



کاربردهای مهندسی ارزش در حمل و نقل

سید صادق خیاط اردستانی^۱ - امیر مسعود روحانی^۲

۱. کارشناس فنی شرکت مهندسی خدمات صنعتی ایران خودرو

۲. مسئول واحد نت تجهیزات تولیدی شرکت مهندسی خدمات صنعتی ایران خودرو sardestani@yahoo.com

چکیده

مهندسی ارزش^۱ به عنوان مرور سیستماتیک یک پروژه، محصول یا فرآیند جهت بهبود کارایی، کیفیت و/یا هزینه تمام شده توسط یک تیم مستقل متخصصین می باشد. تمرکز این روش بر روی توابع پروژه، محصول و/یا فرآیند که می بایست اجرا گردد، می باشد که آن را از دیگر روشهای مرتبط با بهبود کیفیت یا کاهش هزینه متمایز می سازد. هدف از این مقاله، خلاصه نمودن فعالیت های انجام پذیرفته در زمینه مهندسی ارزش در موسسات حمل و نقل بزرگراهی در آمریکا و کانادا می باشد. بسیاری از این موسسات از مهندسی ارزش در برنامه ریزی، طراحی و فازهای ساخت و اجرای پروژه های خود استفاده می نمایند. برخی موسسات نیز کاربرد مهندسی ارزش را گسترش داده و در زمینه استانداردها و فرآیندها نیز از آن بهره جسته اند.

سابقه بکارگیری مهندسی ارزش در آمریکا جهت بهبود پروژه های حمل و نقل بیش از ۳۰ سال می باشد. ابتدا مهندسی ارزش فقط در عملیات ساخت پروژه، در غالب پیشنهادهای تغییری مهندسی ارزش^۲ در راستای کاهش هزینه های کلی ساخت، بکار گرفته می شد. در حالیکه امروزه بسیاری از موسسات فعال در زمینه حمل و نقل دریافته اند، اگر از مهندسی ارزش در مراحل اولیه شکل گیری پروژه استفاده شود، سود بیشتری حاصل خواهد گردید. از مهندسی ارزش می توان در زمینه تعیین هدف پروژه، اخذ تصمیمات موثر، افزایش کارایی و کیفیت پروژه، متعادل نمودن اهداف پروژه و مدیریت انتظارات موسسه نیز استفاده نمود.

در این مقاله نگاهی به موسسات حمل و نقل منتخب و شهرداری های آمریکای شمالی شده است. به علاوه، اطلاعاتی در خصوص هر موسسه شامل سیاست مهندسی ارزش، کاربردها، انتخاب پروژه، اهداف اجرا، آمادگی صنعت و فرصتهای آینده جهت ارزیابی فعالیت های جاری در زمینه مهندسی ارزش، فرصت ها و چالش های موجود، جمع آوری گردیده است.

در این مقاله تجارب ۵۰ شرکت که در زمینه مهندسی ارزش در حمل و نقل در آمریکا و کانادا فعالیت نموده اند، آورده شده است. دیده شده است که در موسساتی که نتایج مناسبی حاصل از بکارگیری مهندسی ارزش بدست آورده اند، مهندسی ارزش در تمامی سطوح پرسنل به خوبی تعریف و تفهیم شده است. دانش و تجربه رهبر تیم و متخصصین به عنوان نکته کلیدی جهت موفقیت برنامه مهندسی ارزش می باشد، بنابراین آموزش جهت بکارگیری مهندسی ارزش ضروری به نظر می رسد. مشاهده گردیده است که مهندسی ارزش به عنوان روشی موثر بمنظور بهبود اجرای پروژه و/یا کاهش هزینه های غیرضروری بوده است. همچنین بکارگیری مهندسی ارزش در صورتی بر اجرا، کیفیت و هزینه پروژه تاثیر بیشتری خواهد داشت که از زمان برنامه ریزی اولیه برای پروژه بکار گرفته شود.

¹ Value Engineering

² Value Engineering Change Proposals



واژه های کلیدی: مهندسی ارزش، حمل و نقل، کاهش هزینه، بهبود کیفیت، برنامه ریزی، طراحی، اجرا. معرفی مهندسی ارزش

مهندسی ارزش^۱، تلاشی است سازمان یافته که با هدف بررسی و تحلیل تمام فعالیتهای 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.

مهندسی ارزش در چهارچوب مدیریت پروژه، ضمن اینکه به تمام اجزای طرح توجه می کند، هیچ بخشی از کار را قطعی و مسلم نمی داند. هدف مهندسی ارزش، زمان کمتر برای رسیدن به مرحله بهره برداری بدون افزودن بر هزینه ها یا کاستن از کیفیت کار است. افزایش پیوسته هزینه های اجرایی و توسعه روز افزون فن آوری، حذف آن بخش از هزینه ها را که نقشی در ارتقای کیفیت ندارند و از لحاظ اجرایی نیز غیر ضروری می باشند، الزامی ساخته است. به کارگیری مهندسی ارزش در پروژه های اجرایی با توجه به پیچیدگی کارها به ویژه در طرحهای بزرگ اجرایی، می تواند به ابزار بی چون و چرای مدیریت در کنترل هزینه ها تبدیل شود. هدف این روش، از میان برداشتن یا اصلاح هر چیزی است که موجب تحمیل هزینه های غیر ضروری می شود، بدون آنکه آسیبی به کارکردهای اصلی و اساسی طرح وارد آید. مهندسی ارزش، مجموعه ای متشکل از چندین روش فنی است که با بازنگری و تحلیل اجزای کار، قادر خواهد بود، اجرای کامل طرح را با کمترین هزینه و زمان تحقق بخشد. هزینه طرح در این مقوله نه فقط هزینه های طراحی و اجرا بلکه هزینه های مالکیت شامل بهره برداری، نگهداری و تعمیر و هزینه های مصرف در سراسر دوره عمر مفید طرح را نیز شامل می شود. روشهای مهندسی ارزش می تواند موجب اصلاح و ارتقای کیفیت فرآیندهای تولید صنعتی و انجام طراحی های جدید در هر مرحله از یک پروژه اجرایی گردد. برخلاف آنچه که در صنایع تولیدی مرسوم است و می توان یک روش اصلاحی را همواره در مراحل بعدی تولید یک محصول خاص نیز اجرا کرد، در پروژه های ساختمانی که هر سازه دارای شرایط ویژه ای است، حدود به کارگیری یک روش اصلاحی مهندسی ارزش، محدود به همان پروژه است. گذشته از این، امکانات صرفه جویی در هزینه های یک پروژه اجرایی نیز در مراحل مختلف آن تفاوتی بسیار پیدا می کند. با آنکه روش مهندسی ارزش را می توان در تمام مراحل یک پروژه اجرایی به کار گرفت، بیشترین مزایای آن زمانی حاصل می شود که در نخستین مراحل برنامه ریزی و طراحی به کار گرفته شود. نوآوری و جنبه های کاربردی مهندسی ارزش، این روش را از روشهای سنتی و متعارف کاهش هزینه ها، متمایز می گرداند. روشهای سنتی کاهش هزینه ها، عموماً از تجربیات گذشته، نگرشها و عاداتی که جنبه تکرار به خود گرفته است، تبعیت می کند و اثری از خلاقیت در آنها دیده نمی شود. مهندسی ارزش برعکس، اطلاعات، شناسایی عرصه های مشکل دار، پیشنهاد و تدوین روشها و طرحهای ابتکاری، پرورش اندیشه های نو و تلفیق همه جانبه دیدگاههایی را که قرار است توصیه شود، مطرح می سازد. از سال ۱۹۶۱ که لارنس مایلز در کتاب روش های فنی تحلیل و مهندسی ارزش، تحلیل ارزش را همچون دیدگاهی خلاق و سازمان یافته در جهت شناسایی و حذف هزینه های غیر ضروری، تعریف کرد تا سال ۱۹۹۵ که ساکسنا و کریشان کتاب مهندسی ارزش در مدیریت پروژه^۲ را منتشر نمودند، مهندسی ارزش به صورت یک روش فنی پذیرفته شده در فعالیتهای طراحی و اجرایی در بیشتر کشورها تثبیت گردید و رسمیت یافت، به طوری که بسیاری از دست اندرکاران عرصه های اجرایی به ویژه طراحان، پیمانکاران و کارفرمایان با مفاهیم و روش های فنی مهندسی ارزش آشنا شدند.

¹ Value Engineering (VE)



سیر تاریخی مهندسی ارزش

"تحلیل ارزش" به صورت یک روش فنی ویژه، در سال های پس از جنگ جهانی دوم صورت گرفت. کار طراحی و تدوین این روش به دستور هنری ارلیچر^۱ معاون فنی بخش خرید های شرکت جنرال الکتریک آغاز شد. وی معتقد بود که برخی از مواد و مصالح و طرحهای جایگزین، که به طور ضروری و به علت کمبود های زمان جنگ به کار گرفته می شدند دارای عملکرد بهتر با هزینه کمتر هستند. به دستور او در داخل شرکت و به منظور ارتقای کارایی تولید از طریق تامین مواد، مصالح و روشهای جایگزین برای مواد و مصالح پرهزینه، کوشش همه جانبه ای به عمل آمد. در سال ۱۹۴۷ این وظیفه برعهده لارنس مایلز^۲ مهندس ارشد شرکت جنرال الکتریک نهاده شد. مایلز در مورد روش ها و فنون موجود به پژوهش پرداخت و از برخی روشهای مرسوم به صورت تلفیقی با روش مرحله به مرحله خویش برای تحلیل ارزش بهره گرفت. مایلز که مبتکر و بنیانگذار مهندسی ارزش به شمار می رود، یک روش رسمی را به اجرا درآورد که در جریان آن چندین گروه از کارکنان شرکت، عملکرد محصولات تولیدی شرکت جنرال الکتریک را بررسی میکردند. آنان به اتکای روشهای خلاق گروهی و بدون افت کارایی محصول، تغییراتی در محصولات شرکت بوجود آوردند و هزینه های تولید را کاهش دادند. روش "تحلیل ارزش" به عنوان یک استاندارد در شرکت جنرال الکتریک پذیرفته شد و به تدریج شرکت های دیگر و برخی سازمان های دولتی نیز این روش جدید را به عنوان ابزاری برای کاستن از هزینه های خود به کار بستند. نتیجه این شد که روش و تکنیک "مهندس ارزش" به وجود آمد.

برنامه کاری مهندسی ارزش

برنامه کاری مهندسی ارزش آرایه ای از رویکردها و عملکرد لازم برای بدست آوردن جواب بهتر و موثرتر برای مساله می باشد. برنامه مهندسی ارزش شامل هفت فاز به شرح ذیل می باشد:

- فاز عمومی
- فاز اطلاعات
- فاز عملکرد
- فاز خلاقیت
- فاز ارزیابی
- فاز بررسی و توسعه
- فاز توصیه

در طول فاز عمومی روند را با سازمان دهی نیروی کار، مشخص نمودن تصمیم گیرنده، انتخاب محدوده کار، تخصیص عملکرد به هر کدام از اجزاء و جهت دهی به کار گروهی سازمان داده میشود. در فاز اطلاعات مساله به اشکال خاص تجزیه می شود. از کلی گویی پرهیز می گردد. تمامی اطلاعات مربوط بطور دقیق ومعنی دار جمع آوری می شود تا در تصمیم گیری کمک نماید.

¹ Henry Erlicher

² Lawrence D.Miles



فاز عملکرد مشتمل بر کلیه تلاش‌هایی است که برای ارزش صورت می‌گیرد. عملکردهای اصلی و فرعی تعریف می‌شوند. عمل در ترکیب دو کلمه فعل و اسم بیان می‌گردد. اولی بیانگر عملی است که جزء مورد نظر انجام می‌دهد و اسم بیانگر شیء مورد عمل و یا آن چیزی است که عمل روی آن صورت می‌گیرد. در فاز خلاقیت، روشهای خلق ایده‌های جدید بکارگرفته می‌شود. این روش برای خلق انبوهی از ایده‌ها در رابطه با محصولات، فرآیندها، روش‌ها و غیره برای رسیدن به عملکرد و یا عملکردهای تعریف شده بکار می‌رود. در فاز ارزیابی، ذهن قضاوت‌گرا به فعالیت وادار میشود. عقاید و ایده‌هایی که در فاز خلاقیت ایجاد گردید تصفیه، اصلاح و ترکیب میگردد تا پیشنهاد مورد نظر حاصل شود. ایده‌های خلاق که در بالا تصفیه، ارزیابی و مقایسه شد، در فاز تحقیق و بررسی در معرض تجدید نظر قرار می‌گیرند. با کمک گرفتن از مشاورین صنعتی استفاده از استانداردهای ملی که مورد استفاده قرار می‌گیرد منجر به راه‌حلهای منطقی، عملی با هزینه پائین می‌گردد. در فاز اجرا جنبه‌هایی از قبیل چه چیز احتیاج است؟ (منابع، بودجه، زمان، افراد، کمک و غیره) مورد نظر قرار گرفته و پس از تایید تصمیم‌گیرنده مراحل اجرایی آغاز می‌شود.

روش‌های مورد استفاده در مهندسی ارزش

با مطالعاتی که درباره مهندسی ارزش بعمل آمده است حدود بیست و چهار روش در ضمن فرآیند بکارگرفته می‌شود. شرایط برنامه‌کاری و روش‌ها همگی بمنظور بهبود ارزش برای یک جزء، محصول و یا یک پروژه بکارگرفته می‌شود. سرفصل روشها به قرار زیر می‌باشد:

- از روابط انسانی خوب بهره بگیرید.
- از کلی‌کویی پرهیز کنید.
- بر موانع فائق آیید.
- قضاوت منطقی خوب بکار ببرید.
- کار گروهی را حمایت کنید.
- از حقایق مطمئن شوید.
- بطور سازنده هر چیز را مورد سوال قرار دهید.
- هزینه‌ها را تعیین کنید.
- ارزش پولی برای تمامی مشخصات، اتصالات و سایر موارد تکمیلی تعیین کنید.
- عملکرد را تعریف و طبقه بندی کنید.
- ذهن خود را فعال کنید.
- ساده سازی کنید.
- ایده‌ها را ترکیب و تصفیه کنید.
- برای تمامی ایده‌ها هزینه در نظر بگیرید.
- عملکردهای جایگزین را مشخص کنید.
- از استانداردها استفاده کنید.
- با متخصصین، فروشندگان، مشتریان و غیره مشاوره کنید.
- از محصولات، فرآیندها و رویه‌های خاص استفاده کنید.



- با استفاده از روش مقایسه ای ارزیابی کنید.
- پول را آنچنان خرج کنید که انگار پول خودتان است.
- جواب ها را با اطلاعات کافی برای تصمیم گیری ارایه دهید.
- در صورت امکان دو راه حل ارائه دهید.
- با استفاده از ممیزیهای مستقل، صرفه جوئیهای قابل پیش بینی را بررسی کنید.
- به کمک های انجام شده اعتراف کنید.

تعاریف و توصیف های مرتبط با مهندسی ارزش

مهندسی ارزش را بازنگری خلاق و سازمان یافته ارزشها^۱ و هزینهها^۲ به منظور بیشینه کردن شاخص ارزش (کارکرد به هزینه^۳) تعریف نموده اند. هدف مهندسی ارزش از میان برداشتن یا اصلاح هر عاملی است که موجب تحمیل هزینه های غیر ضروری می شود، بی آنکه آسیبی به کارکردهای اصلی و اساسی سیستم وارد آید. دستور کار مهندسی ارزش، بهبود مداوم طراحی و اجرا است. مهندسی ارزش صرفاً برنامه ای برای کاهش هزینه ها نیست، بلکه روشی برای حداکثر نمودن ارزش طرح ها می باشد، زیرا در بعضی موارد، کارفرما خواستار سهولت بهره برداری و کاهش هزینه ها به قیمت افزایش هزینه های مطالعاتی، طراحی و ساخت است. مهندسی ارزش با بررسی دقیق کارکرد اجزا و یافتن روش های جدیدتر و بهتر، به انجام دادن بهتر کارها کمک می کند. مهندسی ارزش تکنیکی مؤثر برای کاهش هزینه ها، افزایش سودآوری و بهره وری، بهبود کیفیت بدون کاستن از جاذبه های ظاهری و جلوگیری از تاثیر سوء بر محیط زیست است. مهندسی ارزش به کارفرما اطمینان می دهد که پروژه ها می توانند با بازدهی بیشتر انجام شوند. روش های مهندسی ارزش می تواند موجب اصلاح و ارتقاء کیفیت محصولات یا روش ها یا فرآیندهای تولید و انجام طراحی های جدید در هر مرحله از مراحل اجرایی یک پروژه شود. مهندسی ارزش یا تحلیل ارزش یک تکنولوژی مدیریتی است که در پی برقراری توازن عملی میان هزینه، قابلیت اطمینان و عملکرد در یک محصول، خدمت، پروژه، فرآیند یا اجزای هر یک از آنها است.

توصیه های مهندسی ارزش

- هزینه های تمام طول عمر پروژه را مد نظر قرار دهید نه فقط مقطعی از آن را شاخص ارزش (کارکرد به هزینه) سیستم یا زیرسیستم مورد نظر را بالا ببرید.
- تاثیر هر پیشنهاد مهندسی ارزش را در صورت جوابگوئی به عملکرد از نقطه نظر زمان، هزینه و کیفیت تحلیل نموده و گزارش کنید.
- در برنامه های مهندسی ارزش، نیازهای تصریح شده، تلویحی و تکوینی را مورد توجه قرار دهید.
- برای خلاقیت ذهنی طرفهای ذیربط و ذینفع احترام قائل شوید و برای بروز آن، فضای مناسب ایجاد کنید.
- رای نهایی از آن کارفرما است، آن را بپذیرید.

¹ Values
² Costs
³ Function/Cost



- مهندسی ارزش می تواند حلال مشکلات باشد، به شرط آنکه از طریق نظام طراحی، منسجم و تحت کنترل باشد و با مستندات شفاف و یکپارچه‌ای پشتیبانی شود.
- بکارگیری مهندسی ارزش با استفاده از تحلیل کارکرد عوامل و محصولات معمولاً توسط یک گروه آموزش دیده و متخصص به نام گروه مهندسی ارزش صورت می‌گیرد.
- گروه مهندسی ارزش مستقل از گروه طراحی است.
- متخصصین مهندسی ارزش در زمینه تحلیل پروژه‌ها از دیدگاه هزینه / کارکرد آموزش دیده‌اند.
- گروه مهندسی ارزش با استفاده از دیدگاه هزینه / کارکرد به دنبال گزینه‌های طراحی هستند که واجد بهبود در زمینه عملکرد، هزینه‌های ساخت و برپایی و هزینه‌های طول عمر پروژه باشند.
- گروه مهندسی ارزش، همچنین نقطه نظرات خود را در زمینه بهبود روشهای ساخت یا زمانبندی اجرا، که بر بهینه‌سازی بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات مؤثر است به کارفرما ارائه می‌کند.

اصول بنیادی مهندسی ارزش

آنچه از تجربیات اجرای مهندسی ارزش تا کنون حاصل شده است، کشف و تدوین برخی مفاهیم و اصول بنیادی است که اساس رشد و تکامل روشهای مهندسی ارزش قرار گرفته است. این اصول بنیادی عبارتند از:

- ۱- بهره‌گیری از کارشناسان چند تخصصی برای اعمال تغییرات.
 - ۲- تکمیل تدریجی تغییرات از طریق مطالعه و بررسی عینی کار.
 - ۳- بهره‌گیری از یک منطق اساسی برای طرح پرسش‌ها.
 - ۴- برنامه‌ریزی انجام کار.
- در طی چندین سال، روشهای فنی مهندسی ارزش همانند عرصه‌های به کارگیری آن، گسترش پیدا کرد. امروزه تحلیل یا مهندسی ارزش، رشته‌ای شناخته شده برای ارتقای ارزش تولیدات یا خدمات به شمار می‌رود. فرآیند مهندسی ارزش، فرآیندی منطقی و ساختار یافته است که در آن از یک گروه کارشناس چند تخصصی برای هدفهای زیر استفاده می‌شود:
- ۱- انتخاب پروژه یا محصول مناسب برای تحلیل با توجه به زمان صرف شده برای مطالعه.
 - ۲- مشخص کردن و اندازه‌گیری کردن ارزش جاری یک پروژه و محصول یا اجزای تشکیل دهنده آن با توجه به عملکردهایی که نیازها، هدفها و خواستههای یک پروژه را برآورد می‌سازد.
 - ۳- تدوین و ارزیابی گزینه‌های جدید برای تخمین یا ارتقای کیفیت بخشهای وابسته با هزینه کمتر.
 - ۴- انطباق گزینه جدید با بهترین راه عملی کردن آن.
- گروه مهندسی ارزش از طراحان، پیمانکاران، تحلیل‌گران ارزش و کارفرمای یک پروژه اجرایی تشکیل می‌شود. این گروه گرچه در کنار یکدیگر و در پروژه‌ای واحد کار نمی‌کنند اما از لحاظ موضوع به یکدیگر مربوط بوده و با زمینه‌های تخصصی مجموعه نیز آشنایی دارند.

نقش گروه طراحی در به کارگیری موفقیت آمیز تحلیل ارزش، بسیار مهم است، زیرا بیشتر دست اندرکاران عرصه اجرایی بطور کامل به توانایی مهندسی ارزش پی نبرده‌اند و به بهره‌گیری عملی از روشهای فنی این تحلیل نپرداخته‌اند. تحلیل‌گر ارزش باید راههای متعادل سازی گروه را دریابد و با آنان همفکری و همدلی کند تا اعضای مجموعه به تفکر مهندسی ارزش نزدیک شوند. تحلیل‌گر ارزش باید با فراهم آوردن فرصت لازم برای یکایک افراد مجموعه، امکان ارائه دیدگاههای آنان را میسر سازد تا افراد بدون نگرانی از اینکه ممکن است اظهار نظر آنها چندان



فنی و عملی نباشد، دیدگاههای خود را مطرح نمایند. گاهی بهترین و ارزان ترین راه حل ها از پیشنهادهای و دیدگاههایی که به نظر کم ارزش و سطحی می آیند، حاصل می شود.

مهندسان مشاور در جریان طراحی و پس از ارائه طرح به سختی می پذیرند که ارزش داوری را که برای کار خود قایلند ممکن است با روشهای فنی و عملی که گروه تحلیل ارزش ارائه می دهد، ناسازگاری داشته باشد. حال آنکه مشاور و طراح هر چند که باید از بیشترین داده ها و آمار موجود در طراحی خود استفاده کنند باز ممکن است به دلایلی، دسترسی به کلیه اطلاعات مورد نیاز برای تهیه مناسب ترین طرح را نداشته باشند. گذشته از این، بیشترین اشکالات و نارسایی های طراحی در مرحله اجرا پیش می آید، در مرحله ای که باز شدن جنبه های مختلف کاری عوارض پنهان و ناشناخته کار را آشکار می سازد و شرایط جدیدی را به طرح تحمیل می نماید.

مهندس مشاور باید ظرفیت پذیرش مهندسی ارزش را با ارزش های داوری خود داشته باشد و تغییرات را به راحتی بپذیرد و تحمیل شرایط مهندسی ارزش را توهینی به مقام تخصصی خود تلقی ننماید.

پیمانکاران، تقریباً همواره در حین اجرا با مسائل و مشکلات تازه ای روبرو می شوند که لزوم تغییرات در طراحی یا حتی بازنگری طراحی ضرورت می یابد با آنکه بیشترین موارد به کارگیری روشهای فنی تحلیل ارزش، در مرحله اجرا انجام می شود، باید پذیرفت که موفقیت کامل این کار به توانایی پیمانکاران مجرب برای مشارکت در تحلیل ارزش بستگی دارد. یکی از مشکلات کنونی در عرصه اجرایی، دوگانگی بین طراحی و اجرا است. به رسمیت شناختن توانایی های مدیر یا سرپرست کارگاه می تواند به کارگیری روشهای تحلیل ارزش را تضمین نماید.

کارفرما مهم ترین و اصلی ترین جنبه مشارکت کار را در حلقه تحلیل ارزش به عهده دارد. پشتیبانی فعالانه کارفرما، ضامن موفقیت و مؤثر واقع شدن کار است. کارفرما برای آنکه تمایل لازم را برای انجام این پشتیبانی پیدا کند، باید با مسئولیت های مجموعه تحلیل ارزش و حدود آن مسئولیتها در چهارچوب ساختار حق الزحمه ای موافقت نامه طرح، آشنا باشد. با توجه به اینکه بیش از ۵۰ درصد از کل بودجه برنامه ریزی شده بیشتر کشورها صرف کارهای اجرایی می شود، از این رو مجریان طرحها و پروژه ها، متحمل هزینه های بس سنگینی می شوند. محدودیتهای مالی و قیمت های اجرایی که هر روز افزایش می یابند، بازگشت ارزش کامل پولی را که کارفرما هزینه می نماید و باید به دور از هر گونه هزینه های غیر ضروری باشد، به طور جدی مطرح ساخته است.

مهندسی ارزش یکی از ابزارهای مؤثر برای دستیابی به اجرای طرحها با کمترین هزینه، همراه با اطمینان بخشی طرح، سودمندی، قابلیت نگهداری و تعمیر و حفظ جنبه های زیبایی کار است.

مهندسی ارزش چون موجب کاهش هزینه های اجرایی و صرفه جویی در هزینه ها می شود، از این رو کارفرمایان تمایل دارند تا با پرداخت حق الزحمه جداگانه ای به تحلیل گران ارزش، همواره از حضور و تداوم فعالیت گروه تحلیلی گر ارزش در کنار خود، بهره مند باشند.

مشخصات برنامه های مهندسی ارزش در این تحقیق

در آمریکا بر اساس قانون FHWA¹ تمام موسسات حمل و نقل دولتی ملزم به بکارگیری و ارتقاء برنامه مهندسی ارزش (VE)² می باشند. لذا گستره وسیعی از پروژه های مرتبط با VE مورد بررسی قرار گرفته اند.

¹ Federal Highway Administration (FHWA)

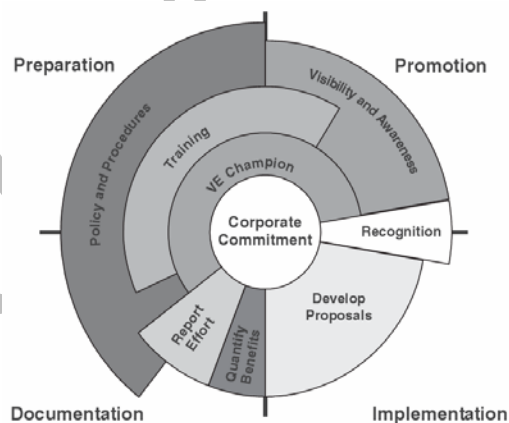
² Value Engineering (VE)



بمنظور اجرای موفقیت آمیز برنامه های VE نیازمند تامین سه عامل می باشیم: رهبری سطوح مشارکتی جهت اجراء، خط مشی یکسان در بنیان گذاری و تکامل VE، و قابلیت اندازه گیری به صورت مرکزی. دستیابی به موارد فوق نیازمند:

- آماده سازی سیاست ها و روش های انجام کار
- آموزش پرسنل
- تهیه برنامه قابل مشاهده و آگاهی دهنده
- ارائه پیشنهادهای مرتبط با نتایج حاصله از پروژه های معین
- گزارش تمامی تلاشهای انجام پذیرفته مربوط به برنامه
- تعیین کمی نتایج و فواید بدست آمده
- تشخیص موفقیت ها

بمنظور دستیابی به این موارد بایستی برنامه VE ارزش گذاری گردد تا اینکه آماده سازی لازم جهت ترویج، اجرا و مستند سازی فعالیت ها فراهم شود. تصمیم گیری مشارکتی به عنوان یک الزام اصلی در اجرای موفق برنامه VE می باشد. نکته قابل توجه این است که مدیریت ارشد نه تنها بایستی در پایه گذاری اولیه و نهادینه کردن برنامه VE نقش ایفا نماید بلکه باید به صورت کامل در نحوه اجرا و فعالیت های مربوط به برنامه VE مشارکت نماید. یک نکته مهم در خصوص اجرای برنامه VE، فراهم سازی بستر رقابت در برنامه VE می باشد. باید به گونه ای برنامه ریزی صورت پذیرد تا امکان ارتقاء برای افرادی که در دستیابی به موارد پیش بینی شده موفق عمل نموده اند، فراهم گردد که موضوع باعث اجرای موفقیت آمیز نهائی برنامه VE خواهد گردید. با عنایت به توضیحاتی که ارائه گردید، عناصر کلیدی برنامه VE در شکل ۱ نمایش داده شده اند.



شکل ۱: عناصر کلیدی برنامه VE

ایجاد انگیزه

اولین موارد انگیزشی در خصوص بکارگیری مهندسی ارزش در حوزه حمل و نقل، در قالب پیشنهادهای تغییرات مهندسی ارزش (VECP)¹ در اواسط دهه ۱۹۶۰ ایجاد گردید، که در آن زمان علم متدولوژی ارزش (VM)¹ در

¹ Value Engineering Change Proposals (VECP)



بین تمامی شرکتهای آمریکائی رایج گردیده بود. شانس تشخیص دادن پتانسیل کاهش هزینه ها حین عملیات برای موسسات حمل و نقل دولتی (STA)² مشخص شده بود، بطوریکه این پیشنهادات به صورت متناوب در قراردادهای آنها اضافه می گردید. زمانیکه VM در پروژه ها از فاز برنامه ریزی و طراحی بکار گرفته شد، مشخص گردید که VE به طور شگفت انگیزی بر هزینه ها و کارایی پروژه ها، محصولات و فرآیندها تاثیر گذار خواهد بود. کالترانس در سال ۱۹۶۹ هنگامیکه مشغول مذاکره با مهندسين صنايع نظامی آمریکا بود، با VE آشنا گردید. به همین منظور موسسه آنها به عنوان اولین حامی مهندسی ارزش در حوزه حمل و نقل مطرح می باشد. به تدریج این علاقه مندی به صورت رسمی به دیگر شرکت های فعال در زمینه حمل و نقل نیز گسترش یافت. مشارکت بیشتر FHWA در مهندسی ارزش در دهه ۱۹۷۰ باعث افزایش ایجاد انگیزه گردید. FHWA برای مدت ۲۰ سال STA ها را در بکارگیری مهندسی ارزش در پروژه ها ترغیب می کرد تا اینکه قانون فدرال در این خصوص به صورت رسمی ابلاغ گردید. AASHTO³ برای ارتقاء VE در سطح ملی از طریق حمایت مالی کنفرانس های مهندسی ارزش که ۲ بار در سال برگزار می گردد، با FHWA همکاری می نماید. کمیته تخصصی مهندسی ارزش AASHTO، نیز به صورت فعال به ارتقاء و ترویج VE در سطح بین المللی می پرداخت. به عنوان مثال، اخیرا این موسسه مسئولان و نمایندگان یکی از استانهای کانادا را بمنظور شرکت در کمیته تخصصی VE دعوت کرده است. به علاوه AASHTO در راستای ارتقاء و ترویج مهندسی ارزش همکاری تنگاتنگی با SAVE طی کنفرانس های سالیانه آن دارد. در سال ۱۹۹۷، این دو مجموعه به صورت مشترک، برنامه ای رقابتی را جهت تشخیص نتایج حاصل گردیده توسط شرکت ها در زمینه مهندسی ارزش را ترتیب داده اند. در آمریکای شمالی سالانه ۴ نوبت کنفرانس در زمینه مهندسی ارزش برگزار می گردد که سبب فراهم شدن زمینه مناسب جهت تبادل نظرات، نتایج و موفقیت ها در VE می گردد.

همانطور که بتانی در مقاله خود اشاره نموده است، اجرای موفقیت آمیز برنامه های VE نیازمند شناسایی و بهبود روش ها، همچنین ایجاد جذابیت بیشتر در بکارگیری VE و مشهود سازی فواید حاصله از آن برای مدیریت ارشد بوده، تا بتوان دامنه وسیعتری از مخاطبین را برای برنامه VE در نظر گرفت. بسیاری از موسسات از کارمندان داخلی خود به عنوان متخصصان VE استفاده می کنند. بر این اساس ایجاد شرایط ارتقاء VE در جذب اعضای تیم که پتانسیل آن را داشته باشند، کمک می کند.

شرکت های مختلف فعال در حوزه حمل و نقل، در راستای ارتقا VE، اخیرا فزاینده از مرزهایشان همکاری نموده اند و یک گروه کاری منحصر به فرد متشکل از کارمندانشان تشکیل داده اند.

آموزش و آگاهی

آموزش در مهندسی ارزش از طریق متخصصان حاضر در کنفرانسهای سالانه SAVE و همچنین از طریق موسسه ملی بزرگراهها امکان پذیر است. در حالی است که ۷۲٪ از شرکتهای مورد نظر یک سیاست رسمی در زمینه آموزش موسسه خود نداشته اند. ۲۲ موسسه با برنامه آموزشی در محل گزارش کرده اند که برنامه هایشان بیش از ۵ سال بکار گرفته شده و تا کنون ۱۲۰۰ نفر از کارکنان خود را از اوایل ۱۹۸۰ تا کنون آموزش دیده اند. ویرجینیا ۲۳۰۰ نفر را آموزش داده در حالیکه فلوریدا تنها ۵۰۰ نفر را آموزش داده است. نیوجرسی، اونتاریو و واشینگتن هرکدام

¹ Value Methodology (VM)

² State Transportation Agencies (STA)

³ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)



تقریباً ۳۵۰ نفر آموزش داده اند. در برخی مناطق دیگر نیز آموزشها فقط برای مدیران در نظر گرفته شده که مثلاً در آریزونا، میشیگان و نیویورک و کالیفرنیا شمالی، هر یک کمتر از ۲۰۰ نفر آموزش دیده اند. این تفاوت زیاد در تعداد پرسنل آموزش دیده بیانگر اندازه و آماده سازی موسسات حمل و نقل است. بیش از ۴۰٪ موسسات مدنظر گزارش نموده اند که کارمندان آموزش دیده VE تا ۱۰٪ از کل موفقیت آنها را باعث گردیده اند. یکی از دلایل مربوط به تعداد کم پرسنل آموزش دیده دارای مدرک معتبر، تفاوت در اهداف مربوط به آموزش پرسنل می باشد. دلیل دیگر مربوط به تعداد کم کارکنان دارای مدرک مهندسی ارزش مربوط به وظیفه شغلی و تجربه کاری آنهاست که می تواند به عنوان سدی در اخذ مدرک باشد. افرادی می توانند موفق به اخذ مدرک گردند که در جایگاهی فعالیت نمایند که قسمت اعظم کار روزانه آنها را مهندسی ارزش تشکیل دهد. محدودیت های داخلی، اقتصادی و غیره میتوانند سبب عدم دسترسی به دوره های آموزش پیشرفته شده و همچنین الزام صرف وقت کافی جهت شرکت دوره آموزشی VE می تواند به عنوان دلیل دیگر مطرح گردد. هزینه آموزش در بین شرکت ها تفاوت می کند. در ۴۰٪ موارد هزینه در نظر گرفته شده جهت آموزش کمتر از ۲۵۰۰۰ دلار در سال بوده است.

نقاط قوت و ضعف

در تحقیق صورت پذیرفته، تعدادی سوال مربوط به نقاط قوت و ضعف پروژه ها وجود داشته که بررسی پاسخهای بدست آمده نشان دهنده یک دیدگاه مناسب موسسات به برنامه هایشان می باشد. نقاط قوت برنامه های مهندسی ارزش به شرح ذیل می باشند:

- وجود تعداد زیادی از رهبران خوب تیم VE جهت هدایت آموزشهای مهندسی ارزش
- فرآیندهای VE به خوبی پایه گذاری و تفهیم شده
- بکارگیری VE در زمان تعریف یک پروژه می تواند به طرز شگفت انگیزی باعث تاثیر در هدف گذاری پروژه گردد
- حمایت مدیریت ارشد برای VE وجود داشته
- توانایی جذب مستعدترین افراد برای پروژه ها وجود داشته

نقاط ضعف برنامه های مهندسی ارزش به شرح ذیل می باشند:

- کمبود آموزش و پرسنل آموزش دیده (هزینه و زمان)
- مشکل بکارگیری اعضای تیم VE در محل
- به اشتراک گذاری دانش بدست آمده یا نتایج حاصله از آموزشهای VE
- هزینه های مربوط به فرآیند VE
- نیاز برای پیگیری بیشتر جهت اجرا پروژه
- بازه زمانی مربوط به تکمیل مطالعه VE
- عدم تمایل شرکت در بکارگیری VE در پروژه های غیر دولتی
- هزینه بالای اولیه برای پایه گذاری VE
- منقطع گردیدن برنامه ریزی برای مطالعات VE به دلیل موجو نبودن اطلاعات
- کمبود نیروی متخصص تمام وقت
- اندازه گیری و گزارش دهی موفقیت برنامه



سیاست ها و روش ها

سیاست ها و فرآیندهای مربوط به موسسات مختلف مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته اند. به طور کلی، دو کاربرد اولیه VE در حمل و نقل، در فاز طراحی و فاز اجرا، به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که بسیاری از سیاست ها و روش ها به طور مشابه می باشند که نشانگر تبادل آزاد نتایج بدست آمده توسط موسسات مختلف می باشد. شایان ذکر است، قانون فدرال در زمینه مهندسی ارزش و سیاست های مربوطه نیز به عنوان پایه و اساس اولیه برای موسسات دولتی در نظر گرفته می شود. در آمریکا قانون FHWA VE از بکارگیری VE در پروژه های بزرگ حمایت می نماید. تقریباً دو سوم از موسسات تحت بررسی گزارش نموده اند که سیاست VE توسط دولت فدرال FHWA فراهم گردیده است. به علاوه گزارش گردیده است که بسیاری از موسسات حمل و نقل سیاستها و روشهای مشترک جهت نیل به سیاست های اعلامی فدرال تدوین نموده اند. سه مرجع مدنظر موسسات جهت پایه گذاری سیاست های آنها، عبارتند از:

- انطباق با سیاست های ابلاغ شده فدرال
- انطباق با سیاست های دیگر موسسات
- تدوین سیاست ها به صورت داخلی

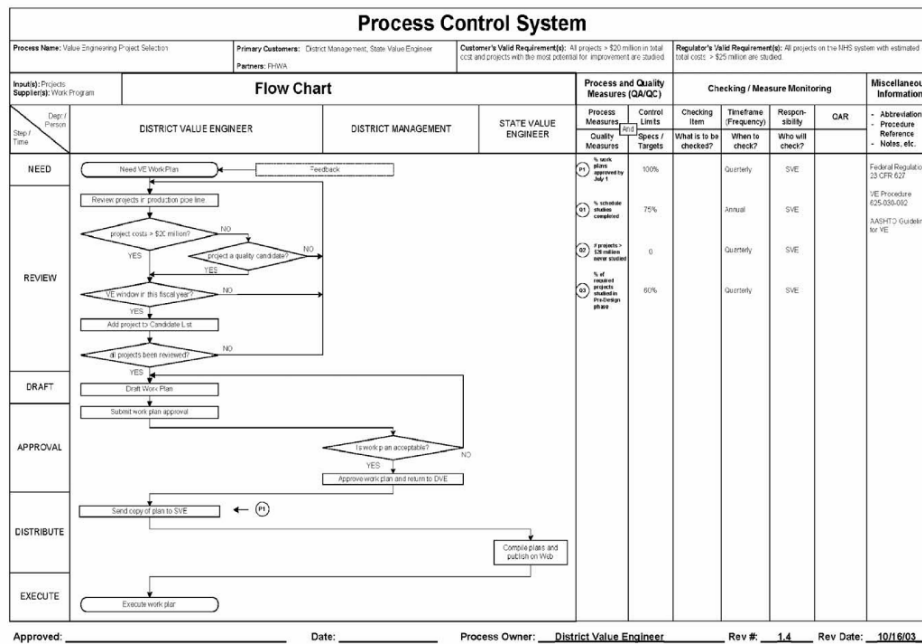
FHWA سیاست ها و روشهایی را برای حمایت از برنامه VE تدوین نموده است. AASHTO نیز مستندات راهنمای مشابهی تدوین نموده است. مستندات تدوین شده مستقیماً با آنچه مورد توجه موسسات حمل و نقل است، مطابقت داده شده است. در برخی موارد نیز STA ها سیاست ها و روش هایی با جهت کنترل فعالیت های VE خود تدوین نموده اند. به عنوان مثال، فلوریدا اخیراً تعدادی نمودار سیستم کنترل فرآیند را بمنظور مدیریت نمودن واحد های بازرگانی را تدوین نموده است.

در شکل ۲ یک مثال از نمودار سیستم کنترل فرآیند که جهت انتخاب پروژه های VE بکار گرفته می شود، نشان داده شده است. سیستم کنترل فرآیند فلوریدا رابطه بین دولت و مهندسين ارزش را نشان داده، فعالیت های کلیدی را مشخص نموده و مسئولیت حصول اطمینان از کیفیت و کنترل کیفیت را تعریف کرده است.



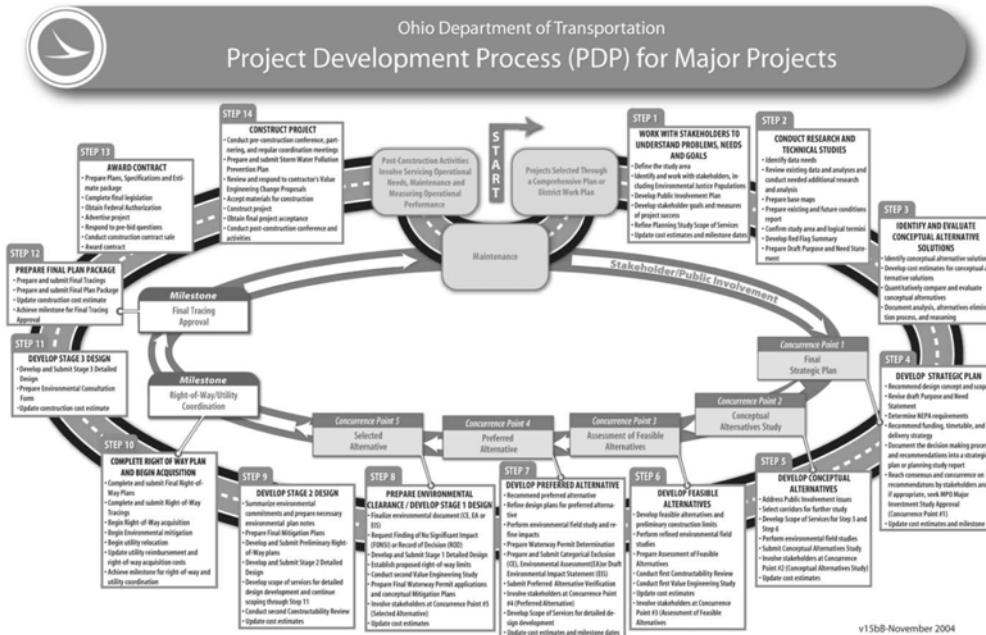
سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش

۱۳۸۷ آذرماه



شکل ۲: فرآیند مهندسی ارزش

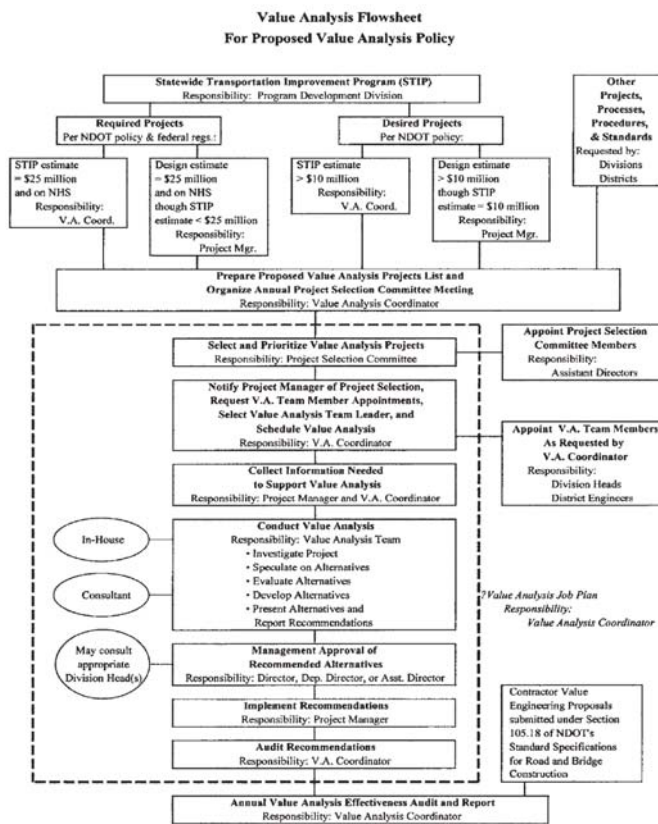
اوهایو یک قدم فراتر رفته و یک فرآیند کامل از نحوه اعمال مهندسی ارزش در پروژه های حمل و نقل تدوین نموده است (شکل ۳).



شکل ۳: فرآیند مهندسی ارزش



نوادا نیز پیش نویس سیاست های VE خود را تهیه کرده است (شکل ۴). پیش نویس این سیاست شامل یک نمودار تصمیم سازی می باشد که بیانگر نقش و مسئولیت کارکنان مرتبط با برنامه VE می باشد.



شکل ۴: فرآیند مهندسی ارزش

برخی از موسسات حمل و نقل دیگر نیز روش VE مربوط به خود را تدوین نموده اند که در این تحقیق مستندات مربوط به ایالت های مختلف مورد بررسی قرار گرفته اند. از بین تمامی STA ها که مورد ارزیابی قرار گرفته اند، کالترانس کاملترین مدارک مربوط به مستندات VA را تهیه نموده اند. آنها یک گستره وسیع از سیاستهای VA و مستندات راهنما جهت استفاده در برنامه های VA را تدوین نموده اند. آنچه که کالترانس را متفاوت از دیگر STA ها می سازد، تیم مشارکتی VA و گزارش های راهنمای آنها می باشد. علیرغم اینکه STA ها به صورت جداگانه هدف گذاری پروژه ها و طراحی فرآیندهای خود را با توجه به روش VE انجام داده اند، لیکن نقاط مشترک بین دو گروه کاری دیده می شود.

به کارگیری مهندسی ارزش که در ابتدا از آمریکا آغاز شد با تأخیر به سایر کشورها نیز انتقال یافت. کشورهای اروپایی، ژاپن و هند بعد از آمریکا بیشترین استفاده را از امکانات بالقوه مهندسی ارزش بردند و با تلفیق روشهای مهندسی ارزش در آمریکا با روشهای رایج در کشورهای خود، به صرفه جویی های قابل توجه ای دست یافتند. امکانات بالقوه به کارگیری مهندسی ارزش در طرحهای عمرانی، بیکران است. پیشگامان این روش، راه را علامت گذاری و مشخص کرده اند. کشور ما هنوز در ابتدای راه قرار دارد، کارهای بسیاری باید انجام شود تا بتوان گفت دست اندر کاران عرصه های اجرایی کشور ما نیز از فرصت هایی که توسط مهندسی ارزش در کاستن از هزینه طرحها و پروژه ها فراهم می شود، بیشترین بهره و فایده را خواهند برد.



مهندسی ارزش در دنیا کارایی خود را اثبات کرده است

چهاردهمین اجلاس انجمن آمریکایی مهندسان ارزش که در سال ۱۹۷۳ به تشریح دستاوردهای مهندسی ارزش پرداخت، مشخص نمود که به ازای هر یک دلار سرمایه گذاری برای اجرای مهندسی ارزش چیزی حدود ۴/۵۳ دلار صرفه جویی در هزینه های اجرایی بدست آمده است، به نحوی که از زمان به کارگیری مهندسی ارزش در آمریکا تا سال ۱۹۷۳ معادل ۱/۸ میلیارد دلار صرفه جویی شده است. این صرفه جویی تا سال ۱۹۸۹ به بیش از ۴/۳ میلیارد دلار افزایش یافته است. بازده مهندسی ارزش از سال ۱۹۷۳ تا سال ۱۹۹۵ برای هر یک دلار هزینه سرمایه گذاری شده، مبلغی حدود ۱۵ تا ۳۰ دلار بوده است. در آمریکا و کانادا استفاده از مهندسی ارزش در صنایع عمده، عمومیت داشته و در طرح های عمومی (دولتی) اجباری می باشد. مهندسی ارزش در دایره عمران آمریکا در بین سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ بیش از ۳۵ میلیارد دلار صرفه جویی در پی داشته و از ۵۵ میلیارد دلار هزینه اضافی نیز جلوگیری نموده است.

در ژاپن از ۶۹۸ شرکت که مورد بررسی قرار گرفته اند، حدود ۷۱ درصد، مهندسی ارزش را در تولید محصولات و ارائه خدمات خود به کار برده اند. در حالیکه ۸۵ درصد درآمد عربستان، به عنوان ثروتمندترین کشور عربی، از فروش نفت حاصل می شود، بیش از بیست سال است که مهندسی ارزش را در دستور کار خود قرار داده است.

نکات قابل توجه :

کاربرد مهندسی ارزش در رشته های مختلف در ایالات متحده

ردیف	رشته	نکات قابل توجه
۱	راه و ترابری	بازگشت سرمایه به میزان ۱۱۳ دلار به ازای هر دلار سرمایه گذاری به طور میانگین و نیز ۸۴۵ میلیون دلار صرفه جویی در هزینه در سال ۱۹۹۹
۲	سلامتی	کاهش ۲۴ درصدی هزینه های پروژه های مربوط به سلامتی در یک دوره شش ساله در نیویورک



۳	ساخت و ساز	صرفه جویی معادل یک میلیارد دلار در سال ۲۰۰۰ در پروژه‌های ساختمانی مربوط به بزرگراه‌ها در ایالات متحده
۴	صنعت	کاهش هزینه در محدوده ای بین ۵٪ تا ۱۰٪ در بخشهای مختلف
۵	محیط زیست	در پروژه های زیست محیطی به دلیل هزینه های بالا پتانسیل بسیار زیادی در جهت بکارگیری متدولوژی ارزش دارند
۶	خدمات دولتی	بازگشت سرمایه به میزان ۲۰ دلار به ازای هر دلار سرمایه گذاری به طور میانگین

درصد کاربرد مهندسی ارزش در صنایع مختلف جهان

ردیف	درصد کاربرد	رشته
۱	۷۹/۹	برق و الکترونیک
۲	۹۱/۳	حمل و نقل (راهسازی و ترافیک)
۳	۹۰	تولید تجهیزات
۴	۸۴/۵	ماشین‌سازی و تولید خودرو
۵	۵۰	صنایع شیمیایی
۶	۳۹	صنایع ساختمانی
۷	۳۷/۵	صنایع غذایی



نتیجه گیری

- در این مقاله تجارب ۵۰ شرکت که در زمینه مهندسی ارزش در حمل و نقل در آمریکا و کانادا فعالیت نموده اند، آورده شده است. موارد زیر به عنوان نتایج کلی بدست آمده در این تحقیق می باشند.
۱. دیده شده است که در موسساتی که نتایج مناسبی حاصل از بکارگیری مهندسی ارزش بدست آورده اند، مهندسی ارزش در تمامی سطوح پرسنل، از جمله مدیریت ارشد، به خوبی تعریف و تفهیم شده است.
 ۲. دانش و تجربه رهبر تیم و متخصصین به عنوان نکته کلیدی جهت موفقیت برنامه مهندسی ارزش می باشد، بنابراین آموزش جهت بکارگیری مهندسی ارزش ضروری به نظر می رسد.
 ۳. مشاهده گردیده است که مهندسی ارزش به عنوان روشی موثر بمنظور بهبود اجرای پروژه و/یا کاهش هزینه های غیرضروری بوده است.
 ۴. همچنین بکارگیری مهندسی ارزش در صورتی بر اجرا، کیفیت و هزینه پروژه تاثیر بیشتری خواهد داشت که از زمان برنامه ریزی اولیه برای پروژه بکار گرفته شود.
 ۵. تعریفی جامع بمنظور اندازه گیری فواید اجرای مهندسی ارزش و موفقیت های حاصل از آن نیاز می باشد.
 ۶. مهندسی ارزش می تواند به طور موثری در بهبود اهداف مدیریتی و مهندسی تاثیرگذار باشد و موجب تسریع در فعالیت گروه های فنی طراحی و اجرا گردد.



1. Value Methodology Standard, SAVE International, Dayton, Ohio, Oct. 1998, 19 pp. [Online]. Available: http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/vmstd.pdf.
2. Borkenhagen, K., "Value Engineering: An Incredible Return on Investment," Public Roads, Vol. 63, No. 2, Turner-Fairbank Highway Research Center, Federal Highway Administration, McLean, Va., pp. 39-43 [Online]. Available: <http://www.tfhrc.gov/pubrds/septoct99/val-eng.htm>.
3. OMB Circular A-131: Value Engineering, Office of Management and Budget, Washington, D.C., May 21, 1993 [Online]. Available: <http://www.whitehouse.gov/omb/circulars/a131/print/a131.html>.
4. Annual Federal-Aid Value Engineering Summary Reports (FY1997 to FY2003), Federal Highway Administration, Washington, D.C. [Online]. Available: <http://www.fhwa.dot.gov/ve/verepreport.htm>.
5. Bethany, K., "Measuring Performance of a VM Program," Value World, Vol. 26, No. 2, pp. 12-17.
6. Trujillo, C., "Value Engineering Fine-Tuned, Case Study of New Mexico's Success," TR News, No. 215, July-Aug. 2001, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp. 26-27.
7. Robinson, J., "Improving the Effectiveness of Value Engineering Programs Within the State DOTs," 1999 AASHTO Value Engineering Conference, Branson, Mo., July 1999, 14 pp.
8. *Consultant Report (Form DT1538) Instructions*, Wisconsin Department of Transportation, Madison [Online]. Available: <http://www.dot.wisconsin.gov/business/docs/dt1538in.pdf>.
17. AASHTO Value Engineering Technical Committee, *Proposed Research Problem Statement for NCHRP Project 20-07*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., May 2004, 3 pp.
9. "Job Plan," Federal Highway Administration, Washington, D.C. [Online]. Available: <http://www.fhwa.dot.gov/ve/vejob.htm>.
20. "The Value Engineering (VE) Process," Federal Highway Administration, Washington, D.C. [Online]. Available: <http://www.fhwa.dot.gov/ve/veproc.htm>.
10. "Value Engineering FAQ," Federal Highway Administration, Washington, D.C. [Online]. Available: <http://www.fhwa.dot.gov/ve/vefaq.htm>.
11. "Why Perform Value Engineering Reviews?" Federal Highway Administration, Washington, D.C. [Online]. Available: <http://www.fhwa.dot.gov/ve/verev.htm>.
12. *Value Engineering Project Selection Process Control System Flow Chart*, Value Engineering Office, Florida Department of Transportation, Tallahassee, Oct. 2003, 1 pp. [Online]. Available: <http://www.dot.state.fl.us/projectmanagementoffice/VE%20Processes/projectselection.pdf>.
13. *TP 1-9-5: Value Analysis Policy*, Draft, Nevada Department of Transportation, Carson City, 2004, 9 pp.
14. *Value Analysis Team Guide*, 3rd ed., Division of Design, Office of Special Projects, California Department of Transportation, Sacramento, 2003, 177 pp. [Online]. Available: <http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/value/pdf/team-guide-3rd-rev-0803.pdf>.



15. *Value Analysis Report Guide*, 3rd ed., Division of Design, Office of Special Projects, California Department of Transportation, Sacramento, 2003, 220 pp. [Online]. Available: <http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/value/pdf/report-guide-04-30-03.pdf>.
16. Hunter, G., "Lessons Learned from the California Department of Transportation's Value Engineering Experience in the Transportation Sector," *10th World Conference on Transport Research*, Istanbul, Turkey, July 4–8, 2004, 20 pp.
17. *MTO Project Manager VE Guidelines*, Ontario Ministry of Transportation, St. Catharines, ON, Canada, Mar. 2001, 117 pp.
18. Smith, K., "Using Value Analysis to Scope Projects," *2001 AASHTO Value Engineering Conference*, SanDiego, Calif., July 10–13, 2001, 38 slides.

Archive of SID