

ارزیابی و تحلیل عملکرد سیستم حمل و نقل سریع اتوبوس رانی (BRT) در کلان شهرها توسط نرم افزار AIMSUN

محمد صدیق باور¹، محسن حدیقه جوانی²

1- دانشجوی دکتری عمران - برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه UTM

2- کارشناس ارشد عمران - برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

چکیده

شاخص‌هایی نظیر کاهش آلاینده‌ها، کاهش زمان سفر، کاهش هزینه سفر، تواتر، چگالی مسافران، راحتی، مستقیم بودن سفر در BRT نسبت به سایر مدهای موجود در شهر بیشتر است و کم‌هزینه‌ترین و سریع‌ترین مد از لحاظ اجرا سیستم BRT می‌باشد چرا که برای رشد و توسعه اقتصادی بیشتر به حمل و نقلی کارآمدتر و پویاتری احتیاج است. در ارائه طرح‌های جدید و نو بهترین کار از نظر متخصصان قبل اجرای طرح توانایی شبیه‌سازی پروژه می‌باشد که خطوط BRT را با استفاده از AIMSUN قبل از اجرای طرح در شیراز شبیه‌سازی کرده‌ایم. در این مقاله سعی شده است تا با تعریف چهار سناریو ممکن و اجرایی برای پیاده‌سازی BRT عملکرد این سیستم در شهرها همراه با شبیه‌سازی و فواید بسیار زیاد این نوع مد حمل و نقلی پرداخته شود و همراه عملکرد این سیستم به بازخورد اجرای این پروژه نسبت به واکنش شاخص‌های مختلف بر روی ماشین‌های دیگر و نحوه تاثیر گذاری بر روی آن‌ها پرداخته شود.

کلیدواژه: کلان شهر، مد حمل و نقل، AIMSUN، BRT

¹ دانشجوی دکتری، SEDIGH2@GMAIL.COM.0917300047

² کارشناس ارشد، Mohsenh javan@Gmail.com.09177112568

1- مقدمه

با افزایش تراکم ترافیک در شهرها و افزایش مشکلات ناشی از آن ، به خصوص آلودگی های ناشی از تردد وسایل نقلیه ، نیاز برای راه حل های جدید حمل و نقل بیشتر احساس می شود.

علی رغم مزایای زیادی که سیستم اتوبوسرانی از نظر انعطاف پذیری و هزینه های سرمایه گذاری پایین دارد ، اما همانطور که اشاره شد کاربران این سیستم کمتر کیفیت مناسبی را در خدمات سیستم اتوبوسرانی مشاهده می کنند. به عنوان مثال بر اساس تجربیات به دست آمده سرعت متوسط اتوبوس ها تقریباً 60 درصد سرعت وسایل نقلیه شخصی و یا سایر سیستم های حمل و نقل خصوصی می باشد که ناشی از ترافیک وسایل نقلیه ، چراغ های راهنمایی و سوار و پیاده کردن مسافران است.

در چنین شهرهایی سیستم اتوبوس سریع به عنوان یک راهکار موثر و جذاب به منظور رقابت با وسایل نقلیه شخصی مطرح می باشد تا دسترسی به نقاط مرکزی شهر ، مناطق مسکونی و حومه شهر برای تمامی افراد ساکن در شهرها امکان پذیر شود.

2- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

با توجه به اینکه سفرهای سریع درون شهری مد نظر مسافران می باشد ولی مد نظر کارشناسان امر سفر سریع همراه با کاهش ترافیک مد نظر می باشد پس باید متخصصان امر راه حل هایی را مورد توجه قرار دهند که از نظر مسافران زمان سفر ، دسترسی و سایر مطلوبیت های بالایی را داشته باشد واز نظر کارشناسان کاهش ترافیک که خود موجب کاهش آلاینده های و ... می باشد. پس در تعریف این مسئله مجهول هایی نظیر زمان سفر، تواتر، میزان آلاینده های ، دسترسی و ... را بررسی می کنیم و با اتوبوس درون شهری عمومی عادی مقایسه می گردد تا ببینیم کدامیک مطلوبیت بیشتری را دارد [1].

سوابق مربوط به این طرح در کشورهای همچون چین ، شهرهای شرق آسیا و همچنین شهرهای آمریکا بررسی شده که هر کدام از مقالات به بیان مطالبی نظیر: مسائل اقتصادی ، هزینه ها ، میزان آلاینده های و ... اشاره دارند.

با اجرای این طرح در کلان شهرها چه میزان در مطلوبیت ها تاثیر می گذارد {زمان سفر ، هزینه ، آلودگی هوا ، تواتر و...} و کاهش می دهد و با توجه به اینکه این طرح در اکثر شهرهای دنیا که جزء کلان شهرها محسوب می شود اجرا شده است.

روش تحقیق به گونه ای است که باید ابتدا مطلوبیت های سیستم حمل و نقل همگانی در نظر گرفته شود سپس بررسی می گردد چگونه می توان با استفاده از به بهبود این مطلوبیت ها کمک کرد

و خروجی ها را با کمک نرم افزار مشاهده و نتیجه گیری نمود. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات از طریق نرم افزار AIMSUN می باشد [2].

3- متدولوژی

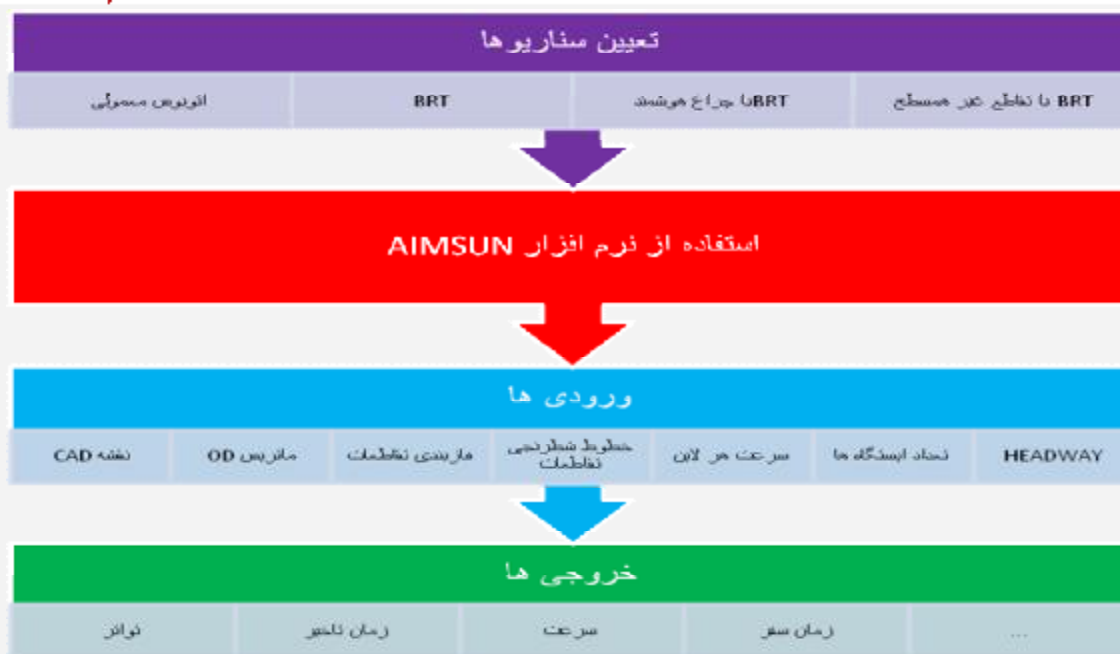
کلمه BRT مخفف Bus Rapid System است، یعنی سیستم اتوبوس های پرسرعت. سال های زیادی است که در کشورهای مختلف از روش های متفاوتی برای افزایش کیفیت و سرعت خدمات اتوبوس ها استفاده می شود. روش هایی چون اختصاص خطوط ویژه به اتوبوس ها و دادن اولویت به اتوبوس پس BRT تلفیقی از همه روش هایی است که تاکنون برای افزایش سرعت اتوبوس ها استفاده می شد. میانگین سرعت آنها در کشورهای مختلف بین 19 تا 49 کیلومتر در ساعت است.

علت انتخاب شبیه سازی BRT: شبیه سازی، با توجه به این که با گسترش علوم و دانش پیشرفت های شگرفی در مباحث ترافیکی روی داده است من جمله تولید نرم افزارهای شبیه ساز که به خوبی می توان قبل از اجرای یک پروژه اکثر زوایای آن را مورد بررسی قرار داد. من جمله میزان بهبود ترافیک، تواتر سیستم اتوبوس رانی، سرعت، میزان کاهش آلاینده های زیست محیطی، دسترسی، افزایش مطلوبیت ها و... [3].

با توجه به این مطلب که تا حال از نرم افزار شبیه ساز ترافیکی AIMSUN برای شبیه سازی خطوط BRT استفاده نشده است لذا بر آن شدم تا این شبیه سازی را انجام دهم و بتوانیم مدیران را قبل از اجرای پروژه ها از فواید یا زیان های احتمالی آن آگاه سازیم.

مسئولان تمامی کلان شهرهای ایران با توجه تداخل بافت قدیمی با جدید و تراکم بیش از حد شهرها، هدفشان کاهش ترافیک و آلاینده های است [4].

مراحل مدل سازی: در کل با توجه به مطالب بیان شده مراحل کلی شبیه سازی بطور کلی در چهار فاز زیر تعریف می گردد. که هر فاز نیز بطور جداگانه شامل مراحل مختلف می باشد.



نمودار 1: مراحل مدل سازی BRT توسط AIMSUN

تمامی کلان شهرهای ایران با توجه تداخل بافت قدیمی با جدید و تراکم بیش از حد شهرها ، هدفشان کاهش ترافیک و آلایندهی است .
در بین کلان شهرها به مطالعه موردی شیراز پرداخته ایم .کلان شهر شیراز با توجه به موقعیت و وسعتی که دارد احتیاج مبرمی به سیستم های جدید حمل و نقل عمومی دارد و با توجه به بافت شهر برای شیراز میدان گاز تا میدان بسیج مسیر در نظر گرفته شد این مسیر در هسته مرکزی امتداد دارد و یکی از مسیرهای پر تردد جاذب سفر محسوب می گردد:



شکل 1: نقشه شیراز

وضع موجود مسیر حمل و نقل عمومی: در کل این مسیر دارای 12 ایستگاه حمل و نقل عمومی با سه لاین رفت و برگشت جدا از هم می باشد. در کل طول این مسیر تقریباً 4 کیلومتر می باشد، سرفاصله زمانی حرکت اتوبوس 10 دقیقه می باشد و در ساعت پیک با توجه به سرعت متوسط 12KM/H این مسیر را در 20 الی 30 دقیقه می پیمایند با توجه به طول مسیر کم ولی زمان سفر زیاد که دلیل اصلی آن وجود تقاطعات متعدد در طول مسیر (8 چراغ راهنمایی) و تعدادی تقاطع بدون چراغ نیاز زیادی به راه حل اساسی می باشد.

در ابتدا این مسیر را برای روز سه شنبه تابستان سال 1388 در ساعت پیک 12 ظهر تا 13 بعد از ظهر شبیه سازی می کنیم برای این شبیه سازی ابتدا ماتریس OD را وارد می نماییم.

4- انواع سناریو اتوبوس برای شبیه سازی

با توجه به راه حل های مختلف برای اجرا BRT به این نتیجه رسیدیم در کل چهار سناریو اجرایی و مورد استفاده بیشتر را بیان نمائیم و نسبت به هم تعدادی از مطلوبیت هایشان را مقایسه کنیم.

سناریو اول: سیستم اتوبوس عادی

در کل در این مسیر سه لاین اختصاص داده شده است. با توجه به اطلاعات و ورودی اولیه داده شده برای سناریو اول پس از آنالیز، خروجی ها و تصاویر دوبعدی و سه بعدی حاصل شد.

سناریو دوم: سیستم BRT

با توجه به اطلاعات و ورودی اولیه داده شده برای سناریو دوم پس از آنالیز، خروجی ها و تصاویر دوبعدی و سه بعدی حاصل شد. در کل در این مسیر سه لاین اختصاص داده شده است، که یک لاین را جداگانه به اتوبوس و دو لاین را به ماشین ها اختصاص داده ایم.

سناریو سوم: سیستم BRT با چراغ هوشمند

در کل در این مسیر سه لاین اختصاص داده شده است، که یک لاین را جداگانه به اتوبوس با چراغ هوشمند و دو لاین را به ماشین ها اختصاص داده ایم. با توجه به اطلاعات و ورودی اولیه داده شده برای سناریو سوم پس از آنالیز خروجی ها و تصاویر دوبعدی و سه بعدی حاصل شد.

سناریو چهارم: سیستم BRT با تقاطع غیر همسطح

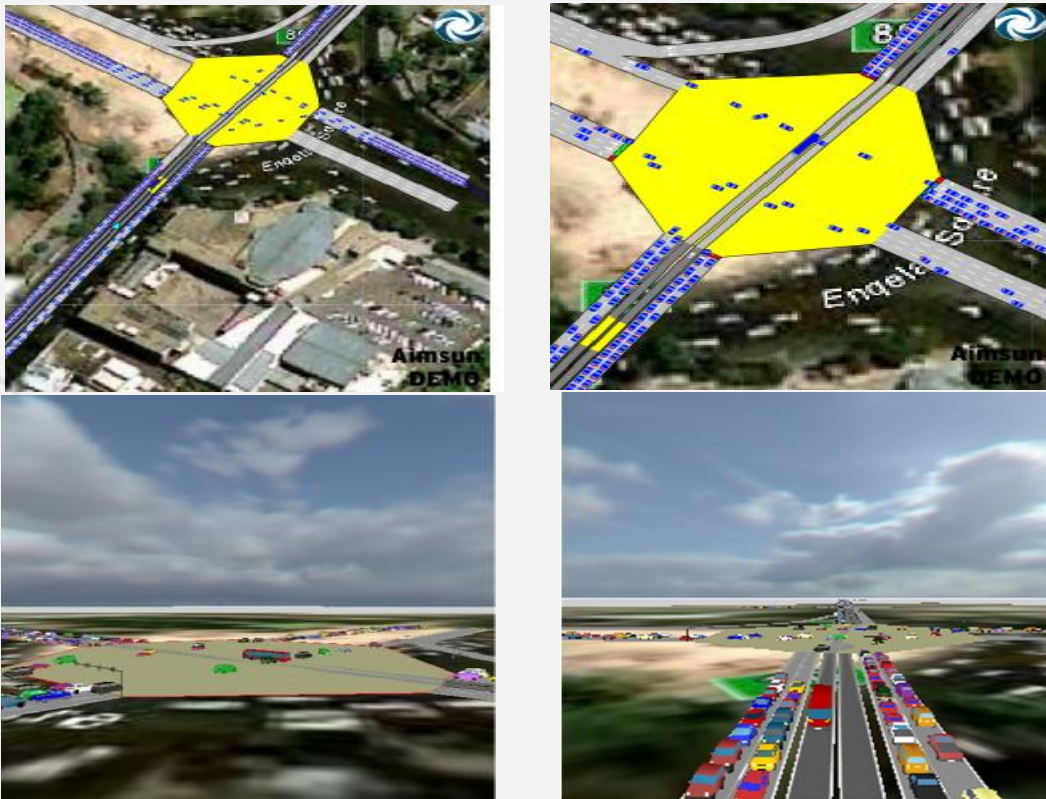
در کل در این مسیر سه لاین اختصاص داده شده است، که یک لاین را جداگانه به اتوبوس بصورت تقاطع غیر همسطح و دو لاین را به ماشین ها اختصاص داده ایم. با توجه به اطلاعات و ورودی اولیه داده شده برای سناریو چهارم پس از آنالیز خروجی ها و تصاویر دوبعدی و سه بعدی حاصل شد.

5- تحلیل و اجرای BRT توسط AIMSUN

در شاخص اول اتوبوس BRT با تقاطع غیر همسطح زمان تاخیر بسیار کم تری برای سفرهای عمومی را داراست. تواتر در سناریو چهارم با 21 اتوبوس بیشترین مقدار را دارد. همچنین سرعت اتوبوس با سرعت تقریباً (km/h) 27، تعداد توقف ها با 2 توقف، مسافت پیموده شده در این مسیر با 10 KM، زمان سفر نیز با (seconds/km) 135.5 نیز نسبت به سایر سناریوها دارای مطلوبیت بیشتری است.

با تواتر 5 دقیقه ای BRT نسبت به تواتر 10 دقیقه ای اتوبوس عادی و با اتخاذ اتوبوس های جدید با ظرفیت بالا (حداقل دو برابری) در BRT میزان جابجایی مسافر حداقل 4 برابر می گردد. از لحاظ اقتصادی برای شهرداری بسیار بصره و همچنین هزینه های پرداختی (حقوق) به رانندگان نصف می گردد.

با توجه به افزایش سرعت در BRT زمان سفر را کاهش و مطلوبیت، این مد حمل و نقلی را بالا می برد و موجب صرفه جویی در وقت مسافران می گردد [5].



شکل 2: تصاویر خروجی سناریو چهارم

با توجه به طول مسیر 4 کیلومتری و سرعت اتوبوس در چهار سناریو بترتیب
(14.55، 14، 7.55، 26.6 KM/H) با استفاده از فرمول زیر زمان سفر برابر با اعداد جدول

ذیل:

$$V = \frac{x}{t} \rightarrow t = \frac{x}{v} \quad (1)$$

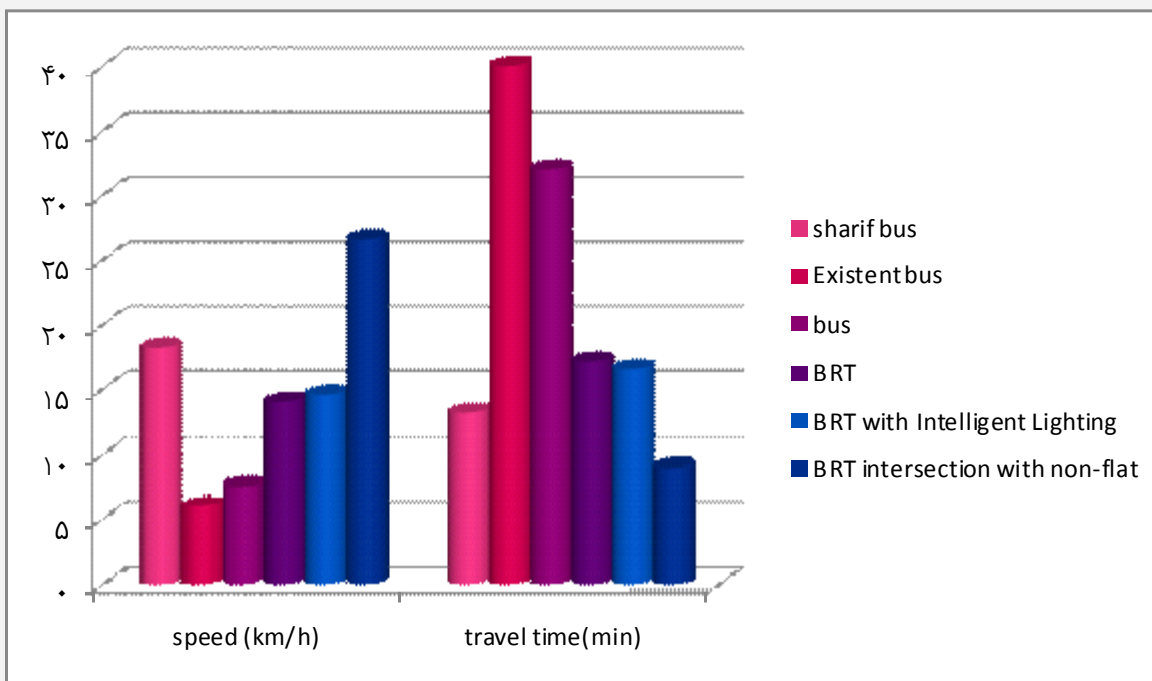
که در آن t زمان سفر بر حسب ساعت، x مسافت پیموده شده بر حسب کیلومتر و v سرعت در آن
مسیر بر حسب کیلومتر در ساعت می باشد.

جدول 1: اعتبار سنجی مدل

ردیف	انواع اطلاعات نوع سیستم شاخص ارزیابی	AIMSUN					
		مطالعات جامع شریف	سازمان اتوبوس رانی	اتوبوس	اتوبوس	BRT	BRT با چراغ هوشمند
1	Speed SRCbus (km/h)	18.2	6	7.55	14.02	14.55	26.6
2	زمان سفر (MIN)	13.18	40	32	17.14	16.55	9

با توجه اطلاعات کسب شده از سازمان اتوبوس رانی و مطالعات شریف برای شیراز و مقایسه آن ها با
خروجی مدل مشاهده می گردد که مطالعات شریف کلی بوده و قابل استناد دقیق نمی باشد ولی
آمار و اطلاعات سازمان اتوبوس رانی تقریباً نزدیک به خروجی مدل اتوبوس می باشد و این خود
بیانگر این مطلب می باشد که شبیه سازی صورت گرفته برای BRT نیز تقریباً با درصد کمی خطا
قابل استناد و بررسی است [6].

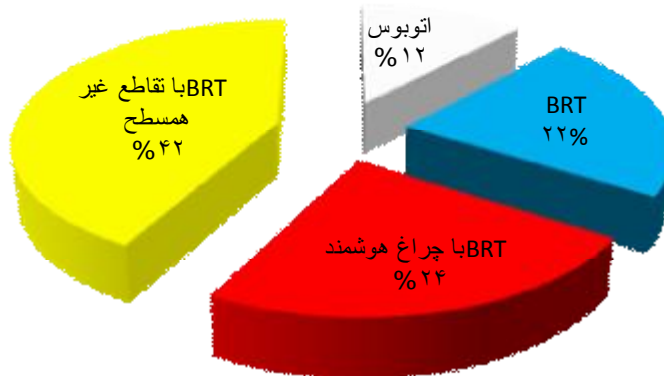
پس زمان سفر در سناریو چهارم 3.55 برابر کاهش می یابد یعنی 23 دقیق برای هر مسافر صرفه
جویی زمان سفر را به دنبال خواهد داشت. در نمودار 2 و 3 این مقایسه دیده می شود.



نمودار 2: مقایسه سرعت و زمان سفر

با توجه به خروجی های مختلف AIMSUN همان گونه که در نمودار 2 ملاحظه می فرمائید مقایسه سرعت و زمان سفر اتوبوس را در شش حالت ملاحظه می فرمائید .

بهبود زمان سفر (چند درصد)



نمودار 3: مقایسه درصد بهبود زمان سفر 4 سناریو

6- مقایسه شاخص های ارزیابی

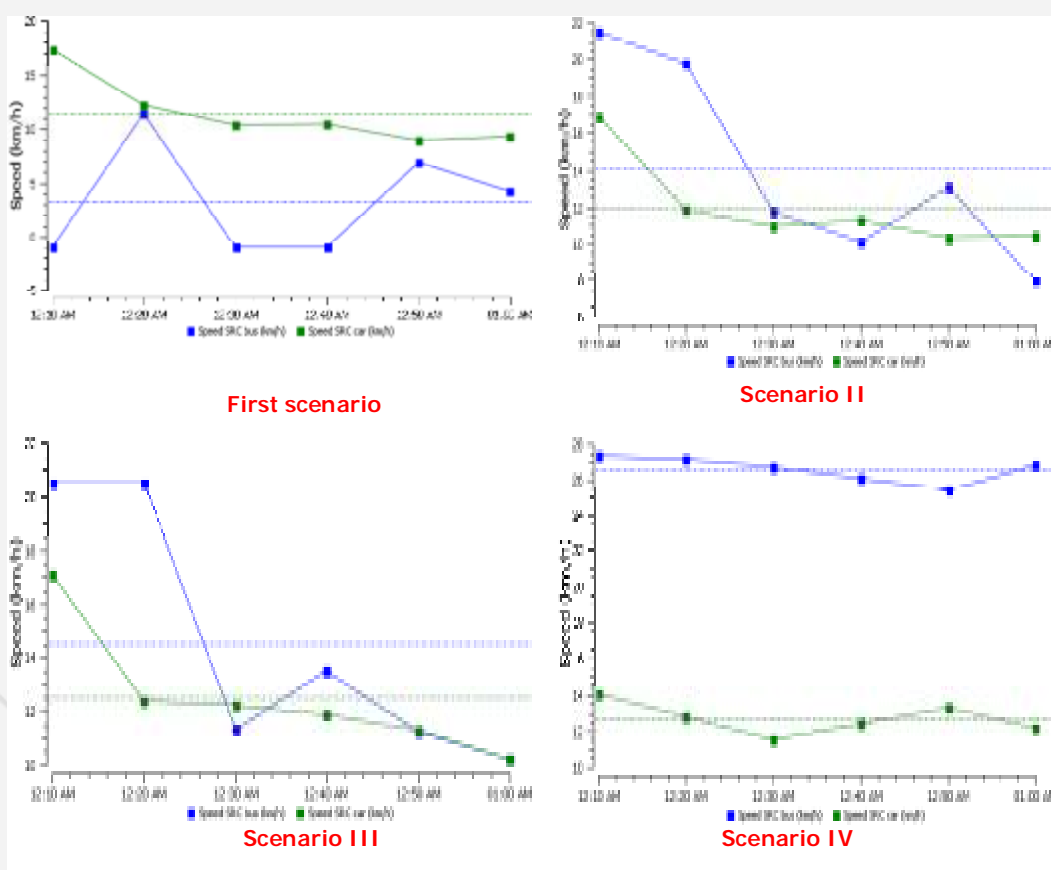
در نهایت پس از آنالیز و تحلیل کلی به نتایج که در جدول 2 ارائه شده است دست یافته ایم. در این نتایج میزان شاخص های مختلف بررسی شده و میزان اثر گذاری آن ها بر روی اتوبوس و وسائل نقلیه ارزیابی گردیده است. به عنوان نمونه زمان تاخیر در اتوبوس در سناریو چهارم به کمترین میزان خود رسیده است ولی زمان تاخیر در وسائل نقلیه از سناریو اول تا سوم کاهش ولی برای سناریو چهارم به دلیل این که تقاطع غیر همسطح فقط برای اتوبوس در نظر گرفته شده ، افزایش می یابد [7]، [8].

جدول 2: مقایسه شاخص های ارزیابی

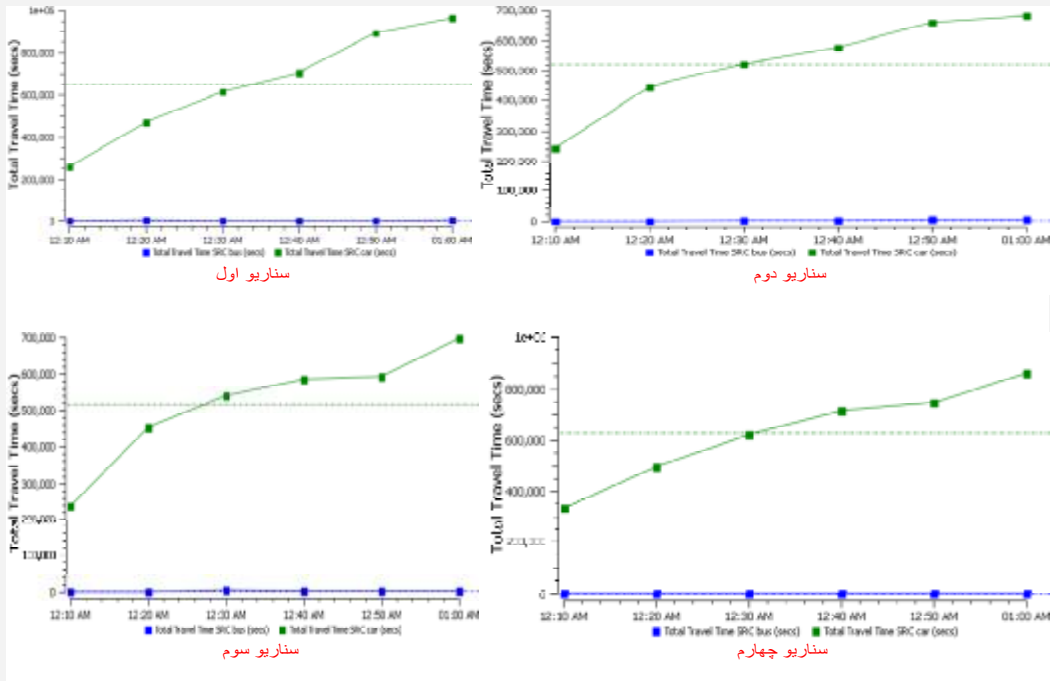
ردیف	نوع سیستم شاخص ارزیابی	اتوبوس		BRT	
		اتوبوس	BRT	هوشمند	BRT با تقاطع غیر همسطح
1	Delay Time SRC bus (seconds/km)	484.77	248.23	210.66	63.97
	Delay Time SRC car (seconds/km)	401.53	389.22	370.95	442.97
2	Density SRC bus (veh/km)	0.16	0.27	0.25	0.11
	Density SRC car (veh/km)	66.28	49.32	49.39	67.85
3	Flow SRC bus (veh/h)	8	15	15	21
	Flow SRC car (veh/h)	13,693.00	12,607.00	12,633.00	12,363.00
4	Harmonic Speed SRC bus (km/h)	7.55	13.23	13.98	26.57
	Harmonic Speed SRC car (km/h)	8.01	8.08	8.37	7.23
5	Max Virtual Queue Length SRC bus (vehs)	1.83	0	0	0
	Max Virtual Queue Length SRC car (vehs)	8,040.83	10,098.83	10,153.17	11,659.83
6	Mean Virtual Queue Length SRC bus (vehs)	1.3	0.00	0	0
	Mean Virtual Queue Length SRC car (vehs)	6,803.94	8,589.19	8,651.01	10,101.17
7	Number of Stops SRC bus	3.99	3.63	4.44	2.07
	Number of Stops SRC car	8.57	7.3	6.92	7.74
8	Speed SRC bus (km/h)	7.55	14.02	14.55	26.6
	Speed SRC car (km/h)	11.47	11.97	12.52	12.71
9	Stop Time SRC bus (seconds/km)	462.85	230.29	189.52	51.82
	Stop Time SRC car (seconds/km)	361.25	354.55	336.8	410
10	Total Distance Travelled SRC bus (km)	1.98	7.38	7.38	10.23
	Total Distance Travelled SRC car (km)	1,355.23	1,264.32	1,302.77	1,091.04
11	Total Travel Time SRC bus (secs)	983.53	2,482.44	2,238.27	1,392.59
	Total Travel Time SRC car (secs)	651,050.29	521,895.97	518,410.91	628,508.15
12	Travel Time SRC bus (seconds/km)	557.86	320.32	283.6	135.56
	Travel Time SRC car (seconds/km)	469.32	456.46	438.53	510.61

با توجه به خروجی های مختلف AIMSUN چند مورد از شاخص های 4 سناریو را با هم مقایسه کرده ایم:

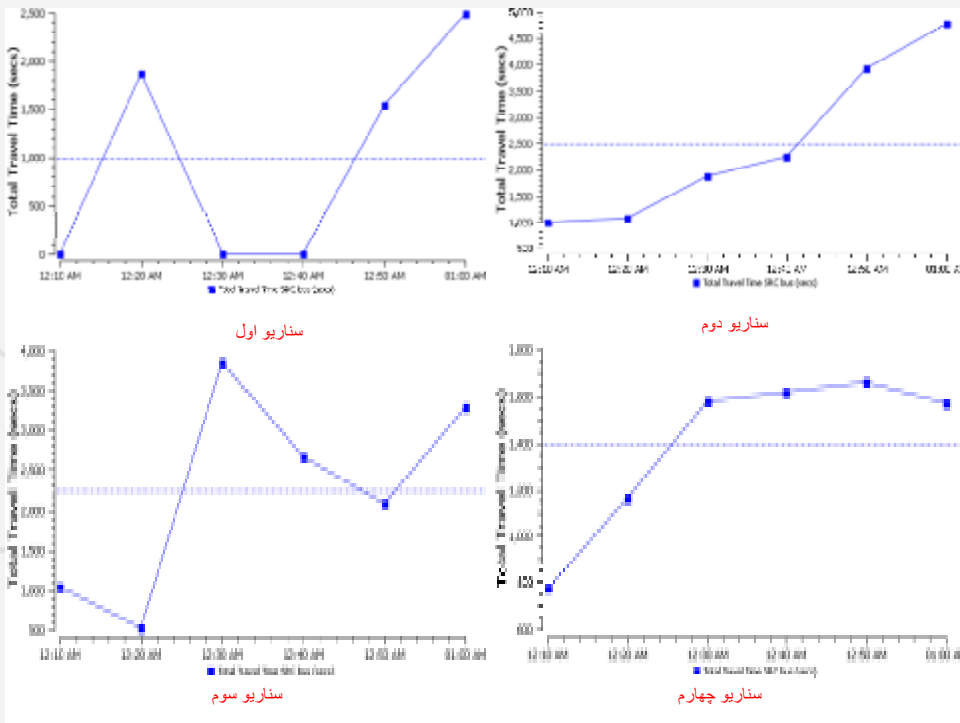
همان گونه که در نمودار 4 مقایسه سرعت ماشین با اتوبوس را در هر سناریو ملاحظه می فرمائید ، سرعت اتوبوس را در 4 سناریو می توانید با هم مقایسه کنید [9], [10].
در نمودارهای 5 و 6 نیز سایر مقایسه ها را ملاحظه می فرمائید.



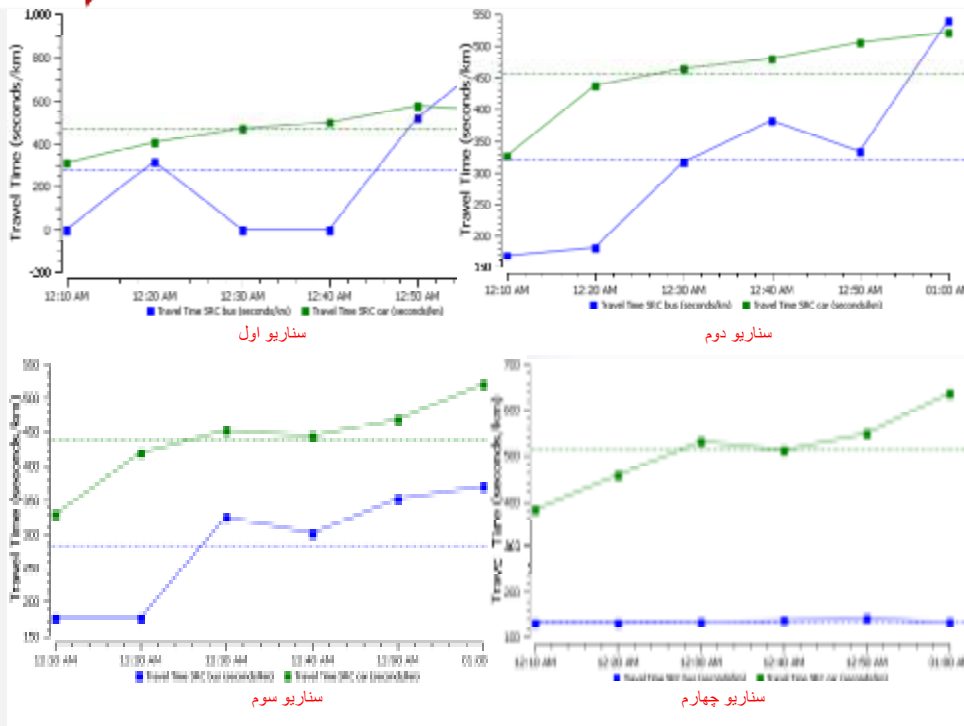
نمودار 4: مقایسه سرعت 4 سناریو



نمودار 5: مقایسه زمان کل سفر 4 سناریو



نمودار 6: مقایسه زمان کل سفر BRT برای 4 سناریو



نمودار 7: مقایسه زمان کل سفر 4 سناریو بر حسب ثانیه در کیلومتر

5- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

در نتیجه با توجه به اصلاح الگوی مصرف در طرح های عمرانی داریم: در کل با توجه به نتایج تحقیقات سایر محققان در مورد BRT که در زمینه های مختلفی بررسی شده بودند، این مقاله نیز در ادامه تائید استفاده از این مد حمل و نقلی در شهرهاست که این مد را برای کلان شهرهای ایران با توجه به شبیه سازی ها و بیان سناریوهای متفاوت دلائل استفاده از این روش را بیان کردیم. که در نتیجه برای اجرا پل ها برای تقاطعات باید از پل های پیش ساخته استفاده گردد تا سرعت نصب و اجرا بیشتر گردد و از لحاظ اقتصادی بصره تر باشد. همچنین اگر بتوان پل هایی با سطح مقطع پایه کوچک ساخت، می توان آن فضایی را که موجب اشغال پل شده و بلا استفاده مانده (با عرض سطح مقطع کم تر از نیم متر) دو لاین اضافه تر به مسیر ها اختصاص می یابد که خود موجب افزایش سطح تردد و عبور و مرور در خیابان های اجرای طرح و در نهایت موجب کاهش ترافیک می گردد.

منابع و مراجع

1. سید حسینی، سید محمد، برنامه ریزی مهندسی حمل و نقل و تحلیل جابه جایی مواد، دانشگاه علم و صنعت ایران، 1386.

2. افندی زاده، شهریار، نقابی، آرش، طراحی متدولوژی مسیریابی خطوط ویژه اتوبوس در معابر شهری، اولین کنگره مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف تهران، ایران، 1387
3. رحیم اف، کامران، آشنایی با نرم افزار TRANSYT 7F در پروژه های بهبود ترافیک، سمینار تحصیلات تکمیلی تهران جنوب، 1381.
4. تن زاده، جواد، توسطی خیری، پژوهان، بررسی کیفیت و طرح گازسوز نمودن ناوگان حمل و نقل عمومی، نهمین کنفرانس حمل و نقل و ترافیک، تهران، ایران، 1388، ص 8
5. زمانیان، علی رضا، قفقازی، ایمان، اقبالیان، علی، ارزیابی فنی-اقتصادی و زیست محیطی خط دوم سامانه اتوبوس های تندرو تهران، نهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، 1388
6. سیستم اتوبوس رانی پیشنهادی برای شهر شیراز، مطالعات جامع حمل و نقل شیراز، گزارش شماره 08-80، پژوهشکده حمل و نقل شریف، مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن)، دانشگاه صنعتی شریف، اسفند 1380
7. Yu-Hsiang Cheng*, 2007, Yi-Lun Lin, Chia-Chen Liu, Levels of PM10 and PM2.5 in Taipei Rapid Transit System, Department of Safety, Health and Environmental Engineering, Ming Chi University of Technology, 84 Gungjuan Road, Taishan, Taipei 24301, Taiwan
8. SUN Chuanjiao, 2008, ZHOU Wei*, WANG Yuanqing, Scheduling Combination and Headway Optimization of Bus Rapid Transit, Highway College of Chang'an University, Xi'an 710064, China
9. Hiroyuki Iseki, 2008, Economies of scale in bus transit service in the USA, Department of Geography and Planning, The University of Toledo, 2801 W. Bancroft Street, Toledo, OH 43606, United States
10. Federal Transit Administration Office of Research, Demonstration and Innovation, Project No. FTA-FL-26-7109.2009.1, Characteristics of BUS RAPID TRANSIT for Decision-Making, United States, Department of Transportation, February 2009, 171

Abstract

Indicators such as reducing pollution, reducing travel time, reduced costs, travel frequency, density of passengers, comfort, direct to be traveling on BRT compared to other modes in the city more and cost the most and fastest mode of running the system BRT is why for growth and economic development more efficient and dynamic transport is needed. Providing new initiatives and new best of experts prior to implementation of the project is the ability to simulate the use of AIMSUN confused using BRT lines before implementation in Shiraz have simulation. This article has tried to define the four possible scenarios for implementing executive functioning BRT system in cities with very high benefits of simulation and this type of transport mode will be discussed along with system performance feedback to the project various reaction parameters on other machines and how they influence on be paid.

Keywords BRT, AIMSUN, METROPOLITAN, MODE OF TRANSPORTATION