

مقدمه‌ای بر مهندسی ارزش و کاربردهای آن در شبکه‌های قدرت

نازنین خسروی زنجانی

پژوهشگاه نیرو

nkhosravi@nri.ac.ir

امین معاضدی

شرکت مشاورین

چکیده

امروزه مهندسی ارزش در جهت حذف هزینه‌های غیر ضروری و بهبود طراحی‌ها، توسعه و مدیریت در بخش‌های مختلف صنعتی استفاده می‌گردد. در این مقاله ضمن معرفی مهندسی ارزش و کاربردهای آن، بر ضرورت استفاده از مهندسی ارزش در سیاستگذاری بهره‌برداری، طراحی، تعمیرات و توسعه صنعت برق تاکید شده است.



مقدمه

بدون تردید صنعت برق را می‌باید جزء اساسی‌ترین و حیاتی‌ترین صنایع یک کشور به شمار آورد. اهمیت و جایگاه صنعت برق در میان سایر صنایع از دو جنبه قابل ملاحظه می‌باشد. نخست آنکه کلیه صنایع دیگر برای ادامه حیات ناگزیر به استفاده از انرژی برق می‌باشند و دوم اینکه انرژی برق خود محصول چندین فرآیند پیچیده صنعتی است که استفاده از انواع تکنولوژی‌ها در ایجاد آن اجتناب ناپذیر می‌نماید.

در نتیجه با پیشرفت صنعتی و تکنولوژیکی، اهمیت انرژی برق برای بخش صنعت بیش از پیش آشکار می‌گردد، به طوریکه ادامه حیات صنعت بدون انرژی برق غیرقابل تصور شده است. در این شرایط بدیهی است که صنعت برق، نقش عمده‌ای در توسعه اقتصادی بر عهده دارد ولی محدودیت سرمایه در کشور ایران، سرمایه‌بر بودن تولید برق، احداث و توسعه شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع نیرو و ترکیب نامناسب مصرف برق در بخشهای خانگی، تجاری، صنعتی و ... باعث شده‌اند که هزینه‌های تامین برق در ایران، در مقایسه با کشورهای پیشرفته فاصله زیادی داشته باشد [۱]. بر همین اساس لزوم مطالعه روش‌هایی برای کاهش هزینه‌ها و یا حذف هزینه‌های غیرضروری بیش از پیش احساس می‌شود. ولی این موضوع که کجا و چگونه صرفه‌جویی‌ها و کاهش هزینه‌ها می‌تواند روی دهد بدون اینکه کیفیت تولید برق یا میزان تولید آن کاهش یابد، یکی از اساسی‌ترین پرسش‌هایی است که باید به آن جواب داد.

مهندسی ارزش راه‌حلی برای این موضوع می‌باشد. البته روش‌های متعددی برای حل مسائل مدیریتی و بهبود در عملیات و کاهش هزینه‌ها وجود دارد ولی تفاوت عمده مهندسی ارزش و دیگر روش‌ها عبارتند از:

- تحلیل بنیادی و ریشه‌ای مسائل با تمرکز بر روی کارکردها
- کاهش هزینه‌ها همراه با حفظ بهبود کیفیت
- برخورد سیستمی با موضوع
- فراهم کردن زمینه برای طرح راه‌حل‌های نو و خلاقانه
- تنوع کاربرد نسبت به سایر روش‌ها
- پذیرش جهانی: برخلاف سایر روش‌ها که توسط سازمان‌ها و گروه‌های خاص بکار گرفته می‌شود.

روش مهندسی ارزش مورد پذیرش عموم متخصصین قرار گرفته و کاربرد جهانی دارد. دامنه کاربرد مهندسی ارزش نیز بسیار گسترده می‌باشد. مهندسی ارزش را می‌توان در فرآیندهای تولیدی و صنعتی، پروژه‌های ساخت و ساز و پروژه‌های عمرانی، خدماتی، حمل و نقل، انرژی، نفت، طراحی و خدمات مهندسی، برنامه‌ریزی اولویت‌بندی فرآیند تصمیم‌گیری، ارزیابی‌ها، برنامه‌ریزی استراتژیک، مدیریت اجرائی، تعیین رویه‌های تصمیم‌گیری و دهها مورد دیگر بکار گرفت.



۱- مفهوم مهندسی ارزش

مهندسی ارزش طبق تعریف انجمن مهندسين ارزش آمريكا عبارت است از:

«مهندسی ارزش تلاشی سازمان یافته است که با هدف بررسی و تحلیل فعالیتهای طرح در مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری انجام می‌شود. این بررسی با استفاده از تجارب، ابتکارها و خلاقیت‌های متخصصان در جهت تحلیل کارکرد سیستم‌ها، عوامل، تجهیزات یا تاسیسات به منظور دستیابی به کارکردهای پیش‌بینی شده با کمترین هزینه و با حفظ یا ارتقاء کیفیت و قابلیت اطمینان و کارایی انجام می‌شود. به بیان دیگر مهندسی ارزش مجموعه‌ای از چند روش فنی به منظور بازنگری و تحلیل اجزای کار و استفاده از خلاقیت‌ها و روش‌های تحلیل سیستمی برای بهینه‌سازی طرح است».

بحث درباره مهندسی ارزش و برخی از روش‌های فنی به کار رفته در آن بدون تشریح و توصیف مختصر نوع و اندازه‌گیری ارزش، کاری بی‌فایده خواهد بود. ارزش را می‌توان به صورت نسبت مجموع جنبه‌های مثبت و منفی یک شی در نظر گرفت. در معادله زیر این تفسیر به شکلی ساده مجسم شده است.

$$VALUE = \frac{\sum (POSITIVES)}{\sum (NEGATIVES)}$$

در واقعیت این معادله پیچیده‌تر است زیرا با متغیرهای بسیاری سر و کار دارد. یک معادله گویاتر عبارت است از:

$$VALUE = \frac{mb_1 + mb_2 + \dots + mb_n}{mc_1 + mc_2 + \dots + mc_n}$$

که در آن mb_1 تا mb_n معرف جنبه‌های کمی شده‌ای از وجوه مثبت و mc_1 تا mc_n جنبه‌های کمی شده از وجوه منفی شیء (محصول) است. هر چه عدد این کسر از یک بیشتر باشد ارزش بیشتری حاکم است.

به‌عنوان مثال مزیت‌ها یا جنبه‌های مثبت یک پروسه تولید انرژی برق می‌تواند مواردی مانند زیر باشد:

(۱) تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز با کیفیت و کمیت مورد نظر

(۲) قابلیت اطمینان

(۳) قابلیت تعمیر و نگهداری و...

و برای جنبه‌های منفی:

(۱) هزینه‌های نصب

(۲) هزینه‌های جاری

(۳) هزینه‌های تعمیر و نگهداری و...



۲- اصول مهندسی ارزش

تکنیک اجرای مهندسی ارزش یا طرح کار مهندسی ارزش شامل چند فاز اصلی است که در زیر به‌طور خلاصه آورده شده است:

- فاز اول: مبدأ
- فاز دوم: فاز اطلاعات و آنالیز
- فاز سوم: فازنو آوری
- فاز چهارم: فاز ارزشیابی
- فاز پنجم: فاز اجرا و پیگیری

۲-۱- فاز مبدأ

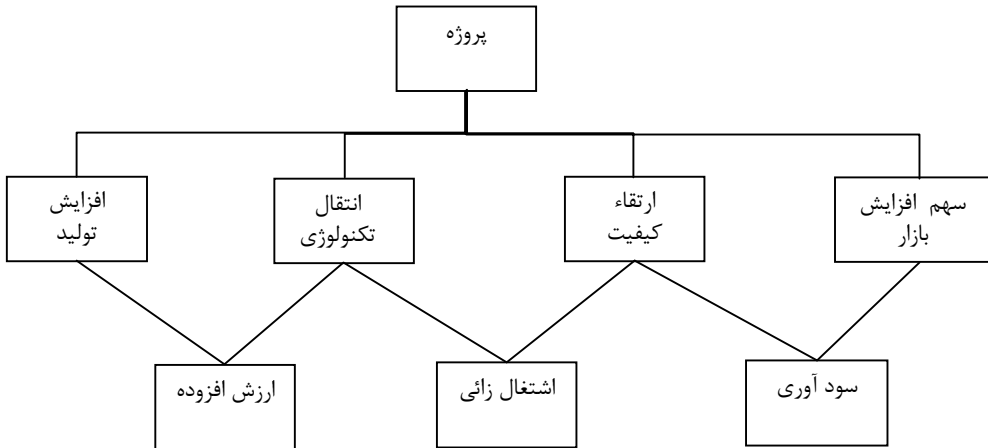
فرآیند مهندسی ارزش، فرآیندی منطقی و ساختار یافته است. این فرآیند با فاز مبدأ شروع می‌شود که در آن گروه مطالعاتی مهندسی ارزش تشکیل می‌شود و یک پروژه انتخاب و تعریف می‌گردد. محصول و تمام اجزاء تشکیل دهنده آن جزء به جزء بررسی می‌شوند تا آشنایی کاملی با نوع و ماهیت آنها حاصل گردد.

۲-۲- فاز اطلاعات و آنالیز

هدف از این مرحله این است که اطلاعاتی که در فاز مبدأ جمع‌آوری شده است کامل شده و سازماندهی شود. در فاز اطلاعات باید به سؤالات زیر پاسخ داده شود:

- ۱- این محصول چه هست؟
 - ۲- چه کاری انجام می‌دهد؟ (آنالیز کارکرد)
 - ۳- اهمیت کارکردی که انجام می‌دهد چقدر است؟
 - ۴- هزینه تولید آن چقدر است؟
 - ۵- نسبت اهمیت به هزینه چقدر است؟
 - ۶- کدام قسمت‌ها در فرآیند تولید محصول دارای هزینه بالا یا ارزش پایینی هستند؟
- در این قسمت به جهت ضرورت و اهمیت آنالیز کارکرد مختصراً توضیحاتی ارائه می‌شود. آنالیز کارکرد قلب مهندسی ارزش است و همین تکنیک مهندسی ارزش را از سایر روش‌ها متمایز می‌کند. اهداف اصلی مورد نظر از تولید محصول یا اجرای پروژه و ... را می‌توان کارکرد محصول یا پروژه نامید. به‌عنوان مثال کارکرد پروژه می‌تواند مواردی مانند افزایش سهم‌بازار، افزایش ارزش افزوده، ارتقاء کیفیت، انتقال تکنولوژی، اشتغال زائی، سود آوری و غیره باشد. طبیعی است که یک پروژه یا محصول دارای چندین کارکرد می‌باشد. که می‌باید کارکردهای اصلی و فرعی آن مشخص شوند. پس از تفکیک کارکردهای اصلی و فرعی، درجه اهمیت آنها، هزینه تولید و نسبت اهمیت به هزینه تعیین می‌شوند. در شکل (۱) کارکردهای فرضی یک پروژه که شامل ۴ کارکرد اصلی و ۳ کارکرد فرعی می‌باشد مشخص شده است.





شکل ۱- کارکردهای فرضی یک پروژه

پس از تعیین کارکردها با بکارگیری روش‌های وزن‌دهی و یا سایر روش‌ها، اهمیت نسبی هر یک از کارکردها تعیین می‌شود [۲].

۲-۳- فاز نوآوری

مرحله نوآوری، بخش خلاق فرآیند مهندسی ارزش است و گامی حیاتی در فرآیند طراحی است. فعالیت‌های این فاز شامل روش‌های طراحی ایده براساس کارکرد محصول، فرآیند، پروژه یا ... می‌باشد. هدف این فاز تغییر یا حذف کارکردهای کم ارزش است. تمرکز عمده فعالیت‌های این مرحله در جهت پاسخگویی به این پرسشها است:

آیا برای دستیابی به اهداف کارکردی پروژه، می‌توان طرح‌های دیگری را ارائه نمود؟
آیا پروژه دیگری که ضمن تامین اهداف کارکردی با هزینه کمتر و یا کیفیت بهتر قابل اجرا باشد وجود دارد؟

با بکارگیری روش‌های مشارکتی و طوفان فکری، طرح‌های جایگزین شناسایی می‌شوند.

۲-۴- فاز ارزشیابی

در این فاز طرح‌های پیشنهاد شده جمع‌آوری می‌شوند و لیستی از طرح‌های قابل جایگزین تهیه می‌شود. نهایتاً براساس کارکردهای مورد نظر و ویژگی‌های طرح‌های کاندیدا جهت جایگزینی، طرحی که از مطلوبیت بالایی برخوردار می‌باشد انتخاب می‌گردد.

۲-۵- فاز اجرا و پیگیری

در این فاز طرح‌های انتخابی به مرحله اجرا گذاشته می‌شود. پیشنهاد و برنامه گروه مهندسی ارزش، تا هنگامی که انجام و اثرات آن نمایان نشده باشد مؤثر نخواهد بود. پیشنهاد دهنده باید تا هنگام تحقق اثرات مورد انتظار، صبورانه طرح‌های پیشنهادی را پیگیری کند تا به مرحله اجرا گذاشته شود.

همان‌طور که ملاحظه شد فرآیند مهندسی ارزش به طور متوالی و مرحله به مرحله پیگیری



می‌شود. لیکن مهندسی ارزش یک فرآیند یک‌طرفه و بی‌برگشت نیست. این فرآیند در واقع یک فرآیند چرخه‌ای است و غالباً در عمل، بازگشت به یک مرحله تکمیل‌شده یا انجام کار اضافی پیش از گام نهادن به مرحله بعد، ضرورت پیدا می‌کند.

مطالعه	درصد صرفه جویی	مقدار صرفه‌جویی به دلار
توزیع نیرو در CANYON نوادا	۵۴٪	۱۳,۰۰۰,۰۰۰ ر
توزیع نیرو در South Portal North / در سال ۱۹۹۷	۵۹٪	۱۲,۱۹۳,۰۰۰ ر
بهبود سیستم ارتباطات در بخش انرژی نوادا	۳۷٪	۳,۰۰۰,۰۰۰ ر
بهبود سیستم تدارکات در بخش انرژی نوادا	۶۶٪	—
طراحی و ساخت واحد تولید آب مقطر در نیروگاه	۳۰٪	۶,۵۰۰,۰۰۰ ر
طراحی توربین جدید برای نیروگاه بادی آمریکا	۳۰٪	۵۰,۰۰۰,۰۰۰ ر
وزارتخانه انرژی آمریکا در سال ۱۹۸۹	-----	۵۹,۴۹۹,۷۳۹ ر
وزارتخانه راه و ترابری آمریکا در سال ۱۹۸۹	-----	۱۱,۹۲۳,۳۲۰ ر
بازسازی و اصلاح نیروگاه فلوریدا	-----	۶۰۰,۰۰۰ ر

جدول (۱) خلاصه‌ای از نتایج اجرای مهندسی ارزش [۳] و [۴]

لازم به ذکر است که امروزه تکنیک مهندسی ارزش از مراحل اولیه مانند مطالعات اولیه پیرامون سیستم و حتی قبل از آن یعنی تشکیل تیم مهندسی ارزش دارای گام‌های مشخص عملی و کلاسیک می‌باشد بگونه‌ای که در این روش احتمال رسیدن به صرفه جویی در هزینه‌ها به لحاظ برخوردهای کاملاً سیستماتیک و تبعیت از یک الگوریتم مشخص افزایش می‌یابد. این روند تا مرحله خاتمه مطالعات، ارائه پیشنهاد، اجرای پیشنهاد بررسی نتایج و بازنگری پیشنهاد کاملاً تدوین یافته می‌باشد.

جدول (۱) نتایج بدست آمده از مهندسی ارزش در سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ در بخش‌های مختلف آمده است.

در ادامه، یک مطالعه موردی در خصوص اعمال مهندسی ارزش به منظور بهبود طراحی پستهای HV/MV آورده شده است.

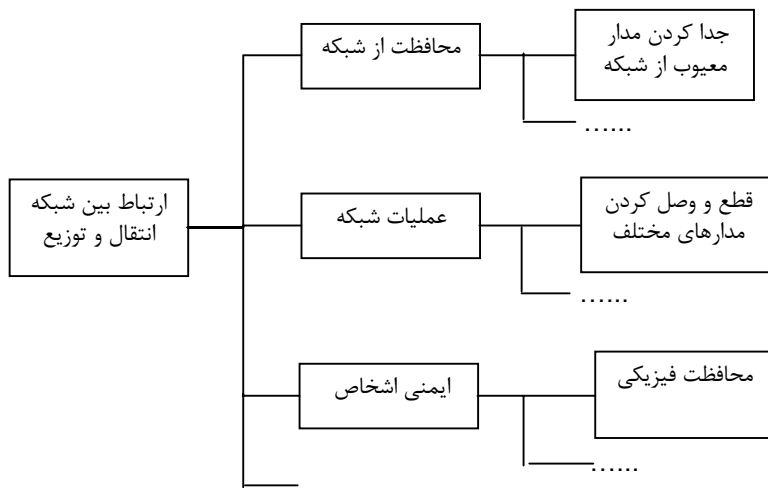
۳- بهبود طراحی پستهای HV/MV با استفاده از مهندسی ارزش [۶]

بهبود کیفیت سیستم‌های تامین انرژی الکتریکی به همراه کنترل هزینه یکی از مهمترین اهداف در شرکت EDF است. برای رسیدن به این هدف، EDF، توجه و تمرکز خاصی روی قابلیت اطمینان طرح‌ها و تجهیزات از مرحله تعیین مشخصات تا ساخت تجهیزات کرده است. EDF روش جدیدی را معرفی می‌کند تا مشخصات تجهیزات را در پست‌های HV/MV تعیین نماید. این روش بر مبنای آنالیز ارزش و با توجه به مشخصه‌های مورد نیاز کلیدخانه‌های MV تعیین شده است.

دلیل اصلی احساس نیاز به تجدید طراحی تجهیزات پست‌های HV/MV این بود که بیشتر از ۲۵٪ خاموشی‌های مشترکان به علت خطا در پست‌های HV/MV می‌باشد. تصمیمی که بوسیله EDF گرفته شد، این بود که تجهیزات جدیدی با مشخصات جدید برای اجزاء ولتاژ متوسط این پست‌ها، طراحی شود. به همین منظور EDF از تکنیک آنالیز ارزش استفاده کرده است. تکنیک‌های مهندسی ارزش (آنالیز ارزش) در طراحی چنین تجهیزاتی بسیار جذاب هستند. به همین دلیل در صنعت برق از این تکنیک بسیار استفاده می‌کنند [۶]. تکنیک آنالیز ارزش برای هر سیستمی ما را مطمئن می‌سازد که انطباق کاملی از وظایف (کارکردها) با نیازمندی‌ها وجود دارد و نیز نواحی که نیاز به بهبود و توجه بیشتری دارند را نیز مشخص می‌سازد.

۳-۱- مراحل کار شرکت EDF

شرکت EDF، ابتدا با جمع‌آوری اطلاعات در مورد مشخصات تجهیزات کار خود را آغاز نمود. این جمع‌آوری اطلاعات باعث شد که نگرش اولیه کاملی از خصوصیات تجهیزات داشته باشند. سپس کار خود را با آنالیز کارکرد ادامه داد. آنالیز کارکرد در واقع بیان می‌کند که تجهیزات چه وظایفی را باید انجام دهند، سپس وظایف جمع‌آوری و در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. ۹ کارکرد اصلی (محافظت از شبکه، عملیات شبکه ایمنی اشخاص و...) در یک چارچوب اصلی کشیده شد. این ۹ وظیفه در واقع مشخصات کارکردی کلید خانه با ولتاژ متوسط بودند. پس از رسم نمودار آنالیز کارکرد (شکل ۲)، هر کدام از کارکردها ارزشگذاری شدند. شرکت EDF برای ارزشگذاری کارکردها از شاخص هزینه استفاده کرد. در نتیجه وظایفی که هزینه بالا نسبت به کل هزینه‌ها داشتند مشخص شدند.



شکل ۲- آنالیز کارکرد برای کلید خانه

در این طرح بهبود ایمنی اشخاص یکی از اهداف اصلی شرکت EDF بود در نتیجه برای رسیدن به این هدف از ماتریسی بنام ماتریس کارکرد بحرانی استفاده کردند. در این ماتریس تعداد دفعات خطا (وقوع حادثه) و شدت آن به عنوان پارامترهای بحرانی استفاده شدند. به همین ترتیب ۵ طبقه‌بندی از فرکانس (توالی وقوع خطا) از F1 تا F5 تعریف شد، همین طور مقیاس شدت وقوع خطا (حادثه) نیز در ماتریس معین شد (جدول (۲)).

به این ترتیب ماتریس کارکرد بحرانی تعریف شد و هر عنصر از اجزاء کلید خانه با توجه به دفعات و شدت خرابی در محل مناسب قرار گرفت. ایده آل‌ترین حالت، فقط حالتی بود که تمامی عناصر در نواحی سمت راست ماتریس قرار گیرند ولی در عمل بعضی از عناصر در نواحی بحرانی قرار می‌گرفتند. در نتیجه نواحی که نیاز به توجه بیشتری برای طراحی و آنالیز داشتند مشخص شدند. تمام نتایجی که از آنالیز ارزش بدست آمد برای تعریف مشخصات جدید کلید خانه استفاده شدند و سپس برای رفع نیازمندیها، کلید خانه‌ای با مشخصات جدید طراحی شد تا هزینه کارکرد و نرخ خرابی عناصر را به حداقل ممکن برساند. این کلیه خانه بصورت Cassettetype با کلید کشویی طراحی شد. البته قبل از مشخص شدن نوع کلید خانه ابتدا به جمع‌آوری ایده‌ها و نظرات از کارشناسان پرداختند که در نهایت طرحی که شرکت MERLIN GERIN برای شرکت EDF انجام داده بود پذیرفته شد.

	F1	F2	F3	F4	F5
G1 ()					
G2 ()					
G3 ()					
G4 ()					
G5 ()					
G6 ()					

جدول ۲- ماتریس کارکرد بحرانی

۲-۳- بهبودهای بدست آمده از پیاده کردن مهندسی ارزش در شرکت EDF

)

(

(

)

(

)



IEC

۴- نتیجه

منابع و مراجع

۱. منصوره حمصیان، امکان سنجی مدیریت بار و صرفه‌جویی انرژی الکتریکی در بخشهای تجاری و عمومی کشور، نشریه علمی و پژوهشی برق، ۲۶، ۴۴، ۱۳۷۸.
۲. احد نظری، مدیریت پروژه بارویکرد مهندسی ارزش، همایش مهندسی ارزش در صنعت نفت، اردیبهشت ۱۳۸۰
3. Kenaeth Elder, "Implementing value engineering on a major project of the us department of energy", 1997 SAVE proceedings.
4. Barrie, D.S., Paolson, B., Professional construction management , MC Grow-Hill, Newyork, 1989.
5. Cost of wind Energy Substantially Reduced - Wind Energy program - <http://WWW.eren.doe.gov/wind>.
6. Morin, C., Carer, P., Croguemoc, A., J.M, Blanc, J. Y., Verreir P., "Optimization of the Design of Future HV/MV EDF Substations using Dependability studies and Value Analysis: The Example of medium voltage switchboard", CIRED, 12 th International Conference on Electricity Distribution, a Vol.1, 1993.

