بهبود شاخص ارزش و توسعه نوآوری سامانه‌های حمل و نقل اتوبوسرانی تندرو با بکارگیری مهندسی ارزش (مطالعه موردی خط یک BRT مشهد)

جمال سپه‌دوست[۱]، کامران وثوق رضوی[۲]، مجتبی دانشی[۳]، ایمان فرهمندی[۴]، محمد پوررضا کتیگری[۵]

۱- کارشناسی ارشد مدیریت برنامه‌ریزی، دانشگاه امام رضا (ع)

۲- کارشناس ارشد جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

۳- کارشناس ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- کارشناس ارشد عمران - برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت

۵- کارشناس ارشد عمران - راه و ترابری، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

سامانه اتوبوسرانی تندرو تغییری خلاقانه و کارکردگرایانه به سامانه اتوبوسرانی سنتی است که می توان با تکنیک مهندسی ارزش و با ارایه تغییراتی که مبنای آن خلاقیت، کارتیمی و نظام مندی است ضمن بهبود شاخص ارزش و کارآیی آن به بومی سازی طراحی خطوط BRT در کشور و همچنین ارایه الگوهای نوین جهانی کمک نماید. پتانسیل این تغییر با بکارگیری مهندسی ارزش در سه گام پیش مطالعه، مطالعات کارگاهی (فازهای اطلاعات، تحلیل کارکرد، خلاقیت، ارزیابی توسعه و ارایه) و گام پس مطالعه در خط ۱ BRT مشهد به اجرا گذاشته شد. در این مطالعه بیش از ۴۵۰ ایده تولید شد که پس از بررسی این ایده‌ها در فاز ارزیابی تعداد ۱۱۲ ایده امتیازگیری شد که از این تعداد ۸۷ ایده در قالب ۱۴ بسته ایده جهت ادامه مطالعات انتخاب شد. با ترکیب ایده‌های مختلف۷ گزینه نهایی در بعد فنی شکل گرفت و سه گزینه با نگاه اقتصادی تشکیل شد. در گزینه برتر اقتصادی که هدف آن بهبود شاخص‌ارزش بصورت حداکثری بود ضمن بهبود کارکرد و کیفیت به میزان ۲۵ درصد، ۹۰۰ میلیون تومان نیز صرفه‌جویی در هزینه صورت گرفت که در مجموع منجر به افزایش ۵۵ درصدی شاخص ارزش شد.

کلید واژه: بهینه سازی سامانه اتوبوسرانی تندرو، مهندسی ارزش، بهبود ارزش

۱- مقدمه

مهندسی ارزش، تکنیک مدیریتی است که کارآیی آن در عمل به اثبات رسیده و با برخورد سیستماتیک و نظام یافته برای ایجاد تعادل میان هزینه، اتکاپذیری و کارکرد یک محصول یا پروژه یا خدمت مورد نظر، تلاش می‌کند[۱]. بکارگیری این تکنیک درخصوص سامانه‌های نوین حمل و نقلی می‌تواند منجر به: افزایش اطمینان و اتکاپذیری طرح، کاهش هزینه های اجرا، تطبیق بیشتر با شرایط محلی حذف پیچیدگی‌ها و مسایل خاص و بطورکل بهبود شاخص ارزش خواهد شد. کاربرد این روش با ویژگی های یاد شده در سامانه های اتوبوسرانی تندرو با توجه به نوآورانه بودن ایده‌های توسعه‌ای آن بسیار کارآمد خواهد بود.

سیستم اتوبوسرانی پرسرعت نوعی سیستم حمل و نقل شهری مجهز به فن‌آوری های نوین است که دقت و سرعت سیستم حمل و نقل ریلی و انعطافپذیری حمل ونقل با اتوبوس را همزمان دارا است. با توجه به منافع و مزایای حاصل از آن و نیز کمتر بودن زمان و هزینه بهره‌برداری نسبت به سایر شیوه‌های حمل و نقل عمومی انبوه‌بر به عنوان یکی از راهکارهای توسعه سهم حمل و نقل عمومی در شهر مشهد مدنظر قرار گرفته است. خط ۱ سیستم اتوبوسرانی پرسرعت مشهد در محور بلوار امام‌رضا و بلوار طبرسی طراحی شده است که قطعه ۱ آن در بلوار امام‌رضا به بهره برداری نیز رسیده است و موضوع این مطالعه ارزش قطعه ۲ خط ۱ است. دلایل اصلی انجام این مطالعه عبارتند از: ۱) الزام قانونی و برنامه‌های بالادستی: مصوبات یکصد و پنجاه و ششمین جلسه علنی دومین دوره شورای اسلامی شهر مشهد در تاریخ ۸۵/۱۱/۱۶ در خصوص اعمال مهندسی ارزش در نتیجه مطالعات طرحها و پروژههای مصوب با هزینه اجرای و

بیش از یک میلیارد تومان. ۲)هزینه بالای اجرا: اجرای مسیر این سامانه (بدون درنظرگیری ناوگان و تجهیزات هوشمندسازی) بطور متوسط در هر کیلومتر بیش از یک میلیارد تومان هزینه دربردارد. ۳) نو بودن پروژه: بطور کل اجرای پروژه‌های BRT در مشهد و حتی در کشور دارای سابقه طولانی نیست. ۴)پتانسیل بالای تغییر: اجرای این سامانه حمل و نقل همگانی برخلاف سامانه‌های ریلی، پتانسیل بالایی برای تغییر در شیوه‌های اجرا و بهره‌برداری است. ۵)تعدد ذینفعان و گستردگی بهره‌برداران.

۲- مروری بر مطالعات مشابه

تجارب مهندسی ارزش در کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه بیانگر تاثیر چشمگیر این روش در بهبود ارزش طرح ها و پروژه‌ها است. تنها در بخش راه‌های ایالات متحده در سال ۲۰۰۸، ۳۸۲ مطالعه ارزش صورت گرفته است. برای انجام این مطالعات درحدود ۱۲ میلیارد دلار هزینه شده است. مجموع هزینه تقریبی ساخت این ۳۸۲ پروژه نیز نزدیک به ۳۰/۰۰۰ میلیارد دلار است. ۶۵۰۰ میلیارد دلار صرفه‌جویی بعنوان پیشنهاد در کارگاه‌های مهندس ارزش تولید شد که حدود ۲۵۳۰ میلیارد دلار آن مورد تصویب قرار گرفت. این صرفه‌جویی گزارش شده و مورد تصویب نشان دهنده این است که به ازای هر ۱ دلار هزینه برای مهندس ارزش، ۲۰۵ دلار بازگشت سرمایه وجود داشته است[۲].

تمام آمار ذکر شده فوق تنها مربوط به پروژه‌هایی است که با بودجه دولتی مورد مهندسی ارزش قرار گرفته‌اند و در صورت اضافه نمودن پروژه‌هایی که توسط پیمانکاران مهندسی ارزش شده‌اند، با ارقام بالاتر روبرو خواهیم شد.

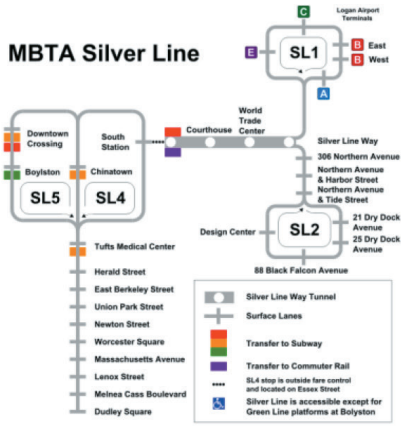
نتایج حاصله در ایالات متحده بیانگر چندنکته کلیدی است: قوی و دقیق بودن طرح مبنا (طرح اولیه مشاور) نه تنها مانع انجام مهندسی ارزش نیست بلکه زمینه ارایه ایده‌های جدید و بهبود ارزش پروژه را بیشتر می‌نماید. الزاماً تمام پیشنهادات مهندسی ارزش تصویب نمی‌گردد و در اکثر موارد کمتر از ۵۰ درصد آنها تصویب شده است. صرفه‌جویی‌های گزارش شده تنها مربوط به هزینه‌های ساخت است و در صورت در نظرگیری هزینه‌های طول دوره عمر با اعداد چشمگیرتری مواجه خواهیم بود.

	سال مالی				
	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸
تعداد مطالعات مهندسی ارزش	۳۲۴	۳۰۰	۲۵۱	۳۱۶	۳۸۲
هزینه مطالعات مهندسی ارزش بعلاوه هزینه‌های اداری (میلیون دلار)	۷/۶۷	۹/۸۰	۸۱۵	۱۲/۵۴	۱۲/۳۴
هزینه تقریبی ساخت پروژه‌های مطالعه شده (میلیارد دلار)	۱۸/۷	۳۱/۵۸	۱/۵۳	۲۴/۸۱	۲۹/۶۰
تعداد نهایی پیشنهادات	۱۷۹۴	۲۴۲۷	۱۹۲۴	۲۸۶۱	۲۹۷۸
ارزش نهایی پیشنهادات (میلیارد دلار)	۳/۰۴	۶/۷۶	۳/۰۶	۴/۶۰	۶/۵۷
تعداد پیشنهادات مصوب	۷۹۳	۱۰۷۷	۹۹۶	۱۲۳۳	۱۳۰۸
ارزش پیشنهادات مصوب (میلیارد دلار)	۱/۱۲	۳/۱۹	۱/۷۸	۱/۹۷	۲/۵۸
میزان بازگشت سرمایه	۱۴۵:۱	۳۲۵/۱	۲۱۹:۱	۱۵۷:۱	۲۰۵:۱

جدول ۱: تعداد مطالعات ارزش و منافع حاصل از آن در اداره راه‌های ایالات متحده [۲]

تجارب انجام مطالعات مهندسی ارزش در حوزه‌های مختلف حمل‌ونقل درون شهری در نقاط مختلف جهان و کشورهای پیشرو در بکارگیری مهندسی ارزش بی‌شمار است. در ادامه نمونه‌های محدودی از این تجارب ارایه شده است.

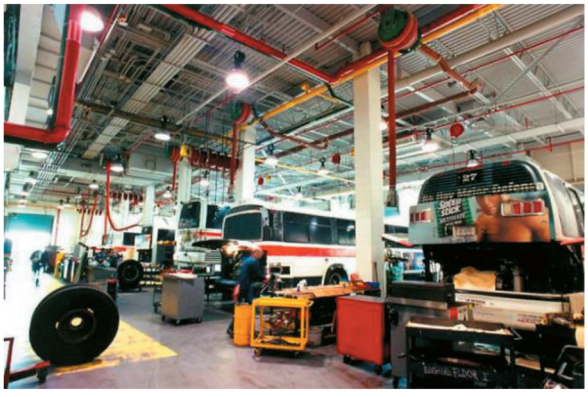
اداره حمل و نقل خلیج ماساچوست، سامانه BRT احداث نموده است که فاز اول آن در راستای خیابان واشنگتن و بین میدان دادلی و بخش مرکزی بوستون است. فاز دو این خط بین بخش مرکزی بوستون و فرودگاه لوگان است که قسمتی از آن از زیر زمین بصورت تونل و قسمتی دیگری از آن بصورت سطحی عبور نموده است. منافع حاصل از فاز دو از سال ۲۰۱۶ آغاز خواهد شد. لازم به ذکر است ناوگان فعال در این خط هم قادر به استفاده از BRT و هم سوخت دیزل است[۳].



شکل ۱: مهندسی ارزش خط نقره‌ای BRT خلیج ماساچوست[۳]

شرکت سیسترا با کمک یک تیم متخصص بر روی این خط اقدام به انجام مطالعه ارزش نمود. در این مطالعه پس از شناخت کارکردهای اصلی پروژه و تعیین خلا ارزش برای کارکردهای مختلف، با انجام طوفان فکری بر روی کارکردهای پرپتانسیل، ایده‌های متعددی تولید شد که با ترکیب آنها، گزینه‌های نهایی شکل گرفتند. این گزینه‌ها شامل کنترل دسترسی‌ها، پلاتفرم ایستگاه‌ها در مقطع تونل، تغییر مشخصات ناوگان، شیوه‌های مدیریت و بهره‌برداری و ... .

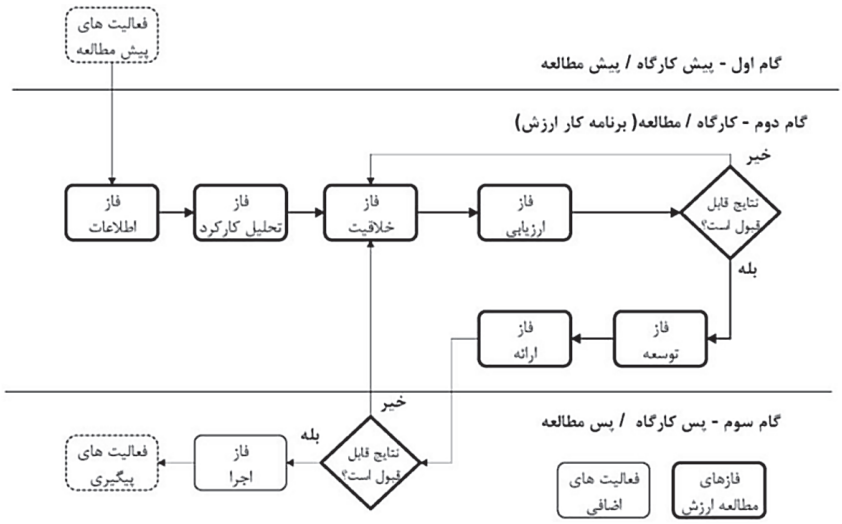
مطالعه مهندسی ارزش بر روی تسهیلات نگهداری سامانه اتوبوسرانی در سال ۱۹۸۷ توسط اداه حمل و نقل همگانی شهری[1] (UMTA) صورت گرفته است. در این مطالعه با تمرکز بر هزینه طول عمر سعی شده است تا هزینه‌های نگهداری سامانه بدون کاستن از کیفیت فعالیت‌ها، صورت پذیرد. تجارب بدست آمده در این مطالعه نشان داده است که هزینه‌های اولیه و بهره‌برداری سامانه‌های اتوبوسرانی با بهره‌گیری از مهندسی ارزش قابل کاهش است[۴].



شکل ۲: مطالعه مهندسی ارزش تسهیلات نگهداری اتوبوس [۴]

1- Urban Mass Transportation Administration

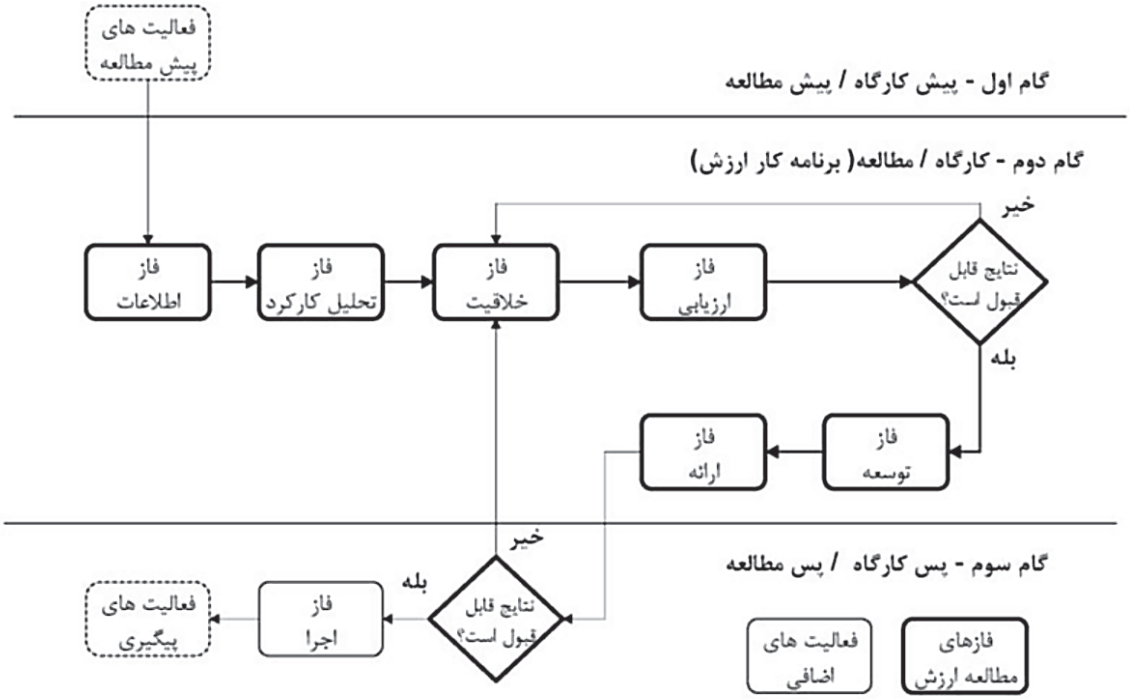
شرکت GENIVAR یک مطالعه مهندسی ارزش برای امتداد مسیر غربی شهر اتاوا بصورت BRT و بطول ۱/۸ کیلومتر انجام داده است. مسایل اجرایی دشواری در مسیر ساخت این خط وجود دارد و یکی از آنها عبور بصورت زیرزمینی و با استفاده از تونل از زیر بخش مسکونی است[۵]. تیم مطالعه ارزش پیشنهاد نمود که متولیان امر پروژه را بصورت فازبندی شده شروع نمایند و خطوط اختصاصی در راستای بزرگراه ۴۱۷ راه‌اندازی شود. مخاطبین تیم مهندسی ارزش در خصوص انحراف واریانت و تغییر مسیر در جهت کاهش برخورد با بخش مسکونی به ارایه ایده پرداختند. گزینه جدید دارای آثار محیط زیستی کمتری بود و کریدور تفریحی Pinecrest Creek کمتر تاثیر می‌گذاشت.



شکل ۳: مطالعه مهندسی ارزش امتداد مسیر غربی شهر اتاوا بصورت BRT [۵]

۳- روش انجام مطالعه ارزش

تعریف سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی ایران از مهندسی ارزش به این صورت است: مهندسی ارزش تلاشی سازمان یافته است که با هدف بررسی و تحلیل فعالیت‌های طرح در مرحله طراحی، اجرا بهره‌برداری و نگهداری انجام می‌شود. ارزش (Value): اصطلاح ارزش برای مفاهیم مختلف کاربرد دارد و ممکن است با قیمت پولی و یا هزینه مورد سوء تعبیر قرار گیرد. اگر یک محصول نیازهای کامل یک خریدار را در ارتباط با آن محصول برآورده نکند ارزش آن محصول متناسب با قیمت آن نیست. برنامه کار مهندسی ارزش در حالت کلی از سه مرحله تشکیل می‌شود: پیش مطالعه، کارگاه مهندسی ارزش یا مطالعه ارزش و پس مطالعه[۱].



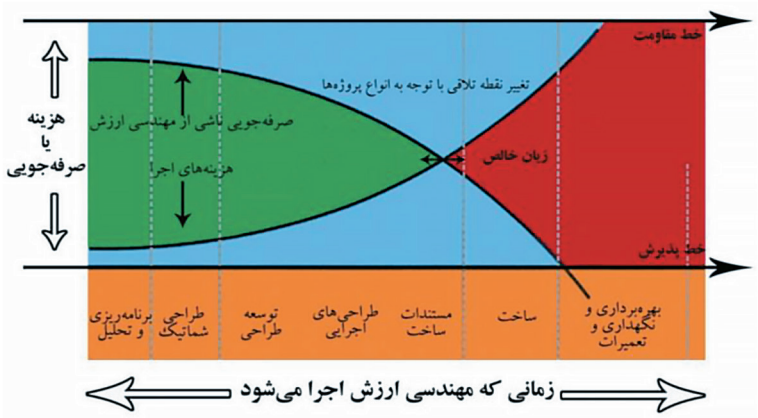
شکل ۴: مراتب فرآیند مهندسی ارزش

کارگاه مطالعه ارزش شامل شش فاز است: ۱) فاز اطلاعات، ۲) فاز تحلیل کارکرد، ۳) فاز خلاقیت، ۴) فاز ارزیابی، ۵) فاز توسعه . ۶) فاز ارائه.

۴- رابطه زمان انجام مطالعه و گستره بهینه سازی

مهندسی ارزش در طراحی و اجرای خطوط BRT در مراحل مختلف قابل اعمال است که این روند هر چه در ابتدایی ترین مراحل انجام شود، اثرگذاری آن بیشتر خواهد بود.

- در مرحله امکانسنجی خطوط: خروجی مورد انتظار از مطالعه ارزش: تعیین خطوط پرپتانسل تر ، نحوه اتصال خطوط، اولویت بندی اجرا، تعیین نوع ناوگان- در مرحله مطالعات فاز ۱: خروجی مورد انتظار از مطالعه ارزش: تغییر محل ایستگاه ها، نوع انحراف ترافیک در محل تقاطع ها، محل عبور خط در عرض معبر
- در مرحله مطالعات فاز ۲: خروجی مورد انتظار از مطالعه ارزش: تغییر نوع جدا کننده، تغییر نوع ایستگاه، تغییر رژیم بهره برداری



شکل ۵: زمان به کارگیری مهندسی ارزش

۵- مطالعه ارزش خط ۱ BRT مشهد

در مطالعه مهندسی ارزش خط ۱ BRT مشهد با بکارگیری تکنیک مهندسی ارزش ضمن ارایه روش و تجربه ای برای انجام کارهای مشابه، سعی شد تا کارآیی این تکنیک در واقعیت به آزمون گذاشته شود و منافع آن برای شهر مشهد افزایش کارکرد و کیفیت نسبت به هزینه های طول دوره عمر باشد.

۵-۱- ذینفعان طرح

روال مهندسی ارزش بدین صورت است که با دعوت از عوامل و ذینفعان پر قدرت و پر انگیزه طرح در کارگاه‌های مطالعه ارزش، سعی دارد تا نظر آن‌ها را به صورت مستقیم در انتخاب گزینه مناسب و با شاخص ارزش بالاتر لحاظ نماید. مسلم است که اجرای این طرح، ذینفعان بسیاری خواهد داشت که مهمترین آنها عبارتند از: گروه توسعه و پژوهش، معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری مشهد، سازمان اتوبوسرانی شهرداری مشهد، معاونت عمران و توسعه سازمان اتوبوسرانی شهرداری مشهد، معاونت بهره‌برداری سازمان اتوبوسرانی شهرداری مشهد، بازرسی سازمان اتوبوسرانی شهرداری مشهد، گروه مطالعات سازمان اتوبوسرانی شهرداری مشهد، معاونت فنی و برنامه‌ریزی سازمان حمل و نقل و ترافیک مشهد، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک مشهد، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری مشهد، شرکت مهندسین مشاور مترا، مهندسین مشاور راهبرد تردد فردا، مهندسین مشاور ره‌طرح، شرکت ماهسازان طوس، پلیس راهنمایی و رانندگی مشهد و شهرداری ثامن و سایر مناطق مرتبط.

۵-۲- فاز اطلاعات

مطالعات خط ۱ BRT مشهد براساس نتایج مطالعات امکانسنجی خطوط BRT که توسط مرکز مطالعات حمل و نقل دانشگاه شریف انجام شده، صورت گرفته است. در این مطالعات ۴ خط پیشنهاد شده است که خط ۱ با کد ۱۰۰۸ مشخص شده است [۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲و ۱۳].

امتداد مسیر خط ۱ از بلوار امام‌رضا و بلوار طبرسی گذر می‌کند. برای اجرا، خط ۱ به سه قطعه ۱، ۲ و ۳ تقسیم‌بندی شد، قطعه ۱ از ترمینال تا میدان بیت‌المقدس اجرا شده است و فعالیت اجرایی قطعه ۲ از میدان طبرسی تا میدان فجر آغاز شده است. همچنین اجرای مسیر از میدان فجر تا انتهای بلوار طبرسی در برنامه آتی سازمان است.

شکل ۶: خطوط پیشنهادی مطالعات امکان سنجی اتوبوسرانی تندرو مشهد

	خط یک (۱۰۰۸)	خط دو (۱۰۰۶)	خط سه (۱۰۱۳)	خط چهار (۱۰۰۱)
	بلوار طبرسی	بلوار خواجه ربیع	بلوار امامیه	بزرگراه امام علی
طول خط (کیلومتر)	۱۱.۳	۱۳	۲۵	۱۹
تعداد ایستگاه یکطرفه	۳۰	۳۰	٦٤	۳۸
تعداد ناوگان موردنیاز	۱۰۰	۳۰	۱۲۰	۳۰
سرفاصله زمانی در سال ۱٤۰۰ (دقیقه)	۲	۳.۱۱	۲	۲.۱
هزینه تقریبی ناوگان (میلیارد ریال)	۲۵۰	۷۵	۳۰۰	۷۵
مجموع مسافر سوار و پیاده شده مسیر رفت در ساعت اوج در سال ۱٤۰۰	۳۱۷۷٦	۱۷۱۰۰	۲۸۵۱۹	۹۳٦۳
مجموع مسافر سوار و پیاده شده مسیر برگشت در ساعت اوج در سال ۱٤۰۰	۱۵۲۷٤	۱۲۱۵۲	۲۲٤۱٦	۷۷۸۵

جدول ۲: مشخصات تعیین شده برای خطوط ۴ گانه BRT مشهد در مطالعات امکان سنجی

۱۲ ایستگاه رفت یا برگشت در قطعه ۲ وجود دارد و فاصله این ایستگاه‌ها در حدود ۵۰۰ تا ۹۰۰ متر است. اجرای قطعه ۲ در ۳ مرحله انجام خواهد شد که مرحله اول آن از میدان فجر آغاز می‌گردد. عرض ایستگاه میدان فجر ۳/۱ متر است وسایر ایستگاه‌ها دارای عرض ۲/۵ متر است. همچنین طول تمام ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه میدان طبرسی ۶۰ متر است و ایستگاه‌های رفت و برگشت در میدان طبرسی دارای طول ۴۰ متر است.

دسته‌بندی	امتیاز خط ۱ مشهد	حداکثر امتیاز	دسته‌بندی	امتیاز خط ۱ مشهد	حداکثر امتیاز
برنامه ریزی نحوه سرویس دهی			طراحی ایستگاه و شطح مشترک ایستگاه با اتوبوس		
اخذ کرایه پیش از سوارشدن	۰	۷	هم تراز بودن سطح ایستگاه با کف اتوبوس	۰	۶
وجود مسیرهای چندگانه	۰	۴	راحتی و ایمنی ایستگاه‌ها	۱	۳
سرفاصله تردد اتوبوس‌ها در ساعات اوج	۳	۴	تعداد درب‌های اتوبوس	۳	۳
سرفاصله تردد اتوبوس‌ها در ساعات غیراوج	۳	۳	تعدد محوطه‌های توقف و پهلوگاه‌ها در ایستگاه	۲	۲
ارائه سرویس‌های سریع‌السیر، محدود و محلی	۲	۳	وجود درب‌های کشویی محافظ	۰	۱
وجود مرکز کنترل	۱	۳	کیفیت سرویس دهی و اطلاع رسانی به مسافران		
احداث خط BRT در یکی از ده کریدور پرتقاضای سفر	۲	۲			
ساعات سرویس‌دهی	۲	۲	برندسازی در خطوط BRT	۱	۳
وجود شبکه‌ای متصل و یکپارچه از خطوط BRT	۲	۲	نحوه اطلاع‌رسانی به مسافران	۱	۲
زیر ساخت ها			یکپارچگی و تأمین دسترسی مناسب		
خصوصیات مسیر تردد اتوبوس	۷	۷			
نحوه جداسازی خط ویژه تردد اتوبوس	۷	۷	تامین امکان استفاده عموم (اقشار خاص)	۳	۳
نحوه اولویت‌دهی در تقاطع‌ها	۰	۶	یکپارچگی با سایر تسهیلات حمل‌ونقل عمومی	۲	۳
وجود خط سبقت در ایستگاه‌ها	۴	۴	تامین دسترسی عابران پیاده	۱	۳
به حداقل رساندن آلودگی‌های زیست محیطی اتوبوس‌ها	۱	۴	تدارک پارکینگ‌های امن برای دوچرخه	۰	۲
ایجاد فاصله بین ایستگاه و تقاطع	۲	۳	خطوط ویژه دوچرخه	۱	۲
ایستگاه‌های میانی	۰	۳	ایجاد یکپارچگی با ارائه تسهیلات دوچرخه اشتراکی	۱	۱
کیفیت سطح روسازی	۱	۲	جمع کل امتیازات	۵۳	۱۰۰

شکل ۷: ایستگاه‌های قطعه۲ خط ۱ BRT مشهد

سازه و نمای ایستگاه‌ها همانند ایستگاه‌های قطعه ۱ است و ارتفاع سکوی ایستگاه‌ها نسبت به قطعه۱ اصلاح شده است و ۳۵ سانتیمتر خواهد بود. روسازی مسیر نیز تقریبا مشابه قطعه ۱ است و فرق اصلی قابل مشاهده در طول خط مربوط به تغییر شکل نرده‌ها و مشابهت آنها با نرده جلوی سکوی ایستگاه‌ها است.

هزینه اجرای قطعه ۲ بر حسب فهرست بها در حدود ۲/۷۶ میلیارد تومان است که با توجه به پلوس ۱/۹۶ پیمانکار، هزینه اجرای پروژه را باید ۵/۴ میلیارد تومان دانست. عمده هزینه پروژه مربوط به عملیات مسیر است که در فهرست بهای راه، باند و فرودگاه ارایه شده است (در حدود ۷۰ درصد) و حدود ۲۵ درصد هزینه ها نیز مربوط به ابنیه است که عمده آن مربوط به ایستگاه‌ها است.

در مطالعه مهندسی ارزش خط ۱ BRT به ارزیابی این خط با توجه به دستورالعمل ITDP پرداخته شد که نتایج آن در جدول ذیل قابل مشاهده است.

عنوان معیار	کد معیار	وزن (درصد)
کاهش زمان اجرا	A	۹.۶
افزایش ایمنی مسافر و عابر	B	۱۴.۸
افزایش طول عمر پروژه	C	۹.۹
کاهش زمان سفر با اتوبوس	D	۱۳
افزایش رضایت اجتماعی(نه لزوما کاربر BRT)	E	۱۰.۱
بهبود سیما و منظر شهری	F	۹.۲
افزایش ظرفیت	G	۱۱.۷
سهولت استفاده	H	۱۰.۹
بهبود دسترسی کاربر	I	۱۰.۹

جدول ۳: ارزیابی خط ۱ BRT شهر مشهد

استاندارد BRT که ویرایش اول آن در ژانویه سال ۲۰۱۲ توسط موسسه سیاست‌گذاری و توسعه حمل‌ونقل عمومی و به کوشش جمعی از متخصصان خبره در این زمینه تدوین شده است، به منظور معرفی و ارائه درکی ساده از تجارب و اقداماتی است که به عنوان الگوها و مثال‌های موفق طراحی خطوط BRT در سطح دنیا شناخته شده‌اند. این استاندارد چهارچوب مشخصی را برای طراحان سیستم، تصمیم‌گیران و نهادهای مرتبط با توسعه حمل‌ونقل پایدار به منظور شناسایی و بکارگیری سیستم‌های BRT با کیفیت ارائه می‌کند.

در نهایت خطوط BRT بر اساس میزان امتیاز کسب شده به سه دسته خطوط طلایی، خطوط نقره‌ای و خطوط برنزی تقسیم می‌شوند. برنزی: کسب امتیاز ۵۰-۶۹، نقره‌ای: کسب امتیاز ۷۰-۸۴، طلایی: کسب امتیاز بیش از ۸۵. در این ارزیابی خط ۱ BRT مشهد برنزی ارزیابی شد.

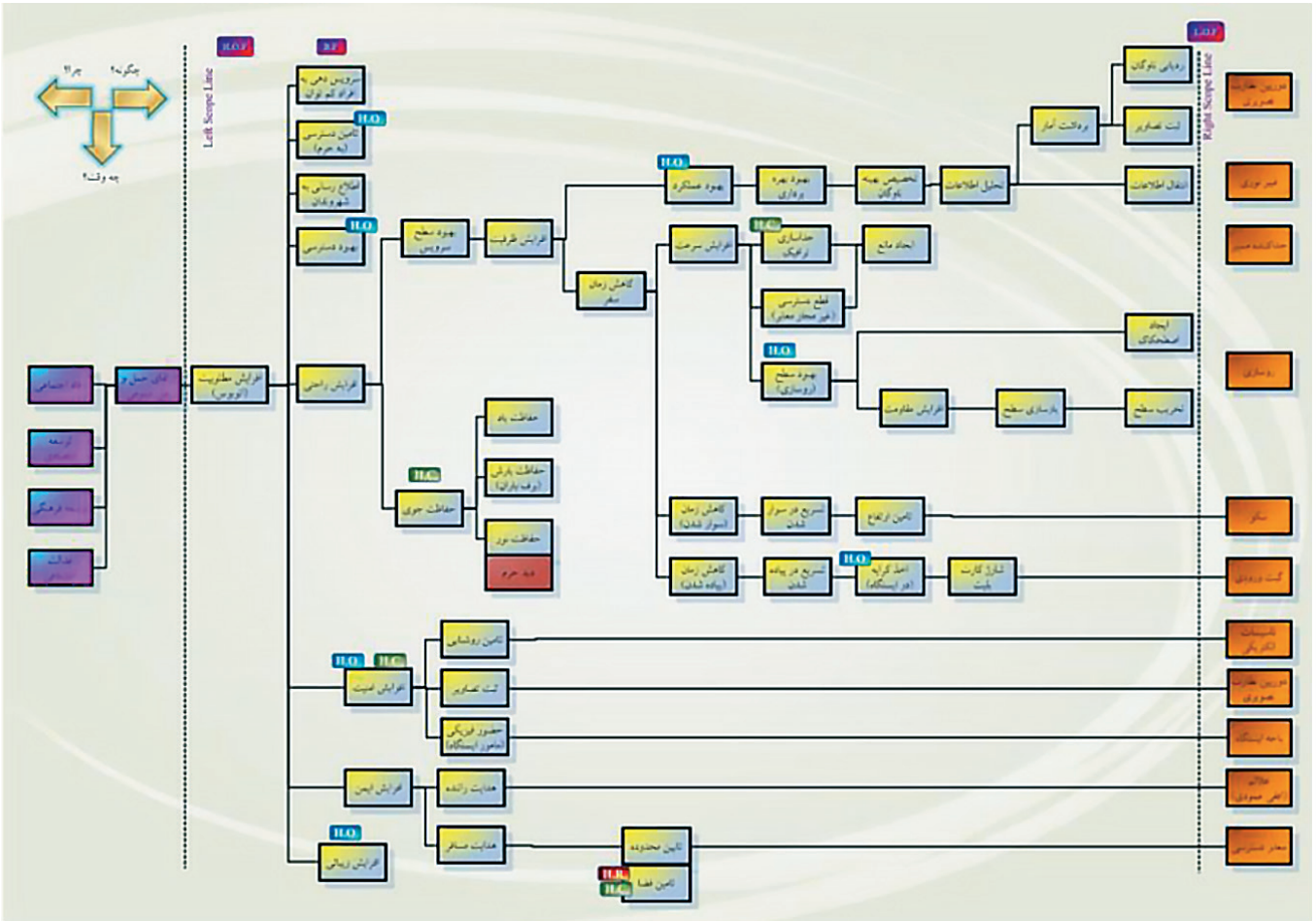
علاوه بر ارزیابی صورت گرفته براساس راهنمای ITDP، براساس برنامه کار مهندسی ارزش در سمینار پیش مطالعه معیارهای برای ارزیابی گزینه های نهایی مهندسی ارزش تعیین شد و در فاز اطلاعات وزن‌دهی شد.

عنوان معیار	کد معیار	وزن (درصد)
کاهش زمان اجرا	A	۹.۶
افزایش ایمنی مسافر و عابر	B	۱۴.۸
افزایش طول عمر پروژه	C	۹.۹
کاهش زمان سفر با اتوبوس	D	۱۳
افزایش رضایت اجتماعی(نه لزوما کاربر BRT)	E	۱۰.۱
بهبود سیما و منظر شهری	F	۹.۲
افزایش ظرفیت	G	۱۱.۷
سهولت استفاده	H	۱۰.۹
بهبود دسترسی کاربر	I	۱۰.۹

جدول ۴: معیارهای ارزیابی گزینه های مهندسی ارزش

۵-۳- فاز تحلیل کارکرد

در فاز تحلیل کارکرد سامانه به اجزای مختلف شکسته شد و کارکردهای هر جزی استخراج گردید و براساس مدل هزینه و سایر مدل ها کارکردهای پرهزینه، پر ریسک و پر فرصت شناسایی شد. هدف از فاز تحلیل کارکرد درک مشترک تیم مهندسی ارزش از پروژه و تعیین کارکردهای مناسب برای ایده پردازی در فاز خلاقیت است.



شکل ۸: نمودار تحلیل کارکرد FAST[1]

۵-۴- فاز خلاقیت

در فاز خلاقیت برای ۱۰ کارکرد منتخب ۴۶۳ ایده تولید شد. هدف از فاز خلاقیت تولید انبوهی از ایده ها بدون توجه به مناسب یا غیرمناسب بودن آنها است.

1- Fast (functional analisys system technique)

عنوان کارکرد	کد کارکرد	تعداد ایده‌های تولیدشده
افزایش زیبایی	IB	۶۵
بهبود دسترسی	IA	۵۳
جداسازی ترافیک	TI	۵۰
تأمین دسترسی (به حرم)	PA	۴۷
حفاظت جوی	PI	۶۰
تأمین فضا	PS	۳۰
افزایش ایمنی	IS	۵۷
بهبود عملکرد	IO	۵۴
اخذ کرایه (در ایستگاه)	TH	۲۹
بهبود سطح (روسازی)	IP	۱۷
جمع		۴۶۳

جدول ۵: تعداد ایده های تولید شده برای کارکردهای پرفرصت، پر هزینه و پر ریسک

۵-۵- فاز ارزیابی

در فاز ارزیابی هدف تعیین ایده های پرپتانسل جهت توسعه است. با توجه به زمانبر بودن بررسی ۴۶۳ ایده و زمان کوتاه مطالعه مهندسی ارزش که در این پروژه ۳ ماه بود، نیاز است تا در فاز ارزیابی ایده هایی که پتانسیل تغییر بالایی در طرح دارند شناسایی شود.

وضعیت ایده	تعداد	درصد از ایده‌های بررسی شده	درصد از کل ایده‌ها
ایده‌های امتیازگیری‌شده	۱۱۲	٪۶۸	٪۲۴
ایده‌های توصیه‌ای	۱۰	٪۵	٪۲
ایده‌های تکراری	۲۱	٪۱۳	٪۵
ایده‌های تلفیقی	۸	٪۵	٪۲
ایده‌های انصرافی	۱۱	٪۷	٪۲
ایده‌های طرح‌مبنا	۳	٪۲	٪۱

جدول ۶: نتایج ارزیابی ایده ها

۵-۶- فاز توسعه

از ۱۱۲ ایده امتیازگیری شده، ۳۲ ایده جهت توسعه توسط تیم تعیین شد و توسعه یافت. نتایج ارزیابی هزینه ای و کیفی ایده ها و شاخص ارزش مرتبط به هر ایده در جدول ذیل قابل مشاهده است.

کد ایده	عنوان ایده	امتیاز کیفی ایده	صرفه‌جویی (میلیارد تومان)	هزینه (میلیارد تومان)	شاخص ارزش نسبی
PI03 (IB17)	امکان اضافه و کم نمودن سرپناه (کوچک کردن سایبان ایستگاه)	۵۱۹/۷۰	۱/۱۵۲	۱/۶۰۹	۱/۷۸
PI14 (IB20)	استفاده از سازه سبک برای سقف (استفاده از مصالح ظریف‌تر)	۵۲۹/۲۵	۱/۱۰۳۸	۱/۶۵۷۲	۱/۷۶
IB07	استفاده از نورهای متفاوت در ایستگاه	۵۴۸/۳۰	۰/۰۶-	۲/۸۲۱	۱/۰۷
IP18	اجرای روسازی بتنی در طول مسیر با روکش آسفالتی	۵۲۰/۶۰	۰/۱۱۴-	۲/۸۷۵	۱/۰۰
IP10	استفاده از روکش آسفالت با سطح لغزندگی کمتر در ایستگاه‌ها	۵۲۰/۴۰	۰/۰۲۵-	۲/۷۸۶	۱/۰۳
IB02	ایجاد رنگ جدید برای کل روسازی آسفالت مسیر	۵۰۷/۷۰	۰/۱۰۵-	۲/۸۶۶	۰/۹۸
IA05	استفاده از زیرگذر LRT در ایستگاه مجلسی و گاز و بسیج برای دسترسی به	۷۶۰/۳۰	۰/۷۵-	۳/۵۱۱	۱/۲۰
IA26	استفاده از زیرگذر تجاری برای دسترسی به ایستگاه‌ها	۶۳۷/۹۰	۰/۱۵	۲/۶۱۱	۱/۳۵
IA50	ایجاد ارتباط بین ایستگاه طبرسی و مجتمع تجاری موجود (زیرگذر طبرسی)	۵۸۶/۶۰	۰/۰۹-	۲/۸۵۱	۱/۱۴
TI28	نصب گل‌میخ یا چشم گربه‌ای جهت مشخص نمودن مسیر حرکت اتوبوس در میادین و محل‌های حرکت با بار	۵۴۹/۱۵	۰/۰۱-	۲/۷۷۱	۱/۰۹
IA 43	احداث پل هوایی عابر پیاده در تقاطع گمنام (به موازات بولوار طبرسی) به منظور ساماندهی عبور عابر پیاده	۵۳۶/۸۵	۰/۴۲	۲/۳۴۱	۱/۲۷
TI47	بازنگری المان‌های داخلی نرده جهت کاهش هزینه	۵۶۷/۱۰	۰/۱۶۴-	۲/۹۲۴۶	۱/۰۷
IA19	استفاده از جکهای هیدرولیک برای ایزوله نمودن مسیر BRT (تقاطع دانش- بلوار امام رضا(ع))	۵۳۰/۹۵	۰/۰۵-	۲/۸۱۱	۱/۰۴
IB39	نرده با ارتفاع متغییر	۵۵۵/۳۰	۰/۱۴	۲/۶۲۱	۱/۱۷
TI01	استفاده از نرده با المان عمودی یا اریب	۵۴۰/۳۰	۰۰	۲/۷۶۱	۱/۰۸
IA06	افزایش تعداد ایستگاه‌ها بین نبوت و فجر	۵۲۸/۰۰	۰/۳۳۶-	۳/۰۹۷	۰/۹۴
IA 47	انتقال ایستگاه پایانی به میانه میدان فجر به صورت زیر گذر	۷۶۵/۰۰	۲/۱۴-	۴/۹۰۱	۰/۸۶
PI 19	طراحی ماژول 5 متری برای ورودی ایستگاه	۶۵۴/۲۰	۰/۰۵	۲/۷۱۱	۱/۳۳

کد ایده	عنوان ایده	امتیاز کیفی ایده	صرفه‌جویی (میلیارد تومان)	هزینه (میلیارد تومان)	شاخص ارزش نسبی
IO34	قطعه‌بندی مسیر برای اجرای بهتر زمان‌بندی	۵۴۰/۰۰	۰	۲/۷۶۱	۱/۰۸
TI03	ایجاد آیلند در مجاورت نرده (نصب نرده به روی جدول)	۵۵۴/۰۰	۰/۰۶۵	۲/۸۲۶	۱/۰۸
IS32	استفاده از محل دپو عابر در وسط خیابان	۵۷۵/۷۵	۰/۰۵۵	۲/۸۱۶	۱/۱۳
IS21	حذف سرعت‌گیرها در داخل خط ویژه	۵۶۰/۴۵	۰	۲/۷۶۱	۱/۱۲
PA10	اختصاص یک لاین از پارکینگ زیرگذر به BRT	۶۱۹/۱۰	۰/۲۷۴-	۳/۰۳۴۸	۱/۱۳
PA02	ایجاد ایستگاه در لچکی نواب	۶۳۲/۳۰	۰/۳۸۵-	۳/۱۴۶	۱/۱۱
PA25	ایزوله نمودن ایستگاه های زیرگذر برای جلوگیری از آلودگی	۵۶۵/۷۰	۰/۰۲-	۲/۷۸۱	۱/۱۲
PI38 +(PI31)	تعریض فضای ایستگاه با اجرای فونداسیون شناژ طولی + (انتقال ستون‌ها به مجاورت جدول)	۴۸۸/۷۵	۰/۶۷۴-	۳/۴۳۵	۰/۷۹
TH21	جانمایی گیت‌ها به صورت مورب یا Z شکل	۵۸۸/۳۰	۰/۰۶-	۲/۸۲۱	۱/۰۹
PI33	اجرای نیمکت اتکایی به جای معمولی در ایستگاه	۵۶۲/۳۵	۰	۲/۷۶۱	۱/۱۲
PI34	اجرای نیمکت تاشو به جای معمولی در ایستگاه	۵۲۳/۱۰	۰/۰۳-	۲/۷۹۱	۱/۰۳
IB46	بتن رنگی در ایستگاه	۵۳۵/۰۵	۰/۰۲۴-	۲/۷۸۵	۱/۰۶
IO 39	تعریف مکانیزم خصوصی سازی با منطق جریمه ناشی از اختلاف زیاد عملکرد و برنامه	۵۴۴/۹۰	۰	۲/۷۶۱	۱/۰۹
IB27	نصب راهنمای مسافری (زائر)	۵۸۱/۷۴	۰/۰۰۶-	۲/۷۶۷	۱/۱۶

جدول ۷: مقایسه شاخص ارزش ایده‌ها

۷- گزینه های نهایی

به منظور تسهیل تصمیم‌گیری برای کارفرمای پروژه و همچنین جمع‌بندی ایده‌ها جهت اجرا یا مطالعه بیشتر، ایده‌های توسعه یافته که از پتانسیل بیشتری برخوردار هستند ترکیب و در قالب گزینه‌های نهایی ارایه شدند. در روند ساخت گزینه‌های نهایی نکات ذیل مد نظر قرار گرفت:

تنها ایده‌هایی در تشکیل گزینه‌ها نقش داشتند که در روند توسعه توسط اعضای تیم مطالعه مناسب تشخیص داده شده‌اند.

گزینه‌ها ترکیبی از ایده‌هایی است که بدون تضاد با یکدیگر قابل اجرا باشند و در صورت وجود تضاد در دو ایده مناسب (در خصوص یک موضوع)، این دو ایده به دو گزینه مختلف تبدیل شدند.

در مواردی به دلیل جلوگیری از تأثیرگذاری رد یک ایده در رد ایده‌ای دیگر (که در قالب یک گزینه قابل ترکیب بودند) از ترکیب آنها پرهیز شده است و در صورت تأیید آنها توسط کارفرما در ادامه مطالعه در قالب یک گزینه طرح خواهند شد.

در این مطالعه دو دسته گزینه تشکیل شد، گزینه‌های فنی که مبنای شکل‌گیری آنها تحت تاثیر قراردادن یک بخش فنی و یک حوزه فنی از کار بود و گزینه‌های اقتصادی که هدف آن برآورد میزان تاثیر اقتصادی حداقلی و حداکثری و ارزیابی طیف شاخص ارزش در این مطالعه بود.

تشکیل گزینه‌های فنی

در بخش گزینه‌های فنی ۷ گزینه با عناوین ذیل شکل گرفته است که ایده‌های تشکیل دهنده هر کدام نیز مشخص است:

گزینه ۱:جداسازی مناسب مسیر و تغییر نرده‌ها، گزینه ۲: تغییر تعداد و جانمایی ایستگاه‌ها، گزینه ۳: تغییر سرپناه و ابعاد ایستگاه‌ها، گزینه ۴: زیباسازی مسیر و ایستگاه‌ها، گزینه ۵: بهبود دسترسی، گزینه ۶: فروش الکترونیک بلیط و گزینه ۷: بهبود ایمنی و بهره‌برداری

در بخش گزینه‌های اقتصادی ۳ گزینه با عناوین ذیل شکل گرفته است، که ایده‌های تشکیل دهنده هر کدام نیز مشخص است. در گزینه A مد نظر یافتن مهمترین تغییرات که با کمترین هزینه و بیشترین منفعت مالی قابل اجرا است، می‌باشد. گزینه B به دنبال حداکثر کیفیت ناشی از اعمال تغییرات است و گزینه C به دنبال بهبود حداکثری شاخص ارزش است.

گزینه A : حداقل هزینه (شامل ایده های: امکان اضافه و کم نمودن سرپناه، استفاده از سازه سبک برای سقف، استفاده از نرده با المان عمودی یا اریب، بهینه سازی طول المان نرده ها، نرده با ارتفاع متغییر)

گزینه B : حداکثر کیفیت (شامل ایده های: اختصاص یک لاین از پارکینگ زیرگذر به BRT،

ایجاد ایستگاه در لچکی نواب، ایزوله نمودن ایستگاه های زیرگذر برای جلوگیری از آلودگی، نصب راهنمای مسافری (زائر)، تعریض فضای ایستگاه با اجرای فونداسیون شناژ طولی، جانمایی گیتها به صورت مورب یا Z شکل، اجرای نیمکت اتکایی به جای معمولی در ایستگاه، طراحی ماژول ۵ متری برای ورودی ایستگاه، استفاده از نورهای متفاوت در ایستگاه، استفاده از زیرگذر LRT در ایستگاه مجلسی و گاز و بسیج برای دسترسی به BRT، ایجاد ارتباط بین ایستگاه طبرسی و مجتمع تجاری موجود (زیرگذر طبرسی)، استفاده از روکش آسفالت با سطح لغزندگی کمتر در ایستگاه‌ها، ایجاد رنگ جدید برای کل روسازی آسفالت مسیر، ایجاد آیلند در مجاورت نرده (نصب نرده به روی جدول)، نصب گل‌میخ یا چشم گربه‌ای جهت مشخص نمودن مسیر حرکت اتوبوس در میادین و محل‌های حرکت با بار، اصلاح هندسی میادین با اولویت خط ویژه (میدان بیت المقدس)، بازنگری المان‌های داخلی نرده جهت کاهش هزینه، بهینه سازی طول المان نرده ها، نرده با ارتفاع متغییر، حذف سرعت‌گیرها در داخل خط ویژه، بتن رنگی در ایستگاه، افزایش تعداد ایستگاه‌ها بین نبوت و فجر، انتقال ایستگاه پایانی به میانه میدان فجر به صورت زیر گذر)

گزینه C : حداکثر ارزش (شامل ایده های: امکان اضافه و کم نمودن سرپناه، استفاده از سازه سبک برای سقف (استفاده از مصالح ظریف‌تر)، استفاده از زیرگذر LRT در ایستگاه مجلسی و گاز و بسیج برای دسترسی به BRT، طراحی ماژول ۵ متری برای ورودی ایستگاه، استفاده از نورهای متفاوت در ایستگاه، استفاده از زیرگذر تجاری برای دسترسی به ایستگاه‌ها، قطعه‌بندی مسیر برای اجرای بهتر زمان‌بندی)

۸- جمع بندی و نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان دهنده این است که کاربرد مهندسی ارزش در طراحی و پیاده‌سازی خطوط اتوبوسرانی سریع‌السیر می‌تواند با انتقال تجارب جهانی و تجارب داخلی ضمن ارتقای عملکرد این خطوط به بومی‌سازی تجارب متناسب با محل اجرای پروژه کمک شایانی نماید. همچنین با بکارگیری ایده های خلاقانه و کارکردگرا امکان بهبود عملکرد سامانه است که این بهبود نتیجه افزایش نسبت کاکرد و کیفیت به هزینه طول دوره عمر است.

در مطالعه مهندسی ارزش خط ۱ سامانه اتوبوسرانی تندروی مشهد ۱۶۴ ایده مطرح شد که از ترکیب این ایده ها گزینه های مختلفی شکل گرفت که در گزینه حداقل هزینه ضمن کاهش ۹۰۰ میلیون تومان از هزینه های پروژه، شاخص ارزش به میزان ۵۵ درصد بهبود داشت. مهمترین تغییرات ایجاد شده در طرح تغییر نرده های جدا کننده مسیر، بهینه سازی ایستگاه ها با کاهش طول و تغییر سازه، ایجاد ایستگاه تبادلی بین خط ۱ و خط ۳، ایجاد ایستگاه در پارکینگ حرم و ایجاد زیرگذر مشترک BRT و LRT است.

۹- منابع

1-" VALUE METHODOLOGY STANDARD and BODY OF KNOWLEDGE", SAVE International, june 2007.

2- Dwifitra Y. Jumas, Martalius Peli, Wahyudi Putra, Sukra Arnaldi, "VALUE ENGINEERING & COST SAVING ISSUES ON USA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (DOTS)", Department of Quantity Surveying, Universitas Bung Hatta, 2009.

3- "MBTA Silver Line Bus Rapid Transit Value Engineering", http://www.systraconsulting.com/transportation-modes/bus-brt.html?systra-project-=mbta-silver-line-bus-rapid-transit-value-engineering-12

4- "value Engineering for Bus Maintenance Facilities: Program Fact Sheet ",U.S. Department of Transportation, Urban Mass Transportation Administration, 1984.

5- "West Transitway Value Engineering Review, Ottawa, ON, Canada",http://www.genivar.com/en/what-we-do/transportation/public-transit/Pages/117.aspx.

۶- مطالعات "طراحی شبکه ویژه اتوبوس رانی سریع"، جلد اول"شبکه خیابانی و سیستم اتوبوسرانی شهر مشهد"، تهیه شده برای: سازمان ترافیک شهرداری مشهد، توسط پژوهشکده حمل و نقل شریف (مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن))، گزارش شماره ۰۱- ۸۶، اسفند ۱۳۸۶.

۷- مطالعات "طراحی شبکه ویژه اتوبوس رانی سریع"، جلد دوم" نتایج آمارگیری شمارش حجم وسایل نقلیه و تعداد سرنشین در سال ۱۳۸۶"، تهیه شده برای: سازمان ترافیک شهرداری مشهد، توسط پژوهشکده حمل و نقل شریف (مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن))، گزارش شماره ۰۱- ۸۷، اردیبهشت ۱۳۸۷.

۸- مطالعات "طراحی شبکه ویژه اتوبوس رانی سریع"، جلد سوم"اتوبوس رانی تندرو پیشنهادی برای مشهد"، تهیه شده برای: سازمان ترافیک شهرداری مشهد، توسط پژوهشکده حمل و نقل شریف (مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن))، گزارش شماره ۰۲- ۸۷، آبان ۱۳۸۷.

۹- مطالعات "طراحی شبکه ویژه اتوبوس رانی سریع"، جلد چهارم"سیستم اتوبوس رانی تندروی مشهد: جزییات طراحی در سطح برنامه‌ریزی"، تهیه شده برای: سازمان ترافیک شهرداری مشهد، توسط پژوهشکده حمل و نقل شریف (مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن))، گزارش شماره ۰۳- ۸۷، آبان ۱۳۸۷.

۱۰- نقشه پلان مسیر، نقشه معماری ایستگاه‌ها (تاسیسات، سازه و...)، نقشه وضعیت هیدرولیکی خط ۱، نقشه طرح روسازی و ...، تهیه شده توسط شرکت مهندسان مشاور مترا، پاییز و زمستان ۱۳۹۱.

۱۱- پاورپوینت ارایه مطالعه مسیرهای اتوبوسرانی، تهیه شده توسط شرکت مهندسان مشاور مترا، مرداد ۱۳۹۰.

۱۲- گزارش میدانی " ارزیابی خطوط BRT تهران با استاندارد بین‌المللی" مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، معاونت مطالعات و برنامه‌ریزی امور زیرساخت و طرح جامع، مدیریت امور حمل‌ونقل و ترافیک، تیر ماه ۱۳۹۱.

۱۳- مقاله " ارائه روشی کاربردی برای اصلاح خطوط اتوبوس پس از اجرای یک خط BRT، مطالعه موردی: شهر مشهد" ارایه شده توسط سید محمد مهدی امیری پور، الیاس فرح زاد، ایمان فرهمندی، سید حسن محسنیان در دوازدهمین کنفرانس ترافیک، اسفند ۱۳۹۱.