



کد ۲۰۷

لزوم مطالعات اولیه بر پایه مهندسی ارزش و تاثیر فقدان آن بر بهره‌وری صنعتی

رضا توکلی مقدم^۱، امیرعباس یزدانی^۲

^۱ استاد و عضو هیات علمی دانشگاه تهران
tavakoli@ut.ac.ir

^۲ کارشناس ارشد MBA و مدرس دانشگاه پیام نور ساری
amirabbasyazdani@gmail.com

چکیده

بیشترین قابلیت تکنیک مهندسی ارزش، در مرحله آغازین و پیش از اجرای طرح‌های صنعتی برشمرده شده است. توانمندی مهندسی ارزش و اجرای گام به گام مراحل آن، موجبات جلوگیری از بروز اشتباهات بعدی، که حتی گاهی غیر قابل جبران می‌باشند را فراهم کرده و ارتقاء سطح بهره‌وری سازمانی را در پی خواهد داشت. متأسفانه بررسی‌های وضعیت مصرف و شدت انرژی صنایع کشور نشان می‌دهد که موضوع بهینه سازی و صرفه‌جویی انرژی در دوره مطالعات پروژه، جدی تلقی نمی‌شود. بطوریکه در اکثر کارخانجات، مصرف و شدت انرژی، بیشتر از صنایع مشابه در کشورهای صنعتی می‌باشد. این امر از عدم آشنایی مشاوران به مقوله صرفه جویی انرژی و هزینه‌های سنگین آن در دوران بهره برداری ناشی می‌شود. لذا به علت همین کم توجهی، اکثر صنایع بعد از مراحل تولید آزمایشی، با مشکلات عدیده‌ای در خصوص تأمین هزینه‌های انرژی مواجه می‌شوند. از آنجاییکه هزینه تأمین انرژی در رده های بالای تولید قرار می‌گیرد و این موضوع متأسفانه تبدیل به یکی از معضلات اکثر صنایع کشور ما شده است. این مقاله نتایج حاصل از تحقیقات در رویکرد مورد نظر، طی مطالعه موردی انجام شده در شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران را تشریح و مورد بررسی قرار داده و سعی دارد تا تاثیر عدم توجه کافی به مقوله انرژی در مراحل آغازین تهیه و تصویب طرح‌های صنعتی را از جوانب مختلف در یک مورد عملی آشکار سازد.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، مطالعات اولیه، بهره‌وری، صنایع





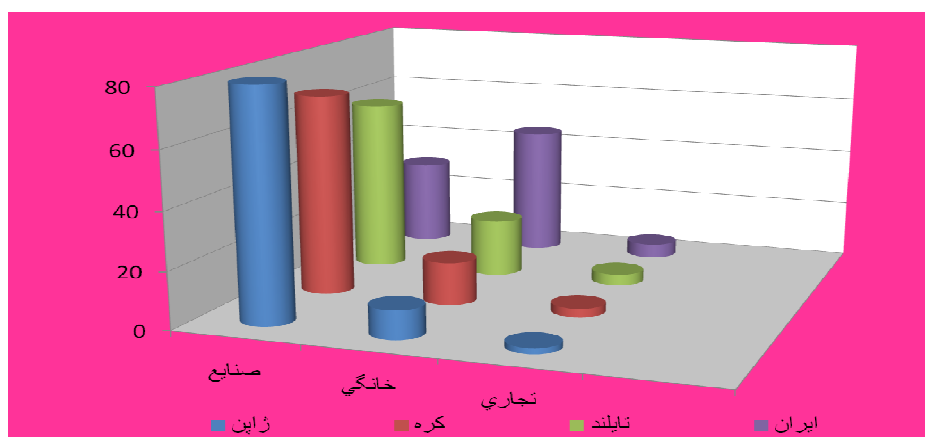
۱- مقدمه

وجود انرژی از ضروریات زندگی بشر است و یکی از مهمترین آنها، انرژی الکتریکی است که روند تقاضا برای آن در کشورهای مختلف و از جمله کشور ما با سرعت چشمگیری در حال افزایش است [۱]. از مزایای انرژی الکتریکی، پاکیزه بودن و انتقال آسان می‌باشد و یکی از اهداف استراتژیک بخش انرژی هر سازمان، مصرف انرژی به شکل بهینه و مناسب است [۲]. طبق تعریف بهبود بهره‌وری در سازمان، در نتیجه استفاده بهینه و موثر و کارآمد از منابع، تقلیل ضایعات، کاهش قیمت تمام شده، بهبود کیفیت و ... می‌باشد که موجب رشد و توسعه سازمان خواهد شد [۳] و بهینه سازی مصرف انرژی، از مهمترین تحولاتی است که در ساختار اقتصادی کشورهای صنعتی روی می‌دهد و دستاوردهایی از جمله رشد اقتصادی و افزایش تولید ناخالص ملی همراه با کاهش هزینه ها را در پی خواهد داشت [۴]. مهندسی ارزش یک روش منسجم برای رسیدن به بالاترین ارزش به ازای هر واحد پولی که هزینه شده است، می‌باشد و از آنجا که تدوین روش‌های علمی بهینه سازی و صرفه جویی در جامعه ما، امری ضروری است، مهندسی ارزش می‌تواند بسیار موثر واقع شود.

در مقاله حاضر، با هدف بررسی نقشی که مهندسی ارزش می‌تواند در مراحل اولیه طرح‌ریزی صنایع ایفاء نماید، ضمن مروری مستند بر ادبیات موضوعی که در این رابطه ارائه شده، عوامل موثر این راستا را مرور نموده و نتایج حاصل از تحقیقات در رویکرد مورد نظر، طی مطالعه موردی انجام شده در شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران تشریح و مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا تاثیر عدم توجه به آینده‌ای که در انتظار تصمیمات امروز می‌باشد و پیامدهای اشتباه در گزینش تجهیزات را، در یک مورد عملی آشکار گردد.

۲- بیان مساله و روش تحقیق

روند مصرف انرژی در دنیا و نیز محدود بودن منابع و حفظ محیط زیست موجب شد تا این موضوع در کانون توجه کشورهای مختلف قرار گیرد. افزایش قیمت نفت نیز سبب نگرش جدی‌تر کشورهای توسعه یافته به مقوله انرژی و سرآغاز تحقیقاتی در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی گردید [۵]. متأسفانه مصرف انرژی در کشور، از الگوی مناسبی پیروی نمی‌کند. شکل زیر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف را با سایر کشورها مقایسه می‌کند.





شکل ۱. مقایسه مصرف انرژی در بخش‌های مختلف کشور با سایر کشورها

پر واضح است که برای رسیدن به یک وضعیت مطلوب، داشتن یک هدف منسجم و برنامه ریزی مدون در جهت رسیدن به هدف مطلوب، لازم و ضروری است. تجربه ثابت کرده، عاملی که می‌تواند شرکت‌ها را از بازار پر رقابت امروز نجات دهد، استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های علمی در جهت بهینه نمودن امور می‌باشد.

در این تحقیق، ابتدا مصرف انرژی و اهمیت توجه به آن در طرح‌های توجیهی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. اینکه چه دلایلی سبب می‌شود تا به این مقوله بی‌توجهی شود و در صورت توجه، چه پارامترها و شاخص‌هایی را باید مد نظر قرار داد؟ و نیز در پژوهش حاضر در پی آن هستیم که ببینیم فقدان توجه به مقوله انرژی در طرح اولیه صنایع چه مسایلی را به بار خواهد آورد؟ بدین منظور در ادامه به توصیف مهندسی ارزش و قابلیت‌های آن در راستای حصول به یک الگوی بنیادین مناسب در مصرف انرژی، می‌پردازیم. نتایج حاصل از عدم لحاظ نمودن پارامترای موثر در مصرف انرژی را در یک مطالعه موردی بررسی نموده و بدین ترتیب بر لزوم توجه به این مقوله قبل از اجرای پروژه‌ها و استفاده از مهندسی ارزش، بعنوان یک قابلیت غیر قابل انکار، صحنه می‌گذاریم.

۳- مصرف انرژی و طرح‌های توجیهی

نتایج بررسی‌های انجام شده از مطالعات توجیهی فنی - اقتصادی طرح‌های صنعتی کشور نشان می‌دهد که، بخش اعظم این مطالعات، به مقوله صرفه جوئی انرژی و الزامات آن بی‌توجهند. این درحالیست که، توجه به این مقوله به علل مختلف و به ویژه از منظر موارد زیر، بسیار حایز اهمیت می‌باشد

- صیانت از ذخایر انرژی
- حفظ موقعیت صادراتی ایران در بازار جهانی انرژی و ارز آوری مرتبط با آن
- کاستن از حجم سرمایه گذاری در پروژه های سرمایه انرژی
- ضرورت افزایش بهره وری در اقتصاد ملی
- حفاظت از محیط زیست

سأله‌است که در کشورهای پیشرفته جهان، مطالعات مرتبط با صرفه جوئی انرژی، بخش‌های مهمی از مطالعات توجیهی فنی - اقتصادی طرح‌های صنعتی را تشکیل می‌دهد و در واقع امکان تصویب این طرح‌ها و اخذ وام و تسهیلات مالی برای آنها، در غیاب رویکردی جدی با این مسأله امکان پذیر نیست. در ادامه سعی می‌شود، علل بی‌توجهی به مسائل انرژی در مطالعات توجیهی پروژه‌های صنعتی مطرح گردد و در پی آن مهمترین مقولات و شاخص‌هایی که باید در ارتباط با صرفه جوئی انرژی، در طرح‌های صنعتی مطرح گردیده و پاسخ مناسب برای آنها یافت شود، ارائه گردد.





۳-۱- بی توجهی به مقوله انرژی در مطالعات صنعتی

بی توجهی به بررسی مسائل مرتبط با صرفه جوئی انرژی در مطالعات توجیهی بخش صنعت در ایران را می توان ناشی از علل زیر دانست:

- فقدان قانون و مقررات لازم برای تنظیم مصرف حامل های انرژی (فقدان قانون صرفه جوئی انرژی)
- فقدان رقابت آزاد در تولید صنعتی و دولتی بودن بخش بزرگی از صنایع کشور
- بی توجهی یا نا آشنائی کارفرمایان به اهمیت مسائل انرژی در اقتصاد کشور
- بی توجهی یا نا آشنائی تهیه کنندگان مطالعات توجیهی به اهمیت مسائل انرژی در اقتصاد کشور
- بی توجهی مراجع تأمین مالی و بانک ها به بررسی های انرژی، به عنوان پیش نیازی برای اعطای وام
- دسترسی مطمئن به انواع حامل های انرژی در اکثر نقاط کشور با قیمت های حدوداً یکسان
- بی توجهی به اهمیت ارتباط میان مصرف انرژی و تخریب محیط زیست
- فقدان استانداردهای لازم صنعتی برای انرژی بری محصولات صنعتی
- بی توجهی به ضرورت سازگاری ماشین آلات و تجهیزات با یکدیگر و هدر رفت انرژی
- ارزانی نسبی قیمت سوخت های صنعتی و سهم اندک آنها در هزینه های تولید

۳-۲- شاخص های انرژی در مطالعات صنعتی

اهمیتی که کشورهای پیشرفته صنعتی به امکانات صرفه جوئی انرژی می دهند، به واسطه آن است که، از یکسو در بسیاری از این کشورها، انرژی با قیمت های گزاف عرضه می شود و به تبع آن بخش قابل توجهی از هزینه تولید را بخود اختصاص می دهد و از سوی دیگر، مجموعه اقتصاد ملی آنها متکی به واردات عظیم حامل های انرژی است و دولتهای آنها همواره در صددند که هزینه های ارزی قابل توجهی را که به اقتصاد آنها تحمیل می شود، از طریق وضع قوانین کاهنده مصرف انرژی به حداقل رسانده و در عین حال با کاستن از مصرف انرژی، رشد آلودگی های زیست محیطی را مهار کنند.

در اغلب مطالعات توجیهی اقتصادی _ فنی، که در این کشورها برای اجرای پروژه های صنعتی جدید و یا توسعه صنایع موجود انجام می گیرد، ضمن عطف توجه خاص به اهمیت انرژی، استفاده از شاخص هایی که بتوانند بدرستی گویای وضعیت مصرف انرژی و امکانات صرفه جوئی انرژی در پروژه ها باشند، مطرح است. این شاخص ها بر حسب ضرورت ها و الزامات ملی در برگیرنده معانی و پیامدهای مختلفند. برای مثال، در مواردی که امنیت دسترسی به انرژی، واجد اهمیت است، توجه به این امر برجسته تر است. در مواردی دیگر، مقولاتی چون قیمت انرژی مصرفی، انرژی بری محصولات یا آثار سوء مصرف انرژی بر محیط زیست، به لحاظ اهمیت بیشتر به طرزی برجسته تر مطرح می شوند. استفاده از برخی از شاخصها گریز ناپذیر است. در زیر به مهمترین شاخص هایی که از نظر اقتصاد انرژی ایران واجد اهمیت بیشتریند، اشاره شده و توصیه می شود به منظور مهار رشد مصرف انرژی در کشور، از این شاخص ها و مقولات در مطالعات توصیفی اقتصادی _ فنی صنایع کشور استفاده شود.





• شدت انرژی

شدت انرژی، مقدار انرژی مصرفی (مثلاً مقدار MJ^۱ یا KWH) به ازای اندازه یا واحد معینی از ارزش افزوده تولیدی (مثلاً^۲ یک میلیون ریال یا هزار دلار) را نشان می‌دهد [۳]. توصیه می‌شود شدت انرژی صنعت مورد مطالعه، با شدت انرژی در صنایع داخلی و خارجی رقیب مقایسه شود. در صورت وجود تفاوت‌های قابل توجه، اقدامات اصلاحی انجام شود و برای پرهیز از مشکلاتی که مسائل مربوط به یارانه و نرخ تاثیر ارز در محاسبات ایجاد می‌کند، استفاده از قیمت‌های سایه‌ای^۲ توصیه می‌شود.

• انرژی بری

انرژی بری به معنای مقدار انرژی مصرفی به ازاء واحد محصول تولیدی است (مثلاً مقدار MJ/T، KWH/T^۲ مصرفی برای تولید یک تن فولاد). بررسی تطبیقی این شاخص در صنعت مورد بررسی با صنایع داخلی و خارجی رقیب برای برطرف کردن کاستی‌ها توصیه می‌شود.

• کمینه کردن میان تقطیرها

مهمترین میان تقطیرهای مورد استفاده در صنعت کشور، نفت گاز و نفت سفید است. تقاضای بالا برای این حامل‌های انرژی در ایران، مشکلات فراوانی را برای صنعت نفت کشور بوجود آورده و مدتی است که کشور ناچار به واردات آن شده است. مهار رشد استفاده از میان تقطیرها در صنایع کشور، کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در صنعت پالایش نفت و بی‌نیازی از واردات این فرآورده‌ها را به نفع اقتصاد ملی در پی دارد.

• جایگزینی‌ها و سبد انرژی کشور

در حال حاضر ترکیب تقاضا برای حامل‌های انرژی در کشور، به ویژه در بخش صنایع، شباهتی به امکانات طبیعی و ذخایر انرژی کشور ندارد. از این رو منطقی است که مصرف حامل‌های انرژی در کشور در حد مقدورات و با رعایت موازین اقتصادی به سمت مصرف گاز طبیعی و گاز مایع و پرهیز از مصرف بیشتر انواع فرآورده‌های نفتی و در صورت امکان استفاده از زغال سنگ و انرژی‌های نو سوق داده شود. در راستای دستیابی به این هدف و در جهت بهبود وضعیت سبد انرژی کشور توصیه می‌شود که در هنگام انجام مطالعات توجیهی امور اقتصادی - فنی صنایع، امکانات پرهیز از استفاده از فرآورده‌های نفتی و جایگزینی‌ها در حد مقدورات اقتصادی - فنی ارزیابی شود.

• استفاده از ذخایر انرژی محلی

بخش عمده ذخایر انرژی کشور، در جنوب غربی کشور قرار دارد. لذا از نظر عرضه و تقاضای انرژی اولیه (نفت، گاز، برق آبی و ...) کشور، با عدم توازن منطقه‌ای مواجه است. به همین سبب اقتصاد ملی، هزینه‌های گزافی را برای حمل و نقل انرژی به اقصی نقاط، از مبداء جنوب غربی کشور متحمل می‌شود. ضروری است در مطالعات توجیهی اقتصادی - فنی طرح‌های صنعتی به امکان استفاده از انرژیهای محلی توجه لازم مبذول گردد. از جمله این انرژی‌ها، زغال سنگ در نواحی مرکزی و شمال غربی ایران و استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش فضا و گرم کردن آب مصرفی در اکثر نقاط ایران است.





• نرخ بازیافت انرژی

بکارگیری سیستم‌هایی چون سیکل ترکیبی در نیروگاه‌ها و یا استفاده از روش‌های مهندسی PINCH^۴، ناظر بر همین مقوله از فعالیت‌های منطقی کردن مصرف انرژی است. لذا بررسی مسائل مرتبط با امکانات بازیافت انرژی از مواردی است که باید در مطالعات توجیهی اقتصادی - فنی طرح‌های صنعتی کشور به منظور مهار رشد مصرف انرژی مطرح گردد و شاخصی مناسب برای کل انرژی بازیافتی و هر یک از فرآورده‌ها و ماشین‌آلات (کوره‌ها، دیگ‌های بخار، کمپرسورها و ...) در نظر گرفته شود [۶]. ارائه محاسبات و شاخص‌های مناسب در این زمینه و مقایسه تطبیقی آنها با موارد مشابه در سطح بین‌المللی و داخلی موجب ارتقاء ارزش علمی بررسی‌ها از جنبه مسائل مرتبط با صرفه جویی می‌گردد.

• بررسی ضایعات تولید

از دیدگاه انرژی، بررسی دقیق ضایعات تولید از دو جنبه واجد اهمیت است. نخست کاستن از ضایعات که مترادف با افزایش بهره‌وری در همه زمینه‌ها و از جمله در ارتباط با مصرف انرژی است و دوم آن که استفاده از پاره‌ای از ضایعات به عنوان سوخت، در برخی از صنایع امکان پذیر است. انجام بررسی‌های تطبیقی در این زمینه، در مطالعات توجیهی اقتصادی - فنی صنایع، به منظور مقایسه نرخ ضایعات تولید و نحوه استفاده از آنها در راستای مهار رشد مصرف انرژی در کشور، می‌تواند مفید واقع شود.

• امکانات استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر

استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر، هم از جنبه صیانت از ذخائر انرژی و هم از نظر کاستن از آلودگی‌های زیست محیطی ضروری است. امکان بکارگیری بیشتر این گونه انرژی‌ها، تنها محدود به استفاده از وسائل مولد انرژی‌های نو نمی‌گردد، بلکه این مقوله شامل مواردی چون طراحی درست و مقرون به صرفه ساختمان‌ها برای استفاده بیشتر از نور خورشید در زمستان یا تابش مستقیم کمتر در تابستان و استفاده از رنگ‌های روشن در درون ساختمان‌ها، بمنظور کاهش مصارف انرژی برای روشنایی و نظائر آن نیز می‌گردد.

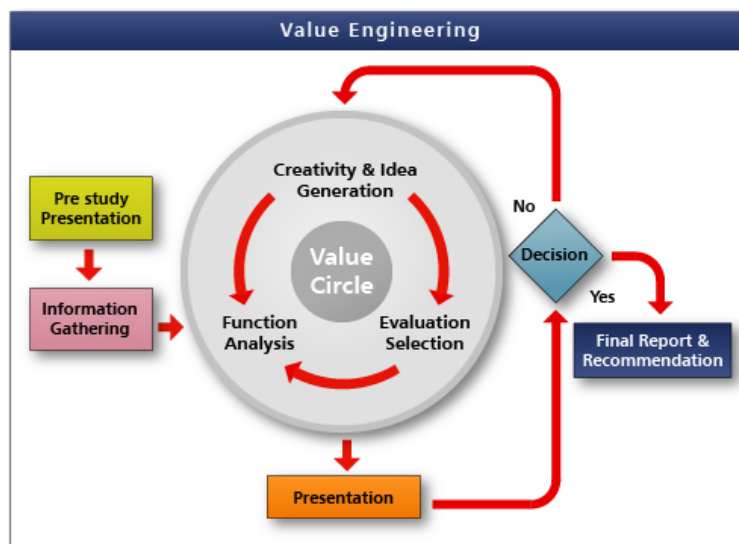
۴- مهندسی ارزش

مهندسی ارزش ابزاری برای نشان دادن ارزش محصول در رابطه با کارکرد آن می‌باشد، که توسط مایلز^۵، برای نخستین بار بکار گرفته شد. به گفته وی، مهندسی ارزش، دیدگاهی خلاق، کارکردگرا و سازمان‌یافته، با هدف شناسایی کارآمد هزینه‌های غیرضروری است، یعنی هزینه‌هایی که نه به کیفیت، نه به بهره‌برداری، نه به عمرمفید، نه به زیبایی ظاهری و نه به مشخصات درخواستی کارفرما مربوط می‌شود. در تعریف مدیریت ارزش آمده است که مهندسی ارزش، فنی برای تعیین فعالیت‌های تولید یک کالا، ارزش گذاری برای آن فعالیت‌ها و سرانجام تعیین فعالیت‌هایی است که کمترین هزینه را در بر داشته باشد [۷]. بهترین زمان بکارگیری مهندسی ارزش در مراحل ابتدایی و فاز طراحی اولیه می‌باشد. نتایج مطالعه و بکارگیری مهندسی ارزش، صرفه‌جویی هزینه با توسعه طول عمر آن از طریق استفاده از مواد جدید، فرآیند و یا طراحی، کاهش هزینه تعمیرات، صرفه جویی در انرژی و دیگر هزینه‌های عملیاتی می‌باشد. اجرای مهندسی ارزش برای یافتن پاسخ به این سوال است که چه راه حل دیگری، کارکرد موردنظر، فرایند، محصول و یا اجرای آنرا با هزینه کمتری محقق می‌سازد. بنابراین هرچه از زمان عمر پروژه بگذرد، پتانسیل کاهش هزینه کم می‌شود. بکارگیری مهندسی ارزش شامل سه مرحله اصلی زیر است [۸]. که در شکل ۲ نیز، از منظری دیگر نمایش داده شده است:





- فاز پیش مطالعه (Pre-Study Preparation) که در این مرحله اقداماتی نظیر شناسایی و جمع آوری اطلاعات برای پروژه مورد مطالعه، انتخاب اعضای تیم مربوطه و برنامه‌ریزی مطالعه انجام می‌گیرد.
- فاز مطالعه (VE study workshop)، در این بخش، طراحی کار دنبال خواهد شد و مطالعه و بررسی را روی بخش‌های با هزینه بالا و ارزش پائین هدایت خواهد کرد. این مرحله در برگیرنده شش فاز اصلی شامل فاز اطلاعات (Information)، فاز آنالیز (Function Analysis)، فاز ایجاد (Creativity)، فاز ارزیابی (Evaluation)، فاز توسعه (Development) و فاز ارائه گزارش (Presentation) می‌باشد.
- فاز فرا مطالعه (Post-study) که به آن فاز اجرا نیز می‌گویند و شامل اجرای توصیه‌هایی است که به عنوان مهندسی ارزش مورد تأیید قرار گرفته است و در زمانبندی طرح نهایی لحاظ می‌شود. در این فاز است که نظریه‌ها می‌توانند واقعی شوند.



شکل ۲. مهندسی ارزش و الگوریتم بکارگیری آن

مهندسی ارزش یک تکنیک عملگراست که قابلیت کاهش هزینه پروژه، محصول و یا فرآیند را با حفظ کیفیت دارا می‌باشد و بازده بالای این تکنیک موجب بکارگیری آن در بسیاری از صنایع در جهان شده است. از جمله اهداف اصلی مهندسی ارزش، حذف هزینه‌های غیر ضروری است. این تکنیک قادر است، هزینه پروژه را در حالی که در فاز طراحی است تحلیل کند و در هنگام اجرا نیز اهداف سیستماتیک و تعریف شده‌ای را دنبال می‌کند که این اهداف، بصورت خلاصه در زیر آمده‌اند [۹].





- کاهش هزینه های اولیه
- کاهش هزینه های عملیاتی
- به انجام رساندن نیازهای مأموریت سازمان
- کم کردن اشتباهات و خطاهای طرح
- برآوردن رضایت مشتری
- افزایش کیفیت
- افزایش قابلیت اطمینان
- بهبود موارد زیست محیطی
- بهبود عملکرد سازمان و افزایش بهره‌وری
- شناسایی مسایل
- توسعه راه حل مناسب

مهندسی ارزش با مکانیسمی که دارد، می‌تواند سازمان را در شناخت ارزش‌های مورد انتظار، قبل از انجام پروژه یاری نماید. مجری پروژه باید خواسته و نظرات سازمان را در پروژه در دست انجام، اعمال نماید و کلیه ملزومات و خواسته‌های او را در پروژه مدنظر قرار دهد. از طرف دیگر، با یک عملکرد صحیح و هوشمندانه حین انجام پروژه، از هزینه های زائدی که مد نظر مشتری نیست و بر کیفیت انجام پروژه نمی‌افزاید، بکاهد. استفاده از مهندسی ارزش می‌تواند هر دو هدف فوق را تامین نماید [۱۰].

۵- مصرف انرژی در شرکت چوب و کاغذ مازندران (مطالعه موردی)

این مجتمع با دیمانده^۶ الکتریکی 35 MW و دیمانده 17000 M^3 گاز طبیعی، بزرگترین مصرف کننده منطقه شمال کشور محسوب شده که با توجه با هزینه های سرسام آور انرژی و قرار گرفتن آن در رده اول هزینه های تولید مجتمع، لزوم بهینه سازی و صرفه جوئی مصرف انرژی در این مجتمع دو چندان می‌باشد. بر اساس اصول مهندسی ارزش، برای بررسی اولیه وضعیت انرژی باید ابتدا چگونگی مصرف و تولید را کاملاً مشخص نمود و سپس با مطالعه دقیق و اصولی نسبت به برنامه ریزی مدون بهینه سازی و صرفه جوئی اقدام کرد. بطوریکه با تحلیل عوامل و فاکتورهای موثر در کاهش KWH/T و اتخاذ راهبردی مناسب، نسبت به تقلیل مصرف انرژی با عنایت به تولید با کیفیت مطلوب و استاندارد اقدام نمود [۱۱].

در این مجتمع در مجموع، نزدیک به ۳۰۰۰ دستگاه انواع الکتروموتور با تنوع بالا استفاده شده است که برای استفاده در فن ها، پمپ‌ها، کمپرسورها، همزن ها، پالاینده‌ها، گیربکس‌ها، کانوایرها و ... از سوی چند شرکت معتبر بین المللی که تشکیل یک کنسرسیوم را دادند، انتخاب و تعیین قدرت شده و سپس بکار گرفته شده‌اند. در این مجتمع از ۳۰۰۰ دستگاه الکتروموتوری که نصب شده که ۴۳ دستگاه موتور $\text{HV}^{\text{۸}}$ با ولتاژ 6 KV جمعاً با قدرت 36 MW و ۳۲ دستگاه انواع موتورهای $\text{DC}^{\text{۹}}$ به قدرت 6 MW و همچنین تعداد ۸۰ دستگاه موتور $\text{VFD}^{\text{۱۰}}$ با قدرت 3 MW و حدود ۲۸۰۰ دستگاه موتور القائی معمولی، به قدرتی معادل 41 MW نصب شده و فعال است. این شرکت، بتازگی وارد دومین دهه فعالیت تولیدی خود شده است.





۵-۱- فقدان مهندسی ارزش در طراحی اولیه کارخانه

نمونه مورد مطالعه، مصداق روشنی از عدم توجه به مقوله انرژی در زمان تشکیل کنسرسیوم و انتخاب ماشین آلات می‌باشد. عدم همگونی الکتروموتورها با انتظاری که از آنان می‌رود، هزینه‌ها و مشکلات بسیاری در پی داشته است. بعنوان مثال، تعدادی از الکتروموتورهای HV مجتمع، با ظرفیت ۳۵۰۰ KW، با بهره‌کشی حداکثر ۲۰۰۰ KW در مدار قرار گرفته‌اند و از سوی دیگر تعدادی از موتورهای HV مجتمع با ظرفیت ۲۰۰ KW، با بهره‌کشی در حدود ۲۲۰ KW در مدار قرار دارند و در فصول گرم سال معمولاً چند بار موجب Trip^{۱۱} سیستم می‌شوند و خسارت‌های مستقیم و غیر مستقیم زیادی بر سازمان تحمیل می‌کند.

از منظری دیگر، IP^{۱۲} موتورهای HV که برای مجتمع در نظر گرفته شده‌اند، ۲۳ می‌باشد در صورتیکه برای صنایع شیمیایی باید حداقل ۵۵ باشد. به همین علت حدود ۴۰ درصد از موتورهای بکار گرفته شده، طی ۵ سال اول بهره‌برداری، دچار آسیب شده و متأسفانه دوباره پیچی شده‌اند. انتخاب موتورهای با ظرفیت بالا، موجب بزرگتر شدن کویلینگ‌ها، گیربکس‌ها و ... گردیده و در نتیجه حجم فونداسیون‌ها افزایش یافته و نهایتاً به افزایش سطح واحدهای تولیدی منجر شده است. انتخاب موتور با ظرفیت بالاتر موجب شده است که:

- کابل‌های تغذیه با سائز بالاتر انتخاب شود.
- کلیدها با ظرفیت بالاتر انتخاب شود.
- رله‌های حرارتی با ظرفیت بالاتر انتخاب شود.
- با افزایش حجم تجهیزات، فضای بیشتری مورد نیاز است.
- هزینه لوازم یدکی مربوطه بالاتر برود.
- هزینه نگهداری و تعمیرات افزایش یابد.
- هزینه‌های اجرای طرح و پروژه افزایش یابد.
- سرمایه درگیر پروژه و هزینه سرمایه درگیر افزایش یابد.
- هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم افزایش یابد.
- مصرف انرژی و توان الکتریکی بالا برود.

بررسی‌های انجام شده حاکی از اینست که در ابتدای طرح و مطالعه پروژه، به مقوله انرژی و پیامدهای انتخاب نامناسب تجهیزات و محرکه‌ها، توجه کافی نشده است. همانطور که گفته شد، مهندسی ارزش در چندین فاز جداگانه عملی می‌شود و به جرات می‌توان گفت مهمترین آنها، فاز مطالعه است. با تأکیدی که در فاز مطالعه، بر لزوم توجه به نتایج هر انتخاب، تا پایان مرحله بهره‌برداری شده، می‌توان انتظار داشت که تصمیم‌گیری‌های اصولی انجام شده و مشکلات بعدی و ابدی برای سازمان در پی نداشته باشد.





۶- نتایج و یافته‌ها

همانگونه که اشاره شد، سعی بر آن داریم که نشان دهیم توجه به مقوله انرژی به منظور ایجاد یک الگوی بنیادین مصرف انرژی بهینه شده در سازمان‌ها، امری ضروریست و بی‌توجهی به آن، مشکلات و تبعات زیادی را برای سازمان بوجود می‌آورد که گاه حتی غیر قابل جبران است.

در شرکت مورد مطالعه نیز به دلیل عدم انتخاب صحیح الکتروموتورها، متناسب با نوع و نحوه کاربری و میزان خروجی که از آنها انتظار می‌رود، مشکلاتی برای سازمان بوجود آمد. لازم به توضیح است که بر اساس مشاهدات و بررسی‌ها، عمدتاً، ظرفیت موتورهای انتخاب شده بیش از نیاز بوده است. در واقع این الکتروموتورهای انتخاب شده، مصرف برق بالایی را بر سازمان تحمیل می‌کنند، در حالی که خروجی دریافت شده، متناسب با این میزان مصرف انرژی نیست. گویی برای حمل باری کوچک، از تریلی استفاده کنیم که هم مصرف سوخت آن بالاست و هم هزینه‌های جانبی و تعمیرات و نگهداری ناشی از کارکرد آن. جدول زیر بوضوح بیانگر مطالب مزبور می‌باشد

جدول ۱. مقایسه ظرفیت بکارگرفته شده و میزان ظرفیت مورد نیاز مجتمع

الکتروموتورهای مجتمع	درصد	ترانسفورمرهای داخلی مجتمع	درصد	ترانسفورمرهای اصلی مجتمع	درصد
86000 KW	100	109000 KVA	100	2 x 90000 KVA	100
33000 KW	38	33000 KW	30	33000 KW	37
20000 KW	23	20000 KW	18	20000 KW	22

با توجه به جدول فوق، در این مجتمع از ۸۶ MW قدرت نصب شده موتورهای الکتریکی در بالاترین ظرفیت تولید، حداکثر به میزان ۳۸ درصد استفاده می‌شود. بعبارت دیگر، حداقل از ۶۲ درصد ظرفیت الکتروموتورها استفاده نشده و با عنایت به اینکه استاندارد ظرفیت خالی باید ۲۰ درصد باشد، ملاحظه می‌شود که بیش از ۴۰ درصد ظرفیت اضافه در نظر گرفته شده است. به بیان دیگر ۴۰ درصد هزینه‌های تهیه، نصب و راه اندازی و هزینه مصرف انرژی و نگهداری و تعمیرات و ... بی‌مورد بوده است. این موضوع در ظرفیت ترانسفورمرهای داخلی مجتمع نیز به چشم می‌خورد. بطوریکه ظرفیت نصب شده ترانسفورمرهای داخلی ۱۰۹ MVA می‌باشد اما در حداکثر ظرفیت تولید، از حدود ۳۰ درصد ظرفیت آنها استفاده می‌شود. در خصوص استفاده از ظرفیت ترانسفورمرهای اصلی مجتمع نیز وضعیت به مراتب ناامیدکننده‌تر می‌باشد. یعنی از ۱۸۰ MVA ظرفیت نصب شده، در زمان تولید، ترانسفورمرهای اصلی حداکثر با ظرفیت ۲۲ درصد درمدار می‌باشد یعنی از ۷۸ درصد ظرفیت آن استفاده نشده است و به همین ترتیب کلیه تجهیزات که به الکتروموتور، ترانسفورمرها، نظیر کابل‌ها، کلیدها، کانال‌ها و کلیه تجهیزات مکانیکی و پروسسی مانند کپلینگ‌ها، پمپ‌ها، گیربکس‌ها، پالاینده‌ها، همزن‌ها، فونداسیون‌ها، ابعاد و اندازه ساختمان‌های واحدهای تولید و ... بیش از ظرفیت مورد نیاز انتخاب شده است. اگر بررسی اقتصادی را در زمینه آیت ترانسفورمرهای داخلی انجام دهیم، محاسبات بیانگر اینست که حدود ۷۰ درصد سرمایه‌گذاری در این بخش اضافه بوده است، چنانچه مبنا را میزان ظرفیت اضافه الکتروموتورها در زمان حداکثر تولید قرار دهیم که به میزان ۴۰





درصد می‌باشد، می‌توان گفت حداقل ۴۰ درصد سرمایه‌گذاری بی‌مورد بوده است و اگر مبنا را ترانسفورمرهای اصلی مجتمع قرار دهیم، حداقل ۷۸ درصد از سرمایه‌گذاری جهت تهیه، نصب، راه اندازی، فونداسیون، کلیدها، کابل‌ها و ... بی‌مورد بوده و اتلاف سرمایه را در این زمینه داشته‌ایم.

۷- بحث و نتیجه‌گیری

مطابق آنچه عنوان گردید، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با انتخاب ظرفیت بیش از حد نیاز برای سیستم‌های مجتمع، هزینه‌های ریالی و ارزی طرح افزایش یافته است. بطوریکه با انتخاب مناسب تجهیزات این مجتمع، که در سال ۷۶ خریداری گردید، بیش از ۴۰ درصد امکان صرفه‌جویی ارزی از محل خرید تجهیزات الکتریکی وجود داشت. شاهد تجربی مورد مطالعه بخوبی نشان می‌دهد که با مهندسی ارزش طرح‌ها و پروژه‌های در دست اقدام و انجام محاسبات دقیق‌تر، این امکان وجود دارد که در هزینه‌های اولیه و بعدی پروژه به میزان قابل ملاحظه‌ای صرفه‌جویی نموده و طرح‌ها را توجیه پذیر نماییم. اشتغال زایی و کاهش بیکاری از جمله دیگر مزایای آن خواهد بود.

معمولاً برای انتخاب تجهیزات یک پروژه، ابتدا ظرفیت‌ها را محاسبه نموده و بعد تجهیزات مکانیکی ۱۰ درصد بیش از حداکثر ظرفیت فرایندها انتخاب می‌شوند. موتورهای الکتریکی نیز با ۱۰ درصد قدرت بیشتر از ظرفیت تجهیزات مکانیکی محاسبه می‌شوند. در مجموع، زمانی که مجتمع با ۱۰۰ درصد ظرفیت کار می‌کند، ۲۰ درصد موتورهای ظرفیت خالی دارند و در آنها اتلاف انرژی خواهیم داشت (یادآوری اینکه در شرکت مورد مطالعه، این اتلاف حدود ۶۰ درصد محاسبه شده که این امر در قیمت تمام شده محصول، تاثیر بسیار نامطلوبی بر جای می‌گذارد). با عنایت به مراتب فوق، ملاحظه می‌شود که حجم ظرفیت بلا استفاده غیرمنطقی و غیرعلمی می‌باشد. از طرفی سرمایه‌گذاری ارزی و ریالی اجرای پروژه حدود ۱ میلیارد دلار بوده است و متأسفانه باید گفت در مجموع حداقل ۴۰ درصد سرمایه‌گذاری اضافه بوده است. نتایج محاسبات مربوط به اتلاف سرمایه در شرکت مورد مطالعه را می‌توان در جدول زیر بطور تخمینی نمایش داد.

جدول ۲. مقایسه وضعیت موجود و مطلوب هزینه‌های مجتمع و اتلاف سرمایه

هزینه‌ها (میلیون دلار)	وضعیت موجود	وضعیت مطلوب	درصد اتلاف سرمایه
سرمایه گذاری اولیه	1000	600	40 %
نگهداری و تعمیرات سالانه	100	65	35 %
حامل های انرژی سالانه	0.5	0.35	30 %
جمع	1100.5	665.35	43 %

در ادامه باید اذعان نمود که متأسفانه طبق آمار، کشور ما طی سالیان اخیر در مصرف انرژی الکتریکی بالاترین درصد رشد را در جهان داشته و پیش بینی می‌شود با ادامه این روند، ایران حداکثر تا سال ۱۴۰۰ بتواند یک صادر کننده انرژی باشد و پس از آن نیاز به واردات انرژی الکتریکی خواهیم داشت. بنابراین، جا دارد که با توجه به افزایش سرسام آور هزینه‌های انرژی و مصائب تامین و انتقال آن، در بهینه سازی و صرفه‌جویی در مصرف آن اقدام نماییم. الگوی مصرف خود را بصورت بنیادین و از همان ابتدای طرح و انتخاب تجهیزات، به نحوی طراحی و اصلاح نماییم که ضمن کاهش هزینه‌های اجرا، در مرحله بهره‌برداری از خطوط تولید نیز بتوانیم از یک الگوی مناسب بهره‌مند شویم.





مراجع

- [۱] مرکز مطالعات تکنولوژی دانشگاه صنعتی شریف، مرجع کاربردی مدیریت انرژی، چاپ اول، تهران، گروه نفت و انرژی با همکاری شرکت توسعه بهره‌وری انرژی فناوران، ۱۳۸۵.
- [۲] بهرامی، حسین و دیگران، صرفه جویی و مدیریت انرژی در سیستم‌های الکتریکی، چاپ اول، انتشارات سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، پاییز ۱۳۸۳.
- [۳] طاهری، شهرام، بهره‌وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمان‌ها، چاپ هشتم، نشر هستان، ۱۳۸۳.
- [۴] حاج سقطی، اصغر و دیگران، آموزش مدیریت انرژی، چاپ اول، انتشارات سازمان بهره‌وری انرژی ایران، ۱۳۷۷.
- [۵] یزدانی، امیرعباس و توکلی مقدم، رضا، اصلاح سیستم گرمایش، راهکاری در راستای مصرف بهینه انرژی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی اصلاح الگوی مصرف، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، دی ماه ۱۳۸۸.
- [۶] عمید پور، مجید و دیگران، کاربرد تکنولوژی Pinch، مجموعه مقالات اولین همایش بهره‌وری انرژی در صنعت، تهران، مرکز همایش‌های بین‌المللی صدا و سیما، خرداد ۱۳۸۳.
- [۷] زاهدی، اشرف السادات و دیگران، فرهنگ جامع مدیریت، چاپ اول، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، ۱۳۷۶.
- [۸] توکلی مقدم، رضا و یزدانی امیرعباس، بررسی فرآیند بهره‌وری مصرف انرژی از منظر مهندسی ارزش، مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش، دانشگاه تهران، آذر ۱۳۸۷.
- [۹] واحدی، خداداد و علی تبار الیاس، چالش‌های اجرای مهندسی ارزش در سازمان‌ها، مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش، دانشگاه تهران، آذر ۱۳۸۷.
- [۱۰] صافدل، علی و دیگران، استفاده از مهندسی ارزش در نقشه استراتژی سازمان جهت شناخت بهتر ارزش‌ها، خلاصه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش، دانشگاه تهران، آذر ۱۳۸۷.
- [۱۱] منظور، داود، بررسی وضعیت شدت انرژی صنایع کاغذ سازی، چاپ سوم، انتشارات شفق، ۱۳۸۴.
- [۱۲] اسمیت، کرگ، بی، اصول مدیریت انرژی، ترجمه شهناز صادقی و دیگران، چاپ اول، نشر دانشگاه، سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، ۱۳۸۳.
- [۱۳] سلطانی، مسعود، دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۳.
- [۱۴] ویلیدی، ثنودور، ماشین‌های الکتریکی، محرکه‌ها و سیستم‌های قدرت، ترجمه سعید لسان، چاپ اول، انتشارات دانشگاه مازندران، ۱۳۸۴.
- [۱۵] شاهرخ‌شاهی، طهماسب‌قلی، شبکه‌های انتقال انرژی، چاپ اول، انتشارات شرکت فرا نیرو، ۱۳۸۷.

زیر نویس‌ها

- ۱ - ژول، واحد کار، انرژی و حرارت است. یک ژول میزان کاری است که نیروی یک نیوتنی با جابجایی جسمی به جرم یک کیلوگرم، بطول یک متر انجام می‌دهد. هر ژول معادل یک وات ثانیه است [۱۲].
- ۲ - قیمت‌های سایه‌ای - قیمت واقعی و پنهانی برخی کالاها که بر حسب شرایط مختلف، دچار نوسان می‌شوند. بعنوان مثال قیمت مشتقات نفتی که بعلاوه نوسانات قیمت نفت، بطور مستقیم تحت تاثیر قرار گرفته و تغییر می‌کنند [۱۲].
- ۳ - انرژی الکتریکی مصرفی بر واحد محصول [۳].
- ۴ - این تکنولوژی بر مبنای اصول ترمودینامیک استوار بوده و به کمک آن می‌توان کلیه فرآیندهای یک واحد را کنترل نمود. اساسی‌ترین تاثیر آن، تحلیل مفهومی برای مهندسین می‌باشد. علاوه بر مقوله انرژی، به مباحثی نظیر هزینه سرمایه‌گذاری، قابلیت عملکرد، انتشار آلودگی در محیط و ... نیز می‌پردازد [۶].





- ۵ - لاورنس دی مایلز، از مهندسين شرکت جنرال الكتريك آمريكا (GE) در دهه ۱۹۶۰ و ابداع كننده آناليز ارزش.
- ۶ - Demand - مقدار تقاضای برق از سوی مشترک متقاضی تا در هر زمان که اراده کرد بتواند از برق استفاده کند [۳].
- ۷ - Mega Watt - واحد سنجش جهت اندازه گیری توان الكتريکی. هر وات معادل میزان توان الكتريکی تولید شده در صورت عبور جریان یک آمپر از باری که ولتاژ یک ولت دارد، می باشد [۱۳].
- ۸ - High Voltage - موتورهایی که دارای قدرت بالایی هستند که با ولتاژهای بیش از ۳ KV تغذیه می شوند [۱۴].
- ۹ - Direct Current - جریان مستقیم، موتورهایی که ولتاژ تغذیه آنها نسبت به زمان تغییر نمی کند و در جاییکه نیاز به کنترل دور و سرعت دقیق باشد از این نوع موتورها استفاده می شود.
- ۱۰ - Variable Frequency Drive - موتورهای الكتريکی که در صنایع به منظور کنترل دور در فرآیندهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرند [۱۴].
- ۱۱ - از مدار خارج شدن هر دستگاه الكتريکی بعلت خطای سیستم. این اصطلاح معمولاً در صنایع و نیروگاهها برای قطع شدن برق دستگاهها، ناشی از اشکالات الكتريکی بکار می رود [۱۵].
- ۱۲ - این اصطلاح برای حفاظت دستگاههای الكتريکی در مقابل ورود اجسام و مایعات به داخل دستگاه بکار برده می شود. هر چه IP دستگاه بالاتر باشد، دارای حفاظت بیشتری در مقابل گرد و غبار و مایعات می باشد.

