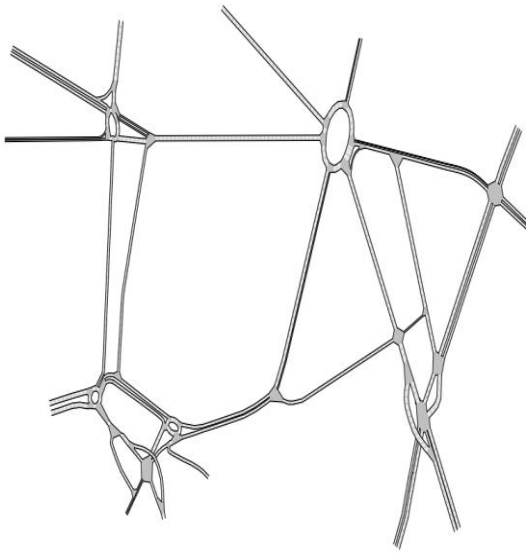
جدول **6**. برگزیده پارامترهای ترافیکی خروجی سناریوی سوم

واحد	اندازه	پارامتر
وسیله نقلیه/ کیلومتر	12246	جریان
وسیله نقلیه/ کیلومتر	20	چگالی
ساعت/ کیلومتر	15	سرعت متوسط
ثانیه/ کیلومتر	99	زمان تاخیر
ثانیه/ کیلومتر	116	زمان توقف
کیلومتر	10839	کل مسافت سفر
ساعت	457	کل زمان سفر
ثانیه/ کیلومتر	240	زمان سفر

5-3- سناریوی چهارم

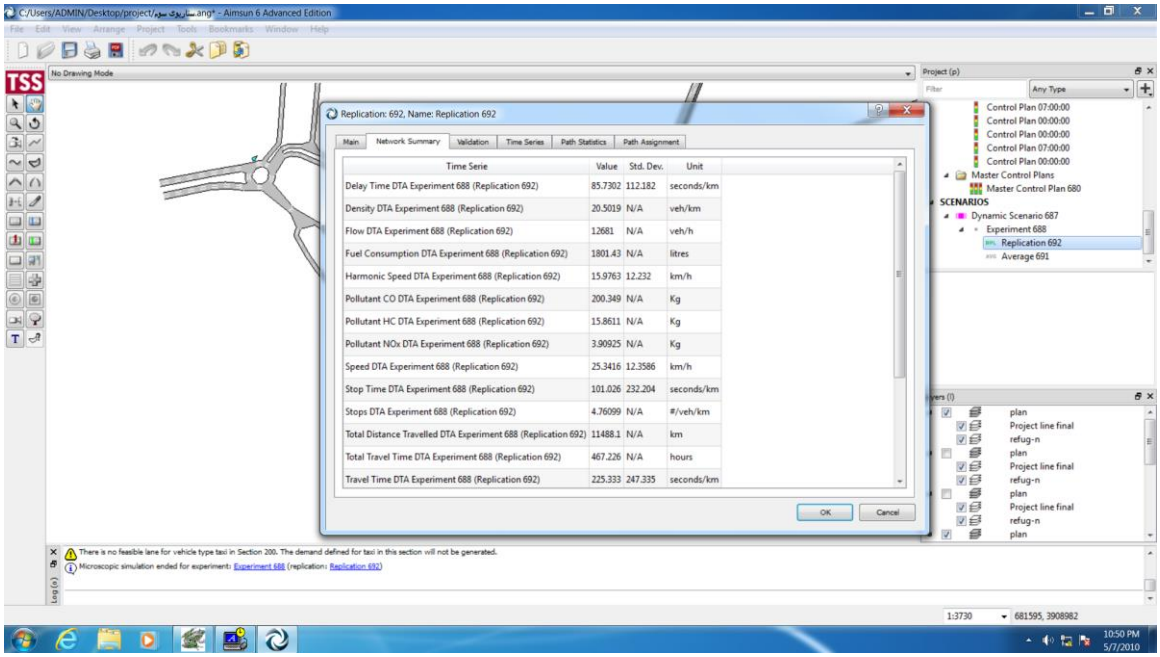
تقاطع غیر همسطح چهار راه کوسه هجیج.

- تقاطع غیر همسطح چهار راه حافظ
- تعریض خیابان کوسه هجیج حداقل یک لاین.
- چراغ دار کردن تقاطع کوسه هجیج و سه راه سید قطب.



شکل **4**. تقاطع های غیر همسطح چهار راه های حافظ و کوسه هجیج

جدول 7. پارامترهای ترافیکی خروجی سناریوی چهارم



جدول 8. برگزیده پارمترهای ترافیکی خروجی سناریوی چهارم

پارامتر	اندازه	واحد
جریان	12681	وسیله نقلیه/ کیلومتر
چگالی	20	وسیله نقلیه/ کیلومتر
سرعت متوسط	16	ساعت/ کیلومتر
زمان تأخیر	85	ثانیه/ کیلومتر
زمان توقف	101	ثانیه/ کیلومتر
کل مسافت سفر	11488	کیلومتر
کل زمان سفر	467	ساعت
زمان سفر	225	ثانیه/ کیلومتر

جدول 9. پارامترهای خروجی نرم افزار ایمسان (سناریوهای پیشنهادی)

پارامتر	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم
جریان	11930	11885	12246	12681
چگالی	24	25	20	20
سرعت متوسط	14	13	15	16
زمان تاخیر	118	125	99	85
زمان توقف	138	142	116	101
کل مسافت سفر	9228	10821	10839	11488
کل زمان سفر	455	550	457	467
زمان سفر	257	269	240	225

6- نتیجه‌گیری

هدف از طراحی تقاطع‌ها، کاهش شدت برخوردهای ممکن بین وسایل نقلیه و نیز عابران پیاده است، در حالی که حداکثر آسایش و سهولت حرکت برای وسایل نقلیه فراهم شود. شبیه سازی ترافیکی یکی از جدیدترین علوم مهندسی در شاخه حمل و نقل و ترافیک است و در کشورهایی که در زمینه ترافیکی پیشرفته هستند یکی از ملزومات برای تصویب طرح‌ها می‌باشد. در واقع کار شبیه سازی تقلید رفتار یک سیستم واقعی است. امروزه شبیه سازی یکی از قویترین و مورد اعتمادترین ابزارهای تحقیق در عملیات و تحلیل سیستم‌ها است.

6-1-جریان ترافیک

طبق پارامترهای خروجی نرم‌افزار شبیه‌ساز کامپیوتری ایمسان مشاهده می‌کنیم جریان ترافیک در سناریوی پیشنهادی چهارم از سناریوهای اول تا سوم بیشتر بوده و این نشان دهنده این است که در شبکه پیشنهادی سناریوی چهارم جریان ترافیک به مراتب در مقایسه با سناریوهای دیگر روان‌تر و تردد آسان‌تر است و می‌تواند آرامش و امنیت بیشتری را برای شهروندان و رانندگان ایجاد کند و حتی در کاهش تصادفات داخل شهری نیز تاثیر داشته و باعث کاهش تصادفات می‌شود و شاهد سیستمی ایمن و کارا خواهیم بود، که یکی از اهداف تحقیق ما نیز رسیدن به این مسئله مهم و حیاطی در بحث ترافیک شهری است.

6-2-چگالی ترافیک

چگالی عبارت است از تعداد وسیله نقلیه‌ای که یک طول مشخص یا خط مشخص را اشغال کرده‌اند و واحد آن تعداد وسیله نقلیه در واحد طول است. (وسیله نقلیه در کیلومتر یا وسیله نقلیه در هر کیلومتر-خط). اندازه گیری چگالی به صورت مستقیم دشوار است. به همین جهت از پارامتر زمان اشغال جهت تعیین چگالی استفاده می‌شود. بنا بر پارامترهای خروجی نرم افزار شبیه ساز ایمسان هر چه از سناریوی 1 (وضعیت موجود شبکه) به طرف سناریوهای پیشنهادی 2 و 3 و4 میرویم مقدار چگالی کاهش می‌یابد و این نشان دهنده این است که در سناریوی چهارم سطح اشغال وسیله نقلیه کمتر بوده و رانندگی سریعتر و با آرامش بیشتری انجام خواهد شد.

6-3-سرعت متوسط

عبارت است از سرعتی که 85 درصد وسایل نقلیه مساوی یا کمتر از آن حرکت می‌کنند در جدول پارامترهای خروجی نرم افزار شبیه ساز ایمسان مشاهده میشود در سناریوی اول سرعت متوسط14کیلومتر بوده که در سناریوی پیشنهادی دوم کاهش میابد و این دور از انتظار نیست بدلیل اینکه جریان ترافیک نیز نسبت به سناریوی اول کاهش و چگالی افزایش یافته است.ولی از سناریوهای سوم و چهارم سیر صعودی داریم و هرچه سرعت جریان ترافیک بالاتر باشد کمترین میزان ترافیک را در شبکه شاهد خواهیم بود و این در سناریوی چهارم رخ می دهد.

6-4-زمان تأخیر

زمانی که یک وسیله نقلیه طی مسافتی در جریان ترافیک بر اثر بالا بودن چگالی و حجم ترافیک از دست می‌دهد و این زمان هر چه کمتر باشد جریان ترافیکی روان و تردد آسان‌تر است و در واقع طول صف کمتر بوده و ما ترافیکی ایده آل و بدونه گره خواهیم داشت و با توجه به پارامترهای خروجی نرم افزار ایمسان در سناریوی چهارم مشاهده می‌کنیم این زمان از همه سناریوها کمتر است.

6-5-زمان توقف

زمانی است که یک وسیله نقلیه توقف کامل دارد، بنابراین هرچه این زمان کمتر باشد جریان ترافیک روان‌تر و طول صف کمتر است، با مقایسه پارا مترهای خروجی نرم افزارشبیه ساز ایمسان در سناریوهای پیشنهادی مشاهده می‌کنیم کمترین زمان توقف مربوط به سناریوی چهارم است و جریان ترافیک در سناریوی مذکور روانتر و تردد آسانتر خواهد بود.

6-6-کل مسافت سفر

عبارت است از مسافتی بر حسب کیلومتر که وسیله نقلیه از مبدا تا مقصد طی خواهد کرد، هر چه این مسافت بیشتر باشد نشان دهنده ترافیکی روان و دارای کمترین توقف است با توجه به مقایسه پارامترهای خروجی نرم افزار ایمسان در سناریوهای پیشنهادی بیشترین مقدار مسافت طی شده مربوط به سناریوی چهارم می‌باشد.

6-7-کل زمان سفر یا زمان سفر

زمانی است بر حسب کیلومتر بر ثانیه، و وقتی یک وسیله نقلیه طی می‌کند محاسبه می‌شود و بنابراین هر چه این زمان کمتر باشد جریان روان‌تر و مسافت طی شده بیشتر می‌باشد، و با مراجعه به خروجی نرم افزار در سناریوهای پیشنهادی مشاهده می‌کنیم سناریوی چهارم دارای کمترین مقدار زمان سفر می‌باشد.

6-8- پارامترهای خروجی

با جمع بندی مباحث بالا و تشریح پارامترهای خروجی نرم افزار شبیه ساز ایمسان در شبکه مورد مطالعه می‌توان این تحلیل را کرد که هرچه میزان پارامترهای زمان تاخیر، چگالی، زمان توقف، کل زمان سفر و زمان سفر کمتر و هر چه میزان پارمترهای جریان، سرعت متوسط و کل مسافت سفر بیشتر باشد، به معنی بهبود عملکرد شبکه و دارا بودن سیستمی ایمن و کارا است. با توجه به این تعاریف در مجموع سناریوی چهارم نسبت به سناریوهای اول، دوم و سوم، عملکرد مطلوب‌تری داشته و برترین سناریو در بین این چهار سناریوی پیشنهادی می باشد.

6-9-تحلیل نتیجه گیری به روش SAW[3]

تحلیل SAW یا تکنیک وزن دهی تجمعی ساده، یکی از پر کاربردین روشها درMADM (تحلیل چند معیاره) می‌باشد. در این روش تصمیم گیر به هر یک از معیارها وزن داده و پس از نرمالایز کردن ماتریس تصمیم، برای هر سناریو، تک تک، ارزشهای معیارهای آن‌ها را در وزن آن معیار ضرب نموده و نتایج را با هم جمع می‌کند، این مجموع به‌عنوان امتیاز اون سناریو می‌باشد، سناریوی که بیشترین امتیاز را کسب کند بعنوان برترین سناریو انتخاب می‌شود. در این تحقیق آرایش درایه‌های ماتریس تصمیم یا ماتریس D بشرح ذیل است:

[3] Simple Additive Weighting Method

	چریان	چگالی	سرعت متوسط	زمان تأخیر	زمان توقف	کل مسافت سفر	زمان سفر
سناریوی 1	11930	24	14	118	138	9228	257
سناریوی 2	11885	25	13	125	142	10821	269
سناریوی 3	12246	20	15	99	116	10839	240
سناریوی 4	12681	20	16	85	101	11488	225

$D=$

$W=(0.2\ ,\ 0.1\ ,\ 0.1\ ,\ 0.1\ ,\ 0.1\ ,\ 0.2\ ,\ 0.3)$ وزن معیارها

نرما لایز کردن ماتریس D

$$V=\begin{pmatrix} 0.94 & 0.8 & 0.875 & 0.72 & 0.732 & 0.8 & 0.875 \\ 0.937 & 0.8 & 0.81 & 0.68 & 0.71 & 0.942 & 0.836 \\ 0.966 & 1 & 0.938 & 0.859 & 0.87 & 0.944 & 0.938 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

از نرمالایز کردن ماتریس D ماتریس V به دست می‌آید که از فرمول ذیل استفاده‌شده:

هزینه $r_{ij}=\frac{x_{ij}^{min}}{x_{ij}}$ سود $r_{ij}=\frac{x_{ij}}{x_{ij}^{max}}$

امتیاز سناریوی اول ⟹ (0.94*0.2)+(0.83*0.1)+(0.875*0.1)+(0.72*0.1)+(0.732*0.1)+(0.8*0.2)+(0.875*0.3)=0.9262

امتیاز سناریوی دوم ⟹ (0.937*0.2)+(0.8*0.1)+(0.81*0.1)+(0.68*0.1)+(0.71*0.1)+(0.942*0.2)+(0.836*0.3)=0.9266

امتیاز سناریوی سوم ⟹ (0.966*0.2)+(1*0.1)+(0.938*0.1)+(0.859*0.1)+(0.87*0.1)+(0.944*0.2)+(0.938*0.3)=1.03

امتیاز سناریوی چهارم ⟹ (1*0.2)+(1*0.1)+(1*0.1)+(1*0.1)+(1*0.1)+(1*0.2)+(1*0.3)=1.1

نتیجه تحلیل چند معیاره نشان می‌دهد سناریوی چهارم با امتیاز 1.1 از دیگر سناریوها پیشی گرفته و بنابراین برترین سناریو می‌باشد. همچنین اگر مقایسه ای بین امتیاز سناریوی اول (وضعیت موجود شبکه) و سناریوی برتر داشته باشیم مشاهده می‌کنیم اختلاف امتیاز این دو سناریو تقریبا 0.2 بوده و این نشان میدهد طراحی شبکه ترافیکی سناریوی چهارم در جهت بهبود توسعه شبکه وضعیت موجود بوده و بهبود شبکه را به همراه داشته و با اجرای شبکه ترافیکی سناریوی چهارم جریان ترافیکی روان، کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی، کاهش تصادفات، افزایش ایمنی و آرامش و اطمینان خاطر از رانندگی را برای همشهریان عزیز خواهد داشت.

7- پیشنهادات برای بهبود ترافیک در شبکه مورد مطالعه در شهر سنندج

1)تعریض خیابان مردوخ از میدان مولوی کرد تا میدان جامی

2)تعریض خیابان فجر از میدان هورام تا میدان جامی

3)ممنوعیت پارک حاشیه ای از میدان حسن آباد تا میدان هورام (سمت راست)

4)ممنوعیت پارک حاشیه‌ای از تقاطع هورام تا تقاطع سعدی(باند راست)

5)احداث تقاطع غیر همسطح در چهار راه حافظ (پاسداران–سه راه ادب)

6)احداث تقاطع غیر همسطح در تقاطع هورام

7)اجرای پیاده راه در خیابان‌های

– فردوسی(میدان آزادی تا میدان انقلاب)

–خیابان انقلاب (چهار انقلاب تا میدان انقلاب)

–خیابان امام (سه راه شهدا تا میدان انقلاب)

–خیابان طالقانی (از میدان انقلاب تا سه راه طالقانی)

8) تعرض خیابان سید قطب از سه راه تا تقاطع فلسطین (حذف بنگاه های ماشین از خیابان فوق و انتقال به مکانی مناسب)

9)ممنوعیت گردش به چپ خودرو ها در میدان هورام در صورت عدم تحقق بند 6 فوق الاشاره

10)حذف پارک حاشیه ای در خیابان مولوی با جایگزین نمودن یک پارکینگ طبقاتی به ظرفیت 1000 خودرو

11)تعریض خیابان فلسطین از سه راه فرمانداری تا میدان آزادی

12)احداث پل هوایی در کل میدان آزادی و ایجاد فضای دسترسی در تقاطع پیاده روها با تردد برقی رفت و برگشت

13)احداث پل هوایی در تقاطع شریف آباد در کل میدان سنه دژ و ایجاد فضای دسترسی در تقاطع پیاده روها با تردد برقی

14)چراغ‌دار کردن تقاطع هورام در صورت عدم تحقق تقاطع غیر همسطح در این نقطه (اکنون تقاطع مذکور بدونه چراغ بوده و رانندگان با راهنمایی و احتیاط خودشان از تقاطع خارج می‌شوند).

15)تعریض میدان جامی از لحاظ ظرفیت و مساحت میدان

8- مراجع

– سیدصالحی، م.، (1376)، "سیستم کنترل وسایل نقلیه توسط کامپیوتر و ماهواره"، پایان‌نامه. دولتی – وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری – دانشگاه علم و صنعت ایران، کارشناسی ارشد.

–لبافی، ع. الف.، (1377)، "طبقه‌بندی راههای شهری – مقایسه تطبیقی طبقه‌بندی‌های مختلف و پیشنهاد طبقه‌بندی مناسب"، پایان‌نامه، وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری، دانشگاه تهران، کارشناسی ارشد.

–گلشن‌خواص، ر.، (1383)، "طراحی مدل تعیین شاخصی ایمنی مبادی ورودی شهرها"، دولتی – وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری – دانشگاه علم و صنعت ایران – دانشکده مهندسی عمران، کارشناسی ارشد.

–منیعی کلجاهی، الف.، (1390)، "طراحی مدل برآورد

تقاضای حمل و نقل مسافر در راههای برون شهری کشور براساس آمارهای تردد شماری"، پایان‌نامه دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه گیلان - دانشکده فنی و مهندسی، کارشناسی ارشد.

-احمد دهقانی، (1390)، "ارائه الگوی معماری ITS خدمات مدیریت بحران در راه‌های برون شهری کشور، پایان‌نامه". دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه تربیت مدرس - دانشکده مهندسی عمران، کارشناسی ارشد.

-اکبرپور، م.، (1391)، "بررسی عوامل وقوع حوادث جاده‌ای درمبادی ورودی شهرها (مطالعه موردی محور اهواز-اندیمشک)"، پایان‌نامه. دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه شهید چمران اهواز - دانشکده مهندسی ، کارشناسی ارشد.

-فلاح‌زاده، م.، (1391)، "تجزیه و تحلیل اثر تراکم دسترسی‌ها بر میزان ظرفیت جاده‌های برون شهری و ارائه مدلی برای محاسبه میزان کاهش ظرفیت"، پایان‌نامه دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی و غیر دولتی شمال - آمل - دانشکده فنی، کارشناسی ارشد.

-شیرزاده گشت رودخانی، الف. (1391)، "ارزیابی خسارت لرزه‌ای احتمالی خطوط راه بین شهری"، پایان‌نامه. دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - دانشکده مهندسی عمران، کارشناسی ارشد.

- رشیدی، م.(1392)، "نقش سیستم‌های حمل و نقل در گسترش شهر سنندج"، پایان‌نامه. غیر دولتی - دانشگاه آزاد اسلامی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، کارشناسی ارشد.

-احمدی رسکتی، پ.، (1392)، "اولویت‌بندی راهکارهای پیشنهادی بر کاهش تصادفات با استفاده از تصمیم‌گیری‌های چند متغیره در ورودی شهرها"، پایان‌نامه، دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی و غیر-دولتی شمال - آمل - دانشکده مهندسی عمران، کارشناسی ارشد.

-افندی‌زاده، ش.، احمدی نژاد، م.، و عبد المنافی الف.، (1387)، "ارزیابی اقتصادی، اصلاح طرح هندسی تقاطعات همسطح به منظور بهبود ایمنی".

-سیدحسینی، س. م.، (1390)، "برنامه‌ریزی مهندسی حمل‌ونقل و تحلیل جابجایی مواد"، دانشگاه علم و صنعت ایران.

-رستمی‌زاد، ف.، و رضائیان، ک.، و بلوچیان، ح.، (1387)، "بهبود ترافیک سواره و پیاده در مسیرهای درون‌شهری"، اولین همایش منطقه‌ای شهرسازی.

-شریعتی مهیمنی، الف.، و بابایی، ش.، و امیر پور، س. م.م.، (1390)، "امکان‌سنجی به‌کارگیری نرم‌افزارهای AIMSUN و VISSIM در شبیه‌سازی سامانه اتوبوس‌های تندرو"، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان.

-سلطانی، ع.، (1390)، "مباحثی در حمل‌ونقل شهری با تأکید بر رویکرد پایداری"، انتشارات دانشگاه شیراز.

- رشیدی، م.، (1392)، "نقش سیستم‌های حمل‌ونقل در گسترش شهر سنندج"، پایان‌نامه. غیر دولتی - دانشگاه آزاد اسلامی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، کارشناسی ارشد.

-ملک پور، ف. (1392)، "مدیریت برنامه‌ریزی شهری و صنعت حمل‌ونقل در توسعه"، اولین همایش ملی معماری و توسعه پایدار، تهران.

- Al-Kaisy, A. Hall. F. & Reisman, E. (2002), "Developing passenger car equivalents heavy vehicles on Freeways during queue discharge flow. Transportation Research Part A, Vol.36, pp.725-742.

- Al-Kaisy, A. Jung, Y. & Rakha, H. (2005), Developing Passenger Car Equivalency Factors for Heavy Vehicles during Congestion. Journal of Transportation Engineering, Vol.131, pp. 514-523.

- Arasan, V. T. & Koshy, R. Z. (2003), "Headway distribution of heterogeneous traffic on urban arterials. Journal of Institution of Engineers (India), Vol.84, pp. 210–215.

- Bang, K. L. Nissan, A. & Koutsopoulos, H. N. (2011), "Country Reports, the 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service", Stockholm, Sweden.

- Basu, D. Maitra, S. R. & B. Maitra. (2006), "Modeling passenger car equivalency at an urban mid-block Using stream speed as measure of equivalence". Journal of European Transport, Vol.34, pp. 75-87.

- Arasan, V. T. & Koshy, R. Z. (2005), "Methodology for modeling highly heterogeneous traffic flow". Journal of Transportation Engineering, Vol.131, pp. 544 – 551.

- Arkatkar, S. S. & Arasan V. T. 2010. "Effect of Gradient and its Length on Performance of Vehicles under Heterogeneous Traffic Conditions. Journal of Transportation Engineering, Vol.136, pp. 1120-1136.