



## مطالعات مهندسی ارزش در راه آهن ایران شهر - چابهار

علیرضا شهرکی<sup>۱\*</sup>، میثم فروتن اصفهانی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

\*shahrakiar@hamoon.usb.ac.ir

ارسال: اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ پذیرش: خرداد ماه ۱۴۰۲

### چکیده

پروژه های عمرانی در هر کشور بعنوان یکی از زیر ساختهای اصلی رشد و توسعه آن مطرح است و بخش عمده سرمایه هر کشور، در کشورهای در حال توسعه به پروژه های زیربنایی و یکی از عوامل رشد و توسعه اقتصادی هر جامعه موفقیت در اجرای پروژه های عمرانی آن محسوب میگردد. از مسائل مهم و دغدغه های کارفرمایان پروژه ها، ایجاد هزینه های سنگین اجرایی و بعضاً غیر ضروری است، افزایش بهای مصالح مصرفی، نیروی انسانی، ابزار و ماشین آلات ساختمانی، بعد اقتصادی و بعد زمانی اجرای پروژه های ساختمانی از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند، که این عامل، ترس از ناتمام ماندن پروژه و یا عدم اجرای صحیح آنرا برای دستگاههای اجرایی مرتبط تداعی می نماید. مهندسی ارزش، تلاش سازمان یافته ای است که با هدف بررسی و تحلیل فعالیتهای طرح در مراحل طراحی، اجرا، بهره برداری و نگهداری انجام شده، با استفاده از تجارب، ابتکارها و خلاقیت متخصصان در جهت تحلیل کارکرد سیستمها، عوامل، تجهیزات، تاسیسات و فرایندها به منظور دستیابی به کارکردهای پیش بینی شده، با کمترین هزینه و با حفظ یا ارتقای کیفیت، بعنوان یک راهکار ساختارمند و کارکرد گرا برای کنترل هزینه های غیر ضروری بدون فدا کردن کیفیت کارکرد صورت میگیرد. پژوهش حاضر، از حیث هدف کاربردی - توسعه ای با روش تحقیق آمیخته که تحلیل داده ها و گزارشات پیشرفت کار با نرم افزار کنترل پروژه صورت گرفته که میزان موفقیت اجرای مهندسی ارزش در کاهش هزینه و تسریع زمان اجرا را با توجه به رویکردهای ابتکاری در عملیات اجرایی گزارش می دهد.

کلمات کلیدی: مهندسی، هزینه، ارزش، راهسازی، ابتکار.

### ۱- مقدمه

مهندسی ارزش تلاشی است سازمان یافته که با هدف بررسی و تحلیل تمام فعالیت های یک طرح از زمان شکل گیری تفکر اولیه تا مرحله طراحی و اجرا و سپس راه اندازی و بهره برداری انجام می شود و به عنوان یکی از کارآمدترین و مهم ترین روشهای اقتصادی در عرصه فعالیتهای مهندسی شناخته شده است [۱].

برخلاف رویکرد محصولگرا، مهندسی ارزش در مواجهه با مسائل و مشکلات از رویکردی کارکرد گرا بهره می گیرد. در مهندسی ارزش، هزینه محصول به دو بخش تقسیم می شود. هزینه های مرتبط با کارکرد اصلی محصول و هزینه های مرتبط با کارکردهای ثانویه یا آن هزینه هایی که انجام کارکرد اصلی را پشتیبانی می کنند. کارکردهای ثانویه کارکردهایی هستند که در راستای طراحی محصول و تامین کارکردهای اصلی مورد نیاز مصرف کننده پدید می آیند و وجودشان ضروری می شود. در کنار این

کارکردها، دسته دیگری از کارکردها، موسوم به کارکردهای غیرضروری نیز در اغلب محصولات رخ می نماید که مهندسی ارزش راهی برای حذف آنهاست [۲].

با تعریف کارکرد، می توان آموخت که چه ویژگیهایی از طراحی واقعاً موردنیاز می باشد. لذا نقش تعریف کارکرد پیچیده نگرستن و ساده دیدن می باشد. لذا شناخت مناسب از کارکرد در پیاده سازی موفق مهندسی ارزش بسیار حائز اهمیت می باشد [۳]. ابتدا باید کارکرد به خوبی تعیین شود تا فرد بتواند راه هایی که می توان به آن رسید را شناسایی نماید. به عنوان مثال نصب یک پلاک بر روی یک دستگاه را در نظر گرفته می شود. به جای استفاده از پیچاندن پلاک، کارکرد بهتر خواهد بود اگر از برچسب گذاری تجهیزات استفاده کنیم. این کار امکان قرار گرفتن نام بر روی دستگاه را فراهم نموده و نیازی به استفاده از پلاک نیست. از طرف دیگر، در صورت نیاز به پلاک می توان آن را از طریق جوشکاری یا سیم به دستگاه متصل نمود. دوم اینکه در تعیین کارکرد فرد و چگونگی کاربرد وسیله را مشخص نماید همچنین، کارکرد را می توان در حداکثر عبارات ممکن تعریف نمود که این کار می توان منجر به ارتقا بیشتر ارزش شود. هنگامی که کارکرد تعیین شد، ارزش آن باید مشخص گردد. راه آهن ایران شهر چابهار قسمتی از بخش باقی مانده از کریدور جنوب شرق به شمال شرق در خاک ایران است که به شبکه ریلی متصل نیست. اتصال خط آهن ایران به شبکه ریلی آذربایجان و سپس شبکه ریلی شمال اروپا و روسیه، از اهمیت بالایی برای کشورهای مسیر به خصوص هند و روسیه به عنوان بزرگترین اقتصادهای مبدأ و مقصد این کریدور و همچنین دسترسی جمهوری آذربایجان به آب های آزاد برخوردار است [۴].

ایجاد ارتباط با روسیه و کشورهای CIS از طریق راه آهن چابهار زاهدان را برای تحقق بحث توجیه اقتصادی این پروژه ضرورت و اهمیت این پروژه را نشان می دهد و بنابراین از مهندسی ارزش استفاده نموده تا ارزش طرح ارتقا یابد و زمان بهره برداری از طرح کاهش یابد و هزینه های غیرضروری آن حذف گردد. مطالعات مهندسی ارزش همیشه در مواردی کاربرد دارد که هدف رسیدن به نتایج بهینه بهتر از نتایج عادی است در این طراحی امید است با استفاده از مطالعات مهندسی ارزش زمان طرح و هزینه های اجرایی آنرا کاهش داد و به کیفیت مطلوب که از لحاظ ریسک محیطی و آسیب های اجتماعی کمترین آسیب را وارد سازد، برسد [۵].

## ۲- پیشینه تحقیق

مهندسی ارزش در زمان جنگ دوم جهانی به منظور دستیابی صنایع به مواد حیاتی در شرایطی که دسترسی به آن دچار مشکل شده بود مورد توجه قرار گرفت. در سال ۱۹۴۷ تحت عنوان آنالیز ارزش توسط "الورنس میلز" در شرکت جنرال الکتریک مطرح شد. پس از آن اجرای مهندسی ارزش به صورت موفقیت آمیز در نیروی دریایی آمریکا دنبال شد. این روش از سال ۱۹۶۰ در صنایع نظامی آمریکا رشد کرد و به کار گرفته شد و در دهه ۸۰ پیشنهاد اجرای مهندسی ارزش در صنایع دفاعی، مدیریتی، خدمات عمومی، خدمات پستی و غیره مطرح و سپس عملیاتی و اجرایی شد. مبانی نظری میلز در مهندسی ارزش بر این پایه استوار بود که هزینه های غیر ضروری در محصول و فرآیند تولید وجود دارد و باید این هزینه های غیر ضروری را شناسایی و از هزینه های محصول و فرآیند کنار گذاشت. همچنین مواردی را در پیدایش هزینه های غیر ضروری موثر دانسته و به تشریح آنها میپردازد

و در کشور ایران، در سالهای ۱۳۷۷ و ۱۳۸۸ در برخی از پروژه های صنعت نفت و آب، مهندسی ارزش را با دعوت از اساتید بینالمللی این حوزه آغاز کرد. عاقله حوزه های دانشگاه و صنعت موجب شد تا دانشگاه صنعتی امیرکبیر در سال ۱۳۷۹ اولین کنفرانس مهندسی ارزش را برگزار نماید و در همین سال دستورالعمل ارجاع کار و انعقاد قرارداد با واحدهای خدمات مهندسی - ارزش از طرف سازمان مدیریت و برنامه ریزی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهور ابلاغ شد. در سال ۱۳۸۰ اولین کنفرانس مهندسی ارزش در صنعت نفت برگزار گردید و در همین سال نیز کمیته مهندسی ارزش در وزارت راه و ترابری تشکیل شد. در سال ۱۳۸۲ مصوبه برنامه چهارم بار دیگر بر اعمال مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی تأکید نمود. در سال ۱۳۸۳ طرح جامع و وسیع پیاده سازی مهندسی ارزش در وزارت راه و ترابری آغاز شد و در طی آن بیش از ۱۰۰۰ نفر مورد آموزشهای مهندسی ارزش قرار گرفتند

و با اتمام آن در سال ۱۳۸۶ سند راهبردی مهندسی ارزش در وزارت راه و ترابری توسط وزیر راه و ترابری بلاغ گردید. در مهر ۱۳۸۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی شرح خدمات پیشنهاد تغییر به روش مهندسی ارزش و قوانین انگیزشی پیمانکاران را بلاغ نمود. در اسفندماه ۱۳۸۴ دستورالعمل سازمان مدیریت در زمینه مهندسی ارزش مورد بازنگری قرار گرفت. در اواخر تیرماه همان سال ۱۳۸۴ اولین همایش مهندسی ارزش در حمل و نقل کشور با حمایت وزارت راه و ترابری برگزار شد و در آذرماه همان سال دومین سمینار ملی مهندسی ارزش در دانشگاه علم و صنعت برگزار شد. در ششم آذرماه سال ۱۳۸۷ کنفرانس سوم مهندسی ارزش با شعار خلاقیت، نوآوری و توسعه ملی در دانشکده فنی دانشگاه تهران برگزار شد و چهارمین کنفرانس ملی مهندسی ارزش در دیماه سال ۱۳۸۹ در دانشگاه علم و صنعت ایران برگزار گردید. توجه متولیان حوزه انرژی کشور به مهندسی ارزش موجب شد تا اولین کنفرانس ملی کاربرد مهندسی ارزش در مدیریت انرژی در خردادماه سال ۱۳۹۱ برگزار شود. بر اساس آمارهای موجود از ابتدا ورود مهندسی ارزش به کشور تا پایان سال ۱۳۹۰ بیش از ۴۰۰ مطالعه مهندسی ارزش بر روی پروژه های کشور انجام شده است [۶].

### ۳- روش تحقیق

کارگاه مهندسی ارزش در سه مرحله برگزار گردید. در مرحله اول که پیش مطالعه مهندسی ارزش است اطلاعات اولیه از راه آهن ایرانشهر چابهار در اختیارشان قرار گرفت. در مرحله دوم که مشتمل بر کارگاه مهندسی ارزش است به بررسی دقیق اطلاعات و طرح مبنا و مبنای مطالعه در فاز اطلاعات پرداخته می شود. کارکردهای پروژه و اهمیت هر کارکرد در فاز تحلیل کارکرد مشخص می گردد و نمودار سیستمی تحلیل کارکرد ترسیم گردید [۱۲].

در فاز خلاقیت برای کارکردهای پرفرصت و پر ریسک، ایده های خلاقانه به دور از قضاوت بیان می گردد. در فاز ارزیابی، ایده های مطرح شده، توسط تیم مهندسی ارزش ارزیابی و امتیازی از یک تا ده اختصاص داده می شود و در فاز توسعه، ایده های منتخب تشریح می گردد و مزایا و معایب هر ایده بیان می گردد و شاخص ارزش ایده ها محاسبه می گردد و گزینه ای که شاخص ارزش بالاتر از ۵ دارند انتخاب می گردند. در فاز ارائه گزینه های منتخب به کارفرما ارائه می گردد.

مهندسی ارزش روشی سیستماتیک، نظام یافته و مبتنی بر خلاقیت و کارگروهی برای حل مسئله، کاهش هزینه و بهبود عملکرد و کیفیت پروژه ها، محصولات و فرآیندها است. مهندسی ارزش به کمک گستره وسیعی از دانش و تجربیات متخصصین و با تمرکز بر کارکردهای پروژه، محصول یا فرآیند نتایج قابل اجرا برای بهبود را به سرعت ارائه می کند.

بر اساس تعریف مؤسسه بین المللی مدیریت پروژه، مهندسی ارزش نگرشی خلاق به منظور بهینه سازی هزینه های چرخه عمر، صرفه جویی در زمان، افزایش سود، بهبود کیفیت، افزایش سهم بازار، حل مشکلات و استفاده بهینه از منابع می باشد.

مهندسی ارزش با تکیه بر آنالیز ارزش شکل گرفته است. با دریافت اطلاعات پروژه یا محصول، ورودی مورد نیاز مهندسی ارزش فراهم شده و پس از انجام آن، راه حل های و گزینه های جایگزین به عنوان خروجی مهندسی ارزش به منظور کاهش هزینه ارتقای کیفیت پروژه یا محصول ارائه می گردد.

### ۴- دلایل بکارگیری مهندسی ارزش

عمدتاً روشهای بهبود و صرفه جویی در شرایط بروز محدودیتهای مورد استفاده قرار می گیرند. تعدادی از دلایل اصلی بکارگیری مهندسی ارزش شامل ۱- هزینه های بالای اجرای پروژه یا تولید محصول ۲- فاصله زیاد بین طراحی و اجرای ۳- دشواری اجرای پروژه ها ۴- پیچیدگی بالای پروژه ها ۵- کمبود اطلاعات اولیه ۶- کمبود ارتباطات بین عوامل طرح و ذینفعان پروژه ۷- پیشرفت فناوریهای مورد استفاده و بهبود استانداردها ۸- خلاقیت ۹- باورهای صادقانه ولی نادرست اولیه ۱۰- تغییر قوانین، ضوابط و مقررات ۱۱- تغییر در نیاز کارفرما ۱۲- تغییر شرایط محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ۱۳- تغییر مشخصات فنی طرح ۱۴- تغییر در منابع مورد استفاده باید به این نکته مهم توجه نمود که بهبود صورت گرفته به کمک مهندسی ارزش صرفاً ناشی از عدم مطالعه کافی یا دقت در بررسیهای فنی- اقتصادی طرح نبوده بلکه فاصله زمانی بین مراحل طراحی، اجرا و بهره برداری پروژه از یک سو

بررسی و اخلاقیت گروهی و هم افزایی تیم مطالعه ارزش از سوی دیگر موجب بهبود و صرفه جویی غیرقابل تصور به واسطه انجام مهندسی ارزش در پروژه ها می گردد.

#### ۵- هدف مهندسی ارزش

هدف مهندسی ارزش ارائه راهکارهای قابل اجرا در راستای حل مسئله، کاهش هزینه و افزایش کیفیت (عملکرد) است که تمامی این موارد در گرو توجه به کارکرد پروژه یا محصول می باشد، اما تحقق اهداف مورد نظر در کوتاهترین زمان ممکن بسیار مهم است. یافتن نقطه بهینه (تعادل) بین کارکرد، کیفیت و هزینه هدف دیگر مهندسی ارزش می باشد. در واقع هدف کلی مهندسی ارزش، افزایش ارزش پروژه است.

#### ۶- یافته ها

##### ۶-۱- فاز اطلاعات پروژه (مبانی مطالعه)

در فاز اطلاعات، ابتدا عوامل طرح و نمایندگان ایشان معرفی شده و روند انجام شده مطالعه بیان می گردد. سپس اعضای تیم مطالعه به بررسی طرح مبنا بر اساس گزارش پیش مطالعه ارایه شده از سوی مشاور ارزش خواهند پرداخت.

##### ۶-۲- اطلاعات پایه پروژه راه آهن ایرانشهر چابهار

مشخصات کلی مسیر راه آهن ایرانشهر چابهار عبارت است از :

- طول مسیر ۲۹۸/۵ کیلومتر
- سرعت قطار تا ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت با طبقه بندی خط B3
- حداکثر شیب طولی در مسیر : ۵ / ۱۵ در هزار
- حداکثر شیب طولی در ایستگاهها : صفر تا ۲ در هزار
- حداقل شعاع قوس افقی : ۱۰۰۰ متر
- عرض نهایی سابگرید : ۷ متر
- هزینه اجرای مسیر : در حدود ۹۱۲ میلیارد تومان
- هزینه استملاک مسیر : در حدود ۲۰۰ میلیارد تومان

##### ۶-۲-۱- ایستگاهها

تعداد ایستگاهها ۱۱ عدد (با توجه به طول ایستگاههای راه آهن ایرانشهر چابهار که - ۱۲۰۰ متر است حداقل طول پاره خط پروژه ۶۰۰ متر در نظر گرفته شده است).

##### ۶-۲-۲- پلهای بزرگ مسیر

- پلهای بزرگ رودخانه ای ۱۴ عدد به دهانه های ۲۰ تا ۱۲۰ متر
- مجموع دهانه پلهای بزرگ : ۱۲۳۸ متر

##### ۶-۲-۳- تونلها

شش تونل بطول های ۳۲۵،۲۱۵، ۳۳۰، ۴۷۵، ۵۳۳، ۶۲۰ وجود دارد.

##### ۶-۲-۴- احجام کلی عملیات اجرایی

بطور کل حدود کلی احجام عملیات زیرسازی مطابق جدول ذیل است:

- خاکریزی ۱۹۰۸۰۰۰۰ مترمکعب
- خاکبرداری ۳۶۰۰۰۰ مترمکعب
- حفاری تونل ۶۳۰۰۰ متر مکعب

- میلگرد ۳۰۷۲۶ تن
- آهن آلات ۲۳۱۳ تن
- عملیات بتنی ۴۹۱۴۰۰ متر مکعب
- ژئوگرید ۵۴۰۰۰۰ متر مربع
- بالاست ۹۷۲۹۰۰ متر مکعب
- بریدن درخت ۸۸ اصله

## ۷- اهداف پروژه

طرح راه آهن ایران شهر چابهار بر مبنای اهداف زیر مطالعه گردیده است.

- امکان گسترش مبادلات تجاری و بازرگانی با کشورهای پاکستان و افغانستان و آسیای میانه و کشورهای اروپایی از طریق راه آهن آذربایجان
- نزدیکی استان سیستان و بلوچستان با کشورهای پاکستان و افغانستان و توان ایجاد تسهیلات ترابری بوسیله احداث راه آهن بین چابهار - زاهدان جهت حمل و نقل کالاهای وارداتی و صادراتی
- توسعه صنعت توریسم در منطقه و ایجاد ارتباط ریلی بین یکی از مراکز تفریحی کشور، یعنی سواحل دریای عمان و شهرستان چابهار با سایر نقاط کشور
- امکان ادامه طرح و اتصال آن به راه آهن مشهد
- هدف عمده طرح راه چابهار ایران شهر، تکمیل کریدور شمال شرق به جنوب شرق راه آهن از فنلاند، مسکو، باکو، آستارا، مشهد و به سمت- مرزهای خروجی جنوب شرقی ایران و حمل بار و مسافر داخلی می باشد.

## ۸- انتظارات کارفرما از مطالعه مهندسی ارزش

- بهبود ارزش پروژه
- کاهش اثرات زیست محیطی پروژه
- حذف هزینه های غیر ضروری

## ۹- محدوده مطالعه

راه آهن ایران شهر به چابهار

## ۱۰- معیارهای ارزیابی

تیم باید مشخص کند که چه معیارهایی را برای ارزیابی پیشنهادها یا گزینه ها مدنظر قرار می دهد؛ معیارها چه ارتباط مهمی با گزینه های پیشنهادی پایان مطالعه خواهند داشت. معیارها باید مستقل از یکدیگر باشند و تامین شدن آنها به معنای حصول رضایت سفارش دهنده مطالعه باشد.

### ۱۰-۱- معیارهای ارزیابی راه آهن ایران شهر چابهار

- A- کاهش اثرات زیست محیطی
- B- تسریع در بهره برداری
- C- تسهیل تامین منابع
- D- بهبود شرایط بهره برداری و نگهداری
- E- افزایش رضایت اهالی منطقه
- F- بهبود دسترسی محلی
- G- تسهیل استملاک

## ۱۰-۲- فاز تحلیل کارکرد

این فاز یکی از مهمترین بخش های مهندسی ارزش به شمار می رود. در این فاز اقداماتی از قبیل شناسایی و تعریف کارکرد پروژه با استفاده از فعل معلوم و اسم قابل اندازه گیری، طبقه بندی کارکردها بر مبنای اولیه و ثانویه، طراحی یک مدل کارکردی، ترسیم دیاگرام FAST، اندازه گیری کارکردها، درجه بندی کارکردها، تعیین بهای کارکرد و پتانسیل های بخش هایی که بهترین فرصت بهبود را دارند و در نهایت انتخاب کارکردهای مناسب برای فاز خلاقیت انجام می شوند. در این مطالعه ارزش سه گام تحلیل کیفی، تحلیل اجبار، تحلیل کمی با همراهی تیم ارزش پیاده شد. در این فاز کارکردهای پروژه با روش متداول مرتب شدند. کسب نتایج صحیح و کمی بر پایه طلاعات فاز خلاقیت در این مطالعه قرار گرفت.

گام اول: تحلیل کیفی ارزش ها و تحلیل سیستم بر مبنای کارکرد. در این گام، مراحل نخستین کلیه تلاش هایی که برای تحلیل ارزش پروژه می بایست صورت گیرد انجام شد. عملکردهای اصلی و ثانویه تعریف و در قالب عمل با ترکیب دو کلمه ای فعل و اسم بیان شدند. کلمه اول بیانگر هدفی است که جزء مورد نظر به دنبال آن است و اسم بیانگر شی مورد هدف و یا آن چیزی است که هدف روی آن صورت می گیرد. یکی از روش های شناخته شده و توانمند در تحلیل کارکرد سیستم تحلیل کارکرد FAST است. این روش امکان مرتب کردن تعریف دو کلمه ای کارکرد را به صورت سلسله مراتب علت و معلول فراهم می آورد. برای این منظور کارکردهای مختلف که توسط خود محصول یا اجزای آن صورت می گیرد تعریف می شوند. ترسیم این نمودار در مطالعه ارزش کمک زیادی به درک فرآیند سیستم در دست بررسی می نماید. همچنین از روی این نمودار مشخص می شود که تغییر، اصلاح و یا حذف هر کارکرد چه تاثیری بر کل سیستم دارد.

گام دوم: تحلیل اجبار. هدف آن است که بینیم چه دلایلی باعث شده از یک ماده با طرح و روشی خاص برای پروژه تحت مطالعه استفاده گردد و آیا این دلایل هنوز معتبرند یا خیر؟ در این مطالعه ارزش به دنبال محدودیت ها یا علت هایی که اجزای تشکیل دهنده طراحی خاص یا روش های اجرایی خاص که تاکنون به کار برده شده اند و به ما تحمیل می کنند مورد بررسی قرار میگیرد. با این که هدف پاسخ به این سول که آیا موانع مذکور اکنون نیز معتبرند؟ مورد جستجو واقع می شوند.

گام سوم: اندازه گیری ارزش (تحلیل کمی ارزش)

## ۱۰-۲-۱- تحلیل هزینه کارکرد

به این پرسش اصلی مهندسی ارزش پاسخ می دهد که چه هزینه ای در بر دارد؟ هزینه های این بخش به دو قسمت سخت افزار، شامل هزینه مصالح و نیروی کار و نرم افزار شامل هزینه های دشواری کار یا خطر عدم موفقیت و نظایر آنها تقسیم می شوند. مدلی که برای هزینه ها ایجاد می شود باید دقیقاً مشخص کند که هر یک از کارکردها به طور جداگانه چه میزان از کل هزینه را به خود اختصاص می دهند. یکی از روش های مرسوم برای مدل سازی هزینه در مهندسی ارزش استفاده از ماتریس هزینه کارکرد است. در این ماتریس، کلیه کارکردها در بالاترین ردیف نوشته میشوند سپس کلیه اجزاء یا زیرسیستم ها برای انجام کارکردی خاص در خانه مشترک بین آن دو نوشته می شود. با جمع زدن اعداد هر ستون هزینه مربوط به آن درج می شود. به علاوه در این جدول مشخص می شود که هر کارکرد چه درصدی از کل هزینه را به خود اختصاص می دهد.

$$C = \frac{C1 + C2 + \dots + Cn}{n}$$

C% = هزینه نسبی متوسط هر یک از اجزا

C1% = برآورد هزینه مصرف شده تک تک اجزاء

n = تعداد کل افراد رتبه بندی کننده هزینه ها

## ۱۰-۲-۲- ماتریس مدل بها

$$I = \frac{I1 + I2 + \dots + In}{n}$$

I% = اهمیت نسبی متوسط یکی از اجزا

II% = برآوردهای انجام شده اهمیت توسط تک تک شرکت کنندگان

n = تعداد کل افراد رتبه بندی کننده اهمیت

در انتهای این فاز تحلیل کارکرد عناوین "تخریب محیط زیست"، "تأمین فضا"، "تأمین ارتفاع و تأمین مصالح"، "هدایت ناوگان"، "جذب بار و مسافر" و "سهولت اجرا" جهت برگزاری فاز خلاقیت انتخاب شدند.

#### ۱۰-۳- فاز خلاقیت

فاز خلاقیت به عنوان آخرین مرحله واگرا نمودن افراد تیم برای رسیدن به بیشترین حجم ایده ها و نظرات، در نظر گرفته شده است و عدم داوری در مورد ایده های اعلام شده از سوی افراد از جمله مهمترین اصول مربوط به این مرحله است. پس از انتخاب کارکردها با بالاترین پتانسیل توسط اعضای تیم مهندسی ارزش، اعضای تیم مهندسی ارزش به ارائه و پیشنهاد گزینه برای تحقق کارکردهای منتخب پرداختند.

فاز خلاقیت به منظور تمرکز بر کارکردهای پربتانسیل و ارایه ایده های خلاقانه و جایگزین برای تحقق کارکردهای مذکور و به کمک روشهای خلاقیت مانند طوفان فکری، دلفی و ... برگزار می گردد. در مطالعه مهندسی ارزش راه آهن ایرانشهر به چابهار از روش طوفان فکری برای ایجاد ایده های خلاقانه و نو استفاده گردیده است.

لذا بر این اساس در فاز خلاقیت اعضای تیم به خلق ایده در خصوص هر یک از کارکردهای منتخب می پردازند و ایده پردازی اعضای تیم با تولید ۳۳۶ ایده به پایان می رسد.

#### ۱۰-۴- فاز ارزیابی

پس از برگزاری فاز خلاقیت، به منظور بررسی ابتدایی ایده ها و شناسایی ایده هایی که امکان توسعه بیشتری جهت بهبود پروژه و ارتقاء شاخص ارزش آن دارند فاز ارزیابی ایده ها برگزار می گردد. در این فاز هر یک از ایده های تولید شده به ترتیب مورد بررسی قرار می گیرند.

پس از ارزیابی اولیه تمامی ایده های تولید شده در فاز خلاقیت و امتیازگیری ایده های امتیازی، ایده هایی که میانگین امتیاز آنها بیشتر از ۷ بود به فاز توسعه راه پیدا خواهند کرد. لازم به ذکر است که امکان توسعه ایده های امتیازی با امتیاز کمتر از ۷ بانظر فرد ایده دهنده یا توسعه دهنده و همچنین ایده های توصیه ای نیز در فاز توسعه فراهم خواهد بود.

#### ۱۰-۵- فاز توسعه

در شروع فاز توسعه ابتدا هر یک از ایده های راه یافته به این فاز در بسته ایده های مشخصی دسته بندی شده و اعضای تیم مطالعه ارزش نیز فراخور تخصص هایشان در کارگروههای تخصصی تقسیم می شوند. سپس بسته ایده های مورد نظر به منظور توسعه بیشتر و بررسی جزئیات ایده به کارگروههای تخصصی تحویل خواهد شد. در این بخش با ترکیب ایده های توسعه یافته که مورد تأیید تیم مطالعه است، به تشکیل گزینه نهایی پرداخته شده است.

#### ۱۱- اصلاحات محیط زیستی

در این گزینه با بکارگیری ایده های مختلف سعی در کاهش اثرات و خسارات زیست محیطی طرح در دوره ساخت و در طول دوره بهره برداری شده است.

- انتقال درختها و کاشت آنها در جاهای دیگر
- گل کاری در شیب خاکریزی (درمحدوده مشخص)
- استفاده از گیاهان سازگار بامحیط برای تثبیت خاکریز

## ۱۲- نتیجه گیری

مهندسی ارزش روشی سیستماتیک با تکنیک های مشخص است که کارکرد محصول یا خدمات را شناسایی و برای آن کارکرد، ارزش مالی ایجاد می کند، به نحوی که آن کارکرد در کمترین هزینه با حفظ قابلیت اطمینان و کیفیت وجه به مفاد دستورالعمل گردش کار و انجام مطالعه های مهندسی ارزش در ۴ طرح دسته کوچک، متوسط، بزرگ و بسیار بزرگ بر حسب میزان هزینه های سرمایه گذاری دسته بندی می شوند. در این دستورالعمل با توجه به ابعاد پروژه، برای پروژه های کوچک تا سقف ۱۰۰ میلیارد ریال برگزاری یک مرحله مطالعات مهندسی ارزش در مرحله امکان سنجی نهایی و طراحی اولیه، اجباری می باشد. همچنین برای پروژه های بسیار بزرگ با موضوع راه سازی و مانند آن برگزاری ۳ مرحله مطالعات مهندسی ارزش در مراحل امکان سنجی اولیه، امکان سنجی نهایی و طراحی اولیه و ۲۵ درصد پیشرفت طراحی تفصیلی اجباری بوده و در مراحل بعدی طراحی تفصیلی، تا ۲ مرحله اختیاری می باشد [۸].

استفاده از مهندسی ارزش کمک بسزایی در میل به اهداف ذیل می کند:

کاهش هزینه های بهره برداری و نگهداری تاسیسات، کاهش هزینه های اجرای پروژه، ارائه راهکارهای جدید، استفاده بهینه از منابع، افزایش کارآمدی فعالیتهای اجرایی، ساده سازی فعالیتها، ارائه راه حل و گزینه های پیشنهادی علیرغم وجود محدودیت های طبیعی، اجتماعی و ... ارزیابی و انتخاب گزینه ها با ارزش بهینه همراه می باشد [۹]. ویژگی بارزی که گردش کاری در مهندسی ارزش را متمایز از دیگر شیوه های تحلیلی مسائل مهندسی می کند عبارتست از:

- تحلیل کارکردها

- تفکر خلاق برای یافتن راهکارهای جایگزین

- تعهد در مقابل حفظ یکپارچگی رفتاری مورد نظر

- تعیین هزینه های مرتبط با انجام هر یک از کارکردها مورد نظر انجام گیرد [۱۱]

با وجود محدودیت های مشخص در فرآیند مهندسی ارزش در مدیریت پروژه، استدلال می کند که رویکرد مهندسی ارزش، سبب ارائه اطلاعات، شناسایی مشکلات پروژه ها می گردد [۱۳].

مهندسی ارزش رویکردها و ابتکارات پیشنهادی را ارائه می دهد و ایده ها را توسعه می دهد و دیدگاه های خلاقانه ای ارائه می دهد. موسسه سلطنتی نقشه برداران RICS مهندسی ارزش را به عنوان یکی از ده "عامل مهم موفقیت" در جستجوی بهبود ارزش نامگذاری کرده است. دلیل این امر این است که مشتری ها به دنبال پروژه هایی هستند که با بهترین کیفیت تحویل داده شوند و همانطور که گفته شده است، مهندسی ارزش کیفیت خدمات و محصولات را بطور مداوم بهبود می بخشد و بین هزینه و کارکرد تعادل برقرار می کند. به همین دلیل است که مهندسی ارزش یکی از مهمترین فاکتورهای توسعه اقتصادی می باشد [۱۴].

## ۱۲- منابع

۱. آی ایر اس، ۱۳۸۲، "روش بکارگیری مهندسی ارزش"، دکتر محمد سعید جبل عاملی، انتشارات فرات، تهران، چاپ سوم
۲. کماسی، محمد، شرقی، سروش، دالوند، مجتبی ۱۳۹۹، تحلیل آماری و اولویت بندی عوامل موثر در تاخیر پروژه با رویکرد مهندسی ارزش، دومین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در عمران، معماری و مدیریت شهری
۳. عرب، د، رجبی، م، پشتوان، ح، جهدی، ن ۱۳۹۹، آشنایی با مهندسی ارزش، پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی معاونت آموزش
۴. طاهری، وحید، ۱۳۹۳، فرایند مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی، مطالعه موردی باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام خمینی ره، اولین کنگره ملی مهندسی ساخت و ارزیابی پروژه های عمرانی، گرگان، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان گلستان.
۵. رضا اسدالهی، ۱۴۰۰، ارائه یک طرح مهندسی ارزش در پروژه پل طبقاتی بزرگراه صدر یازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران



۶. شهرکی، علیرضا؛ سنجولی، میلاد ۱۳۹۵، به کارگیری مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی با رویکرد ارزیابی آلترناتیوهای ساخت و ساز سبز مطالعه موردی: پروژه‌های مسکن مهر شهر زاهدان، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع- صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۷. راهنمای انتخاب تیم مطالعه مهندسی ارزش، ۱۳۹۳.

8. Haskins, C. ed. 2020. Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities, Version 3.2. Revised by M. Krueger, D. Walden, and R. D. Hamelin. San Diego, CA (US): INCOSE; p. 1-14.
9. Jian-feng Xu, Ltd., Yang , Ling Huang,” Application of Value Engineering in Urban Planning Practice—3 Cases at Different Levels”, Proceedings of the 22nd International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2019, 30 January 2020
10. Stephenson, M.Noel. (2013). “ Sustainability Focussed Value Engineering”. Graduate School of Environmental Studies, Strathclyde University.
11. Bock, Stefan, Pütz, Markus. (2020). Implementing Value Engineering Based on a Multidimensional Quality-Oriented Control Calculus within a Target Costing and Target Pricing Approach, International Journal of Production Economics, In Press, Accepted Manuscript.
12. Tohidi H. 2021. Review the benefits of using value engineering in information technology project management. Procedia Computer Science. 3:917-924.
13. Ghorbani A, Shokri A. 2019. Value engineering and management of claims in construction projects. 2nd National VE conference; Tehran, Iran.