کارگاه آشنایی با
راهبردهای مهندسی در آبیاری و زهکشی
۲ اسفند ماه ۱۳۸۶

متدولوژی ارزش:
تحلیل، برنامه‌ریزی، مهندسی و مدیریت ارزش

کامران امامی[۱]

چکیده[۱]

پروژه‌های سرمایه‌گذاری، نیازمند تخصیص منابع مالی فراوان، صرف زمان طولانی، به‌کارگیری منابع طبیعی و استفاده از نیروی انسانی متخصص هستند. به دلیل نیازهای روزافزون و کمبود منابع اصلی (منابع طبیعی، نیروی انسانی و منابع مالی و زمان) ارتقای سطح هوشمندی در مقیاس فردی و سازمانی و انعکاس آن در سیستم‌های تصمیم‌گیری اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا بهره‌گیری از تجارب جهانی نشان داده است که به‌کارگیری متدولوژی ارزش به‌عنوان کار گروهی خلاقانه و نظام‌مند می‌تواند نقشی کلیدی را در استفاده بهینه از منابع، توسعه نیروی انسانی و تبدیل رشد جمعیت از تهدید به فرصت ایفا نماید. متدولوژی ارزش کارآیی خود را در عمل اثبات نموده و با آخرین دستاوردها در زمینه نوآوری و خلاقیت همخوانی دارد و با توجه به اینکه آموزش آن نیاز به زمان و هزینه‌ی زیادی ندارد، انتقال این فن‌آوری به کشورهای جهان سوم کاملا عملی بوده و می تواند اثرات شگرفی در بهبود ارزش در صنایع، پروژه‌ها و خدمات ایجاد نماید. مهندسی ارزش یک تکنیک مدیریتی کارکردگرا است که با تکیه به کار تیمی خلاقانه و نظام‌مند برای تحلیل و بهبود ارزش یک محصول، یک پروژه و یا یک خدمت به کار گرفته می‌شود.

۱- رئیس گروه کار رهیافت‌های فراگیر مدیریت سیلاب کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران- مدیرعامل شرکت مهندسی مشاور کریت کارا

مقدمه

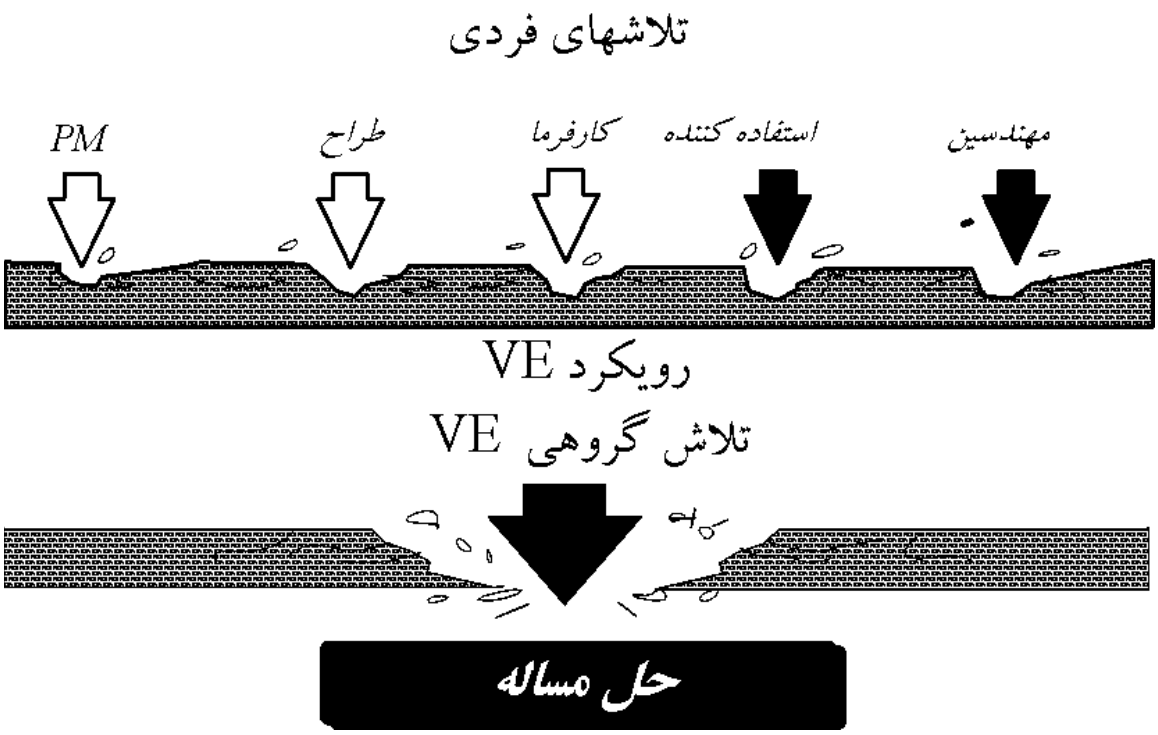
در تاریخ هزاران ساله حیات بشر، به جرأت می‌توان قرن بیست و یکم میلادی را به عنوان یکی از مراحل گذار سرنوشت‌ساز و کلیدی از دیگر قرن‌ها متمایز نمود. در قرن ۲۱ پیش‌بینی می‌شود که پس از هزاران سال، رشد جمعیت متوقف شده و جمعیت ۱۰ میلیارد نفری در آن زمان ثابت بماند. در این راستا می‌توان امیدوار بود که با ثابت شدن جمعیت و ادامه رشد فن‌آوری‌ها، توسعه پایدار و رفاه، حداقل در پایان قرن حاضر برای تمامی انسان‌ها تحقق یابد. در این میان اگر روند فعلی ادامه یابد؛ فقر، جنگ، بلایای طبیعی و بیماری‌هایی مانند ایدز می‌توانند سطح زندگی یک سوم جمعیت بشر را تا حد تصورناپذیری نزول داده و هر ساله ده‌ها میلیون نفر تلفات بر جا گذارند. هم اکنون ۲۰ درصد جمعیت جهان به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند و پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۲۵ حدود ۳۵ درصد جمعیت جهان دچار این معضل باشند.

با توجه به موارد فوق گذار بشر از قرن بیست و یکم به توسعه پایدار می‌تواند بسیار پرهزینه باشد جز اینکه راهبرد کلان بشریت تغییر کند و با راهبرد توسعه مغزافزاری و دانایی محور، رشد جمعیت از یک تهدید به یک فرصت تبدیل شود. در این میان مهندسان که رسالت به کارگیری دستاوردهای علوم پایه را برای تغییر و بهبود شرایط زیست انسان بر عهده دارند، مسؤولیت‌شان بسیار سنگین است و بی‌شک تلاش پیوسته مهندسان در مسیر حل مشکلات جوامع بشری، بهترین و شایسته‌ترین راه تکامل و تعالی آنان است.

خلاقیت و نوآوری در مهندسی

مسائل مهندسی به دو دسته تحلیلی (همگرا) و ترکیبی (واگرا) تقسیم می‌شوند: در مسایل تحلیلی هدف تعیین رفتار سیستم مورد نظر در یک شرایط مشخص و تعریف شده است. بیشتر مسائل آکادمیک را می‌توان در این دسته طبقه‌بندی نمود. در مسایل ترکیبی هدف یافتن سیستمی است که در شرایط خاص، رفتار مشخصی را ارایه کند. مهندسان اغلب در حل مسائل ترکیبی با پارامترهای زیادی مواجه هستند که باید ترکیب بهینه‌ای را برای آنها ارایه کنند. بدیهی است در چنین مواردی به‌علت نامشخص بودن تمامی عوامل تأثیرگذار، تصمیم‌گیری دشوار و پیچیده خواهد بود. برای مثال تحلیل بسیاری از نوآوری‌های موجود به‌راحتی به‌دست مهندسین کم تجربه و دانشجویان انجام‌پذیر است ولی آنها مسلماً با ارایه ایده آن اختراع و تکمیل آن فاصله زیادی دارند. به عبارت دیگر مهم‌ترین محور برخورد خلاقانه با مسایل، مسأله‌یابی است نه حل مسأله. بنابراین در رویارویی با این پیچیدگی و به منظور ایجاد شفافیت در خواسته‌ها، انتظارات و الزامات کارفرماهای طرح‌های بزرگ، تکیه بر خرد جمعی و کارگروهی اجتناب‌ناپذیر است، به‌ویژه آنکه ماهیت چندرشته‌ای و چندفازی پروژه‌ها، درک کامل و بسیار عمیق آنها را برای یک مهندس، هرچقدر مجرب و متخصص، دشوار و غیر قابل دسترس نموده است. بنابراین مهندسان در مقابله

با مهمترین چالش‌های بشر در قرن بیست و یکم بایستی بر خرد جمعی، کار تیمی و ارتقاء خلاقیت تکیه کنند و بدیهی است که تنها در چهارچوب یک حرکت نظام‌مند است که آشتی خلاقیت و کار تیمی تحقق می‌یابد. محورهای فوق (کار تیمی، ارتقا خلاقیت و برخورد سیستماتیک و نظام‌مند) پایه‌های اصلی مهندسی ارزش را تشکیل می‌دهند.



شکل (۱) مقایسه رویکرد فردی و تیمی در حل مساله

ارزش ضعیف در پروژه‌ها

بایستی به یاد داشت که مهندسی ارزش، فرآیند ارزان‌سازی یا قربانی کردن قابلیت‌ها و کارکردها نیست بلکه هدف، افزایش ارزش است. شاخص ارزش را می‌توان به‌صورت زیر تعریف نمود:

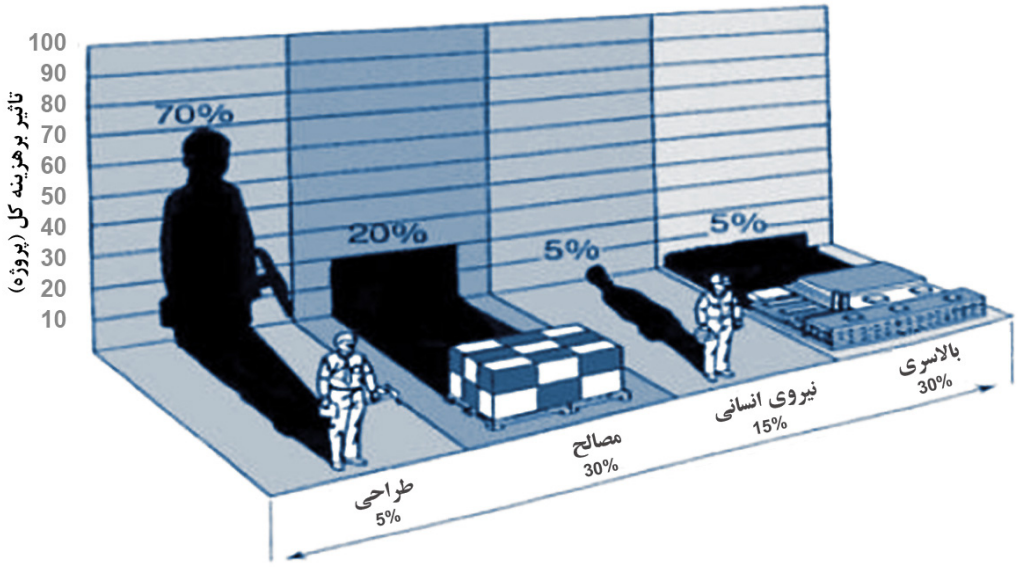
$$\text{ارزش} = \frac{\text{کارکرد + کیفیت}}{\text{هزینه}}$$

بنابراین در مهندسی ارزش، افزایش هزینه، زمانی که موجب افزایش کارکرد یا کیفیت شود نیز می‌تواند مطلوب باشد. برخی از دلایل وقوع ارزش ضعیف در پروژه‌ها، به شرح زیر است:

- کمبود زمان
- کمبود اطلاعات

- کمبود ایده‌ها و ناکامی آنها در مراحل اولیه ارایه
- تصورات غلط صادقانه
- مدل‌های ذهنی
- شرایط موقت که دایمی تلقی شوند
- عادت‌ها و بینش‌ها
- اهداف سیاسی
- حق‌الزحمه‌های ناکافی
- غرور بیش از حد نسبت به ایده‌های شخصی
- عدم رشد و تشویق خلاقیت
- مقاومت در مقابل تغییر
- نبود ارتباطات کافی میان کارشناسان
- کمبود استانداردها یا وجود استانداردهای بیش از حد نیاز (که موجب محدودیت خلاقیت شوند)
- دائمی‌شدن مصلحت‌های موردی
- نبود فشارهای مدیریتی کافی برای کاهش هزینه‌ها
- نبود شفافیت برای مسؤولیت حداقل‌کردن هزینه‌ها

مهندسی ارزش سازوکاری را در اختیار کارفرمایان قرار می‌دهد که بتوانند تأثیر بسیار قابل ملاحظهٔ کارشناسان خبره را، در کاهش هزینه‌ها و افزایش کارکردها محقق نمایند. شکل (۲) اثرات هزینه‌ای عوامل مختلف را در پروژه‌ها را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که طراحی با وجودیکه تنها ۵ درصد پروژه را شامل می‌شود بیشترین اثر در کاهش هزینه‌ی کل پروژه دارد.



شکل (۲) تاثیر عوامل مختلف پروژه‌ها بر کاهش هزینه

تاریخچه تکامل و توسعه مهندسی ارزش

به منظور درک بهتر و عمیق‌تر مهندسی ارزش، مطالعه تاریخچه توسعه و تکامل مهندسی ارزش ضروری است. تاریخچه مهندسی ارزش داستان موفقیت‌هاست. توسعه مفاهیم مهندسی ارزش به آقای مایلز و کارخانه جنرال الکتریک در پایان جنگ جهانی دوم باز می‌گردد (این کارخانه توسط توماس ادیسون تاسیس گردیده است). کمبود مواد اولیه در جریان جنگ جهانی دوم و به‌کارگیری مصالح جایگزین ارزان‌تر با کیفیت بهتر موجب گردید آقای مایلز مسئول یک طرح تحقیقاتی در این زمینه شود. برای مثال می‌توان به ساخت چرخنده پمپ‌های زیرآبی با یک سوم هزینه ولی با کیفیت و کارکرد بهتر اشاره نمود. نکته جالب این بود که در موارد زیادی بهبود کیفیت و کاهش هزینه مشاهده گردید و مدیران ارشد این کارخانه به این جمع بندی رسیدند که در محصولات این شرکت هزینه‌های غیرضروری وجود دارد و بایستی روشی را برای شناسایی و حذف هزینه‌های غیرضروری توسعه داد. پس از جنگ، مدیر بخش تدارکات (Erlicher) وآقای مایلز برای جستجوی مکانیزمی جهت نهادینه کردن افزایش کارایی هم عقیده بودند. تحقیقات از سال ۱۹۴۷ تا ۱۹۵۲ به منظور توسعه روشی برای شناسایی و حذف هزینه‌های غیرضروری توسط اقای مایلز انجام گرفت.

اولین سمینار مهندسی ارزش در سال ۱۹۵۲ در کارخانه جنرال الکتریک برگزار شد. نیاز به کمک از کلیه بخش‌های کارخانه که درگیر تولید و فروش محصول بودند، موجب سازماندهی یک تیم چند رشته‌ای گردید. تشکیل این تیم با موفقیت آنی مواجه شد. در برخی موارد ۶۰ تا ۸۰ درصد در هزینه‌ها صرفه‌جویی

گردید، ولی میزان صرفه جویی در بیشتر موارد در حدود ۵ تا ۱۰ درصد بود. با وجودی‌که ابعاد موفقیت مختلف بود ولی همگی در موفقیت برنامه توافق داشتند.

به علت نقش کلیدی آقای مایلز به ایشان لقب پدر مهندسی ارزش داده شده است. در چندین سال اول، تحلیل ارزش محدود به کارخانه جنرال الکتریک بود. پس از بازدید یک فرمانده ارشد نیروی دریایی از کارخانه جنرال الکتریک، زمینه به‌کارگیری مهندسی ارزش در دیگر صنایع فراهم گردید. نماینده نیروی دریایی پس از شرکت در سمینار مهندسی ارزش توصیه کرد که برنامه تحلیل ارزش در کارخانه‌های کشتی‌سازی آغاز شود. در سال ۱۹۵۴ برنامه تحلیل ارزش در سازمان کشتیرانی نیروی دریایی آغاز گردید. اولین همایش ملی مهندسی ارزش در سال ۱۹۵۸ با حضور ۳۰۰ نفر برگزار و مقدمات تاسیس انجمن مهندسی ارزش، در آن سال فراهم شد. با حضور شرکت‌های خارجی در همایش‌های انجمن مهندسان ارزش آمریکا، گسترش جهانی مهندسی ارزش شتاب گرفت.

به دنبال تجربه موفق نیروی دریایی، ارتش و نیروی هوایی آمریکا نیز به سراغ فروشندگان تجهیزات مورد نیاز خود رفتند و کوشیدند آنها را به استفاده از برنامه‌های مهندسی ارزش با هدف کاستن از هزینه‌های دفاعی ترغیب کنند، اما این تلاش‌ها موفقیت‌های کمی به دنبال داشت. علت، آن بود که فروشندگان تجهیزات نه‌تنها به علت صرفه‌جویی پاداش نمی‌گرفتند، بلکه جریمه هم می‌شدند، چرا که حق‌الزحمه یا سود متعلق به آنها براساس درصدی از هزینه پروژه محاسبه می‌شد. در سال ۱۹۶۳ اداره تنظیم تدارکات نیروهای مسلح آمریکا مقرر کرد که پاداش‌های مادی مربوط به مهندسی ارزش در قراردادها منظور گردد تا حتی‌المقدور امکان سهیم‌شدن پیمانکار و فروشنده در درصدی از پیشنهادهای مرتبط با صرفه‌جویی‌های تأییدشده، فراهم گردد. پروسه پیشنهادهای پیمانکاران و مشاوران، معروف به پیشنهاد تغییر به روش مهندسی ارزش[1](VECP) گردید. رشد مهندسی ارزش در مهندسی عمران از سال‌های ۱۹۶۳ تا ۱۹۶۵ با تدوین قوانین انگیزشی برای پیمانکاران آغاز گردید. در نخستین سال‌های دهه ۱۹۶۰ وزارت دفاع آمریکا اعلام کرد که پیمانکاران دست دوم آن وزارتخانه باید از روش مهندسی ارزش در کارها استفاده کنند. در سال ۱۹۶۵ سازمان عمران آمریکا(USBR) که ۳۰۰ سد در غرب این کشور احداث نموده است، برگزاری کارگاه‌های مهندسی را برای آموزش پرسنل خود آغاز نمود و از سال ۱۹۶۶ قوانین انگیزشی پیمانکاران را به‌کار گرفت.

در همین سال‌ها چارلز دبلیو بیثوی[2] نمودار روش سیستمی تحلیل کارکرد[3](FAST) را طراحی کرد. هدف از این روش سازمان‌دهی کارکردها به روشی منطقی و منظم است. بسیاری از مهندسان ارزش دیگر نیز نسخه‌های خاص خودشان را برای ترسیم این نمودار تدوین کردند. در سال ۱۹۷۰ کنگره آمریکا

1- Value Engineering Change Proposal
2- W. Bytheway
3- Function Analysis System Technique

پیشنهاد اجرای مهندسی ارزش را در پروژه‌های ساخت بزرگراه‌هایی که بودجه آنها از طریق حکومت فدرال تأمین می‌گردید، ارائه کرد.

در سال ۱۹۷۳ اداره خدمات عمومی آمریکا دستور داد تا در خصوص پیمان‌های مدیریت، طراحی و اجرای کارهای ساختمانی، از روش مهندسی ارزش استفاده شود. اداره خدمات عمومی از انجمن مهندسان ارزش آمریکا درخواست کرد که برنامه صدور گواهینامه را برای دست‌اندرکاران مهندسی ارزش تدوین کند. مدارک کارشناس رسمی ارزش از طرف انجمن مهندسان ارزش به‌عنوان یک استاندارد و به نشانه تأیید صلاحیت دارنده آن در رشته مهندسی ارزش تعیین و به رسمیت شناخته شد.

در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰، شکل‌گیری روش‌های جدید تحلیل ارزش به دست‌اندرکاران و کارشناسان امکان داد که روش‌های تحلیل ارزش را در همان نخستین مراحل پروژه به کار گیرند و آن را با فرآیند مدیریت پروژه یکپارچه سازند و بدین طریق به یک ابزار حقیقی در مدیریت دست پیدا کنند. نمونه‌هایی از این دست را می‌توان عناوینی چون برنامه‌ریزی راهبردی ارزش، مهندسی ارزش نوین (۱۹۹۳) و مهندسی ارزش مشتری‌مدار (۱۹۸۶)، ذکر کرد. در سال ۱۹۹۶ قانون خط‌مشی اداره تدارکات فدرال ایالات متحده آمریکا اصلاح شد تا مضمون زیر در آن گنجانده شود: «هر سازمان اجرایی ملزم است اجرای فرآیندهای مهندسی ارزش را به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها عملی سازد.»

اهداف کلی تحلیل، برنامه ریزی، مهندسی و مدیریت ارزش یکی است و یک رویکرد کلی دنبال می‌شود. اما اگر مطالعه ارزش در مورد یک محصول موجود انجام شود، فرایند تحلیل ارزش نامیده می‌شود. اگر فرایند در هنگام طراحی انجام شود به آن مهندسی ارزش اطلاق می‌شود.

برنامه‌ریزی ارزش در پروژه‌های در انتهای فاز برنامه‌ریزی و قبل از طراحی اولیه مطرح می‌شود و هدف، تعیین مبانی اساسی پروژه مانند ظرفیت، روند تغییرات در آینده و مسائل راهبردی دیگر است. در برنامه ارزش، فازهای توسعه و ارائه نسبت به مطالعات ارزش کم رنگ‌تر است. برنامه‌ریزی ارزش می‌تواند در مباحث کلان غیر پروژه‌ای نیز مطرح شود. به عبارت دیگر یک مطالعه بر روی یک پروژه قبل از آنکه گزینه‌ی مطلوب انتخاب شده باشد و به صورت کلی بر اهداف پروژه، توسعه اجزای کارکردی و برخورد کلی برای رسیدن به اهداف تمرکز داشته باشد، برنامه‌ریزی ارزش نامیده می‌شود.

مطالعه ارزش که در مورد روش‌های سازمانی، ساختار سازمانی، سیستم مدیریت و فعالیت‌های خدماتی تمرکز داشته باشد، مدیریت ارزش نامیده می‌شود.

در سال‌های اخیر واژه مدیریت/ مهندسی ارزش نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

شروع مهندسی ارزش در کشورهای مختلف:

- ورود مهندسی ارزش به ژاپن در سال ۱۹۶۵
- تشکیل جوامع مهندسی ارزش در ایتالیا، آلمان و فرانسه به سال ۱۹۷۸

- تشکیل جوامع مهندسی ارزش در انگلستان، کره جنوبی، عربستان سعودی، کویت، استرالیا، دانمارک، هند، تایوان و افریقای جنوبی در دهه ۱۹۸۰
- تشکیل جوامع مهندسی ارزش در مجارستان و کانادا به سال ۱۹۹۳

آشنایی با برنامه‌کار[1] مهندسی ارزش

برنامه کار، راه‌کاری سازمان‌یافته برای انجام یک مطالعه ارزش است. دلایل بسیاری برای پیروی از طرح کار وجود دارد که شماری از آنها به ترتیب زیراند:

۱-رسیدن به نتایج بهتر به کمک روشی اصولی.

۲-استفاده‌کردن از زمان مقررشده، به کارآمدترین شکل ممکن.

شرکت‌کنندگان در مطالعه ارزش باید درباره تمایل به نادیده‌گرفتن مراحل گام به گام برنامه کاری، از خود احتیاط به خرج دهند. در غیر اینصورت پروژه مهندسی ارزش به مطالعه بازنگری تبدیل خواهد شد.

گام‌های برنامه کار مهندسی ارزش:

طرح کار متدولوژی ارزش شامل ۳ گام است:

الف- پیش‌مطالعه

ب- مطالعه ارزش (کارگاه اصلی)

ج- پس‌مطالعه

الف- پیش مطالعه

فعالیت‌های مقدماتی شامل: گردآوری و تعریف نیازها و خواسته‌های کارفرما، جمع‌آوری یک مجموعه اطلاعاتی کامل از پروژه، تعیین معیارهای ارزیابی، تعیین مبانی و محدوده مطالعه ارزش، ساخت مدل‌های لازم و تعیین ترکیب تیم است.

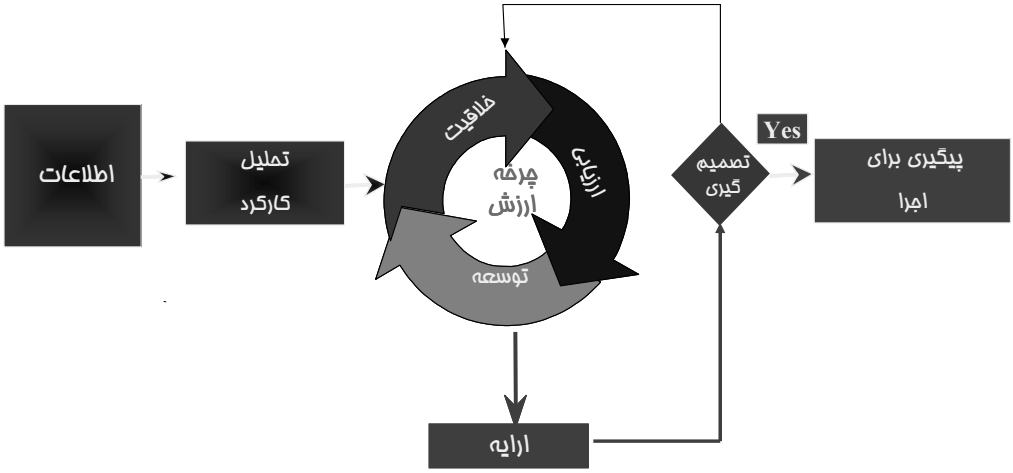
ب- مطالعه ارزش (کارگاه اصلی)

مطالعه ارزش پس از تکمیل مراحل ابتدایی متدولوژی ارزش صورت می‌گیرد. مطالعه ارزش از ۶ فاز تشکیل می‌شود که عبارتند از:

اطلاعات، تحلیل کارکرد، خلاقیت، ارزیابی، توسعه و ارایه.

در شکل زیر، نمودار ۶ مرحله‌ای کارگاه تخصصی مهندسی ارزش نشان داده شده است.

1- Job Plan



شکل () مراحل کاری مهندسی ارزش

فرآیند خلاقیت و نوآوری

دکتر اسبورن فرآیند حل خلاقانه مسائل را در شرایط ایده‌آل بشرح زیر ذکر می‌کند:

- حقیقت‌یابی
- ایده‌یابی
- راه‌حل‌یابی

در حقیقت فرموله‌کردن مسئله بسیار اساسی‌تر از حل آن می‌باشد که ممکن است صرفاً مستلزم مهارت در ریاضیات و علوم آزمایشگاهی باشد. جریان تحقیق عبارت است از تجزیه‌کردن مسئله به اجزاء متشکله مختلف که بسیاری از آنها شناخته شده‌اند. وقتی جدا شدند، می‌توان دربارهٔ قسمت‌هایی که ناشناخته‌اند کار کرد.

۱) حقیقت‌یابی و آماده‌سازی

بسیاری از متخصصین معتقدند که بایستی خود را با حقایق اشباع کنیم و بدون مشقت‌های پایان ناپذیر اولیه برای جمع‌آوری وسیع اطلاعات، خلق و توسعه ایده‌های با ارزش امکان ندارد. متخصصین توصیه می‌کنند که بایستی تمامی حقایق و تمامی عوامل مربوط به مسئله به روی کاغذ یادداشت شود، زیرا این کار تفکر ما را روشن می‌کند و عوامل مختلف به صورت یک سیستم منظم در می‌آید.

۲) ایده‌یابی

این بخش شامل دو بخش ایده‌سازی و ایده‌پروری می‌باشد. در بخش ایده‌سازی، ایده‌های مختلف ارائه می‌شوند و سپس در ایده‌پروری انتخاب میان ایده‌های حاصله، افزودن ایده‌های دیگر و تغییر و ترکیب ایده‌ها به انجام می‌رسد. در یک تقسیم‌بندی دیگر مراحل خلاقیت به شرح زیر ارائه شده است:

- آمادگی
- نهفتگی
- الهام
- تایید

محققان دیگر نیز فرایند نوآوری و خلاقیت را بصورتهای دیگری تعریف نموده‌اند. در هر صورت برنامه کاری مهندسی ارزش با روح کلی فرایندهای حل مسئله همخوانی دارد.

فازهای مختلف کارگاه مهندسی ارزش

هدف از فازها مطالعه مهندسی ارزش عبارتند از:

۱- فاز اطلاعات:

هدف از فاز اطلاعات تکمیل و تصحیح مجموعه داده‌های مطالعه ارزش (فراهم‌آمده در فاز پیش مطالعه) است. تیم مطالعاتی در مورد مصادیق بهبود مانند ارزش، هزینه، اجرا و زمان به توافق می‌رسند. این موارد توسط مدیریت‌های مربوطه مانند مدیر پروژه، مدیر مطالعات ارزش و طراح، بازنگری شده و مورد توافق قرار می‌گیرد. در نهایت محدوده مطالعات، طبق تصمیمات اتخاذ شده در مرحله اطلاعات بازنگری می‌شود.

۲- فاز تحلیل کارکرد:

تحلیل و تعریف کارکرد، قلب متدولوژی ارزش است. این مرحله اولین فعالیتی است که متدولوژی ارزش را از سایر «روش‌های بهینه‌سازی» متمایز می‌کند. مهندسی ارزش متکی بر کارکرد است (در پروژه احداث یک آزمایشگاه، تکیه بر مفهوم کارکرد و جایگزینی یک سکوی خاکی با پوشش گیاهی بجای یک دیوار بتنی ضخیم برای کنترل تشعشعات دستگاه اشعه، موجب کاهش هزینه به میزان بیش از ۹۰ درصد و افزایش زیبایی گردید). کارکردگرایی نقطهٔ عطف و کلیدی توسعه تحلیل ارزش محسوب می‌شود. تفکر همگرا زیربنای بسیاری از دستاوردهای عظیم مهندسین می‌باشد ولی جهش‌های مهم در مهندسی و علوم تا حدود زیادی با تلفیق تفکر واگرا (خلاقانه) و تفکر همگرا ممکن شده است. بر اساس تحقیقات اورنشتین، تلفیق توانایی‌های نیمه چپ و راست مغز موجب هم‌افزایی و بهبود جهشی نتایج می‌شود. بطور مشابه اگر تلفیق تفکر واگرا (خلاقانه) و تفکر همگرا بنحو مناسب صورت پذیرد منجر به هم‌افزایی و بهبود غیرقابل انتظار می‌گردد. تحلیل کارکرد که قلب مهندسی ارزش محسوب می‌شود بنوعی وظیفه ایجاد تفکر واگرا را در اعضای تیم مهندسی ارزش بر عهده دارد.

هدف از این فاز، توسعهٔ زمینه‌هایی است که در ادامه مطالعات می‌توان بیشترین بهبود را در آنها ایجاد کرد. اهداف فاز تحلیل کارکرد عبارتند از:

- ایجاد آمادگی برای فاز خلاقیت
- تشویق تفکر واگرا
- ایجاد زبان مشترک در تیم
- شناسایی کارکردهای سطح بالا، اصلی، ضروری وغیرضروری
- برقراری ارتباط منطقی میان کارکردهای سطح بالا و سطح پایین
- ایجاد همدلی در تیم
- انتخاب کارکردهای منتخب برای فاز خلاقیت

مراحل مختلف تحلیل کارکرد به شرح زیر است:

۲-۱- تعریف و تشخیص کارکردهای پروژه یا فرآیند تحت مطالعه ارزش با افعال معلوم و اسامی قابل اندازه‌گیری، این مرحله گاه تعریف تصادفی کارکردها نیز نامیده می‌شود.

۲-۲- دسته‌بندی کارکردها به اصلی و ثانویه

۲-۳- توسعه کارکردهای تعریف شده در بند ۲-۱

۲-۴- ساخت مدل کارکرد، نمودار سلسله مراتبی یا منطقی کارکرد یا نمودار تکنیک سیستمی تحلیل کارکرد (FAST)[1]

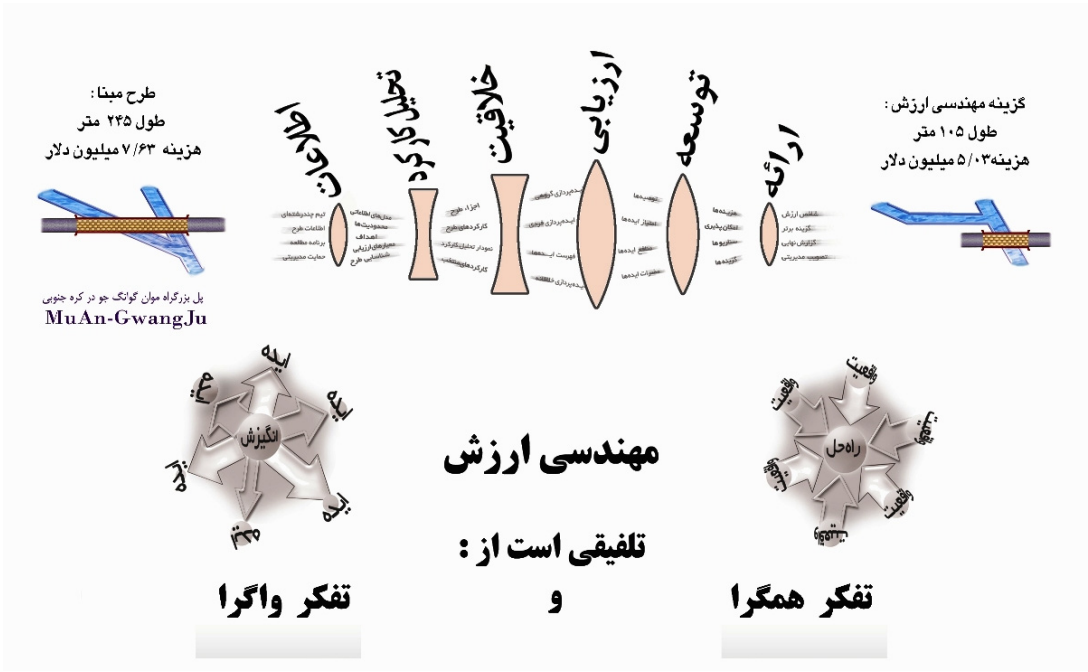
۲-۵- انتخاب کارکردهای منتخب بر اساس هزینه بالا، ریسک زیاد و فرصت بالا برای فاز خلاقیت.

۳- فاز خلاقیت:

اسبورن از مهمترین محققان در زمینه خلاقیت و مبدع توفان فکری به این اعتقاد رسیده بود که مغز نمی‌تواند در آن واحد وظایف خلاقانه و انتقاد جویانه را به انجام برساند. بنابراین در کوشش‌های خلاق بایستی مانند دو فرد عمل کرد. در ابتدا بایستی مغز قضاوت کننده خود را خاموش شود و مغز خلاق روشن گردد و پس از سپری شدن زمان لازم، چراغ قضاوت مغز را روشن کنیم. در غیر اینصورت عجولانه ممکن است شعله‌های خلاقیت خود را خاموش نموده و ایده‌هایی که تولید شده سقط گردد.

هدف از فاز خلاقیت (که گاهی اوقات فاز تفکر و تعمق نامیده می‌شود) ایجاد تعداد زیادی ایده برای برآورده کردن کارکرد انتخاب شده، برای مطالعه است. این خلاقیت در تلاش برای رهاگشتن از قید عادات، سنن، خواسته‌ها و تمایلات منفی، محدودیت‌های فرضی و معیارهای خاص است. در طول این فاز، هیچ قضاوت یا بحثی در مورد ایده‌های اعضا صورت نمی‌گیرد.کیفیت ایده‌های مختلف در فاز بعد مورد بررسی قرار می‌گیرد. تکنیک‌های شناخته شده زیادی برای تولید ایده‌های جدید وجود دارد. اصل اســـاسی در همه آنها اینست که همزمان با خلاقیت، قضاوت و ارزیابی انجام نمی‌گیرد و یک جریان آزاد از افکار و ایده‌ها (بدون هیچ نقدی) به راه می‌افتد.

1- Function Analysis System Technique



شکل () هم‌افزایی مهندسی در برنامه کار

۴- فاز ارزیابی:

هدف از فاز ارزیابی، تجزیه و تحلیل ایده‌ها و افکار ایجاد شده در فاز خلاقیت و انتخاب ایده‌های قابل اجرا برای توسعه به صورت پیشنهاد بهبود ارزش است.

با به کاربردن معیار ارزیابی در نظر گرفته شده در فاز پیش مطالعه، ایده‌ها دسته‌بندی و وزن‌دهی شده و چگونگی رسیدن به این معیارها بررسی می‌شود. اگر هیچکدام از ایده های نهایی دارای معیارهای انتخاب ایده نبودند، تیم باید به فاز خلاقیت برگردد.

۵- فاز توسعه:

هدف از این فاز، انتخاب و مهیا ساختن بهترین گزینه(ها) برای بهبود ارزش است. مجموعه اطلاعات پشتیبان هر گزینه(ها) باید دارای اطلاعات فنی، هزینه‌ای و زمان‌بندی عملی باشد، به طوری‌که طراح یا مجری پروژه بتواند برای اجرا، یک پیشنهاد اولیه ارائه دهد. مراحل این فاز به صورت زیر است:

۱- شروع با پرامتیازترین گزینه، تحلیل سود و نیازمندی‌های اجرا شامل برآورد اولیه هزینه، هزینه‌های دوره عمر و هزینه‌های ریسک و عدم قطعیت

۲- تحلیل میزان کارآیی هر گزینه

۳- تهیه مجموعه اطلاعات فنی برای هر گزینهٔ پیشنهادی

۴- ارزیابی منصفانه ایده‌ها از دیدگاه منافع، معایب، ریسک‌ها، فرصت‌ها، عدم قطعیت‌ها و ....

عموماً توسعه ایده‌هال توسط تیم‌های توسعه صورت می‌پذیرد.

۶- فاز ارائه:

هدف از فاز ارایه رسیدن به اجماع و گرفتن تعهد از طراح و مجری پروژه و سایر مدیران برای اجرای توصیه‌ها است. این فاز شامل یک ارایه شفاهی اولیه همراه با یک گزارش کتبی کامل است.

به عنوان آخرین مرحله مطالعه ارزش، تیم مهندسی ارزش نظریات خود را برای تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد. در طول ارایه و بحث‌های تعاملی، تیم تاییدهای مورد نیاز را برای اعمال تغییرات یا اطلاعات جدید مورد نیاز برای این‌کار بدست می‌آورد. تجربه نشان داده، در جلسات و مطالعاتی که کارفرما حضور دائم و کامل در فرایند مطالعه ارزش داشته باشد؛ در زمان تایید و تصویب ایده‌های خروجی، انعطاف بیشتری از خود نشان می‌دهد.

ویژگی‌های گزینه‌های پیشنهادی شامل موارد زیر است:

- قابلیت اجرا داشته باشد.
- مشکلات و هزینه‌های اجرایی بررسی شده باشد.
- تحمیل صرفه‌جویی و افزایش هزینه طول عمر پروژه صورت گرفته باشد.
- داده‌های فنی و هزینه‌ای که راه‌کارهای ارایه‌شده را پشتیبانی کند، ارائه شده باشد.

پس مطالعه

هدف از فعالیت‌های پس مطالعه اطمینان از اجرای تغییرات تأیید شده مطالعه ارزش است. وظیفه متخصصان تیم مهندسی ارزش یا دیگر متخصصان مورد تأیید مدیریت این است که تغییرات تیم مهندسی ارزش را تکمیل کرده و طرحی اجرایی تهیه، تکمیل و ارائه کنند.

با توجه به موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت که برخورد سازمان‌یافته در فرآیند مهندسی ارزش یک روش به نسبت ساده است که بر یک شالوده قوی تئوریک قرار گرفته و در عین حال کارآیی آن در عمل به اثبات رسیده است. روند برنامه کار مهندسی ارزش در جدول (۱) ارائه شده است.

پیش مطالعه
جمع آوری نیازها و خواسته های کارفرما
تهیه مجموعه اطلاعاتی
تعیین فاکتورهای ارزیابی
تعیین محدوده مطالعه ارزش
تعیین مدل داده‌ها
تعیین افراد و نحوه اداره گروه

مطالعه ارزش
فاز اطلاعات
تکمیل مجموعه اطلاعات
تصحیح محدودهٔ مطالعات
فاز تحلیل کارکرد
تعریف کارکردها
دسته‌بندی کارکردها
تهیه مدل‌های کارکردی
تعیین بهای کارکردها
تعیین هزینه کارکردها
تعیین شاخص ارزش
تعیین کارکردهای مناسب برای مطالعه
فاز خلاقیت
تهیه تعداد زیادی ایده مرتبط با کارکردها
فاز ارزیابی
مرتب‌سازی و امتیازدهی به ایده‌ها
انتخاب ایده‌های مناسب جهت توسعه
فاز توسعه
تهیه مدل سود
تکمیل مجموعه اطلاعات فنی
تهیه طرح اجرایی
تهیه پیشنهادیه نهایی
فاز ارائه
ارائه گزارش شفاهی
تهیه گزارش مکتوب

تصمیم‌گیری برای اجرا

پس مطالعه
تکمیل تغییرات
اجرای تغییرات
نظارت بر تغییرات و شرایط

جدول (۱) روند برنامه کار مهندسی ارزش

تجارب مطالعات ارزش:

در بررسی مطالعات مختلف مهندسی ارزش موارد ذیل قابل توجه است:

- انجام مطالعات در مرحله طراحی (خصوصاً انتهای مرحله طراحی اولیه) اثرات و صرفه‌جویی‌های قابل توجهی را به همراه داشته است.
- ایده‌هایی ساده در پی دیدگاه کلان و جامع با اثرات بسیار زیاد، در مطالعات مهندسی ارزش کم نیستند.
- در نظر گرفتن هزینه‌های طول عمر پروژه در مطالعات، از اهمیت زیادی برخوردار است.
- ترکیب ایده‌ها با هم موجب مضاعف‌شدن اثرات و ایجاد نتایج قابل توجه شده‌اند.
- برخی از ایده‌ها ممکن است بطور مستقیم و به تنهایی موجب افزایش هزینه شوند، ولی افزایش چندبرابری کارکردها را در بر داشته باشند.
- برخی از ایده‌ها ممکن است افزایش حجم عملیات را در بر داشته باشند ولی بطور غیر مستقیم موجب کاهش هزینه‌ها شوند.
- در بعضی موارد یک ایده، بخش اعظم صرفه‌جویی‌ها را به خود اختصاص داده است.
- مطالعاتی وجود دارند که در آنها برخی ایده‌ها یا گزینه‌ها موجب کاهش برخی کارکردها شده‌اند، ولی اثرات دیگر آنها شامل صرفه‌جویی‌ها، ایمنی و ... در آنها افزایش یافته است.
- در برخی پروژه‌های بزرگ چند مطالعه مهندسی ارزش در طول پروژه بایستی انجام شود.
- کارگاه مطالعات مهندسی ارزش در ۳ تا ۵ روز برگزار می‌گردد، ولی مقدمات و جمع‌بندی و آماده‌سازی ارائه، تا تصویب نهایی ممکن است به دو تا سه ماه بیانجامد.
- انجام مطالعات در مراحل پایان طراحی و حتی در مرحله اجرا نیز در کشورهای پیشرفته انجام شده است، ولی صرفه‌جویی‌های کمتری حاصل کرده است.
- در ایران به‌دلیل مشکلات پروژه‌ها مرحله اجرا، مطالعات مهندسی ارزش زیادی در این مرحله انجام شده و حتی صرفه‌جویی‌های خوبی را در برداشته است.
- با وجود ارزش‌های ضعیف در پروژه‌های کشور، صرفه‌جویی‌های بسیار قابل توجه در مطالعات مهندسی ارزش حتی در مرحله اجرای پروژه‌ها شاهد هستیم. این صرفه‌جویی‌ها به بیش از ۵۰ درصد هزینه پروژه‌ها هم رسیده است.
- مطالعات مهندسی ارزش در کشور نشان داده‌اند که در افزایش ایمنی بسیار موثر بوده‌اند.

- تعداد ایده‌ها می‌تواند از چند ایده تا چند صد ایده متغیر باشد. تعداد زیاد ایده‌ها بدون توجه به کیفیت و اجرایی‌بودن آنها در ابتدای امر (فاز ایده‌پردازی)، از مزیت‌ها و توانایی‌های مهندسی ارزش است.
- مطالعات مهندسی ارزش معمولاً می‌تواند به طرح پیشنهادها و توصیه‌هایی برای حذف ۱۰٪ تا ۳۰٪ از هزینه ساخت پروژه بیانجامد. در حالی که هزینه مهندسی ارزش (شامل هرگونه طراحی دوباره) معمولاً درصد بسیار کمی از میزان صرفه‌جویی انجام شده است.
- با این که مطالعات ارزش زمان بهینه خاصی دارد (در صورت یکبار اعمال، در ۴۰-۳۰ درصد طراحی) پروژه‌هایی که به نظر می‌رسد پتانسیل و امکان کاهش هزینه دارند. حتی پس از تکمیل طراحی نیز مورد بازنگری مهندسی ارزش قرار می‌گیرند.
- موارد متعددی از صرفه‌جویی بیش از میزان معمول گزارش شده است. این موارد لزوماً به دلیل ضعف مشاور طراح اولیه نبوده است، بلکه نتیجه منطقی هم‌افزایی، پیشرفت تکنولوژی، کار تیمی و استفاده از ایده‌های درخشان و نو به شمار می‌رود.
- مهندسی ارزش، کاهش هزینه، بازنگری انتقادآمیز و یا صرفاً بازنگری ساخت‌پذیری نیست، بلکه ابزار تعریف و حل مساله است.

مطالعه موردی: مهندسی ارزش سرریز سد آجی‌چای

مطالعه مهندسی ارزش سرریز سد ونیار از پروژه های پیشاهنگ مهندسی ارزش در ایران محسوب می شود و علیرغم اینکه مطالعه فوق در فاز اجرای پروژه به انجام رسید، منافع و صرفه جویی های حاصل بسیار قابل ملاحظه می باشد. پیشنهادهای خلاقانه در جریان این مطالعه موجب حل تضاد میان ایمنی و اقتصاد گردید. در جریان مطالعات مهندسی ارزش سد شهید مدنی در نزدیکی تبریز در فاز خلاقیت، ایده کاهش مخزن تراز اولیه و بکارگیری منحنی فرمان در بهار مطرح گردید. در فاز توسعه مشخص گردید که اعمال این ایده و فرض اختصاص حدود ۳۵ درصد حجم مخزن به کنترل سیلاب در بهار در سال‌های پربارش موجب کاهش حجم تنظیمی مخزن نمی‌گردد. از طرف دیگر با توجه به اینکه مسائل کیفی آب از دغدغه‌های جدی این پروژه است، مانور فصلی، رهاسازی آب با کیفیت نامطلوب و ذخیره ورودی با کیفیت بهتر می‌تواند موجب بهبود کیفیت آب مخزن گردد. بعلاوه افزایش ایمنی در سیلاب‌ها در پایین دست و بالادست، کاهش ابعاد سرریز و حوضچه آرامش، کاهش خسارات مخزن و تاخیر در عبور پیک سیلاب از مخزن از نتایج دیگر این ایده می‌باشد.

شکل () کارگاه مهندسی ارزش سرریز سد آجی‌چای

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در تاریخ مدون چند هزار ساله بشر، درصد قابل ملاحظه‌ای از منابع طبیعی تجدیدناپذیر که طی میلیون‌ها سال شکل گرفته بود در قرن بیستم مصرف شده است. بدون شک روند استفاده اسراف‌گرایانه بشر از منابع طبیعی تجدیدناپذیر نمی‌تواند مشابه قبل ادامه یابد. از طرف دیکر درصد قابل ملاحظه ای از جمعیت جهان در در وضعیت غیرقابل تصوری زندگی می‌کنند و بر طبق پیش‌بینی ها، در قرن ۲۱ سه تا ۵ میلیارد نفر به جمعیت کره زمین افزوده می شود. با توجه به پیشرفت‌های فن‌آوری در همه زمینه‌ها می‌توان در نیمه دوم قرن بیست و یکم و با شروع روند کاهش جمعیت، امید داشت که حداقل رفاه قابل قبول برای آحاد بشریت فراهم شده باشد ولی گذار از این قرن از دیدگاه رنج و درد انسانی می‌تواند بسیار پرهزینه باشد. دراین میان و در مقابله با چالش‌های بشر در قرن ۲۱، بنظر می‌رسد توسعه انسان محور و جهش‌های فنی- علمی تنها نقطه امید باشد. در این چهارچوب با توجه با تاریخچه توسعه مدیریت ارزش امید می‌رود که این متدولوژی بتواند در این جهت نقش موثر و کارآیی ایفا نماید. از مهمترین دلایل کارایی مهندسی ارزش در حل مشکلات هزاره سوم را می‌توان به تبدیل افزایش جمعیت از یک تهدید به یک فرصت، تکیه بر خلاقیت که پتاسیل غیر قابل تصوری را در حل مشکلات بدست می‌دهد، آغاز چرخه انسان – منابع – انسان کارآتر، کاربرد در کلیه زمینه ها و ایجاد انگیزه و محیط برای ارتقای نیروی انسانی اشاره نمود.

منابع و مراجع

۱. اسبورن، الکس، اس، پرورش استعداد همگانی ابداع و خلاقیت، ترجمه حسن قاسم زاده، چاپ دوم، انتشارات نیلوفر.

۲. آقایی فیشانی، تیمور (۱۳۷۷) ، خلاقیت و نوآوری در انسانها و سازمان‌ها، انتشارات ترمه.

۳. امامی، کامران و همکاران (۱۳۸۳) ، تراز اولیه مخزن در روند سیلاب‌های طراحی رودخانه‌های برفی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران – انتشارات دانشگاه تهران.

۴. امامی،کامران، مهندسی ارزش و چالش‌های عظیم بشر در قرن بیست و یکم، طرح پیاده‌سازی مهندسی ارزش در وزرات راه و ترابری (ماورا) (در حال چاپ)

۵. امامی کامران و همکاران (۱۳۸۴)، مطالعات مهندسی ارزش سرریز سد شهید مدنی، مجموعه مقالات همایش طرح آجی‌چای اردیبهشت..

۶. امامی کامران (۱۳۸۵)، تقدم عمل بر تئوری در توسعه و تکامل مهندسی ارزش. مجموعه مقالات، کنفرانس بین‌المللی استراتژی‌ها و تکنیک‌های حل مسأله.

۷. امامی کامران (۱۳۸۶)، هم‌افزایی روشهای نوین مدیریت ساخت در پروژه‌های آبی، مجموعه مقالات دومین کنفرانس تجربه‌های ساخت تاسیسات آبی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

۸. امامی، کامران، عابدی، فتانه (۱۳۸۴) "رسالت آموزشی راهبر در کارگاه مهندسی ارزش"، مجموع مقالات اولین همایش مهندسی ارزش در حمل و نقل"

۹. انجمن مقامات بزرگره‌های آمریکا (آشتو) (۱۳۸۴) "پیاده‌سازی مهندسی ارزش "، مترجمان کامران و کورش امامی، پروژه پیاده سازی برنامه ریزی ارزش در وزارت راه و ترابری.

۱۰. تری مایکل (۱۳۸۳)، مدیریت ارزش، ترجمه شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس.

۱۱. رضوی مهدی و همکاران (۱۳۸۴)، "مطالعات مهندسی ارزش پست ۴۰۰/۲۳۰/۶۳ کیلو ولت سعادت آباد، تجربه ای تکرار پذیر"، مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش.

۱۲. کریمی محمود (۱۳۸۴)، بهبود بی تردید، موسسه خدمات فرهنگی رسا. »

۱۳. مهندسان مشاور کریت‌کارا، کتاب کار دوره‌ی آموزشی سطح یک.

14. Brown James (1992), "Value Engineering, a blue print", Industrial Press, Inc.
15. Emami, K., et al. (2003), "Value Engineering of Marun Regulating dam in Iran", Proceeding of International Symposium of Rolled Compacted Concrete dams, Madrid, Spain, PP139-145.
16. Emami, K., et al. (2005), "Creative Harmony with Floodwaters by Value Engineering", Proceeding of Kuwait First International Conference of Value Engineering.
17. Emami, K., et al. (2005), " MAVARA, the first value Engineering Program in Iran", Proceeding of Kuwait First International Conference of Value Engineering

18. Emami, K., et al. (2005), " The Great Saving of 3 Value Engineering study of Marun Regulating dam in Iran"، Proceeding of Kuwait First International Conference of Value Engineering.
19. Emami, K., et al. (2005), " Walk on Value Engineering Methodology to 1200:1 return on investment ", Proceeding of Kuwait First International Conference of Value Engineering
20. Kettering, Charles, F. (1943)، "How can we develop inventors?", The AMSE, Annual Meeting Presentation.
21. Miles, Lawrence D. (1972), "Techniques of Value Analysis and Engineering", New York, McGraw-Hill Book Company.
22. Park, R (1999), "Value Engineering, a Plan for Invention", CRC Press.
23. USBR Value Engineering Guidance Handbook.
24. Zimmerman (1988), L.W., "Value Engineering, a practical approach for owners, designers and contractors", CBS Publishers.