



ارزیابی فنی و اقتصادی طرح‌های تونل شهری در محیط نرم‌افزاری EMME/2 (مطالعه موردی تونل صیاد شیرازی)

لاله صابر نژاد، کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران¹
عبدالرضا ابراهیمی کارشناس ارشد راه و ترابری، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران²
1 sabernejad@yahoo.com، ۰۲۱-۲۲۲۲۱۵۰۷
2 rezaebrahimi57@yahoo.com، ۰۲۱-۲۲۲۲۱۵۰۷

چکیده

در راستای توسعه شهری طرح تونل شهری یکی از طرح‌هایی است که به منظور تکمیل شبکه بزرگراهی موجود در قالب یک شبکه منظم و کارآمد متناسب با محدودیت‌های موجود از قبیل معارض ملکی و تاسیساتی و قیمت بالای زمین به عنوان طرح فرادست مطرح می‌باشد. از آنجا که ساخت تونل شهری مستلزم هزینه کلان می‌باشد، لذا قبل از اجرای طرح باید مورد ارزیابی فنی و اقتصادی قرار گیرد تا مقرون به صرفه بودن طرح و مطابقت پروژه با اهداف توسعه شهری مشخص گردد. با استفاده از مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران و شبیه‌سازی طرح در نرم افزار *EMME/2* روش خاصی در ارزیابی فنی و اقتصادی طرح تونل شهری ارائه شده است. اثرات طرح در سه دسته ترافیکی، زیست محیطی و اقتصادی در نظر گرفته شده است. تاثیر احداث تونل شهری بر الگوی سفرهای شهری با تحلیل سفرهای مبدا - مقصد قبل و بعد از احداث تونل و در نتیجه تغییرات شاخص‌های عملکردی ترافیکی شامل متوسط سرعت همسنگ‌سواری در شبکه، زمان تأخیر، نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر، وضعیت تردد در شبکه مورد ارزیابی قرار گرفته شد. مطالعه موردی طرح تونل صیاد شیرازی حدفاصل میدان سپاه تا جنوب بزرگراه بعثت که به منظور روان‌سازی جریان ترافیک و ایجاد ارتباط شمال و جنوب در محدوده مرکزی شهر تهران ارائه شده می‌باشد.

کلید واژه: ارزیابی فنی - اقتصادی، نرم‌افزار *EMME/2*، سناریوسازی، معیار اقتصادی، معیار ترافیکی، معیار زیست محیطی.



1- مقدمه

امروزه با تغییرات اساسی در ساختار جوامع و رشد قابل ملاحظه جمعیت شهرنشین و ایجاد پدیده‌ای به نام کلان‌شهر، چگونگی عبور و مرور در سطح شهر و تبادل خدمات و کالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده و بر پیچیدگی‌های رفتار حمل‌ونقلی مردم در شهرهای بزرگ به شدت افزوده شده است. در کلان‌شهرهای جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه نظیر شهر تهران این پیچیدگی رفتاری و عدم برنامه‌ریزی صحیح سبب ایجاد مشکلات عدیده‌ای در زمینه حمل‌ونقل شده است.

برای رفع این مشکل در دوره‌های زمانی مختلف، راهکارها و طرح‌هایی شامل ساخت و توسعه شبکه بزرگراهی و معابر یا بهبود آنها، توسعه و تقویت سیستم حمل‌ونقل عمومی، بکارگیری روش‌های مدیریتی در کنترل و هدایت ترافیک و ... پیشنهاد شده که هر یک با توجه به ماهیت آن، سهمی در عملکرد سیستم حمل‌ونقل داشته است.

از آنجا که بکارگیری هر یک از این روش‌ها مستلزم هزینه کلان می‌باشد و در صورتی که نتایج اجرای یک پروژه منطبق با هدف مورد نظر نباشد، برگشت امکان‌پذیر نخواهد بود و ضرر و زیان گزافی را به منابع مالی و اقتصادی شهر تحمیل می‌نماید. لذا قبل از اجرای آن، امکان‌سنجی انجام پروژه صورت می‌گیرد.

در مقاله حاضر امکان‌سنجی احداث تونل صیاد شیرازی حدفاصل میدان سپاه تا میدان شوش (بزرگراه بعثت) مورد بررسی قرار گرفته است.

2- تعریف مساله

بزرگراه صیاد شیرازی و در ادامه آن تونل صیاد از بزرگراه بابایی شروع شده و پس از عبور از بزرگراه‌های زین الدین و رسالت و میدان سپاه به بزرگراه بعثت ختم می‌گردد. این طرح از جمله طرح‌های موجود جهت ارتباط مناسب شمال به جنوب و بالعکس در محدوده شرق شهر تهران است. با توجه به موقعیت قرارگیری بزرگراه امام علی (ع) در نزدیکی تونل صیاد شیرازی این طرح می‌تواند بر روی پروژه مذکور تاثیر گذار باشد که در قسمتی جداگانه در مقاله به تاثیر آن بر روی طرح حاضر پرداخته شده است.

جهت مطالعات اثرسنجی ترافیکی طرح تونل صیاد شیرازی، تأثیر احداث این طرح در مقایسه با گزینه عدم انجام کار بر روی شبکه فرادست حمل‌ونقل تهران مورد بررسی قرار گرفته است.

3- نیازسنجی طرح تونل صیاد شیرازی

به منظور نیازسنجی تونل صیاد شیرازی در ابتدا به بررسی سفرهای مبدأ- مقصد مناطق که متأثر از طرح می‌باشد پرداخته شده است.



3-1- بررسی سفرهای مبدأ - مقصد مناطق متأثر از طرح

با توجه به موقعیت قرارگیری بزرگراه صیاد شیرازی و در ادامه آن تونل صیاد که از بزرگراه بابایی (مرز منطقه 4 و 1) شروع شده و با گذشتن از مناطق 4، 7 و 12 به مناطق 15 و 16 که (مرز آنها نیز می باشد) ختم می شود، بسیاری از سفرها که از این مناطق صورت می گیرد از این بزرگراه و تونل استفاده می کنند. این مطلب را می توان با توجه به احجام همسنگ سواری روی هر یک از لینک های شبکه معابر به تفکیک مبدأ - مقصد مشخص کرد.

در جداول 1 تا 5 میزان سفرهای انجام شده در ساعت اوج در بین مناطق 1، 3، 4، 7، 12، 15، 16 و 20 که همگی در نزدیکی این بزرگراه و تونل قرار دارند و می توانند متأثر از این طرح باشند، آورده شده است.

تونل از مناطق 1، 4، 7، 12، 15 و 16 گذشته و در جوار مناطق 3، 8، 13، 14 و 20 قرار دارد. اما از آنجا که بزرگراه امام علی (ع) که در نزدیکی (شرق تونل صیاد) تونل قرار گرفته است، از مناطق 8، 13 و 14 می گذرد، لذا مناطق مذکور جهت تامین دسترسی شمال به جنوب و یا بالعکس به جای استفاده از تونل صیاد به علت نزدیکی از بزرگراه امام علی (ع) استفاده می نمایند.

منطقه 11 نیز جهت دسترسی به مناطق جنوبی از بزرگراه نواب استفاده می نمایند. در نتیجه جهت بررسی تاثیر تونل بر روی مناطق، مناطق 1، 3، 4، 7، 12، 15، 16 و 20 انتخاب شده اند.

مطابق جدول 1، سفرهای صورت گرفته در بین این مناطق توسط سواری بدون آرم برحسب معادل سواری نشان داده شده است. از آنجا که این جدول بیانگر سفرهای انجام شده توسط سواری بدون آرم است در نتیجه میزان سفرها به/از منطقه 12 که در منطقه طرح ترافیک قرار گرفته است، برابر صفر می باشد.

از آنجایی که میزان سفرهای انجام شده با سواری بدون آرم از مناطق شمالی به نواحی حاشیه طرح (منطقه 7) قابل توجه می باشد، لذا وجود دسترسی مناسب جهت تامین حرکت از مناطق شمالی به مرکزی امری لازم می باشد. این دسترسی می تواند به وسیله تونل صیاد شیرازی که یک معبر شمالی - جنوبی می باشد، تامین گردد مشروط بر آن که این معبر دسترسی های مناسب به مناطق مرکزی را داشته باشد.

در جدول 2 میزان سفرهای بین منطقه ای، در ساعت اوج، با وسایل نقلیه ای که دارای مجوز ورود به محدوده طرح ترافیک می باشند (به غیر از اتوبوس واحد) آورده شده است که در نتیجه سفرهای به/از منطقه 12 که داخل محدوده طرح نیز قرار گرفته است دارای مقدار می باشند.

در جدول 3 نیز میزان مسافر (در ساعت اوج) که از اتوبوس واحد برای جابجایی بین مناطق 1، 3، 4، 7، 12، 15، 16 و 20 استفاده می کنند نشان داده شده است.

همچنین با توجه به جدول‌های 2 و 3 نتیجه می‌شود که میزان سفرهای مناطق شمالی به مرکزی از حجم بالایی برخوردار است. در نتیجه وجود یک معبر شمالی- جنوبی مانند تونل صیاد با دسترسی‌های مناسب به مناطق مرکزی می‌تواند یک معبر مناسب جهت تامین این سفرها محسوب گردد.

جدول 1: میزان سفرهای مبدأ- مقصد با سواری بدون آرم در ساعت اوج (معادل سواری)

منطقه مقصد	منطقه مبدأ	20	16	15	12	7	4	3	1
1	1	164	73	112	-	1521	1254	3753	11691
3	3	91	51	176	-	2130	1748	8016	4347
4	4	312	151	404	-	3291	10916	2848	3090
7	7	69	58	76	-	2573	1016	947	672
12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
15	15	519	457	2250	-	346	694	287	410
16	16	519	1235	232	-	101	173	188	119
20	20	2653	593	368	-	93	160	94	161

جدول 2: میزان سفرهای مبدأ- مقصد با وسایل نقلیه مجاز ورود به محدوده طرح ترافیک به غیر از اتوبوس واحد (در ساعت اوج)

منطقه مقصد	منطقه مبدأ	20	16	15	12	7	4	3	1
1	1	84	69	66	1090	1234	1142	3049	11070
3	3	70	61	123	1699	1659	1276	7335	3800
4	4	259	197	400	1867	3097	16387	2684	2723
7	7	138	108	124	2053	6190	1379	1394	757
12	12	292	495	681	3798	770	411	501	352
15	15	916	880	6049	3510	927	1205	440	593
16	16	1067	2765	477	1754	287	244	266	170
20	20	6443	1130	732	1350	261	261	165	203



جدول 3: میزان سفرهای مبدأ- مقصد مسافری با اتوبوس واحد (نفر)، در ساعت اوج

منطقه مقصد	1	3	4	7	12	15	16	20
منطقه مبدأ	1	3	4	7	12	15	16	20
1	3860	1050	745	960	866	125	103	152
3	1050	2039	524	985	1467	127	94	167
4	2169	1636	9285	2473	2226	280	269	377
7	410	725	814	3788	1889	118	172	187
12	289	431	270	554	2338	425	333	193
15	892	606	927	1127	2874	4543	525	598
16	431	527	429	608	2541	335	2488	757
20	529	392	571	762	1760	536	1000	5123

با توجه به آن که سفرهای به درون محدوده طرح ترافیک که با سواری شخصی بدون آرم انجام می شود، مجاز ورود به محدوده طرح نمی باشند لذا با پارک کردن وسایل نقلیه خود در نواحی حاشیه طرح ترافیک جهت دسترسی به نواحی داخل محدوده از وسایل حمل و نقل عمومی و نیمه عمومی استفاده می نمایند. لذا در جداول 4 و 5 میزان سفرها توسط وسایل نقلیه بدون آرم از حاشیه طرح به مناطق و برعکس آورده شده است.

در این میان میزان سفرهای سواری بدون آرم که از حاشیه طرح به منطقه 7 انجام می گیرد، برابر با 1110 سفر (در ساعت اوج) است که از بین سایر مناطق بیشتر می باشد. همچنین میزان سفرهای سواری بدون آرم از منطقه 3 به حاشیه طرح برابر 2378 سفر (در ساعت اوج) می باشد که از بین سایر مناطق بیشتر می باشد.

جدول 4: میزان سفرهای سواری بدون آرم از حاشیه طرح به مناطق در ساعت اوج

مناطق	1	3	4	7	12	15	16	20
حاشیه طرح	832	1076	781	1110	-	440	313	306

جدول 5: میزان سفرهای سواری بدون آرم از مناطق به حاشیه طرح در ساعت اوج

مناطق	1	3	4	7	12	15	16	20
حاشیه طرح	1885	2378	2350	1441	-	1299	665	450





با توجه به جداول 1 تا 5 تونل صیاد شیرازی در صورت وجود دسترسی به مرکز شهر می تواند نقش بسزایی در انتقال سفرهای مناطق شمالی و جنوبی به مرکز شهر را داشته باشد و نیز می تواند وسیله ای باشد تا از آن به راحتی جهت دسترسی مناطق شمالی به جنوبی و برعکس استفاده نمود.

3-2- بررسی تأثیر طرح تونل صیاد شیرازی

به منظور بررسی میزان تاثیر احداث تونل صیاد شیرازی از مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران که در نرم افزار EMME/2 پیاده سازی شده استفاده شده است.

برای تعیین تاثیر اجرای گزینه های پیشنهادی لازم است تمام پروژه های مصوب و پیشنهادی شهر تهران جز گزینه های مورد مطالعه (تونل صیاد که به صورت ادامه بزرگراه صیاد شیرازی از میدان سپاه تا جنوب بزرگراه بعثت می باشد) در شبکه پایه (شبکه معابر فرادست) در نظر گرفته شود.

سیستم حمل و نقل عمومی در شبکه معابر فرادست شامل شبکه اتوبوسرانی و شبکه مترو پیشنهادی مصوب در طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران می باشد. تعداد خطوط مترو که در شبکه معابر فرادست در نظر گرفته شده خطوط 1 تا 7 مترو می باشد.

به منظور بررسی نحوه دسترسی به تونل صیاد شیرازی و نیز میزان تأثیر طرح گزینه های مختلف با دسترسی های مختلف به معابر امیرکبیر، 15 خرداد، شوش و فدائیان اسلام در نظر گرفته شد که همراه با گزینه پایه بطور جداگانه در محیط نرم افزار EMME/2 شبیه سازی و اجرا گردیدند. سپس هریک از گزینه ها با یکدیگر و با گزینه پایه مقایسه شدند و در نهایت از بین گزینه های پیشنهادی گزینه زیر انتخاب گردید.

گزینه پیشنهادی: بر روی شبکه معابر فرادست تونل صیاد همراه با دسترسی های جنوب به شرق، شرق به شمال، غرب به جنوب و شمال به شرق در محل تقاطع با خیابان 15 خرداد در نظر گرفته شده است. در این گزینه سیستم حمل و نقل عمومی در شبکه معابر فرادست شامل شبکه اتوبوسرانی و شبکه مترو مصوب در طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (خطوط 1 تا 7) می باشد.

سپس گزینه پیشنهادی با گزینه پایه، با در نظر گرفتن تقاضای حمل و نقل برای سال افق طرح، نتایج حاصل از تخصیص در گزینه ها برای یک ساعت اوج صبح در مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران حاصل گردید.

3-2-1- تحلیل و ارزیابی گزینه پیشنهادی

به منظور تحلیل و ارزیابی گزینه پیشنهادی، ساخت تونل صیاد شیرازی، شاخص هایی مشخص و تعیین گردید. به منظور راحتی مقایسه شاخص های عملکردی در گزینه های مختلف بعضی از شاخص های مهم حاصل از تحلیل تقاضای حمل و نقل در سال 1404 و بارگذاری تقاضای مزبور بر





شبکه‌های فرضی در قالب گزینه‌های مختلف با استفاده از نتایج تخصیص ترافیک توسط نرم‌افزار EMME/2 در جدول 6 ارائه شده است. این شاخص‌ها عبارتند از:

- مسافت طی شده در شبکه (وسیله‌نقلیه - کیلومتر)
- متوسط سرعت حرکت (کیلومتر در ساعت)
- زمان تأخیر در تقاطع (وسیله‌نقلیه - ساعت)
- زمان تأخیر در مسیر (وسیله‌نقلیه - ساعت)
- نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر
- نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده (به ازای هر صد هزار وسیله‌نقلیه - کیلومتر)
- سطحی از شبکه معابر که وضعیت تردد در آن در حالت کند و بحرانی قرار گرفته است (درصد)
- میزان مصرف سوخت بنزین و گازوئیل (لیتر)
- میزان آلاینده‌ها HC, CO و NO_x (کیلوگرم)

جدول 6: مقایسه شاخص‌های عملکردی در گزینه پیشنهادی با گزینه پایه در سطح شهر تهران

گزینه	گزینه پایه	گزینه پیشنهادی	درصد تغییرات گزینه پایه با گزینه پیشنهادی
گزینه شاخص عملکردی			
مسافت طی شده (وسیله‌نقلیه - کیلومتر)	6370174	6386106	0/25
متوسط سرعت حرکت (کیلومتر در ساعت)	34/2	34/6	1/17
زمان تأخیر در تقاطع (وسیله - ساعت)	36502	36071	-1/18
زمان تأخیر در مسیر (وسیله - ساعت)	44287	42964	-2/99
نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر	43/4	42/8	-1/38
نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده (به ازای هر صد هزار وسیله‌نقلیه - کیلومتر)	1268	1238	-2/37
درصد شبکه در حالت کند و بحرانی	21/2	20/6	-2/83
میزان مصرف سوخت بنزین و گازوئیل (لیتر)	941800	939902	-0/20
میزان آلاینده‌ها HC, CO و NO _x (کیلوگرم)	304379	302645	-0/57

با توجه به جدول 6 و مقایسه دو گزینه متوسط سرعت در گزینه پیشنهادی به میزان 1/17 درصد نسبت به گزینه پایه بیشتر می‌باشد. میزان زمان تأخیر در تقاطع و در مسیر به ترتیب 1/18 و 2/99 درصد کاهش یافته است. مساحتی از شبکه که ترافیک در حالت کند و بحرانی می‌باشد به میزان 2/83 درصد کاهش یافته است و نیز میزان مصرف سوخت و میزان آلاینده‌ها به ترتیب به مقدار 0/2 و

0/57 درصد کاهش یافته‌اند. همچنین دو شاخص نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده و نیز نسبت

زمان تأخیر به کل زمان سفر در گزینه پیشنهادی نسبت به گزینه پایه کاهش یافته است.

در نتیجه با توجه به نتایج حاصله گزینه پیشنهادی نسبت به گزینه پایه از وضعیت بهتری برخوردار است. همچنین از مقایسه حجم‌های همسنگ‌سواری چنین حاصل می‌گردد که در واقع نقش این تونل در رویکرد شمال به جنوب بیشتر تأمین دسترسی مسافری به مرکز شهر می‌باشد. چون تعداد زیادی از مسافری از دسترسی‌های تونل خارج شده و حجم کمی در امتداد شمالی - جنوبی به جنوب ادامه مسیر می‌دهند

3-2-2- بررسی تأثیر تونل صیاد شیرازی بر بزرگراه امام‌علی (ع)

از آنجا که تونل صیاد که در ادامه مسیر بزرگراه صیاد شیرازی از میدان سپاه شروع شده و به حوالی بزرگراه بعثت ختم می‌شود، موازی با بزرگراه امام‌علی (ع) می‌باشد لذا می‌توان علاوه بر بررسی حجم‌های همسنگ‌سواری در تونل صیاد، به بررسی تغییرات حجم همسنگ‌سواری در بزرگراه امام‌علی (ع) قبل و بعد از احداث تونل نیز پرداخت تا بدین وسیله تأثیر ساخت این تونل بر بزرگراه امام‌علی (ع) نیز سنجیده گردد.

در جدول‌های 7 حجم‌های همسنگ‌سواری در قسمتهایی از بزرگراه امام‌علی (ع) در گزینه پایه (بدون در نظر گرفتن تونل صیاد) و در گزینه پیشنهادی برای دو جهت شمال به جنوب و جنوب به شمال آورده شده است. همان‌طور که در این جدول نیز دیده می‌شود حجم‌های همسنگ‌سواری در اکثر نقاط بزرگراه امام‌علی (ع) در گزینه پایه بیشتر از گزینه پیشنهادی می‌باشد. در واقع با احداث تونل قسمتی از بار ترافیکی بزرگراه امام‌علی (ع) به تونل صیاد منتقل می‌شود. با توجه به این‌که تعداد تقاطعات تونل نسبت به بزرگراه امام‌علی (ع) کمتر می‌باشد بنابراین زمان سفر در این مسیر کمتر می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود حجم همسنگ‌سواری در بعضی از مقاطع بزرگراه امام‌علی (ع) بیش از ظرفیت بزرگراه می‌باشد. در واقع احجام نشان دهنده تقاضا می‌باشد.



جدول 7: حجم‌های همسنگ‌سواری در بزرگراه امام‌علی (ع)

جنوب به شمال		شمال به جنوب		رویکرد حداصل
حجم همسنگ‌سواری در گزینه پیشنهادی	حجم همسنگ‌سواری در گزینه پایه	حجم همسنگ‌سواری در گزینه پیشنهادی	حجم همسنگ‌سواری در گزینه پایه	
4787	5022	9799	10183	سبلان تا مدنی
5007	5361	8666	9062	مدنی تا دماوند
4932	5429	7472	8086	دماوند تا صفا
4859	5431	6951	7547	صفا تا پیروزی
6212	6939	6175	6960	پیروزی تا کرمان
5732	6431	5570	6089	الله‌دادی تا محلاتی
7298	7803	7385	7492	سعیدی تا شوش
5733	6246	4709	4892	شوش تا بعثت

4- ارزیابی اقتصادی اجرای طرح

ارزیابی اقتصادی یکی از مهم‌ترین ابزارهای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای اجرای اقتصادی‌ترین پروژه‌ها و اولویت‌بندی گزینه‌های مختلف می‌باشد. این نوع ارزیابی فرآیند پیچیده‌ای است که به جستجوی عوامل مربوط به عملکرد و اثربخشی یک طرح یا پروژه پرداخته، تا انجام‌پذیری آن را تشخیص داده و راه‌حلهایی برای مشکلات اجرایی یافته و پروژه‌ها و طرح‌های مفیدتری برای آینده طراحی کند. این نوع ارزیابی از جمع‌آوری داده‌ها پیرامون روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌های پروژه فراتر رفته و آثار پروژه را جستجو می‌کند.

روش‌های زیادی جهت ارزیابی اقتصادی وجود دارد که از آن آنچه در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است روش دوره بازگشت سرمایه می‌باشد. در این روش که یک شیوه برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها می‌باشد تحلیل‌گر با استفاده از آن، در جستجوی دوره یا مدت زمانی است که سرمایه اولیه بتواند توسط درآمدهای سالیانه جبران شود. به عبارت ساده‌تر مجموع درآمدهای سالیانه در آن دوره باید برابر با هزینه‌های سرمایه‌گذاری گردد.

دوره بازگشت سرمایه = هزینه اولیه / عایدی سالانه

در رابطه فوق که برابر فرآیند مالی در پایان سال می‌باشد، درآمدهای سالیانه در پایان هر سال مساوی فرض می‌شود.

جهت ارزیابی پروژه فوق در ابتدا باید میزان هزینه‌ها و منافع حاصل از احداث تونل را محاسبه نمود. هزینه ساخت¹ هر متر تونل درون شهری 610 میلیون ریال فرض می‌شود. با توجه به این‌که طول تونل صیاد حدود 9/6 کیلومتر در نظر گرفته شده است، لذا هزینه ساخت تونل صیاد 5856 میلیارد ریال برآورد می‌گردد.

جدول 8: مقایسه شاخص‌های عملکردی در گزینه پیشنهادی با گزینه پایه

شاخص	گزینه پایه	گزینه پیشنهادی	درصد تغییرات
زمان تأخیر در مسیر (وسیله - ساعت)	44287	42964	-2/99
زمان تأخیر در تقاطع (وسیله - ساعت)	36502	36071	-1/18
کل زمان تأخیر (وسیله - ساعت)	80789	79035	-2/17
میزان مصرف بنزین (لیتر)	812799	811620	-0/145
میزان مصرف گازوئیل (لیتر)	129001	128282	-0/56

برای محاسبه منافع حاصل از احداث تونل باید بتوان منافع حاصل از کاهش میزان تأخیر، منافع حاصل از کاهش میزان مصرف سوخت (بنزین) و نیز منافع حاصل از کاهش آلودگی ناشی از مصرف بنزین و اثرات زیست‌محیطی را محاسبه نمود. بدین منظور مقایسه شاخص‌های عملکردی گزینه پیشنهادی با گزینه پایه در جدول 8 نشان داده شده است.

با توجه به جدول 8 با ساخت تونل صیاد به میزان 0/145 درصد صرفه‌جویی در میزان مصرف بنزین خواهیم داشت. با فرض متوسط مصرف روزانه 13 میلیون لیتر بنزین در تهران با ساخت تونل فوق به میزان 18850 لیتر بنزین در شبانه‌روز صرفه‌جویی خواهد شد. با توجه به جدول 9 که در آن ضرایب انتشار و خسارت ریالی یک لیتر بنزین هنگام سوخت در وسیله‌نقلیه را ارائه کرده است، در مجموع میزان خسارت آلاینده‌گی یک لیتر بنزین برابر با 2144/52 ریال می‌باشد. در نتیجه با ساخت تونل صیاد به میزان 14/75 میلیارد ریال صرفه‌جویی حاصل از کاهش خسارت زیست‌محیطی در سال صورت خواهد گرفت.

¹ - هزینه ساخت هر متر تونل بر اساس تجربیات تونلهای ساخته شده در شهر تهران فرض شده است.



جدول 9: خسارت ناشی از سوختن یک لیتر بنزین*

عنوان	واحد	PM ₁₀	CO	NO _x	SO ₂	مجموع (ریال)
ضرایب انتشار بنزین	لیتر/گرم	10/11	311/06	10/95	1/3	
خسارت به ازای هر گرم آلاینده	گرم/ریال	191/04	0/58	2/29	6/49	
خسارت آلاینده‌گی یک لیتر بنزین	لیتر/ریال	1931/41	180/41	24/25	8/44	2144/52

*این جدول بر اساس مطالعات انجام شده توسط شرکت کنترل کیفیت هوا حاصل گردیده است.

همچنین برای محاسبه منافع حاصل از میزان تأخیر با توجه به مقایسه جداول خروجی نرم‌افزار EMME/2 و نیز جدول 8 در گزینه پیشنهادی با گزینه پایه، زمان تأخیر به میزان 1754 وسیله-ساعت با ساخت تونل کاهش یافته است.

با توجه به میزان کاهش زمان تأخیر و با فرض متوسط سرنشین 1/5 نفر در هر وسیله و با در نظر گرفتن این که 10 درصد از سفرها در ساعت اوج انجام می‌شود و اگر تعداد روزهای غیر تعطیل سال را 320 روز در نظر بگیریم در مجموع با اجرای احداث تونل صیاد بر اساس گزینه برتر حدود 8/4 میلیون نفر-ساعت در یک سال صرفه‌جویی زمانی خواهیم داشت که اگر ارزش ریالی زمان سفر در یک ساعت را در شهر تهران 10000 ریال در نظر بگیریم با اجرای پروژه مذکور در یک سال حدود 84 میلیارد ریال صرفه‌جویی ریالی ناشی از کاهش زمان تأخیر بر اثر احداث تونل حاصل می‌گردد. همچنین جهت محاسبه میزان صرفه‌جویی حاصل از اجرای احداث تونل بر میزان مصرف بنزین بدین نحو محاسبات انجام گرفته است. از مقایسه میزان مصرف بنزین در گزینه برتر مصرف بنزین در یک ساعت اوج صبح 0/145 درصد کاهش می‌یابد. با توجه به متوسط مصرف روزانه 13 میلیون لیتر بنزین در منطقه تهران و فرض بر این که قیمت هر لیتر بنزین را 7000 ریال در نظر بگیریم سالانه بیش از 48 میلیارد ریال صرفه‌جویی می‌شود.

جهت محاسبه میزان مصرف گازوئیل، با توجه به جدول (17) میزان کاهش مصرف گازوئیل با اجرای گزینه برتر 719 لیتر در ساعت اوج می‌باشد که با توجه به در نظر گرفتن این که 10 درصد سفرها در ساعت اوج انجام می‌گردد و قیمت هر لیتر گازوئیل نیز 3500 ریال مفروض گردد، سالانه حدود 9 میلیارد ریال صرفه‌جویی حاصل از میزان مصرف گازوئیل خواهیم داشت. با توجه به محاسبات انجام گرفته شده نتایج زیر حاصل گردیده است.

- میزان صرفه‌جویی حاصل از کاهش زمان تأخیر 84 میلیارد ریال
- میزان صرفه‌جویی حاصل از مصرف گازوئیل 9 میلیارد ریال
- میزان صرفه‌جویی حاصل از مصرف بنزین 48 میلیارد ریال





- میزان صرفه‌جویی حاصل از کاهش آلودگی هوا 14/75 میلیارد ریال
- میزان هزینه احداث تونل 5856 میلیارد ریال

پس با توجه به محاسبات انجام گرفته شده میزان منافع حاصل از احداث تونل صیاد شیرازی حدود 155/75 میلیارد ریال در سال خواهد بود و نیز با توجه به میزان هزینه ساخت 5856 میلیارد ریالی، بازگشت سرمایه حاصل از ساخت تونل حدود 38 سال برآورد می‌گردد.

5 - مقایسه تأثیرات ترافیکی ناشی از احداث تونل با تأثیرات ترافیکی ناشی از تکمیل یک خط مترو در افق طرح

جهت بررسی و اندازه‌گیری میزان تأثیر ساخت یک خط مترو بر روی شهر تهران و نیز جهت مقایسه با میزان تأثیر حاصل از اجرای ساخت تونل صیاد میزان تأثیر خط 6 مترو که در قسمت‌هایی موازی با تونل صیاد شیرازی بوده و دارای فاصله کمی از آن می‌باشد، برآورد گردیده است. جهت انجام این مقایسه دو گزینه به ترتیب زیر تعریف و با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند:

گزینه 1: در این گزینه شبکه معابر فرادست (سال 1404) بدون در نظر گرفتن تونل صیاد مفروض می‌باشد. سیستم حمل‌ونقل عمومی در این گزینه شامل شبکه اتوبوسرانی و 5 خط مترو شامل خطوط (1)، (2)، (3)، (4) و (5) در نظر گرفته شده‌اند.

گزینه 2: در این گزینه شبکه معابر فرادست (سال 1404) بدون در نظر گرفتن تونل صیاد مفروض بوده و علاوه بر آن سیستم حمل‌ونقل عمومی شامل شبکه اتوبوسرانی به همراه 6 خط مترو شامل خطوط (1)، (2)، (3)، (4)، (5) و (6) در نظر گرفته شده‌اند.

با توجه به اولویت‌بندی و زمان‌بندی احداث خطوط مترو پس از تکمیل خط (1) تا (5) احداث خط (6) در اولویت می‌باشد. بنابراین جهت برآورد میزان تأثیر احداث خط (6) مترو فرض شده که در گزینه 1، 5 خط مترو احداث شده و پس از آن خط (6) احداث می‌شود که در گزینه 2 در نظر گرفته شده است.

پس از شبیه‌سازی گزینه‌های فوق در مدل ترافیک شهر تهران جهت مقایسه میزان تغییرات حاصل از افزودن خط (6) مترو با میزان تأثیر احداث تونل صیاد، میزان تغییرات شاخص‌های عملکردی در گزینه‌های 1 و 2 با یکدیگر و در گزینه پیشنهادی و گزینه پایه با یکدیگر مقایسه گردید که نتایج حاصل از آن در جدول 10 نشان داده شده است.



جدول 10: مقایسه تأثیر احداث تونل صیاد شیرازی با احداث یک خط مترو

شاخص عملکردی	گزینه پایه	گزینه پیشنهادی	گزینه 1 (5خط مترو)	گزینه 2 (6خط مترو)	درصد تغییرات گزینه پایه با گزینه پیشنهادی (تأثیر احداث تونل)	درصد تغییرات گزینه 1 با گزینه 2 (تأثیر احداث خط 6متر)
مسافت طی شده (وسیله نقلیه - کیلومتر)	6370174	6386106	6656308	6516235	0/25	-2/10
متوسط سرعت حرکت (کیلومتر در ساعت)	34/2	34/6	31/7	33/2	1/17	4/73
زمان تأخیر در تقاطع (وسیله - ساعت)	36502	36071	41459	38965	-1/18	-6/02
زمان تأخیر در مسیر (وسیله - ساعت)	44287	42964	57861	49316	-2/99	-14/77
نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر	43/4	42/8	47/3	45	-1/38	-4/86
نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده (به ازای هر صد هزار وسیله نقلیه - کیلومتر)	1268	1238	1492	1355	-2/37	-9/18
درصد شبکه در حالت کند و بحرانی	21/2	20/6	23/8	22/6	-2/83	-5/04
میزان مصرف سوخت بنزین و گازوئیل (لیتر)	941800	939902	968688	934621	-0/20	-3/52
میزان آلاینده‌ها HC,CO و NOx (کیلوگرم)	304379	302645	327752	315527	-0/57	-3/73

همان گونه که در جدول 10 نیز مشاهده می‌گردد کلیه شاخص‌های عملکردی در گزینه 2 نسبت به گزینه 1 که در واقع احداث یک خط مترو (خط 6) در سیستم می‌باشد گویای تغییرات مثبت چشمگیری است.

مقایسه ستون 5 و 6 از جدول 10 که درصد تغییرات حاصل از ساخت تونل را با درصد تغییرات حاصل از اضافه شدن یک خط مترو با یکدیگر نشان می‌دهد، گویای درصد تغییرات بهتر در اثر اضافه شدن یک خط مترو می‌باشد. بدین صورت که با اضافه شدن یک خط مترو سرعت به میزان 4/73





درصد افزایش داشته ولی با احداث تونل این افزایش سرعت 1/17 درصد می‌باشد. زمان تأخیر در مسیر با اضافه شدن یک خط مترو 14/77 درصد کاهش یافته در صورتی که با احداث تونل صیاد این مقدار افزایش به 2/99 درصد می‌رسد. نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده با احداث تونل 2/37 درصد کاهش می‌یابد و با افزوده شدن یک خط مترو این شاخص 9/18 درصد کاهش یافته است. مساحتی از شبکه که در حالت کند و بحرانی قرار گرفته است با احداث تونل 2/83 درصد کاهش می‌یابد. اما با افزوده شدن یک خط مترو این شاخص به میزان 5/04 درصد کاهش می‌یابد. از مقایسه‌های صورت گرفته و نیز از مقایسه سایر شاخص‌های عملکردی نیز چنین نتیجه می‌شود که تأثیر بهبود حاصل از احداث یک خط مترو بیشتر از تأثیر بهبود احداث تونل صیاد شیرازی می‌باشد.

6- نتیجه‌گیری

بر اساس مقایسه گزینه پایه با گزینه پیشنهادی (ساخت تونل به همراه دسترسی به خیابان 15 خرداد) در مدل سازی صورت گرفته، ساخت گزینه پیشنهادی (تونل) باعث بهبود اکثر شاخص‌های عملکردی در سطح شهر تهران می‌شود و لذا ساخت تونل دارای توجیه ترافیکی می‌باشد. مطابق ارزیابی اقتصادی تونل صیاد، هزینه ساخت تونل 5856 میلیارد ریال و نیز میزان منافع حاصل از ساخت تونل که شامل منافع حاصل از صرفه‌جویی از مصرف گازوئیل و بنزین، صرفه‌جویی حاصل از کاهش آلودگی هوا و نیز صرفه‌جویی حاصل از کاهش زمان سفر می‌باشد حدود 155/75 میلیارد ریال در سال برآورد گردیده است. با توجه به میزان هزینه و منافع، دوره بازگشت سرمایه حاصل از ساخت تونل حدود 38 سال بدست می‌آید.

همچنین از مقایسه تأثیرات ترافیکی ناشی از احداث تونل با تأثیرات ترافیکی ناشی از تکمیل یک خط مترو (که در این پروژه خط 6 مترو در نظر گرفته شده است) چنین حاصل گردیده است که با اضافه شدن یک خط مترو شاخص‌های عملکردی در سطح شهر تهران بهبود بیشتری نسبت به احداث تونل خواهد داشت.

7- تقدیر و تشکر

در پایان از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس خشایی‌پور معاون محترم مطالعات و برنامه‌ریزی سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران و نیز مساعدت مدیریت محترم عامل شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران جناب آقای مهندس نوروزی، که زمینه مساعدی را جهت تهیه این مقاله و استفاده از امکانات آن شرکت فراهم نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.



8- منابع

- 1- طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (گزارش کلیات)، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، گزارش شماره 930، پائیز 1386.
- 2- Scott Ramming, M., (2002), "Network Knowledge and Route Choice", Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
- 3- ساختار نهایی مدل حمل و نقل شهر تهران در محیط نرم افزار EMME/2، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، گزارش شماره 117، آبان 1375.
- 4- Chu., You-Lian., (1999), " Network Equilibrium Model of Employment Location and Travel Choices ", Transportation Research Record, 1667, pp. 127-132.
- 5- Patriksson, M., (1994), "The Traffic Assignment Problem-Models and Methods" , Linkoping Institute of Technology, Linkoping, Sweden.
- 6- بهنگام سازی پایگاه اطلاعاتی عرضه حمل و نقل شهر تهران، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، 1389.



Economic and technical evaluation of tunnel design in EMME/2 software

Laleh Sabernejad, M.sc Transportation Engineering, Tehran Comprehensive
Transportation & Traffic Studies

Abdolreza Ebrahimi, M.sc Highway & Transportation Engineering, Tehran
Comprehensive Transportation & Traffic Studies

Abstract

One of the purpose of Tehran comprehensive transportation and traffic plan is evaluation of plan execution effects at a virtual environment, at this article after summarized presentation of Tehran comprehensive transportation and traffic model and a variety of scenarios creation method, is studied tunnel sayad design and approved metro 6th line, separately and their effects on traffic and environment indicators is present.

Main performance indicators that is used on comparison between two scenarios consist of: network car equivalent average velocity, delay time, delay time to total travel time ratio, the ratio of streets network that traffic flow is ultra saturated, delay time to proceeded distance ratio, fuel consumption amount, emissions dispersion amount.

Key Word: *Economic and technical evaluation, EMME/2 Software, Scenarios Creation, traffic, Environmental.*

