معرفی مدل سیستم مدیریت انرژی با تأکید بر استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ (مطالعه موردی: واحد پالایشگاه کارخانه‌ی مس)

محمد پروانه*
فریور فاضلپور**

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۷

چکیده:

ارتباط تنگاتنگ انرژی و توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی و انتظاری که از افزایش قیمت انرژی در آینده وجود دارد، توجه به امر استفاده‌ی منطقی از انرژی را ضروری می‌سازد. استفاده‌ی منطقی از انرژی مبین کمیتی از مصرف حامل‌های انرژی است که با ترکیب بهینه‌ی انرژی و سایر عوامل تولید (کار، سرمایه و مواد)، کمینه هزینه‌ی تولید و شدت انرژی را منعکس سازد. استانداردهای زیادی جهت اطمینان از برآورده‌شدن کمینه‌های لازم درخصوص اجرای سیستم مدیریت انرژی تهیه و انتشار یافته‌اند. از این رو در این پژوهش ضمن مطالعه‌ی موردی واحد پالایشگاه کارخانه‌ی مس بر آنیم تا با استفاده از متدولوژی ارائه‌شده توسط دانشگاه صنعتی صربستان که در صنایع مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته است به کمک نرم‌افزارهای آماری مثل Minitab و Excel مدل مصرف انرژی و پارامترهای تأثیرگذار بر روی شدت مصرف انرژی را شناسایی کنیم. این مدل با استقرار سیستم مدیریت انرژی مطابق با الزامات فنی اشاره‌شده در استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ زمینه را برای استقرار این استاندارد در واحدهای صنعتی فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی:
مدیریت انرژی، استاندارد ISO ۵۰۰۰۱:۲۰۱۱، شاخص‌های عملکردی، مراکز هزینه‌ی انرژی، خط مبنا

۱. مقدمه

به‌دلیل مسئله جهانی‌شدن و تغییرات آب‌وهوا، قوانین کسب‌وکار به‌سرعت در حال تغییر هستند. هر روز یک فناوری جدید، یک رقیب یا شریک جدید یا روش کار جدیدی ظهور می‌کند. در برابر چنین پیش‌زمینه‌ی پیچیده و پویایی، برخی چیزها ثابت می‌مانند: نیاز به اینکه جهان توسعه‌یافته و در حال توسعه منابع انرژی خود و تأثیرات بر روی محیط‌زیست را مدیریت کنند و اثربخشی انرژی را به‌طور مستمر بهبود بخشند و آلاینده های مضر را کاهش دهند. شرکت هایی که در کشورهای توسعه‌یافته یا در حال توسعه کار می‌کنند باید به بهبود مستمر عملکرد انرژی و محیط زیست دست یابند.[۱-۲-۱۶]

هنگامی که کسب‌وکار دچار رکود شد، کاهش هزینه‌ها اجباری شد و هزینه‌های انرژی و عملکرد انرژی و محیط‌زیست به‌طور ناگهانی توجه مدیریت را به خود بیشتر از پیش جلب کرد. اگرچه بهره وری انرژی و مدیریت زیست‌محیطی قرار بود در آن زمان اصطلاحات آشنایی باشند، ثابت شد که اجرای برنامه مدیریت انرژی و محیط‌زیست در یک محیط صنعتی واقعی کاری دشوار برای هر تیمی است. پیچیدگی آن برخاسته از نیاز به گرد هم آوردن افراد، روش‌ها و فناوری به‌منظور دستیابی به بهبود عملکرد سازکار و پایدار است.[۳-۴]

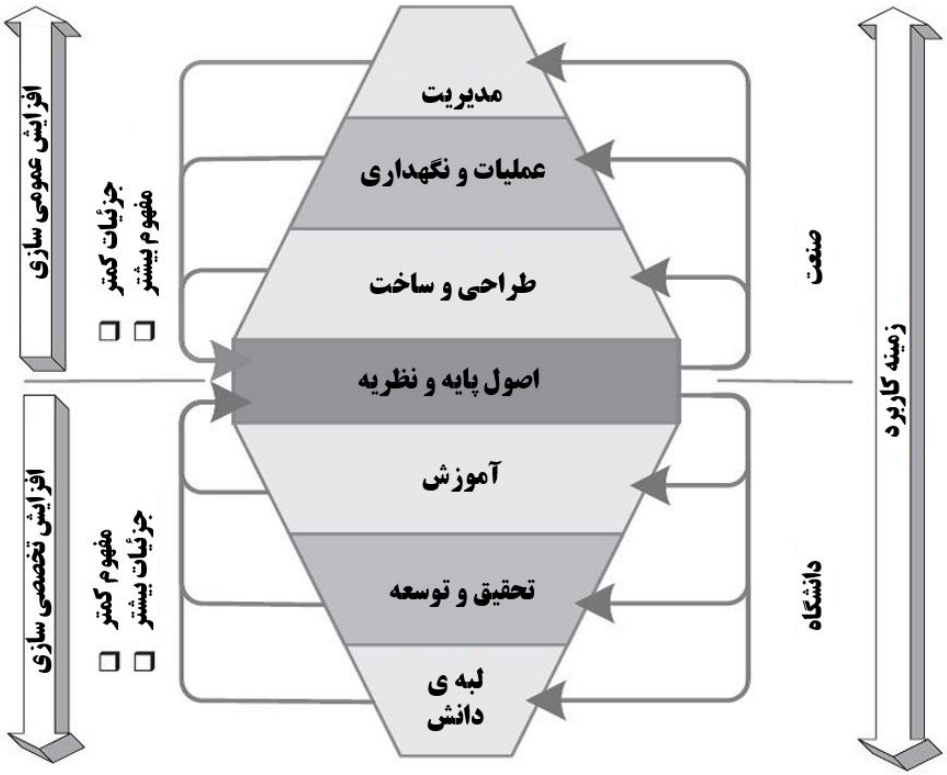
زمینه‌ی مدیریت انرژی و محیط‌زیست به‌سرعت در حال تغییر است، اما اصول اساسی و دانشی که سال‌ها ضروری بوده، هنوز هم امروزه مرتبط است. دانش پایدار و معتبر باقی مانده است و زمینه‌ی محکمی را فراهم می‌کند که باید گاهی اصلاح شود تا تأثیر تغییراتی که رخ می‌دهد، نشان داده شود. این امر نیاز به یادگیری مستمر و ایجاد دانش جدید جهت مقابله با چالش‌های محیط کسب‌وکار در حال

* دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی سیستمهای انرژی
** عضو هیئت علمی و دانشیار دانشگاه آزاد واحد تهران‌جنوب، (نویسنده‌ی مسئول)

تغییـر را ایجـاد می‌کنـد. [۳]

در سـطح مدیریـت ارشـد، عملکـرد انـرژی اغلـب فنـی تـر از موضـوع مدیریـت بـوده و ماهیـت متقابـل کارکـردی مدیریـت انـرژی و محیـط زیسـت بـه انـدازه کافـی مـورد توجـه قـرار نگرفتـه اسـت. در نتیجـه، هیـچ سـاختار مدیریتـی بـرای مقابلـه بـا عملکـرد انـرژی بـه طـور مـداوم و مسـتمر وجـود نـدارد. البتـه مدیریـت انـرژی و محیـط زیسـت یـک مولفـه قـوی فنـی دارد، امـا اگـر تمرکـز تنهـا بـر جنبه‌هـای فنـی باشـد، نتایـج محـدود خواهـد بـود. مدیریـت انـرژی و محیـط زیسـت بایـد بـر افـراد متمرکـز شـود، زیـرا تخصـص فنـی و تجهیـزات پیچیـده قـادر بـه تولیـد نتایـج نیسـتند، مگـر اینکـه افـراد متعهـد و پذیـرای تغییـرات موردنیـاز بـرای بهبـود عملکـرد شـوند.[۵-۴]

معمـولاً، افـراد دخیـل در مدیریـت انـرژی و محیـط زیسـت از زمینه‌هـای مختلـف آموزشـی و از تمـام سـطوح مدیریـت هسـتند. نقطـه مشـترک آنهـا ایـن اسـت کـه همـه آنهـا مسـئولیت‌هایی بـرای کار و مدیریـت کارخانـه موجـود را بـه طـور مؤثـر دارنـد. کار بـا افـرادی بـا پیشـینه‌های گوناگـون کـه بـا یـک هـدف مشـترک جمـع شـده انـد، همـواره چالـش پیـدا کـردن موثریـن راه کمـک بـه آنهـا بـرای درک و پیـاده سـازی تکنیک‌هـا و روش‌هـای سیسـتم مدیریـت انـرژی و محیـط زیسـت (EEMS[1]) را داشـته اسـت.[۶-۵]



شکل ۱: سطوح دانش برای زمینه کاربرد مورد نظر

شـکل ۱ ایـده اولیـه را نشـان می‌دهـد کـه دانـش مـورد نیـاز در محیـط صنعتـی جزئیـات کمتـری خواهـد داشـت امـا هرچـه از سـطح فنـی بـه سـطح مدیریـت می‌رویـم مفهومی‌تـر و یـا کلـی تـر می‌شـود. مخالـف آن بـرای محیـط علمـی صـدق می‌کنـد کـه هرچـه بـه سـمت رأس هـرم برویـم، دانشـی کـه مـورد نیـاز اسـت تخصصـی تـر می‌شـود. البتـه، همیشـه ارتباط‌هـا و بازخوردهایـی بیـن سـطوح مختلـف وجـود دارد کـه مجموعـه دانـش را در کنـار هـم نگـه مـی‌دارد و موجـب رشـد آن در هـر دو زمینـه کاربـردی و علمـی می‌شـود. در مدیریـت انـرژی و محیـط زیسـت صنعتـی، تمرکـز تنهـا بـر روی تئـوری و اصـول نیسـت، حتـی بـر روی مسـائل طراحـی هـم نیسـت، بلکـه بـر روی مدیریـت عملکـرد یـک کارخانـه اسـت. همچنـان کـه از نردبـان مدیریتـی بـالا می‌رویـم، دانـش مـورد نیـاز از مفصـل تـر بـه مفهومی‌تـر تغییـر می‌کنـد.[۷]

سیسـتم مدیریـت انـرژی موفـق بایـد نـه تنهـا چهارچوبـی

1. Energy and Environmental management system

را بـرای مدیریـت امـور انـرژی و محیطزیسـت شـرکت‌ها، بلکـه بـرای توانمندسـازی و تحریـک یادگیـری مسـتمر، تولیـد و مدیریـت دانـش ارائـه کنـد کـه کلیـد حفـظ رقابتی‌بـودن شـرکت اسـت. شـرکت‌هایی کـه می‌تواننـد دانـش موردنیـاز خـود را به‌طـور مؤثـر یـاد بگیرنـد و مدیریـت کننـد، اقتصـادی دانشـی دارنـد.

در ایـن پژوهـش پالایشـگاه کارخانـه‌ی مـس به‌عنـوان یکـی از واحدهـای صنعتـی ایـران مـورد مطالعـه قرارگرفتـه و شـاخص‌های عملکـردی انـرژی مطابـق یـک متدولـوژی مشـخص کـه کارآمـدی آن بـه اثبـات رسـیده اسـت. جهـت محاسـبه‌ی شـاخص‌های عملکـرد انـرژی ابتـدا مرزبندی‌هـا و جریـان انـرژی در واحـد صنعتـی تعییـن شـد. سـپس، پارامترهـای مؤثـر بـر مصـرف انـرژی در کارخانه، شناسـایی و تعییـن شـدند در ادامـه میـزان تأثیـر هریـک از پارامترهـا و انتخـاب پارامترهـای اصلـی تعییـن شـدند. در فـاز بعـدی شـاخص‌ها؛ خـط مبنـا و انحـراف اسـتاندارد بـرای مراکـز هزینـه تعریـف شـدند و در قـدم انتهایـی محاسـبه‌ی میـزان انحـراف و تجزیه‌وتحلیـل انحرافـات بـزرگ صـورت پذیرفـت کـه منتـج بـه گزارشـی درخصـوص رونـد مصـرف و ارائـه‌ی فرصت‌هایـی بـرای بهبـود جهـت افزایـش بهـره‌وری انـرژی در ایـن واحـد شـد. در پایـان جاری‌سـازی سیسـتم می‌تـوان انتظـار داشـت بـا انجـام کنتـرل مسـتندات ایجادشـده و تهیـه‌ی الزامـات اسـتاندارد زمینـه بـرای گواهی‌نامه‌هـای مدیریـت انـرژی نیـز فراهـم شـود.

۲ مروری بر ادبیات و مبانی نظری

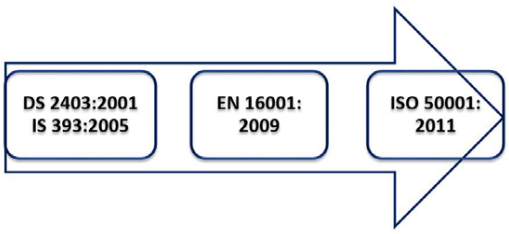
۲-۱ مروری بر استانداردهای انرژی

پیش‌نویـس اسـتاندارد ISO ۵۰۰۰۱:۲۰۱۱ در تاریـخ ۱۵ ژوئـن ۲۰۱۱ انتشـار یافـت. ایـن اسـتاندارد کـه یـک اسـتاندارد بین‌المللـی بـرای مدیریـت انـرژی اسـت در حقیقـت برآمـده از اسـتانداردهای منطقـه‌ای اسـت. سـیر تکاملـی اسـتاندارد مدیریـت انـرژی در سـال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ از کشـور آمریـکا و دانمـارک شروع‌شـده و در سـال‌های ۲۰۰۳ تـا ۲۰۰۹ توسـط کشـورهای سـوئد، ایرلنـد، اسـپانیا، کـره‌ی جنوبـی، آفریقـای جنوبـی و چیـن دنبـال شـده اسـت. سـرانجام در سـال ۲۰۰۹ اسـتاندارد مدیریـت انـرژی اروپـای متحـد بـه نـام EN ۱۶۰۰۱:۲۰۰۹ تدویـن و در کشـورهای اروپایـی بـه رسـمیت شـناخته شـد و بـه اجـرا درآمـد. ایـن اسـتاندارد زیـر بنـای اسـتاندارد بین‌المللـی ISO ۵۰۰۰۱:۲۰۱۱ بـوده و منجـر بـه تدویـن و انتشـار آن در سـال ۲۰۱۱ توسـط سـازمان بین‌المللـی اسـتاندارد ISO شـد.[۱۸]

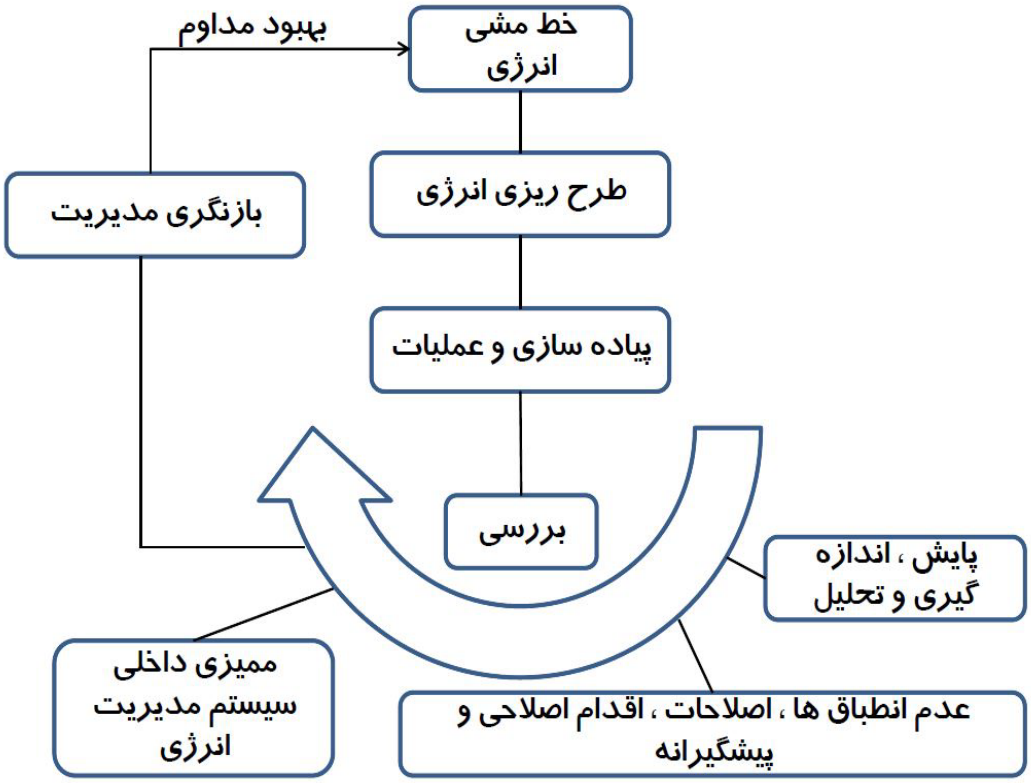
اسـتاندارد EN۱۶۰۰۱:۲۰۰۹ کـه بـه تشـریح عناصـر موردنیـاز بـرای ایجـاد یـک سیسـتم مدیریـت انـرژی می‌پـردازد برپایـه‌ی چرخـه‌ی PDCA بنـا نهاده‌شـده و به‌راحتـی بـا سـایر اسـتانداردهای مدیریتـی به‌خصـوص ISO ۱۴۰۰۱ سـازگار اسـت.

اسـتاندارد ISO ۵۰۰۰۱:۲۰۱۱ کـه تکامل‌یافتـه‌ی نسـخه‌ی اروپایـی EN ۱۶۰۰۱ اسـت (شـکل ۲) بـه تشـریح الزامـات بـرای اسـتقرار یـک نظـام مدیریـت انـرژی می‌پـردازد کـه هـدف آن پیـروی از رویکـردی سیسـتماتیک بـرای رسـیدن بـه بهبود مسـتمر عملکـرد انـرژی (شـامل بازدهی، اسـتفاده و مصـرف حامل‌هـای انـرژی) اسـت.[۱۸-۱۷]

ایـن اسـتاندارد، الزامـات قابـل کاربـرد بـرای اسـتفاده و مصـرف حامل‌هـای انـرژی یـک سـازمان را تشـریح می‌کنـد. ایـن مـوارد شـامل اندازه‌گیـری انـرژی، مسـتندسـازی و گزارش‌دهـی، فعالیت‌هـای طراحـی و تأمیـن تجهیـزات، سیسـتم‌ها، فراینده‌ـا و کارکنـان تأثیرگـذار بـر عملکـرد انـرژی سـازمان هسـتند. ایـن اسـتاندارد بـا اسـتاندارد ISO ۱۴۰۰۱ و ISO ۹۰۰۱ همخوانـی بسـیار داشـته و نیازمندی‌هـای EN ۱۶۰۰۱ را نیـز پوشـش می‌دهـد. بنابرایـن، سـازمان بـا اسـتقرار آن می‌توانـد ادعـای انطبـاق بـا EN ۱۶۰۰۱ را نیـز داشـته باشـد. شـکل (۳) چرخـه‌ی اجرایـی اسـتاندارد ISO ۵۰۰۰۱:۲۰۱۱ را نشـان می‌دهـد.



شکل ۲: تکامل استانداردهای انرژی



شکل ۳: چرخه‌ی اجرایی ISO ۵۰۰۰۱:۲۰۱۱

۲-۲ مدیریت انرژی

مدیریت انرژی مربوط به استفاده‌ی بهینه از انرژی، آب و دیگر منابع مادی، به کمینه رساندن پسماند در عملیات تولید و بهبود مستمر عملکرد مصرف منابع در یک شرکت است. مدیریت انرژی، مصرف انرژی برای تولید خروجی با هدف دستیابی به سطح موردنیاز با کمینه استفاده‌ی انرژی و منابع دیگر مرتبط است. مدیریت انرژی سیاست انرژی را اجرا می‌کند، مجموعه اهداف و انتظارات خود را تعیین می‌کند، یک سیستم برای نظارت بر عملکرد انرژی مشخص و روش‌های بهبود عملکرد انرژی مستمر را اجرا می‌کند. بهبود در عملکرد انرژی به‌طور مستقیم به‌صورت افزایش در سود یک کسب‌وکار نمایان می‌شود.

انرژی برابر با هزینه است و مدیریت انرژی برابر با مدیریت هزینه. بنابراین، بهبود عملکرد انرژی به معنی بهبود سود کسب‌وکار است! به‌همین‌دلیل، مدیران ارشد نیز باید علاقه‌مند و درگیر یک برنامه‌ی مدیریت انرژی باشند. برای اینکه مدیریت انرژی به‌عنوان موضوعی برای مدیران ارشد مهم باشد، مباحث جامعی برای مدیریت انرژی به‌عنوان کمک مثبت و مرتبط به کل عملکرد کسب‌وکار باید صورت گیرد.[۹-۸]

۲-۳ سیستم مدیریت انرژی و محیط‌زیست

با تعریف جداگانه‌ی مدیریت انرژی و مدیریت زیست‌محیطی ما می‌توانیم اصطلاح «مدیریت انرژی و محیط زیست» (EEM[2]) را معرفی و تعریف سیستم‌های مدیریت انرژی و محیط‌زیست (EEMS) را مطرح کنیم. مدیریت انرژی و محیط‌زیست یک رویکرد مدیریت یکپارچه در ارتباط با عملکرد انرژی و محیط‌زیست یک کارخانه است. درنتیجه، زمانی‌که ما به مدیریت انرژی و محیط‌زیست اشاره می‌کنیم، همیشه مربوط به عملکرد انرژی و محیط‌زیست فرایندی که از انرژی و دیگر منابع استفاده می‌کند و عملکرد افرادی که آن فرایند را انجام می‌دهند، است. درواقع، مدیریت انرژی و محیط‌زیست باید بر روی افراد و روشی که با دستگاه‌ها و فرایندها کار می‌کنند و آن‌ها را حفظ می‌کنند؛ به‌عنوان عامل کلیدی بهینه‌سازی عملکرد انرژی و محیط‌زیست تمرکز کند. برای شرکت‌های بزرگ، فعالیت‌های تولیدی باید به حوزه‌های عملیات

2. Energy and Environmental Management

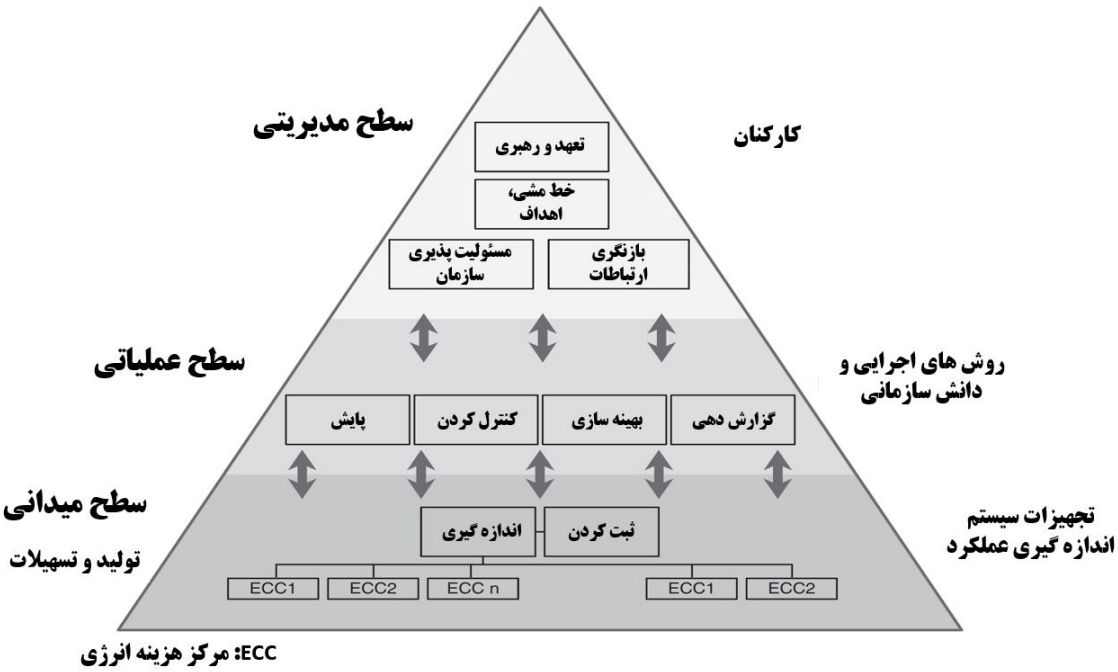
فرایند خاص یا وظایفی با ورودی‌ها، فعالیت‌ها و خروجی‌های مشخص تقسیم شود. بهبود عملکرد در نتیجه‌ی اجرای روش‌های عملیاتی بهینه در فعالیت‌های کار است.

زمانی‌که فرایندهای تولید پیچیده باشند، سطح بالای دانش و اطلاعات کافی فرایند برای مدیریت و ارزیابی عملکرد با نظارت مداوم، کنترل و اطلاعات تحت حمایت سنجش دقیق داده‌های انرژی، تولید و اثرات زیست‌محیطی موردنیاز خواهند بود.

بنابراین، برای استفاده از مدیریت انرژی و محیط‌زیست نیاز به یک سیستم اندازه‌گیری عملکرد و شامل افراد با مهارت‌های ارزیابی پیشرفته و توانایی تصمیم‌گیری‌های پشتیبانی‌شده توسط اطلاعات لازم است. این اجزای کلیدی، کارکنان، عملکرد روش‌های ارزیابی و اندازه‌گیری عملکرد و تجهیزات IT - همراه با دانش که اساس مفهوم سیستم مدیریت انرژی و محیط‌زیست است (شکل ۴).[۱۰-۹]

اکنون می‌توانیم مفهوم سیستم مدیریت انرژی و محیط‌زیست را بیان کنیم، همان‌طورکه چارچوب اجرای بهبود عملکرد انرژی و محیط‌زیست که آن‌ها را به هم مرتبط می‌سازد:

- افراد با مهارت و مسئولیت های تعیین‌شده،
- سیستم اندازه‌گیری عملکرد،
- شاخص‌های عملکرد،
- ارزیابی عملکرد براساس اندازه‌گیری‌های مستقیم،
- روش نظارت بر عملکرد.



شکل ۴: سیستم مدیریت زیست محیطی و انرژی- حوزه و مفهوم

مدیریت انرژی و محیط‌زیست بر اهداف عملکرد مشخص مربوط به عملکرد افراد و عملکرد فرایند تمرکز می‌کند. سیستم مدیریت انرژی و محیط‌زیست ابزاری برای دستیابی به این اهداف از طریق یک سیستم سنجش، نظارت و ارزیابی عملکرد انرژی و محیط‌زیست است. درنهایت می‌توانیم تعریف سیستم مدیریت انرژی و محیط‌زیست را به‌صورت زیر بیان کنیم:

مجموعه‌ی تخصصی دانش با ساختار سازمانی و اجرایی که عناصر مرتبط را ادغام می‌کند، مانند:

- افراد با مهارت و مسئولیت های تعیین‌شده.
- سیاست‌های اعلام شده با اهداف روشن؛
- روش‌ها و شیوه‌های تعریف‌شده برای اجرا و پیاده سازی؛

• سیستم اندازه‌گیری تعیین‌شده برای نظارت بر عملکرد؛
• طرح اقدام برای بهبود مستمر؛
• سیستم گزارش دهی برای چک‌کردن پیشرفت و بیان نتایج.

با هدف دستیابی به بهبود مستمر عملکرد زیست‌محیطی و انرژی.

۲-۴ اهداف مدیریت انرژی و محیط‌زیست

انرژی در تمام اشکال آن - برق، نفت، سوخت جامد، گاز (طبیعی، LPG)، آب (سرد، گرم، تصفیه‌شده، صنعتی)، بخار، هوا (فشرده، سرد، گرم) - وسیله‌ای است که از تمام مرزهای اداری و کاری یک شرکت عبور می‌کند، زیرا در همه جا استفاده می‌شود. افراد و دستگاه‌هایی که توسط افراد استفاده می‌شوند، انرژی مصرف می‌کنند. به‌همین‌ترتیب، عملکرد مصرف انرژی به همه‌ی افراد در یک شرکت مربوط می‌شود. فعالیت‌های همه‌ی افراد در شرکت به اثرات بر محیط‌زیست، بسته به محل کار آن‌ها و نوع عملیات تولیدی می‌انجامد.

مدیریت انرژی باید هم به اثربخشی توزیع انرژی و مصرف توسط یک فرایند تولید و هم به بهره‌وری تبدیل انرژی، تولید، تبدیل و توزیع در یک کارخانه مرتبط باشد. مدیریت انرژی مربوط به اثربخشی مصرف مواد اولیه و به کمینه‌رسانی پسماند است، زیرا پسماند غیرضروری به‌طور هم‌زمان به معنی افزایش مصرف انرژی و افزایش آلودگی زیست‌محیطی است. هدف سیستم مدیریت انرژی و محیط‌زیست بهبود مستمر عملکرد انرژی و محیط‌زیست در کارخانه با هدف اصلی کاهش هزینه‌های عملیاتی، به کمینه‌رساندن پسماند و کاهش اثرات زیست‌محیطی عملیات شرکت است.[۱۲-۱۱]

برای دستیابی به این اهداف، سیستم مدیریت انرژی باید اساس فنی خوبی داشته باشد، اما مؤلفه‌ی مدیریتی قوی نیز به همان اندازه اهمیت دارد. انرژی در همه جای شرکت استفاده می‌شود و رفتار انسانی بر عملکرد انرژی و محیط‌زیست اثر می‌گذارد، به‌همین‌دلیل سروکار داشتن با افراد اهمیت زیادی برای بهبود عملکرد طولانی دارد.

۲-۵ دینامیک‌های مدیریت انرژی و محیط‌زیست

یک کارخانه براساس پارامترهای خاصی طراحی شده است که تقریباً به‌ناچار با گذشت زمان عملیات خود را تغییر می‌دهد. در طول دوره‌ی عمر آن، عملکرد دستگاه ها به‌دلیل استهلاک و یا تعمیرات و نگهداری نامناسب از بین می‌روند. همیشه تغییراتی در عملکرد به‌دلیل ماهیت پویای عملیات صنعتی وجود دارد. حجم و نوع سفارش‌ها در حال تغییر هستند، خروجی تولید تغییر می‌کند، کیفیت مواد اولیه تغییر می‌کند و رفتار افراد منبع عدم‌قطعیت است. حتی تلاش اپراتورهای متعهد و باتجربه نیز ممکن است تغییر کند، مشکلات عملیاتی ممکن است، رخ دهد، تغییرات زیست‌محیطی ممکن است، رخ دهد. چالش‌های ممکن عبارت از فعالیت کارخانه در بهترین شکل ممکن در برابر پیشینه‌ی محیط در حال تغییر است. عوامل مهم موفقیت، در دسترس بودن داده‌های قابل اطمینان و مرتبط خواهد بود.[۱۴-۱۳]

متغیر کلیدی برای ارزیابی عملکرد، خروجی تولید است. ما نمی‌توانیم در مورد عملکرد انرژی و محیط‌زیست به‌عنوان یک دسته‌ی مطلق بدون توجه به خروجی تولید صحبت کنیم. سطوح مختلف خروجی تولید، و یا انواع مختلف محصول، به مقدار متفاوتی انرژی نیاز دارد و باید به مقادیر مختلف آلاینده، پساب و زباله منجر شود. بنابراین، داده‌های عملکرد انرژی و محیط‌زیست باید به همراه داده‌های خروجی تولید برای محصولات خاص و عملیات تولید به‌طور مستمر جمع‌آوری شود. داده‌های ماهیانه درباره‌ی انرژی، تولید و اثرات زیست‌محیطی معمولاً در دسترس هستند، اما این داده‌ها برای ارزیابی عملکرد کافی نیستند زیرا تأثیر عامل انسانی یعنی چگونگی کار افراد با دستگاه‌ها را نمی‌توان از این داده‌ها به‌دست آورد.

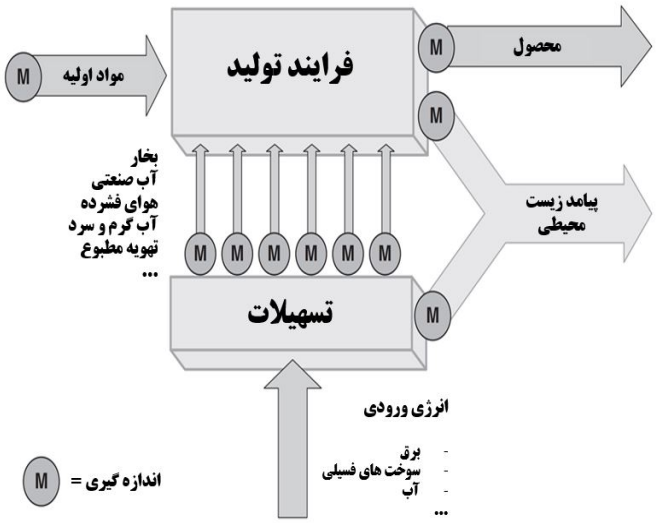
یک سیستم اندازه‌گیری عملکرد که داده‌های روزانه‌ی لازم و جداگانه را درباره‌ی جنبه‌های مهم عملیاتی ارائه می‌کند، یک ابزار ضروری برای نظارت و ارزیابی عملکرد افراد و ماشین‌آلات در محل کار و تصمیم‌گیری

در مورد اقدامات بهبود است.

این موضوع نشان‌دهنده‌ی ضرورت تعیین مسئولیت برای عملکرد انرژی است که در محل‌های کاری که میزان مصرف انرژی غیرمتمرکز است و بر عملکرد افراد در هر بخش کسب‌وکار که انرژی مصرف می‌کند، متمرکز است. در مواردی که مسئولیت عملکرد انرژی به‌روشنی به عهده‌ی فرد خاصی باشد، می‌توان انتظار بهبود عملکرد را داشت. این واقعیت ما را به این نتیجه می‌رساند که افراد عامل اصلی بهبود عملکرد انرژی و محیط‌زیست هستند.

۲-۶ ارتباط بین انرژی و تولید

اصل ابتدایی بهینه‌سازی عملکرد انرژی، اندازه‌گیری و پایش مستمر جریان‌های انرژی و ایجاد ارتباط بین مقادیر انرژی اندازه‌گیری‌شده با خروجی فرایند یا فعالیت مربوط است. شکل (۵) ارتباط بین انرژی و تولید را نشان می‌دهد.



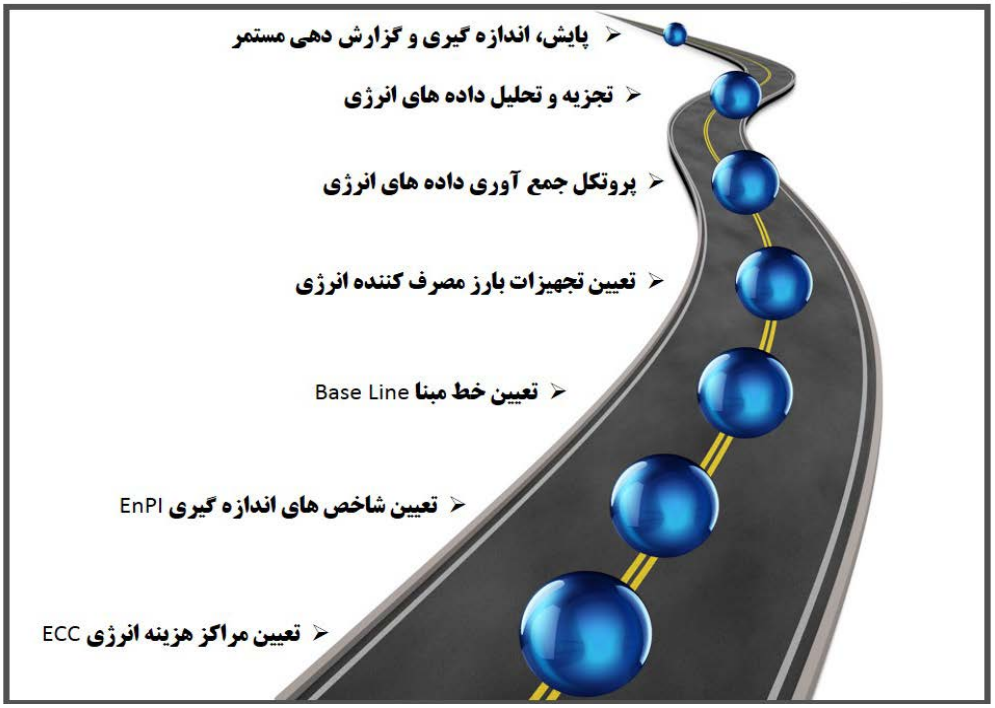
شکل ۵: رابطه بین انرژی و تولید

گام بعدی در توسعه‌ی مفهوم سیستم مدیریت انرژی و محیط‌زیست این است که در حوزه‌ی عملکرد محیط‌زیست و انرژی تنها به بحث تولید و یا جریان‌های انرژی مصرفی به‌صورت منحصر توجه نشده است و باید مراکزی را تخصیص داد که مسئولیت هزینه‌ها و عملکرد انرژی و محیط‌زیست برعهده‌ی آن‌ها باشد. از آنجایی که تمرکز هزینه‌های ایجادشده در این مراکز مربوط به میزان انرژی و نوع انرژی اندازه‌گیری شده است، به آن‌ها مراکز هزینه‌ی انرژی (ECC[3]) می گویند[۱۵-۱۴].

۲-۷ تعیین نقشه‌ی راه

جهت استقرار سیستم پایش، اندازه‌گیری و تجزیه‌وتحلیل در یک واحد مراحل مختلف را باید انجام دهیم در شکل (۶) نقشه‌ی راه مربوط به طراحی سیستم پایش، اندازه‌گیری و گزارش‌دهی عملکرد انرژی را نشان می‌دهد:

3. Energy Cost Center



شکل ۶: نقشه‌ی راه استقرار سیستم پایش، اندازه‌گیری و تجزیه‌وتحلیل

۳ معرفی واحد پالایشگاه مس سرچشمه

کارخانه‌ی مس واحد سرچشمه در استان کرمان و در شهر سرچشمه واقع شده است که یکی از بزرگ‌ترین کارخانه های ایران به‌شمار می رود از این رو جهت استقرار سیستم مدیریت انرژی این واحد پتانسیل‌های صرفه‌جویی بسیاری را دارد. از آنجایی که این کارخانه بسیار بزرگ است در این پژوهش واحد امور پالایشگاه که یک واحد مستقل و دارای تمامی خصوصیات یک واحد تولیدی کامل است، مورد بحث قرار گرفته است. هدف اصلی این امور تصفیه‌ی الکتریکی مس آندی و تولید مس کاتدی با عیار ۹۹۹۹/۹۹ درصد در سالن الکترولیز و تولید مفتول هشت میلی‌متر در سالن ریخته‌گری پیوسته است.

۴ روش‌شناسی

این پژوهش کاربردی به‌صورت کمی و با کمک نرم‌افزارهای آماری مثل Minitab و Excel انجام شده است. تمامی داده‌ها توسط بخش‌های تولیدی در شیفت‌های کاری مطابق با مقیاس تعریف‌شده اندازه‌گیری و ثبت‌شده و پس از بهنجارکردن داده‌ها و اطمینان از صحت و دقت ثبت داده‌ها توسط واحد مدیریت انرژی اقدام به تحلیل آماری شده است. در این تحلیل‌ها ابتدا نقاط پرت که به‌دلیل خطاهای ناخواسته (نیروی انسانی، تغییر ناگهانی در تولید و...) روی داده است، حذف‌شده تا داده های باقی‌مانده که مؤید جامعه‌ی آماری درستی برای تسری به زمان‌های دیگر است، مورد استفاده قرار گیرند.

۵ نتایج و یافته‌ها

۵-۱ تعیین پارامترهای مؤثر بر مصرف

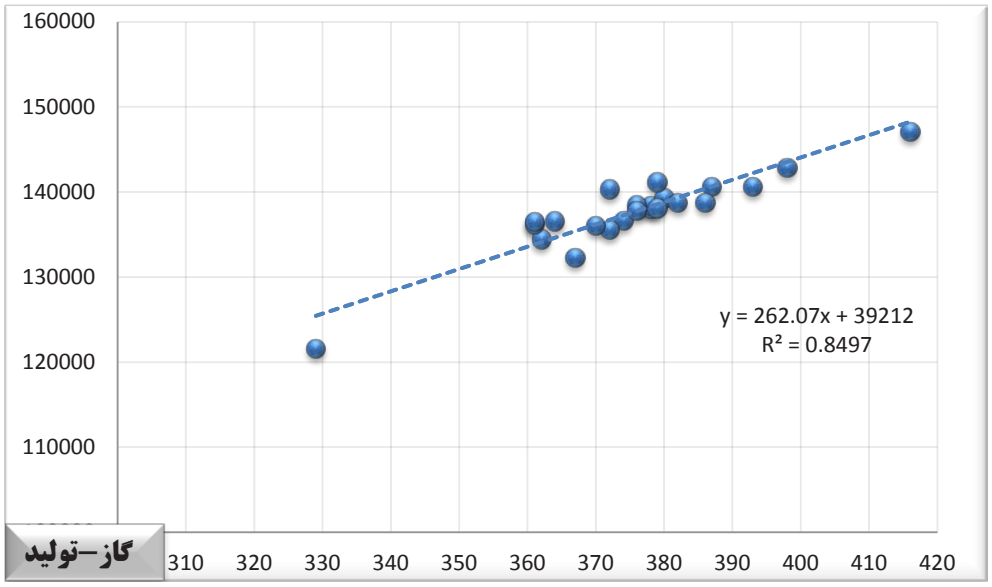
در این مرحله، شاخص عملکرد انرژی در واحدها را باید به‌دست بیاوریم، به‌همین‌دلیل در ابتدا برای مقایسه و به‌دست‌آوردن خط مبنای انرژی اطلاعات مصرف مربوط به سال ۹۴ را جهت تحلیل جمع‌آوری می‌کنیم. سپس، جهت شناسایی متغییرهای مؤثر بر تولید، مجموعه پارامترهای تأثیرگذار بر روی مصرف در یک واحد نیروگاهی را مورد بررسی قرار می‌دهیم تا بتوانیم متغیر اصلی تأثیرگذار موردنظر را جهت تحت کنترل قراردادن شناسایی کنیم، در ذیل بخشی از پارامترهای اثرگذار بر مصرف گاز نیروگاه بیان می‌شود:

- تولید برق؛
- دمای هوای خارج؛
- میزان رطوبت؛

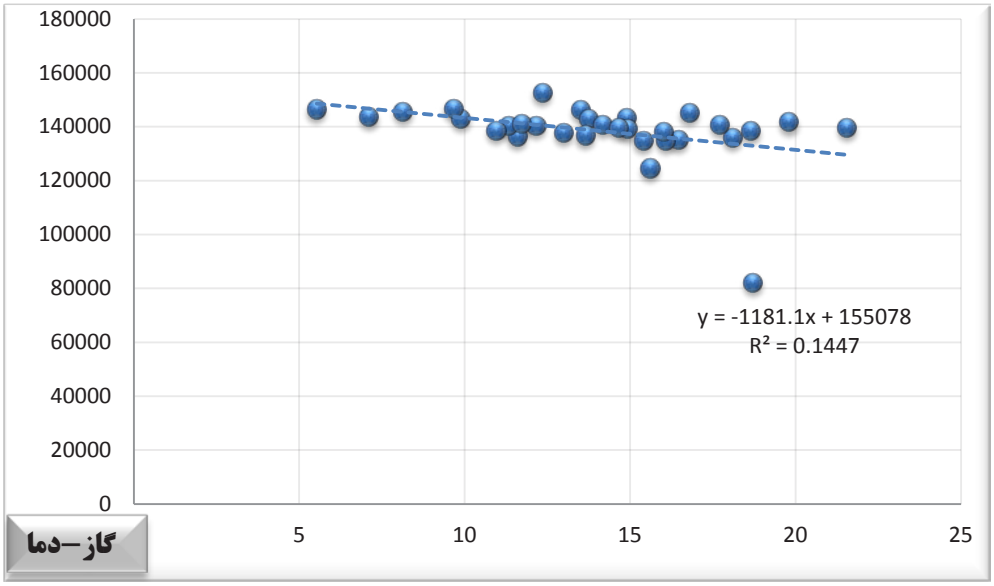
- سرعت باد؛
- ارزش حرارتی سوخت؛
- ارتفاع از سطح دریاغ
- اپراتوری؛
- و ... .

۵-۲ تعیین میزان تأثیر هریک از پارامترها و انتخاب پارامترهای اصلی

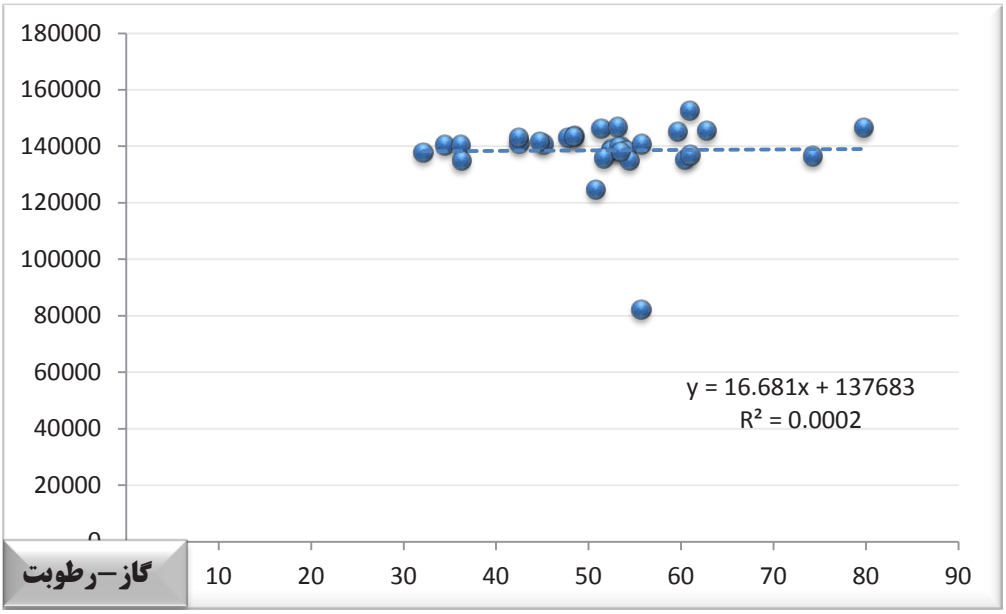
از فاکتورهای اشاره‌شده تنها پارامترهای کمی قابل بررسی هستند و از پارامترهای کیفی صرف‌نظر می‌شود. در ادامه با داشتن بانک اطلاعاتی برای سال ۹۴ مقایسه‌ی مصرف انرژی را به‌صورت ماهانه برای پارامترهای مختلف انجام می‌دهیم. در ادامه محاسبات مربوط به فروردین ماه ۹۴ را در یکی از واحدهای نیروگاه در اشکال ۷، ۸، ۹ و ۱۰ مشاهده می‌کنید:



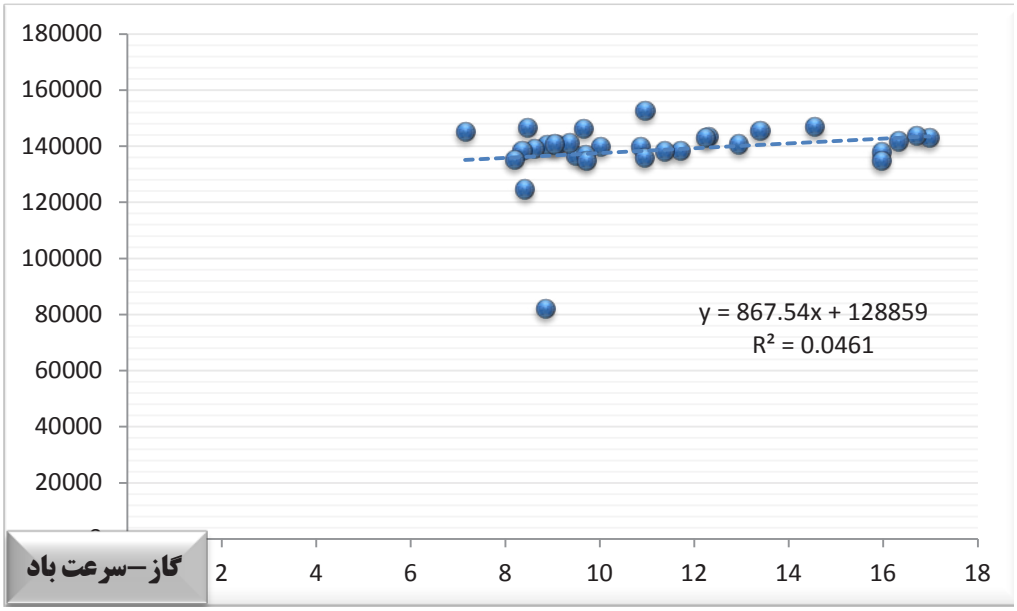
شکل :۷ نمودار مصرف گاز به ازای تولید صورت‌گرفته در فروردین۹۴



شکل ۸: مصرف گاز به ازای دمای هوا در فروردین۹۴



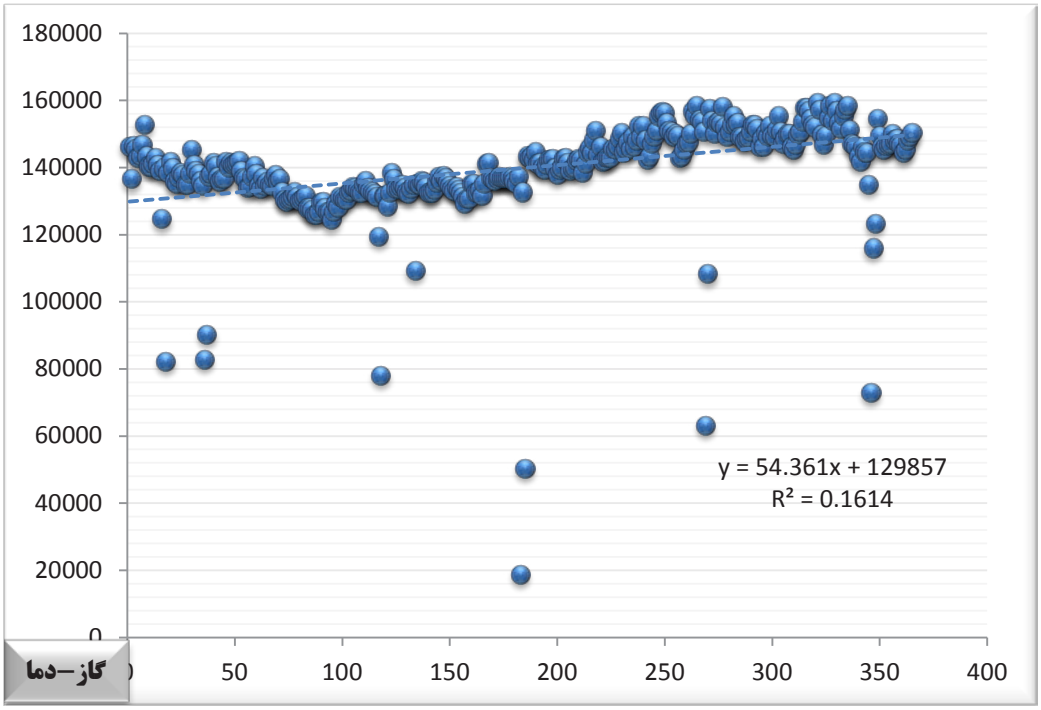
شکل ۹: نمودار مصرف گاز به رطوبت هوا در فروردین۹۴



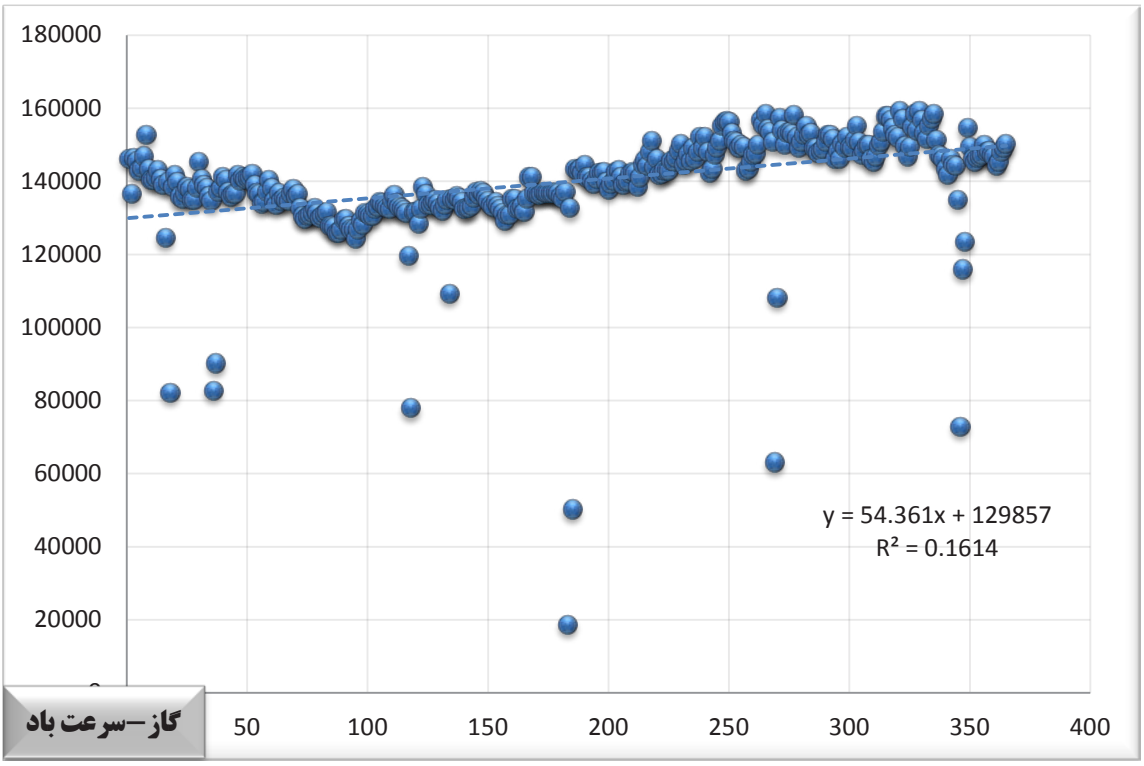
شکل ۱۰: نمودار مصرف گاز به سرعت باد در فروردین۹۴

در ادامه برای ماه‌های دیگر سال ۹۴ نیز نمودارها را برای همان واحد نیروگاه ترسیم می‌کنیم. در انتها برای تصمیم‌گیری نهایی نمودارها را برای کل سال ۹۴ نیز ترسیم می‌کنیم که نتایج به‌شرح ذیل به‌دست می آیند (اشکال ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴):

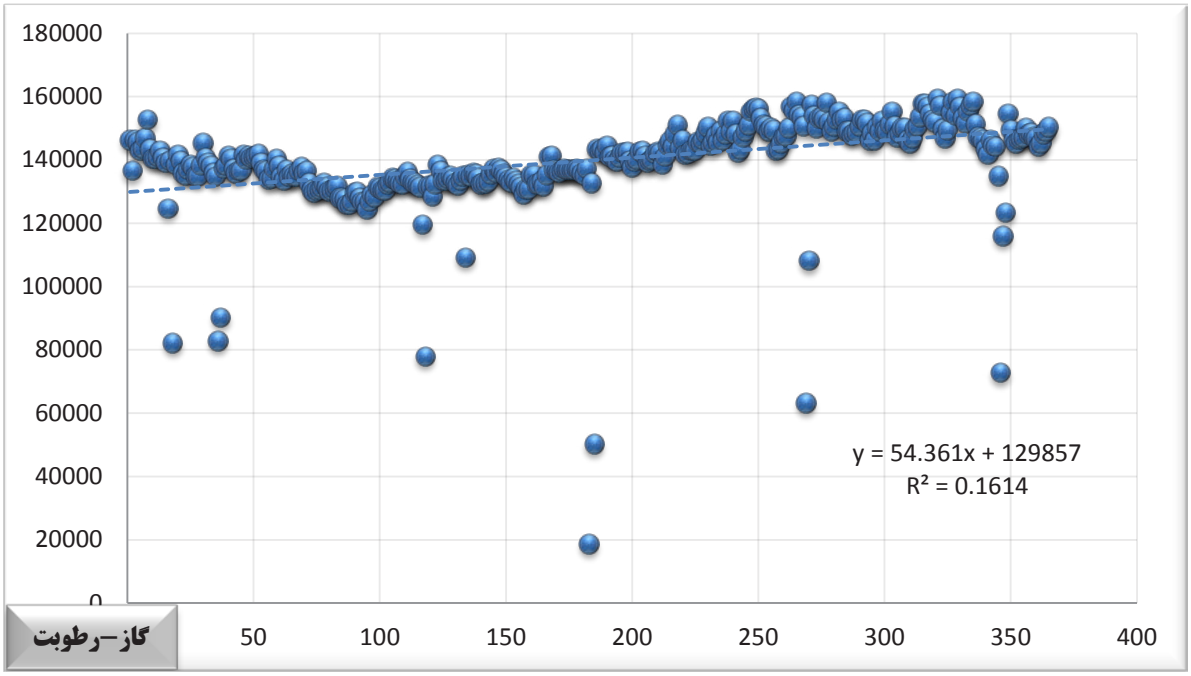
فصل نامه علمی - ترویجی مدیریت استاندارد و کیفیت
سال هفتم- شماره ۱ - پیاپی ۲۳ - بهار ۱۳۹۶



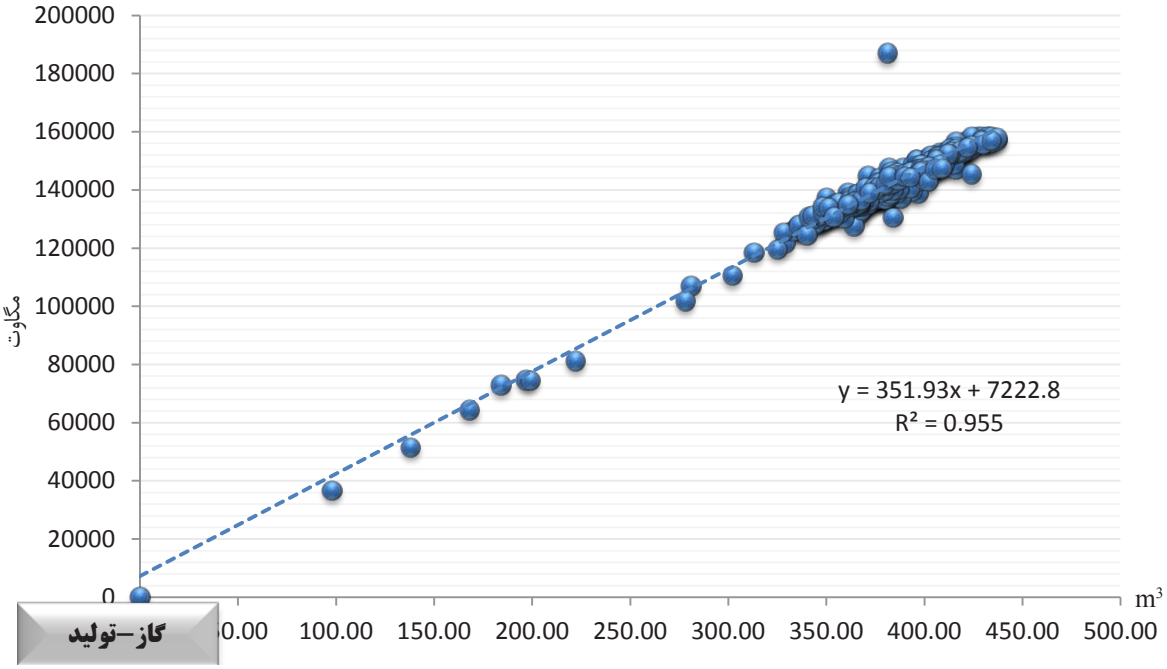
شکل ۱۱: مصرف گاز به دمای هوا در سال۹۴



شکل ۱۲: مصرف گاز به سرعت باد در سال۹۴



شکل ۱۳: مصرف گاز به رطوبت هوا در سال۹۴

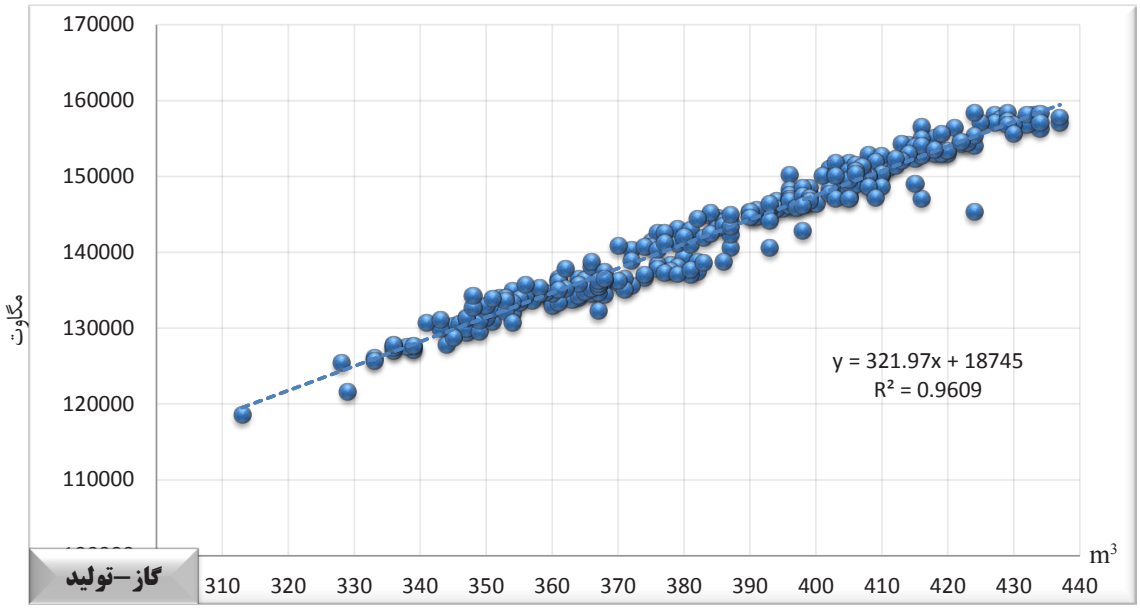


شکل ۱۴: مصرف گاز به تولید در سال۹۴

همین‌طورکه در نمودارهای بالا ملاحظه می‌کنید پس از بررسی ضریب همبستگی‌های به‌دست‌آمده (R^2) که هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، تغییرات متغیر وابسته تحت تأثیر متغیر مستقل مربوط بوده و میزان تأثیرگذاری پارامترهای دما، سرعت باد و رطوب در میزان مصرف یک نیروگاه بسیار ناچیز است و بخش اعظمی از مصرف یک نیروگاه به میزان تولید برق وابسته است. از این رو شاخص محاسبه برای واحد نیروگاه را گاز مصرفی به ازای برق تولیدی در نظر می‌گیریم، برای به‌دست‌آوردن خط مبنای بعضی از ارقام که باعث خطا در نمودار ایجادی شده‌اند و از صحت لازم برخوردار نیستند (این اشکالات می‌تواند شامل خطای انسانی در ثبت و ... باشد) را از مجموعه اطلاعات محاسبه خارج‌کرده و با اعداد باقی‌مانده نمودار جریان تولید- گاز را ترسیم می کنیم.

۵-۳ تعریف شاخص و تعیین خط مبنا و انحراف استاندارد برای آن

در این مرحله براساس روش‌های آماری اقدام به تعیین خط مبنا و انحراف استاندارد برای واحدهای نیروگاه می‌کنیم.



شکل ۱۵: نمودار خط مبنای واحد ۱

همین‌طورکه در شکل (۱۵) ملاحظه می‌کنید با حذف‌کردن نقاط پرت از مجموعه‌ی آماری ضریب همبستگی در این حالات بالاتر رفته و صحت اطلاعات برای محاسبه‌ی خط مبنای مصرف بالاتر رفته است.

خط مبنای به‌دست‌آمده برای واحد ۱ نیروگاه و همچنین درصد انحراف استاندارد شاخص گاز مصرفی به برق تولیدی به‌شرح جدول (۱) به‌دست می‌آید:

جدول ۱: مشخصات خط مبنای واحد پالایشگاه

خط مبنا	$y = 321.97x + 18745$ $R^2 = 0.9609$
درصد انحراف استاندارد شاخص گاز مصرفی به برق تولیدی	٪۶,۲۷

۶ نتیجه‌گیری

برای به‌دست‌آوردن مدل کارآمد از مصرف انرژی که بتوان از آن نتایج درستی را برای تجزیه‌وتحلیل مصارف به‌دست آورد، نیاز است تا با جمع‌آوری داده‌ها از سوابق مصرف و پارامترهای تأثیرگذار درست که شناسایی شده‌اند، اقدام به تعریف شاخص عملکرد انرژی و خط مبنای انرژی کرد. پس از شناسایی خط مبنا از این پس تمامی مصارف انرژی به ازای تولید نیروگاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و با پایش مستمر مصرف انرژی مطابق با خط مبنا از عملکرد انرژی در سازمان اطمینان حاصل می‌شود و در صورت خارج از محدوده‌بودن مصارف انرژی از طریق تحلیل‌ها و پایش‌های عملکردی می‌توان علت انحرافات را بررسی و اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه را تعریف کرد تا از تکرار انحرافات جلوگیری شود. در ادامه جهت بهبود عملکرد انرژی می‌توان برای هریک از مراکز هزینه انرژی مطابق با تحلیل‌های اقتصاد مهندسی اقدام به تعریف و اجرای پروژه‌های بهبود کرد و پس از اجرای پروژه‌های بهبود مجدداً باید خط مبنا محاسبه و به ازای خط مبنای جدید اقدام به پایش و کنترل کرد. به این ترتیب با ایجاد یک سیستم پویا همیشه دارای یک بهبود مستمربوده و تمامی انحرافات احتمالی را تحت کنترل قرار خواهیم داد.

منابع

[1] Wang S, Fang C, Guan X, Pang B, Ma H. Urbaisation, energy consumption, and carbon dioxide emissions in China: a panel data analysis of China's provinces. Appl Energy 2014;136:738-49.

[2] Garetti M, Taisch M. Sustainable manufactuing: trends and research challenges. Prod Plan Cont 2012;23(2-3):83–104.

[3] Hon. KKB. Performance and evaluation of manufacturing systems. CIRP Ann Manuf Technol 2005;54(2):139-54.

[4] Palm J, Thollander P. An interdisciplinary pspetive on industrial energy efficiency. Appl Eergy 2010;87:3255-61.

[5] Ang BW. Monitoring changes in economy-wide energy efficiency: from energy-GDP ratio to composite efficiency index. Energy Policy 2006;34:574-82.

[6] Xu T, Karali N, Sathaye J. Undertaking high impact strategies: the role of national efficiency measures in long-term energy and emission reduction in steel making. Appl Energy 2014;122:179-88.

[7] Xu X, Zhao T, Liu N, Kang J. Changes of energyrelated GHG emissions in China: an empircal analysis from sectoral perspective. Appl Energy 2014;132:298-307.

[8] Karali N, Xu T, Sathaye J. Reducing energy csumption and CO2 emissions by energy efficiency measures and international trading: a bottom-up modeling for the U.S. iron and steel sector. Appl Energy 2014;120:133-46.

[9] Thollander P, Backlund S, Trianni A, Cagno E. Beyond barriers-a case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden. Appl Energy 2013;111:636-43.

[10] Moreno B, Garcia-Alvarez MT, Ramos C, Fnandez-Vazquez E. A General Maximum Entropy Econometric approach to model industrial electricity prices in Spain: a challenge for the competitiveness. Appl Energy 2014;135:815-24.

[11] Drake DF, Spinler S. Sustainable Operations management: an enduring stream of passing fancy? Manuf Service Operat Manage 2013;15(4):689-700.

[12] Friedler F. Process integration, modelling and optimisation for energy saving and pollution reduction. Appl Therm Eng 2010;30:2270-80.

[13] paris 2015 - un climate change conference COP21. CMP11.

[14] IEA, key world energy statistic 2013.

[15] May G, Taisch M, Prabhu V, Barletta I. Energy related key performance indicators-state of the art, gaps and industrial needs. Advances in production management systems. Sustainable production and sevice supply chains. IFIP Adv Inform Commun Technol 2013;414(1):257-67.

[۱۶] ترازنامه‌ی هیدروکربوری ایران - ۱۳۸۷.

[17] ANSI/MSE 2000-2008.

[18] www.iso.org, iso 50001:2011.