استاندارد ملی ایران-ایزو
۵۰۰۰۶
چاپ اول
۱۳۹۷

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

INSO-ISO
50006
1st Edition
2018

Identical with
ISO 50006: 2014

سیستم‌های مدیریت انرژی- اندازه‌گیری عملکرد انرژی با استفاده از خطوط مبنای انرژی (EnB) و شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPI)- اصول کلی و راهنما

Energy management systems – Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) - General principles and guidance

ICS: 27.010

استاندارد ملی ایران–ایزو شماره ۵۰۰۰۶ (چاپ اول): سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن:۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴(۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website:http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بندیک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین ومقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استانداردملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد(ISO)[1]،کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن تـوجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباریکند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمونگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (OrganisationInternationale de MetrologieLegals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سیستم‌های مدیریت انرژی– اندازه‌گیری عملکرد انرژی با استفاده از خطوط مبنای انرژی (EnB) و شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPI)– اصول کلی و راهنما»

رئیس : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/ یا محل اشتغال**
جعفرکاظمی، فرزاد (دکتری مهندسی مکانیک)	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب
دبیر :	
حسن بگی، شیرزاد (کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	پژوهشگاه استاندارد
اعضاء:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی،محمد (کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
بختیار، هاله (دکتری مهندسی سیستم های انرژی)	پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف
برارزاده، معصومه (دکتری مهندسی سیستم های انرژی)	پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف
بخشوده نیا،یاسر (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	شرکت IS
پیش بین، سید ایمان (دکتری مهندسی مکانیک)	شرکت گاز استان خراسان جنوبی
حاجیان، مجتبی (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت بهکاوان
حسن بگی، علی (کارشناسی ارشد معماری)	شرکت انرژی پایش سیستم البرز

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال**
حسینی، سید مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک)	سازمان مدیریت و برنامه ریزی
حیدری، بهمن (دکتری مهندسی مکانیک)	شرکت انرژی پایش سیستم البرز
رضایی، مریم (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	شرکت آسیاوات
زربخش، محمدحسن (کارشناسی مهندسی مکانیک)	ساتبا
سجادی، احمدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	شرکت مهندسی بهینه کاوان مبتکر
سیاحی،مهناز (کارشناسی مهندسی شیمی)	سازمان یونیدو
شکاری،نسیم (کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	سازمان یونیدو
شکوری، مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی)	سازمان یونیدو
صالحی،ساقی (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت ایران
صدرالدین، امیر حسن (کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی)	پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف
ظریف،علیرضا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت ایران

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/ یامحل اشتغال**
ظریف، محمود رضا (کارشناسی مهندسی صنایع)	شرکت بهساز انرژی صنعت
علیزاده، آراز (دکتری مهندسی سیستم های انرژی)	شرکت خانه انرژی
قطبی زاده، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت فولاد اکسین خوزستان
قمیان، فاطمه (کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی)	شرکت مهسابا
معینی،گیتا (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	پژوهشگاه استاندارد
نجفی،فرزاد (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	پژوهشگاه صنعت نفت
نظیفی فرد، محمد (دکتری مهندسی انرژی)	پژوهشکده انرژی دانشگاه کاشان
هاتفی راد، پروانه (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	شرکت تکین کو
ویراستار:	
روح بخشان، سامان (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)	مرکز ملی تایید صلاحیت ایران

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	د
مقدمه	ط
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ تعاریف و اصطلاحات	۲
۴ اندازه‌گیری عملکرد انرژی	۶
۴-۱ نمای کلی	۷
۴-۲ دستیابی به اطلاعات مرتبط با عملکرد انرژی از طریق بازنگری انرژی	۹
۴-۳ شناسایی شاخص‌های عملکرد انرژی	۱۸
۴-۴ ایجاد خطوط مبنای انرژی	۲۳
۴-۵ استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی	۲۵
۴-۶ نگهداشت و تصحیح شاخص‌های عملکرد انرژی خطوط مبنای انرژی	۲۶
پیوست الف (آگاهی دهنده) اطلاعات ایجاد شده از طریق بازنگری انرژی برای شناسایی شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی	۲۹
پیوست ب (آگاهی دهنده) مرزهای شاخص عملکرد انرژی در مثالی از فرآیند تولید	۳۱
پیوست پ (آگاهی دهنده) راهنمای بیشتر در خصوص شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی	۳۳
پیوست ت (آگاهی دهنده) نرمال‌سازی خطوط مبنای انرژی با استفاده از متغیرهای مرتبط	۳۹
پیوست ث (آگاهی دهنده) پایش و گزارش‌دهی عملکرد انرژی	۴۳
کتاب‌نامه	۴۸

پیش‌گفتار

استاندارد «سیستم‌های مدیریت انرژی- اندازه‌گیری عملکرد انرژی با استفاده از خطوط مبنای انرژی (EnB) و شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPI)- اصول کلی و راهنما » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در یکصدو دومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۳۹۷/۲/۲۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است :

ISO 50006: 2014, Energy management systems -Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) - General principles and guidance

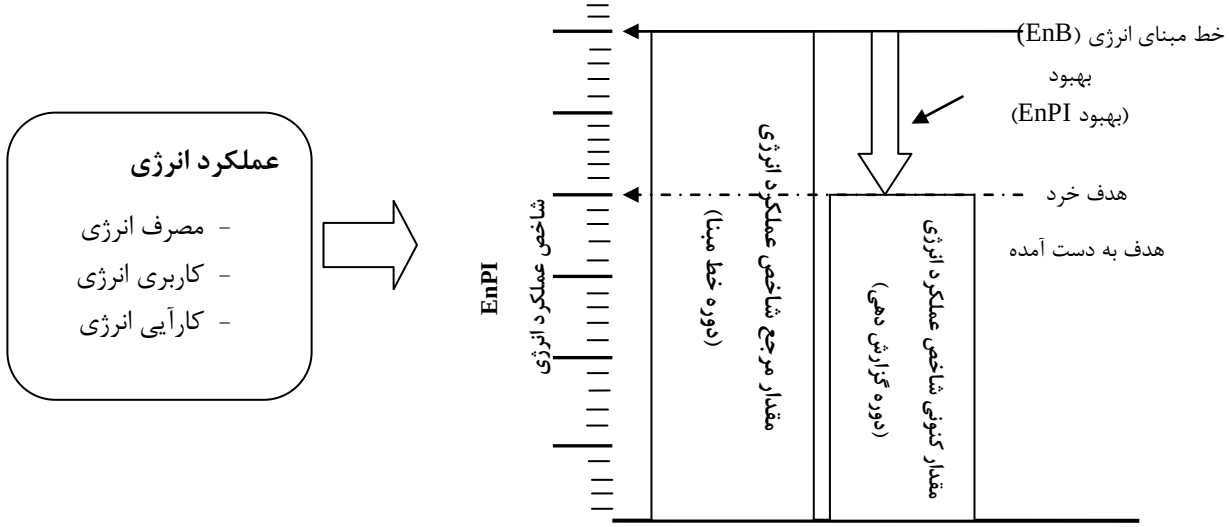
مقدمه

این استاندارد راهنمایی‌های کاربردی در مورد چگونگی تحقق الزامات استاندارد ملی ایران –ایزو ۵۰۰۰۱ در ارتباط با استقرار، به کارگیری و نگهداری شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs) و خطوط مبنای انرژی (EnBs) در اندازه‌گیری و تغییرات عملکرد انرژی را برای سازمان‌ها ارائه می‌دهد. شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی دو عنصر کلیدی وابسته در استاندارد ملی ایران– ایزو۵۰۰۰۱ به شمار می‌روند که اندازه‌گیری و در نتیجه مدیریت عملکرد انرژی را در یک سازمان ممکن می‌سازند. عملکرد انرژی یک مفهوم گسترده است که با مصرف انرژی، کاربری انرژی و کارآیی انرژی در ارتباط است.

به منظور مدیریت مؤثر عملکرد انرژی در تسهیلات[1]، سیستم‌ها، فرآیندها و تجهیزات، لازم است سازمان‌ها با نحوه به کارگیری انرژی و میزان مصرف آن در طول زمان آشنایی داشته باشند. یک شاخص عملکرد انرژی مقدار عددی یا معیاری است که نتایج متناظر با کارآیی، کاربری و مصرف انرژی را در تسهیلات، سیستم‌ها، فرآیندها و تجهیزات، کمی‌سازی می‌کند. سازمان‌ها، شاخص‌های عملکرد انرژی را به عنوان معیار عملکرد انرژی خود مورد استفاده قرار می‌دهند.

خط مبنای انرژی مرجعی است که عملکرد انرژی سازمان را در طول یک دوره زمانی تعیین شده، مشخص و کمی‌سازی می‌کند. خط مبنای انرژی، سازمان را قادر می‌سازد تا تغییرات در عملکرد انرژی میان دوره‌های زمانی انتخاب شده را مورد ارزیابی قرار دهد. خط مبنای انرژی همچنین به عنوان یک مرجع قبل و بعد از پیاده‌سازی اقدامات بهبود عملکرد انرژی به منظور محاسبه صرفه‌جویی انرژی، استفاده می‌شود.

سازمان‌ها، اهداف خرد برای عملکرد انرژی را به عنوان بخشی از فرآیند طرح‌ریزی انرژی در سیستم‌های مدیریت انرژی (EnMs) تعیین می‌کنند. سازمان نیاز دارد که اهداف خرد عملکرد انرژی مشخصی را حین شناسایی و طراحی شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی، لحاظ نماید. ارتباط میان عملکرد انرژی، شاخص‌های عملکرد انرژی، خطوط مبنای انرژی و اهداف خرد انرژی در شکل ۱ ترسیم شده است.



شکل ۱– ارتباط میان عملکرد انرژی، شاخص‌های عملکرد انرژی، خطوط مبنای انرژی و اهداف خرد انرژی

1-Facilities

در این استاندارد ملی کادرهای کمکی تجربی طراحی شده است که ایده‌ها، مثال‌ها و راهبردهایی به منظور اندازه‌گیری عملکرد انرژی با استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی، برای کاربر فراهم می نماید.

همچنین سازمان‌هایی که فاقد سیستم مدیریت انرژی می‌باشند، می‌توانند مفاهیم و روش‌های این استاندارد ملی را مورد استفاده قرار دهند. برای مثال، شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی همچنین می‌تواند در سطح تسهیلات، سیستم، فرآیند یا تجهیز، یا به منظور ارزیابی جداگانه اقدامات بهبود عملکرد انرژی، مورد استفاده قرار گیرد.

تعهد و مشارکت مستمر مدیریت ارشد به منظور پیاده‌سازی، نگهداری و بهبود اثربخش سیستم مدیریت انرژی در راستای دستیابی به مزایای بهبود عملکرد انرژی، الزامی است. مدیریت ارشد، تعهدات خود را از طریق اقدامات رهبری و مشارکت فعال در سیستم مدیریت انرژی با اطمینان از تخصیص مستمر منابع شامل منابع انسانی به منظور پیاده‌سازی و نگهداری سیستم مدیریت انرژی در طول زمان، تضمین می‌نماید.

سیستم‌های مدیریت انرژی–
اندازه‌گیری عملکرد انرژی با استفاده از خطوط مبنای انرژی (EnB)[1] و شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPI)[2]– اصول کلی و راهنما

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ملی، ارائه راهنمایی در مورد چگونگی تعیین، استفاده و نگهداری شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs) و خطوط مبنای انرژی (EnBs)، به عنوان بخشی از فرآیند اندازه‌گیری عملکرد انرژی، برای سازمان‌ها است.

راهنمایی‌های ارائه شده در این استاندارد برای هر سازمان، صرفنظر از اندازه، نوع، مکان یا سطح تکامل آن در حوزه مدیریت انرژی، کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.
در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده باشد همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.
استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲–۱ استاندارد ملی ایران- ایزو ۵۰۰۰۱ : سال۱۳۹۱، سیستم‌های مدیریت انرژی-الزامات همراه با راهنمای استفاده

1- Energy Baselines
2- Energy Performance Indicator

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران – ایزو۵۰۰۰۱، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند.

۳-۱
تصحیح

adjustment

فرآیند اصلاح خط مبنای انرژی به منظور فراهم آوردن امکان مقایسه عملکرد انرژی در شرایط یکسان در فاصله دوره زمانی گزارش‌دهی و دوره زمانی خط مبنا است.

یادآوری۱– استاندارد ملی ایران–ایزو ۵۰۰۰۱ ، نیازمند تصحیح خط مبنای انرژی است، زمانی‌که شاخص‌های عملکرد انرژی، کاربری و مصرف انرژی سازمان را منعکس نمی‌کنند، و یا زمانی که تغییرات اساسی در یک فرآیند، الگوهای عملیاتی، یا سیستم‌های انرژی، حادث می‌گردد یا بر طبق یک روش از پیش تعیین شده باشد.

یادآوری۲- تصحیحات خاصی برای تغییرات در عوامل ثابت اعمال می‌شود.

یادآوری۳– معمولاً روش‌های از پیش تعیین شده، خط مبنای انرژی را در بازه‌های زمانی تعیین شده تصحیح می‌کنند.

۳-۲
دوره خط مبنا

baseline period

مدت زمان تعیین شده که برای مقایسه عملکرد انرژی با دوره گزارش‌دهی استفاده می‌شود.

۳-۳
مرزها

boundaries

محدوده‌های فیزیکی یا مکانی و/یا محدوده‌های سازمانی که توسط سازمان تعیین شده است.

مثال: یک فرآیند؛ گروهی از فرآیندها؛ یک سایت؛ کل سازمان؛ چندین سایت تحت نترل یک سازمان.

[**منبع:** زیر بند ۳-۱، استاندارد ملی ایران–ایزو ۵۰۰۰۱]

۳-۴
انرژی

energy

برق، سوخت، بخار، حرارت، هوای فشرده، و سایر واسطه‌های مشابه است.

یادآوری۱– در این استاندارد، انرژی به انواع مختلف انرژی، از قبیل منابع تجدیدپذیر، اشاره دارد که می‌تواند خریداری یا ذخیره شود، مورد فرآورش[1] قرار گیرد، در یک تجهیز و یا فرآیند استفاده شود و یا بازیابی گردد.

1-Treated

یادآوری۲- انرژی می‌تواند به عنوان ظرفیت یک سیستم، برای تولید فعالیت بیرونی و یا انجام کار تعریف شود.

[**منبع:** زیر بند ۳-۵، استاندارد ملی ایران–ایزو ۵۰۰۰۱]

۳-۵
خط مبنای انرژی
EnB

energy baseline

مرجع/ مراجع کمی که مبنایی برای مقایسه عملکرد انرژی فراهم می‌آورد.

یادآوری۱- یک خط مبنای انرژی نمایانگر یک دوره زمانی مشخص است.

یادآوری۲- خط مبنای انرژی می‌تواند بر حسب متغیرهایی که بر مصرف و کاربری انرژی تاثیر گذار هستند، نرمال شود. برای مثال میزان تولید، روز درجه (دمای بیرون) و غیره.

یادآوری۳- خط مبنای انرژی به عنوان یک مرجع، قبل و بعد از پیاده‌سازی اقدامات بهبود عملکرد انرژی و به منظور محاسبه صرفه‌جویی انرژی، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[منبع: زیر بند ۳-۶، استاندارد ملی ایران– ایزو ۵۰۰۰۱ ، اصلاحیه- کوته نوشت اصطلاح اضافه شده است]

۳-۶
مصرف انرژی

energy consumption

مقدار کمی انرژی به کار گرفته شده است.

یادآوری۱- مصرف انرژی می‌تواند به صورت جریان حجمی و جرمی یا واحدهای وزنی (سوخت) نشان داده شود یا به واحدهایی که ضریبی از ژول یا وات ساعت است (برای مثال گیگاژول، کیلوات ساعت)، تبدیل شود.

یادآوری۲- به طور معمول، مصرف انرژی با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری دائمی یا موقت اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر کمی می‌تواند به صورت مستقیم اندازه‌گیری شده یا در یک دوره زمانی مشخص، محاسبه گردد.

[**منبع:** زیر بند ۳-۱، استاندارد ملی ایران –ایزو ۵۰۰۰۱، یادآوری ۱ و ۲ اضافه شده است]

۳-۷
کارآیی انرژی

energy efficiency

نسبت یا سایر روابط کمی میان خروجی عملکرد، خدمت، کالاها یا انرژی و ورودی انرژی است.

مثال: کارآیی تبدیل؛ انرژی مورد نیاز به انرژی مصرف شده؛ خروجی به ورودی؛ میزان تئوری انرژی مصرفی برای عملیات به مقدار انرژی مصرفی در عملیات.

یادآوری- لازم است ورودی و خروجی به وضوح به صورت کمی و کیفی مشخص شده و قابل اندازه‌گیری باشند.

[**منبع:** زیر بند ۳-۸، استاندارد ملی ایران –ایزو ۵۰۰۰۱]

۳-۸
عملکرد انرژی

energy performance

نتایج قابل اندازه‌گیری مرتبط با کارآیی انرژی، کاربری و مصرف انرژی است.

یادآوری۱- در زمینه سیستم‌های مدیریت انرژی، نتایج می‌توانند در مقایسه با خط‌مشی، اهداف کلان، اهداف خرد و سایر الزامات عملکرد انرژی سازمان اندازه‌گیری شوند.

یادآوری۲- عملکرد انرژی یک جزء از عملکرد سیستم مدیریت انرژی است.

[**منبع**: زیر بند ۳-۱۲، استاندارد ملی ایران–ایزو ۵۰۰۰۱]

۳-۹
شاخص عملکرد انرژی
EnPI

energy performance indicator

مقادیر کمی یا معیاری از عملکرد انرژی، به نحوی که توسط سازمان تعریف شده است.

یادآوری۱- شاخص‌های عملکرد انرژی می‌توانند توسط یک واحد متریک ساده، یک نسبت یا مدلی پیچیده‌تر بیان شوند.

[**منبع**: زیر بند ۳-۱۳، استاندارد ملی ایران–ایزو ۵۰۰۰۱]

۳-۱۰
هدف خرد انرژی

energy target

الزام تفصیلی و قابل کمی‌سازی عملکرد انرژی، که در سازمان یا بخش‌های آن کاربرد دارد، به طوری که منشا آن اهداف کلان انرژی است و لازم است تا در راستای دستیابی به این اهداف کلان، تنظیم و محقق گردد.

۳-۱۱
کاربری انرژی

energy use

چگونگی یا نوع به‌کارگیری انرژی است.

مثال: تهویه، روشنایی، گرمایش، سرمایش، حمل و نقل، فرآیندها، خطوط تولید.

[**منبع**: زیر بند ۳-۱۸، استاندارد ملی ایران شماره ایران –ایزو ۵۰۰۰۱]

۳-۱۲
تسهیلات

facility

یک تجهیز، مجموعه‌ای از تاسیسات یا فرآیندهای تولید (ساکن یا متحرک)، که می‌تواند درون یک مرز جغرافیایی جدا، یک واحد از سازمان یا فرآیند تولید تعریف شود.

[**منبع**: زیر بند ۳-۲۲، استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۲۶۵]

۳-۱۳
نرمال‌سازی

normalization

فرآیند اصلاح منظم داده‌های انرژی به منظور احتساب تغییرات متغیرهای مرتبط جهت مقایسه عملکرد انرژی تحت شرایط یکسان می‌باشد.

یادآوری۱- شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی متناظر، می‌توانند نرمال‌سازی شوند.

۳-۱۴
متغیر مرتبط

relevant variable

هر عامل کمی که بر عملکرد انرژی اثر می‌گذارد و به صورت معمول تغییر می‌کند.

مثال: پارامترهای تولید (حجم تولید، نرخ تولید)؛ شرایط جوی (دمای محیط بیرون، روز درجه)، ساعات عملیاتی؛ پارامترهای عملیاتی (دمای عملیاتی، سطح روشنایی).

۳-۱۵
دوره گزارش‌دهی

reporting period

دوره زمانی مشخص که برای محاسبه و گزارش‌دهی عملکرد انرژی انتخاب شده است.

مثال: دوره زمانی که یک سازمان می خواهد تغییرات در شاخص‌های عملکرد انرژی را نسبت به دوره خط مبنای انرژی ارزیابی کند.

۳-۱۶
کاربری بارز انرژی
SEU

significant energy use

کاربری انرژی با مصارف انرژی اساسی و/ یا دارای پتانسیل قابل توجه برای بهبود عملکرد انرژی است.

یادآوری– معیارهای بارز بودن توسط سازمان تعیین می‌شوند.

[**منبع:** زیر بند ۳-۲۷، استاندارد ملی ایران –ایزو ۵۰۰۰۱، اصلاحیه- اختصار واژه اضافه شده است]

۳-۱۷
عامل ثابت

static factor

عامل شناسایی شده‌ای که بر عملکرد انرژی اثر می‌گذارد و به صورت معمول تغییر نمی‌کند.

مثال۱: اندازه تسهیلات؛ طراحی تجهیزات نصب شده؛ تعداد شیفت‌های تولید هفتگی؛ تعداد و نوع کارکنان (برای مثال، کارکنان اداری)؛ طیف محصولات.

مثال۲: یک تغییر در عوامل ثابت می‌تواند به صورت تغییر در مواد خام فرآیند ساخت، از آلومینیوم به پلاستیک، باشد.

[منبع: زیر بند ۳-۲۲ استاندارد ISO 50015:2014، اصلاحیه- چند مثال اضافه شده است**]**

۴ اندازه‌گیری عملکرد انرژی

۴-۱ نمای کلی

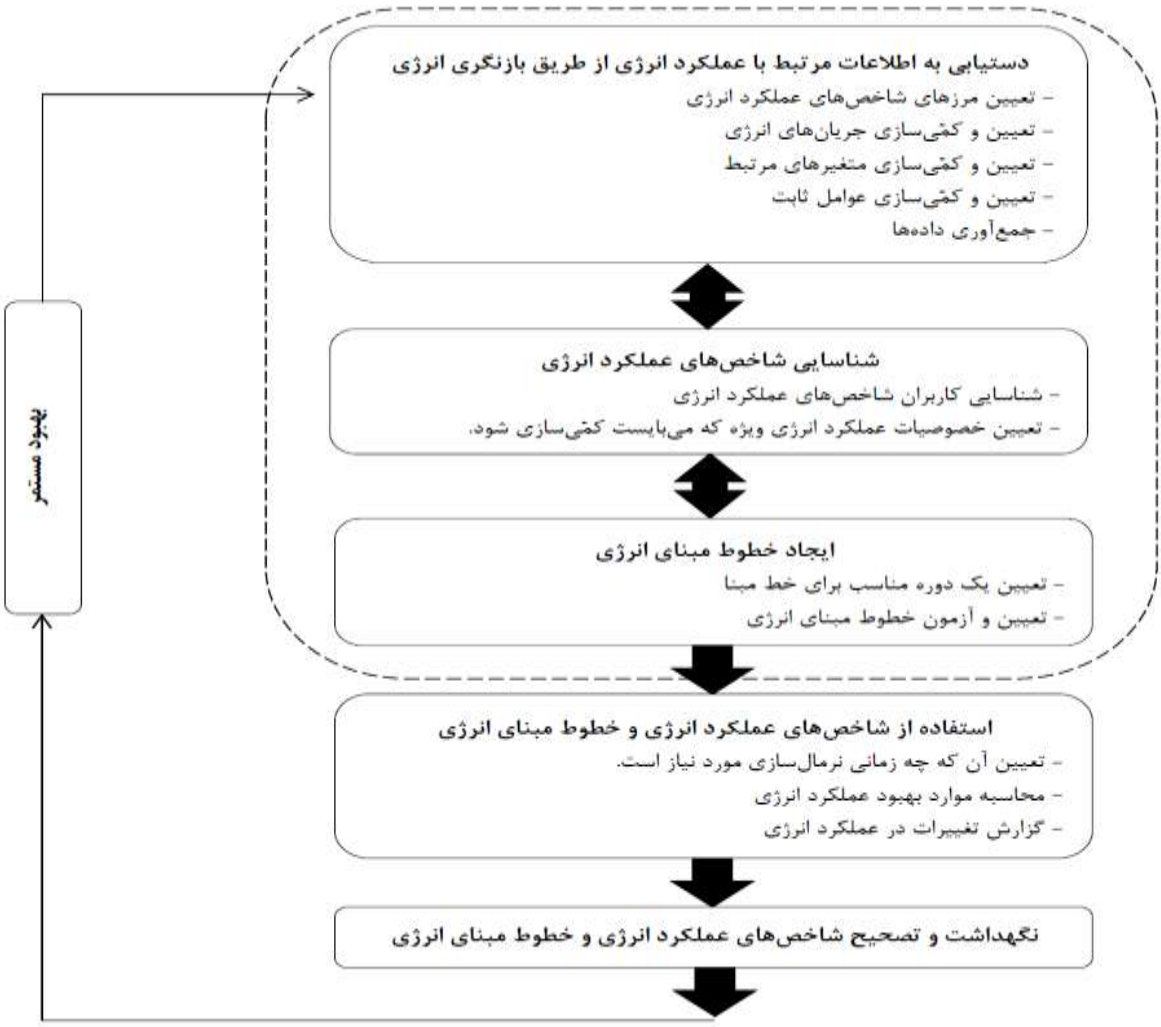
۴-۱-۱ کلیات

هر سازمانی به منظور اندازه‌گیری و کمی‌سازی مؤثر عملکرد انرژی، شاخص‌های عملکرد انرژی را تعیین و خطوط مبنای انرژی را ایجاد می‌کند. شاخص‌های عملکرد انرژی به منظور کمی‌سازی عملکرد انرژی کل سازمان و یا بخش‌های مختلف آن، مورد استفاده قرار می‌گیرند. خطوط مبنای انرژی، مراجع کمی است که به منظور مقایسه مقادیر عددی شاخص عملکرد انرژی در طول زمان و کمی‌سازی تغییرات عملکرد انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نتایج عملکرد انرژی می‌تواند بر حسب واحدهای مصرف انرژی (برای مثال گیگاژول، کیلووات ساعت)، مصرف انرژی ویژه (برای مثال، نسبت کیلووات ساعت بر واحد محصول)، حداکثر توان (برای مثال، کیلووات)، درصد تغییرات در کارآیی یا نسبت‌های بدون بُعد، و غیره گزارش شود. رابطه کلی میان عملکرد انرژی، شاخص‌های عملکرد انرژی، خطوط مبنای انرژی و اهداف خرد انرژی در شکل ۱ در مقدمه نشان داده شده است.

عملکرد انرژی می‌تواند متأثر از شماری از متغیرهای مرتبط و عوامل ثابت باشد. این مقادیر می‌توانند با تغییرات در شرایط کسب و کار از جمله تقاضای بازار، فروش و سودآوری مرتبط باشند.

نمای کلی فرآیند توسعه، استفاده و به روزرسانی شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی در شکل ۲ ترسیم شده و در زیربندهای ۴-۲ لغایت ۴-۶ به تفصیل شرح داده می‌شود. این فرآیند در بهبود مستمر اندازه‌گیری عملکرد انرژی، به سازمان کمک می‌نماید.



شکل ۲- نمای کلی اندازه‌گیری عملکرد انرژی

۲-۱-۴ مصرف انرژی

کمی‌سازی مصرف انرژی به منظور اندازه‌گیری عملکرد انرژی و بهبود عملکرد انرژی ضروری است.

زمانی که چندین نوع انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تبدیل واحدهای مختلف انرژی به یک واحد مشترک به منظور اندازه‌گیری مصرف انرژی، مفید است. دقت نظر در تبدیل واحدها الزامی است، به طوری که روشی مناسب برای مجموع انرژی مصرفی در نظر گرفته شود که شامل موارد اتلاف در فرآیند تبدیل انرژی نیز باشد.

۴-۱-۳ کاربری انرژی

شناسایی کاربری‌های انرژی از جمله سیستم‌های انرژی (برای مثال، هوای فشرده، بخار، آب سرد، و غیره)، فرآیندها و تجهیزات، به طبقه‌بندی مصرف انرژی و تمرکز عملکرد انرژی بر کاربری‌هایی که برای هر سازمان مهم است، کمک می‌کند.

۴-۱-۴ کارآیی انرژی

کارآیی انرژی غالباً به عنوان یک معیار اندازه‌گیری عملکرد انرژی استفاده می‌شود و ممکن است به عنوان یک شاخص عملکرد انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

کارآیی انرژی می‌تواند به چندین روش، از جمله نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی (کارآیی تبدیل)؛ نسبت انرژی مورد نیاز به انرژی مصرفی (جایی که ممکن است انرژی مورد نیاز از یک مدل تئوری یا روابط دیگر مشتق شود)؛ نسبت محصول تولیدی به انرژی ورودی (برای مثال تُن تولیدی به ازای واحد انرژی مصرفی) بیان شود.

یادآوری–گاهی نسبت انرژی ورودی به محصول تولیدی به عنوان یک شاخص عملکرد انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آن به عنوان شدت انرژی یاد می‌شود.

۴-۱-۵ شاخص‌های عملکرد انرژی

شاخص‌های عملکرد انرژی بهتر است اطلاعات عملکرد انرژی مرتبط را به منظور توانمندسازی کاربران سازمان در راستای درک عملکرد انرژی سازمان و اجرای اقدامات جهت بهبود آن، فراهم آورد.

شاخص‌های عملکرد انرژی می‌تواند در سطوح تسهیلات، سیستم، فرآیند یا تجهیزات به کار گرفته شود تا سطوح تمرکز مختلفی را فراهم آورد.

بهتر است سازمان، یک هدف خرد انرژی و یک خط مبنای انرژی را برای هر شاخص عملکرد انرژی تنظیم نماید.

۴-۱-۶ خطوط مبنای انرژی

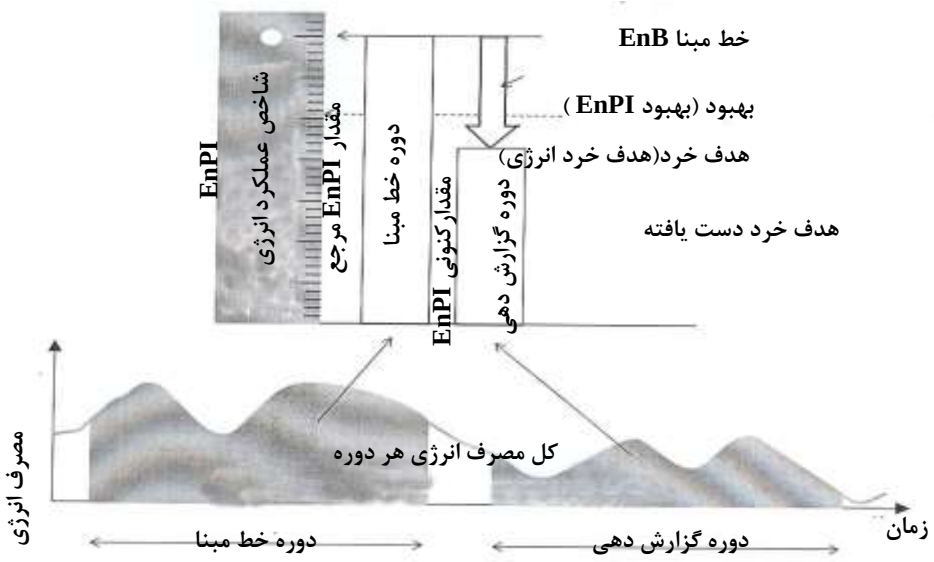
هر سازمان بهتر است تغییرات عملکرد انرژی میان دوره زمانی خط مبنا و دوره زمانی گزارش‌دهی را مقایسه نماید. در حقیقت، خط مبنای انرژی به منظور تعیین مقدار عددی شاخص عملکرد انرژی برای دوره زمانی خط مبنا مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع اطلاعات مورد نیاز به منظور ایجاد خط مبنای انرژی از طریق اهداف مشخص شاخص عملکرد انرژی تعیین می‌شود.

۴-۱-۷ کمی‌سازی عملکرد انرژی

تغییرات عملکرد انرژی می‌تواند با استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی برای تسهیلات، سیستم‌ها، فرآیندها یا تجهیزات محاسبه گردد.

مقایسه عملکرد انرژی میان دوره زمانی خط مبنا و دوره زمانی گزارش‌دهی شامل محاسبه اختلاف مقدار عددی شاخص عملکرد انرژی بین این دو دوره زمانی است. شکل ۳، حالت ساده ای را نشان می‌دهد که در آن از اندازه‌گیری مستقیم مصرف انرژی به عنوان شاخص عملکرد انرژی استفاده می‌شود و عملکرد انرژی بین دوره زمانی خط مبنا و دوره زمانی گزارش‌دهی مقایسه می‌شود.

در مطالعات موردی جایی‌که سازمان تعیین کرده است که متغیرهای مرتبط از جمله شرایط آب و هوایی، تولید، ساعات عملیاتی ساختمان و غیره بر عملکرد انرژی اثرگذار است، بهتر است، سازمان شاخص عملکرد انرژی و خط مبنای انرژی متناظر با آن را به منظور مقایسه عملکرد انرژی تحت شرایط یکسان، نرمال سازی کند.



شکل ۳- مفهوم دوره زمانی خط مبنا و دوره زمانی گزارش‌دهی برای یک شاخص عملکرد انرژی

۴-۲ دستیابی به اطلاعات مرتبط با عملکرد انرژی از طریق بازنگری انرژی

۴-۲-۱ کلیات

بازنگری انرژی، اطلاعات مفیدی را برای توسعه و تعیین شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی فراهم می‌آورد. پیوست الف، ارتباط میان بازنگری انرژی و اطلاعات مورد نیاز جهت شناسایی شاخص‌های عملکرد انرژی و تعیین خطوط مبنای انرژی را نشان می‌دهد. تعیین شاخص‌های عملکرد انرژی مناسب و خطوط مبنای انرژی متناظر، نیازمند دسترسی به داده‌های انرژی سازمانی موجود، تحلیل داده‌ها، و پردازش اطلاعات انرژی است.

۴-۲-۲ تعیین مرزهای شاخص عملکرد انرژی

دامنه کاربرد و مرزهای سیستم مدیریت انرژی شامل ناحیه یا فعالیت‌های است که سازمان در داخل آن‌ها عملکرد انرژی را مدیریت می‌کند.

برای اندازه‌گیری عملکرد انرژی، بهتر است مرزهای اندازه‌گیری مناسب برای هر شاخص عملکرد انرژی تعیین شود. این محدوده‌ها مرزهای شاخص عملکرد انرژی نامیده می‌شوند و احتمال هم پوشانی بین آنها وجود دارد.

یادآوری– در ابتدا کاربران شاخص عملکرد انرژی و نیازهای آنان، شناسایی شده (به زیر بند۴-۳-۲ مراجعه شود) و سپس مرز متناسب با شاخص عملکرد انرژی تعیین می‌گردد.

در هنگام تعیین مرز شاخص عملکرد انرژی، بهتر است به موارد ذیل توجه شود:

- مسئولیت‌های سازمانی در ارتباط با مدیریت انرژی؛

- سهولت جداسازی مرز شاخص عملکرد انرژی از طریق اندازه‌گیری انرژی و متغیرهای مرتبط؛

- مرز سیستم مدیریت انرژی؛

- کاربری بارز انرژی (SEU) یا گروهی از کاربری‌های بارز انرژی در سازمان که به عنوان اولویت برای کنترل و بهبود، انتخاب می‌شوند؛

- تجهیزات، فرآیندها و زیر فرآیندهای مشخصی که سازمان خواستار جداسازی و مدیریت آنها است.

همان طوری که در جدول ۱ شرح داده شده است، سه سطح اصلی مرزبندی شاخص عملکرد انرژی شامل مرز منفرد، سیستم و سازمانی است.

جدول ۱– سه سطح مرزبندی شاخص عملکرد انرژی

سطوح مرزبندی شاخص عملکرد انرژی	شرح و مثال‌ها
تسهیلات/ تجهیز/ فرآیند به صورت جداگانه	مرز شاخص عملکرد انرژی می‌تواند پیرامون محیط فیزیکی یک تسهیل/ تجهیز/ فرآیندی که سازمان خواستار کنترل و بهبود آن است، تعیین شود. مثال: تجهیزات تولید بخار
سیستم	مرز شاخص عملکرد انرژی می‌تواند در پیرامون فیزیکی گروهی از تسهیلات/ فرآیندها/ تجهیزات با اثرات متقابل بر یکدیگر که سازمان خواستار کنترل و بهبود آن‌هاست، تعیین گردد. مثال: تجهیزات تولید بخار و استفاده بخار، نظیر یک خشک‌کن
سازمانی	مرز شاخص عملکرد انرژی می‌تواند در پیرامون تسهیلات/ فرآیندها/ تجهیزات، ضمن لحاظ نمودن مسئولیت افراد، تیم‌ها، گروه‌ها یا واحدهای کسب و کار که توسط سازمان در مدیریت انرژی مشخص شده است، تعیین شود. مثال: بخار خریداری شده برای یک کارخانه/ کارخانجات، یا دپارتمان یک سازمان

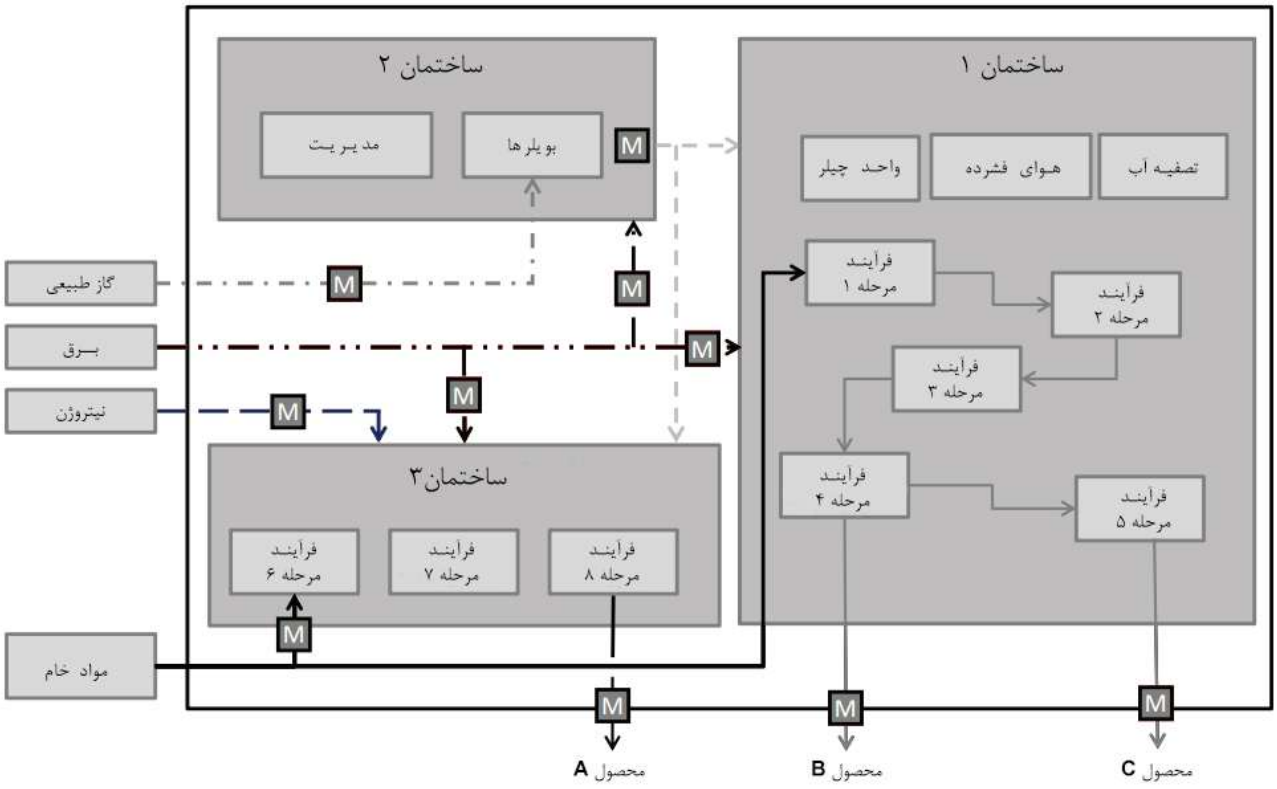
جهت کسب اطلاعات تکمیلی در مورد مرزهای شاخص عملکرد انرژی در فرآیند تولید، به پیوست ب مراجعه شود.

۴-۲-۳ تعریف و کمی‌سازی جریان‌های انرژی

بهتر است سازمان به محض تعیین مرز شاخص عملکرد انرژی، جریان انرژی عبوری از مرز را شناسایی نماید. سازمان می‌تواند از نموداری مشابه شکل ۴ در راستای تعیین اطلاعات انرژی مورد نیاز به منظور تعیین شاخص‌های عملکرد انرژی، استفاده نماید. این نمودارهای حصاری یا نقشه‌های انرژی، جریان انرژی در داخل مرز و جریان عبوری از مرز شاخص عملکرد انرژی را به صورت بصری نشان می‌دهند. این نقشه‌ها می‌توانند شامل اطلاعات بیشتر، از جمله نقاط اندازه‌گیری و جریان محصول باشند که در تجزیه و تحلیل انرژی و تعیین شاخص‌های عملکرد انرژی حائز اهمیت هستند.

بهتر است سازمان جریان‌های انرژی عبوری از مرز شاخص عملکرد انرژی، تغییرات در سطح موجودی انواع سوخت، همچنین میزان کمی هر گونه انرژی ذخیره شده را اندازه‌گیری نماید.

مرزهای تعریف شده‌ای برای شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی کاربری‌های بارز انرژی، لازم است تا جریان‌های انرژی کمی شوند. یکی از نکات مهم برای هر کاربری بارز انرژی (SEU)، روش اندازه گیری مناسب به منظور اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی است، که از مرز کاربری بارز انرژی مربوطه می گذرد و همچنین دسترسی به داده‌های متغیرهای مرتبط است.



شکل۴- نمودار حصاری

۴-۲-۴ تعیین و کمی‌سازی متغیرهای مرتبط

بستگی به نیازهای سازمان و سیستم مدیریت انرژی آن، بهتر است متغیرهای مرتبط که احتمالا بر عملکرد انرژی تاثیر گذار هستند، در هر مرز شاخص عملکرد انرژی، تعیین و کمی‌سازی شوند. جداسازی متغیرهای که از نقطه نظر عملکرد انرژی بارز هستند، نسبت به متغیرهایی که دارای اثرات ناچیز و یا فاقد اثرند، حائز اهمیت است. به منظور تعیین میزان اهمیت متغیرهای مرتبط، اغلب نیاز به تجزیه و تحلیل داده‌ها است.

برخی از متغیرها بیش از سایرین به مصرف انرژی مرتبط هستند. برای مثال، جایی که مصرف انرژی به ازای واحد تولید اندازه‌گیری می‌شود، شمارش تعداد محصولات نهایی در صورت تولید محصولات میانی ممکن است بسته به این که این محصولات میانی ضایعات بوده، ارزش افزوده ایجاد کنند، یا بازیافت شوند منجر به نتایج گمراه کننده شود.

هنگامی که متغیرهای مرتبط جداسازی شدند، به منظور تعیین صحت نحوه ارتباط آن‌ها فنون مدلسازی بیشتری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

پنجره راهنمای کاربردی شماره ۱: تعیین و کمی‌سازی متغیرهای مرتبط

سازمان‌ها اغلب در درک میزان اهمیت ارتباط میان متغیرها و مصرف انرژی دچار چالش می‌شوند. در ادامه روشی برای ارزیابی میزان ارتباط یک متغیر با مصرف انرژی، شرح داده می‌شود.

در ابتدا، درک روندهای مصرف انرژی و متغیرهای که دارای پتانسیل تاثیرگذاری هستند، می‌تواند مفید باشد. این مسئله در طول زمان و در یک نمودار روندیابی قابل ترسیم است. ترسیم روند مصارف انرژی سازمان را در مشاهده شواهد فصلی یا شواهد متناظر با متغیرهای که به طور همزمان با مصرف انرژی تغییر می‌کنند، توانمند می‌سازد. برای مثال، چنانچه مصرف انرژی ناشی از گرمایش باشد، میزان مصرف در طول ماه‌های سردتر زمستان افزایش خواهد یافت. چنانچه بار مربوط به سرمایش باشد، همان طوری که در شکل ۵ نشان داده شده است، میزان مصرف در طول ماه‌های تابستان افزایش خواهد یافت.

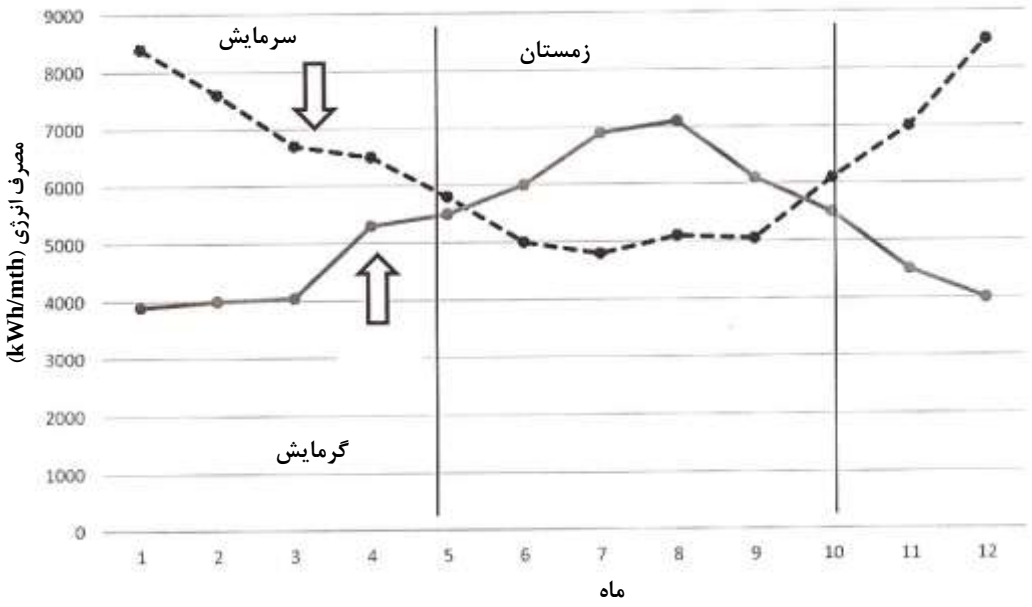
پس از ارزیابی مشاهده‌ای روندهای مصرف انرژی و متغیرها، سازمان قادر به ارزیابی اهمیت روابط است. برای این منظور، سازمان می‌تواند یک متغیر را نسبت به میزان مصرف انرژی، در یک نمودار ساده X-Y ترسیم نماید. چنانچه متغیر مربوطه مرتبط باشد، انتظار می‌رود که شواهدی از یک رابطه در پراکندگی نقاط دیده شود. چنانچه به نظر رسد که نقاط در اطراف یک تابع ریاضی که به صورت یک روند خطی نشان داده شده است، پراکنده باشند، آنگاه این روند، شاخصی از وجود متغیرهای مرتبط دیگری است (به شکل ۶ قسمت‌های الف و ب مراجعه شود). چنانچه نقاط به صورت تصادفی بدون هیچ ارتباطی نمایان شوند، احتمالاً متغیر مربوطه مرتبط نیست (به شکل ۶ قسمت پ مراجعه شود).

در بسیاری از موارد، یک رابطه خطی ساده به منظور تعیین وابستگی کفایت می‌کند. ممکن است بعضی متغیرهای خاص، وجود روابط غیرخطی را نشان دهند و لازم است سازمان در مورد چگونگی لحاظ این متغیرها در محاسبات شاخص عملکرد انرژی، تصمیم‌گیری نماید.

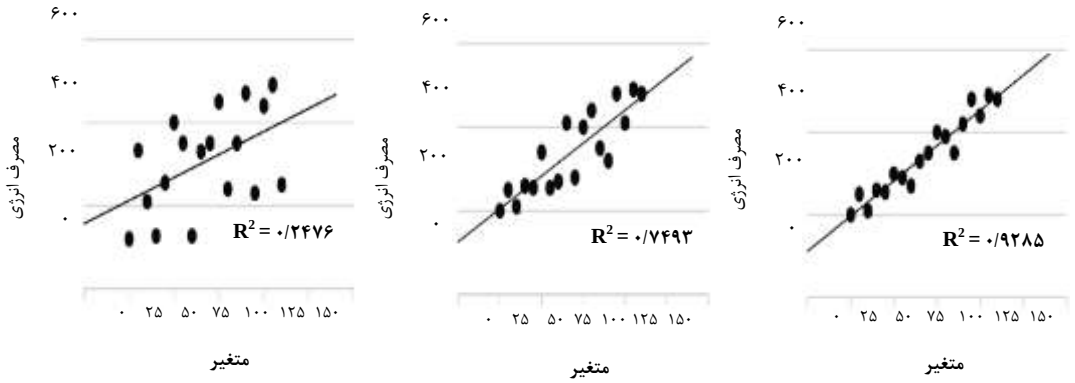
زمانی که یک متغیر مرتبط منفرد فاقد ارتباط قابل توجه با مصرف انرژی است، ممکن است سازمان از شاخص عملکرد انرژی مبتنی بر مدلی با دو یا چندین متغیر مرتبط بهره گیرد (به زیر بند ۴-۳-۳ مراجعه شود). در حالتی جایگزین، مرز شاخص عملکرد انرژی می‌تواند به منظورجداسازی مصرف انرژی به نحوی که به میزان قابل توجه صرفاً به یک متغیر، وابسته باشد تقسیم گردد (به پیوست ب مراجعه شود).

متغیرهای مرتبط خاص می‌توانند توأماً خطی بودن را نمایش دهند، جایی که دو یا چندین متغیر مرتبط به صورتی پایدار با یکدیگر در تغییر هستند. به منظور تشخیص چنین موقعیتی، سازمان می‌تواند متغیرها را با استفاده از نمودار X-Y ترسیم نماید. چنانچه سازمان وجود چنین موقعیتی را تشخیص داد، بهتر است از متغیری استفاده نماید که دارای اثر بیشتری بر مصرف انرژی است و بهتر است سایر متغیرها، ثابت در نظر گرفته شوند.

زمانی که الگوهای عملیاتی و مقادیر عددی متغیرهای مرتبط به میزانی قابل توجه نوسان دارند، اطمینان از آن که داده‌های مورد تحلیل برای همبستگی‌ها، در نوسان صحیح هستند، حائز اهمیت است تا بررسی دقیق اثر هر یک از متغیرها ممکن باشد.



شکل ۵- نمودار روندیابی، روند فصلی را نشان می‌هد



الف) متغیر تاثیر گذار ب) متغیر با تاثیرگذاری کمتر پ) متغیر بدون تاثیر

شکل ۶- متغیرهای با سطوح اهمیت متفاوت

۵-۲-۴ تعریف و کمی‌سازی عوامل ثابت

مقدار عددی عوامل اثرگذار بر عملکرد انرژی غالباً تغییر می‌کند. بهتر است این عوامل مورد تحلیل قرار گیرند تا مشخص شود که در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان متغیر مرتبط بهتر است یا به عنوان عامل ثابت. به عنوان مثال، یک واحد تولیدی ممکن است دارای تغییر منظم در سطح میزان تولید باشد که یک متغیر مرتبط است و دارای تغییر نامنظم در ترکیب تولید باشد که یک عامل ثابت است.

ثبت شرایط این عوامل ثابت هنگامی که شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی در حال ایجاد هستند، امری مهم به شمار می‌رود. سازمان بهتر است این عوامل ثابت را در طول زمان، مورد بازنگری قرار دهد تا از حفظ مناسب شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی اطمینان حاصل نموده و هر گونه تغییرات اساسی که می‌توانند بر عملکرد انرژی مؤثر باشند را ثبت نماید.

اگرچه عوامل ثابت بین دوره زمانی گزارش‌دهی و دوره زمانی خط مبنا فاقد تغییرات اساسی هستند، اما چنانچه شرایط تغییر کنند عوامل ثابت می‌توانند تغییر نموده و سازمان بهتر است شاخص‌های عملکرد انرژی یا خطوط مبنای انرژی متناظر را متناسب نماید (به زیر بند ۴-۶ مراجعه شود).

پنجره راهنمای کاربردی شماره۲: تغییرات عوامل ثابت که لازم است با شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی مرتبط باشند.
درک زمانی که عوامل ثابت لازم است با شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی متناسب شوند، می‌تواند قدری دشوار باشد. چند سناریوی مفید در این زمینه به شرح زیر بیان می‌شود. - **تغییر در نوع محصول:** یک واحد تولیدی ممکن است مجموعه‌ای ثابت از محصولات را تولید نماید. نوع محصول می‌تواند یک عامل ثابت باشد. چنانچه این واحد یک محصول جدیدی معرفی نماید، ممکن است به روز شدن شاخص های عملکرد و خطوط مبنا برای نوع جدید محصول لازم باشد. - **تغییر در شیفت‌های یک روز:** یک واحد تولیدی دارای تعداد ثابت شیفت‌های تولیدی در روز است. چنانچه تعداد شیفت‌های کاری افزایش یا کاهش یابد، ممکن است به روزآوری لازم باشد. - **تغییر در فضای اشغال شده ساختمان**: هر ساختمان تعداد نسبتاً ثابتی از سکنه را در بر می‌گیرد. چنانچه به واسطه اجاره‌نامه جدید، شمار ساکنین به میزان قابل توجه افزایش یا کاهش یابد، آنگاه ممکن است به روزآوری لازم باشد. - **تغییر در سطح بنا:** ساختمان دارای مقدار سطح بنای ثابت است. چنانچه سازمان، مساحت ساختمان را به میزانی قابل توجه توسعه دهد، آنگاه ممکن است برای این مورد روزآوری لازم باشد.

۴-۲-۶ گردآوری داده‌ها

۴-۲-۶-۱ جمع‌آوری داده‌ها

بهتر است سازمان داده‌های مربوط به هر شاخص عملکرد انرژی و خط مبنای انرژی متناظر با آن را که باید جمع‌آوری شوند، مشخص نماید. جمع‌آوری داده‌ها می‌تواند در هر نقطه‌ای در طول فرآیند انجام گیرد. بهتر است منبع انرژی به همراه متغیرهای مرتبط مشخص گردد. گردآوری کلیه داده‌ها از جمله عوامل ثابت، که در تعیین شاخص‌های عملکرد انرژی و ایجاد خطوط مبنای انرژی مربوط استفاده می‌شوند، حائز اهمیت است.

پنجره راهنمای کاربردی شماره۳ : چالش‌های جمع‌آوری داده‌های انرژی
سازمان می‌تواند چندین چالش در جمع‌آوری داده‌ها داشته باشد. سناریوهای ذیل، راه‌حل‌های بالقوه برای برخی از این چالش‌ها را شرح می‌دهد: - **کمبود داده‌های تفصیلی اندازه‌گیری شده از سوی تأمین‌کنندگان انرژی:** زمانی که سازمان فاقد داده‌های تفصیلی اندازه‌گیری شده از سوی تأمین‌کنندگان انرژی است، می تواند اقدام به بررسی گزینه‌های اندازه‌گیری مضاعف نماید که توسط خود سازمان و یا از طریق تأمین‌کننده انرژی آن فراهم می‌شود. - **کمبود داده برای متغیرهای مرتبط:** زمانی که سازمان فاقد داده‌هایی برای یک فرآیند تولیدی با انرژی بری خاص است، می‌تواند به منظور کسب این داده‌ها اقدام به نصب سنسورها نماید. - فرم‌های ناقص داده‌ها: زمانی که داده‌های انرژی سازمان نسبت به داده‌های موجود برای سایر عوامل، در تناوب زمانی اندازه‌گیری متفاوت است، آنگاه می تواند در راستای تراز کردن داده‌ها اقدام به تجمیع یا جداسازی داده‌ها نماید. - **کمبود داده برای کاربری‌های انرژی خاص:** زمانی که داده‌های انرژی سازمان به وضوح کاربری های انرژی خاص را در بر نمی‌گیرد، آنگاه ممکن است کنتورهای فرعی برای چنین کاربری های لازم باشد.

ممکن است سازمان تعیین کند که اهمیت کاربری انرژی در مرز شاخص عملکرد انرژی یا فرصت بهبود، در مقابل توجیه هزینه کنتورهای جدید، کنتورهای فرعی، و/یا سنسورها به منظور اندازه‌گیری سایر متغیرهای مرتبط، به اندازه کافی بالا است. در چنین مواردی، سازمان مربوطه این سنجش را در طرح پایش، اندازه‌گیری و تحلیل خود مشخص می‌نماید.

زمانی که سازمان‌ها از تخمین به منظور محاسبه شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی مرتبط بهره می‌گیرند، بهتر است مفروضات و روش‌های خود را مستند نمایند.

ممکن است سازمان در یابد که برخی از شاخص‌های عملکرد انرژی که پیش از این به عنوان موارد بارز و مهم شناسایی شده‌اند، به دلیل محدودیت‌های داده یا سایر موانع قابل اندازه‌گیری نیست. در چنین مواردی، سازمان نیازمند ارزیابی و در نتیجه پایش شاخص‌های عملکرد انرژی یا به کارگیری کنتورها یا روش‌های اندازه‌گیری بیشتر است.

۴-۲-۶-۲ اندازه‌گیری

مصرف انرژی به صورت معمول با استفاده از کنتورهای دائمی یا کنتورهای فرعی یا اندازه‌گیری موقت تعیین می‌شود. بهتر است مصرف انرژی با استفاده از داده‌های یک دوره زمانی مشخص، اندازه‌گیری و محاسبه گردد.

در هنگام انتخاب شاخص‌های عملکرد انرژی، سازمان بهتر است قابلیت‌های موجود خود در اندازه‌گیری و پایش را در نظر گیرد. سازمان بهتر است اندازه‌گیری‌های لازم برای هر مقدار عددی انرژی و متغیر مرتبط، که در راستای محاسبه و انتخاب شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی متناظر آن مورد نیاز است، را انجام دهد.

یادآوری– در بسیاری از موارد، نیاز به اندازه‌گیری غیرمستقیم مقدار مصرف انرژی است. این مسئله نیازمند اندازه‌گیری جریان، حجم یا جرم سوخت عرضه شده بوده و می‌تواند بسته به عواملی چون درصد ترکیب، دمای هوای بیرونی، فشار و سایر عوامل تغییر نماید. به منظور محاسبه محتوای انرژی سوخت، معمولاً ضرایب یا فاکتورهایی به مقدار جریان واقعی اندازه‌گیری شده سوخت گاز یا مایع اعمال می‌شود

اندازه‌گیری می‌تواند به صورت نقطه‌ای (برای مثال، با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری سیار/ قابل حمل)، به صورت موقتی (برای مثال، با استفاده از ثبت‌کننده داده‌ها)، یا به صورت دائمی (برای مثال، با استفاده از داده‌های حاصل از سامانه سرپرستی کنترل و گردآوری داده (SCADA)[1] یا سیستم گردآوری و داده‌گردانی (DAHS)[2]صورت پذیرد. در محاسبه هر یک از شاخص‌های عملکرد انرژی، بهتر است مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط مورد استفاده، در زمان و تناوب مشابه اندازه‌گیری شود. در صورتی که اندازه‌گیری پیوسته امکان‌پذیر نباشد، آنگاه بهتر است سازمان اطمینان حاصل نماید که اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای در طول بازه‌های زمانی، نشان‌دهنده الگوی عملیاتی متداول سازمان است.

بهتر است کلیه اندازه‌گیری‌ها صحیح و تکرارپذیر بوده و کنتورها و دستگاه‌های اندازه ده متناظر، کالیبره باشند. بهتر است کلیه مقادیر عددی اندازه‌گیری شده، اعتبارسنجی شوند.

۴-۲-۶-۳ انتخاب تناوب جمع‌آوری داده‌ها

دوره زمانی جمع‌آوری داده‌ها می‌تواند بیش از دوره زمانی خط مبنا و دوره زمانی گزارش‌دهی باشد. جمع‌آوری داده‌ها به صورت دوره‌ای (برای مثال، ساعتی، روزانه، هفتگی) انجام می‌گیرد. این مفهوم، تناوب جمع‌آوری داده‌ها نام دارد.

بهتر است سازمان یک تناوب مناسب و کافی برای جمع‌آوری داده‌های مصارف انرژی و متغیرهای مرتبط موثر بر شاخص عملکرد انرژی و خط مبنای انرژی متناظر انتخاب نماید. بهتر است دوره زمانی و تناوب جمع‌آوری داده‌ها از حیث لحاظ شرایط عملیاتی، مناسب بوده و تعدادکافی از نقاط داده برای آنالیز را تأمین نماید.

به منظور اندازه‌گیری و درک اثر متغیرهای مرتبط بر عملکرد انرژی، ممکن است دفعات جمع‌آوری داده‌ها بسیار بیشتر از تناوب گزارش‌دهی باشد. به عنوان مثال، به منظور شناسایی انحرافات قابل توجه، ممکن است نیاز به جمع‌آوری داده‌ها در سطح عملیاتی به صورت ساعتی، روزانه و یا هفتگی باشد. چنین مقادیر عددی از انرژی و متغیرهای مرتبط می‌تواند متعاقباً برای بازنگری‌های ماهانه در سطح سازمانی تجمیع گردد.

در صورتی که باید سیستم‌های اندازه‌گیری جدید نصب شود، آنگاه بهتر است سازمان تناوب داده‌های مورد نیاز جهت تحقق نیازهای پایش عملکرد انرژی خود را در نظر بگیرد.

1- Supervisory Control and Data Acquisition
2- Data Acquisition and Handling System

۴-۲-۶-۴ حصول اطمینان از کیفیت داده‌ها

پیش از محاسبه شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی متناظر، بهتر است سازمان مجموعه‌ای از مقادیر انرژی و متغیرهای مرتبط اندازه‌گیری شده را به منظور تعیین کیفیت داده‌ها مورد بازنگری قرار دهد. ممکن است سنجش نادرست، ثبت ناقص داده‌ها، یا شرایط عملیاتی غیرمعمول، منجر به تولید نقاط پرت گردد که ممکن است نیازمند بررسی باشند.

پنجره راهنمای کاربردی شماره ۴: شناسایی و تحلیل نقاط پرت
شناسایی و تحلیل نقاط پرت می‌تواند چالش برانگیز باشد. به طورمعمول، نقاط پرت از بررسی نمودار پراکندگی قابل شناسایی هستند. این امر می‌تواند شامل اشاره به یک روند خطی یا تابعی از متغیرهای مرتبط، با متوسط انحراف معیار استاندارد و خطای استاندارد داده‌های مورد محاسبه، باشد. ممکن است داده‌های خارج از مقدار انحراف معیارهای استاندارد از پیش تعیین شده توسط روند خطی یا تابع، به عنوان نقاط پرت در نظر گرفته شوند. به عنوان مثال، تعطیلی سالانه واحد تولیدی به تغییرات قابل ملاحظه در مصرف انرژی می‌انجامد که به صورت یک نقطه پرت دریک هفته عملیاتی خاص ظاهر می‌شود. پیش از حذف یک نقطه پرت، بهتر است وجود یک دلیل منطقی برای این نقطه پرت، مورد بررسی قرار گیرد و در صورت حذف، بهتر است دلایل آن مستند گردد.

در صورت حذف بعضی از مقادیر اندازه‌گیری شده پرت، بهتر است توجه شود که این عمل هیچ گونه انحرافی در شاخص عملکرد انرژی یا خط مبنای انرژی متناظر آن سبب نگردد.

عدم صحت تجهیزات اندازه‌گیری می‌تواند اعتبار داده‌های جمع‌آوری شده را کاهش دهد. به منظور کاهش ریسک عدم صحت داده‌ها، بهتر است سازمان کالیبراسیون تجهیزات را به صورت دوره‌ای و منطبق با توصیه سازنده، انجام دهد.

بهتر است، به هنگام تفسیر و گزارش شاخص‌های عملکرد انرژی، صحت اندازه‌گیری و سطح عدم قطعیت در نظرگرفته شوند.

۴-۳ شناسایی شاخص‌های عملکرد انرژی

۴-۳-۱ کلیات

به هنگام شناسایی شاخص عملکرد انرژی، بهتر است سازمان خصوصیات مصرف انرژی خود مانند بار پایه (به عبارت دیگر، مصرف انرژی ثابت) و همچنین بارهای متغیر حاصل از تولید، سکونت، آب و هوا، و یا عوامل دیگر را تحلیل کند.

سازمان‌ها اهداف خرد برای عملکرد انرژی را به عنوان بخشی از فرآیند طرح ریزی انرژی در سیستم مدیریت انرژی خود تعریف می‌کنند. بهتر است اهداف خرد عملکرد انرژی توسط مقادیر شاخص عملکرد انرژی تعیین شود.

بهتر است شاخص‌های عملکرد انرژی به هنگام مقایسه در طول زمان، به سازمان اجازه دهند تا تعیین کند که آیا عملکرد انرژی تغییرکرده است و آیا اهداف خرد آن را برآورده می‌سازد.

به هنگام انتخاب شاخص‌های عملکرد انرژی مناسب، عوامل کلیدی که مورد توجه قرار می گیرند، کاربران اطلاعات و نیازهای آن‌ها است.

انواع اصلی شاخص‌های عملکرد انرژی عبارتند از:

- مقدار انرژی اندازه‌گیری شده: مصرف کل سایت یا یک یا چند کاربری انرژی که توسط یک کنتور اندازه-گیری می‌شود؛
- نسبت مقادیر اندازه‌گیری شده: بیان کارآیی انرژی؛
- مدل آماری: ارتباط میان مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط با استفاده از رگرسیون خطی یا غیرخطی؛
- مدل مبتنی بر مهندسی: ارتباط میان مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط با استفاده از شبیه‌سازی‌های مهندسی.

۴-۳-۲ شناسایی کاربران شاخص‌های عملکرد انرژی

بهتر است شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPI) توسط کاربران آن‌ها به سادگی قابل فهم باشند. بهتر است نوع و پیچیدگی شاخص عملکرد انرژی بر اساس نیازهای متفاوت کاربران نهایی تنظیم شود. ممکن است شاخص‌های عملکرد انرژی چندگانه، مورد نیاز باشد.

شاخص‌های عملکرد انرژی می‌توانند برای کاربران داخلی یا بیرونی توسعه داده شوند. کاربران داخلی غالباً از شاخص‌های عملکرد انرژی در جهت مدیریت بهبود عملکرد انرژی استفاده می‌کنند. کاربران بیرونی، شاخص‌های عملکرد انرژی را به منظور تحقق الزامات اطلاعاتی که از الزامات قانونی و سایر الزامات به دست آمده اند، مورد استفاده قرار می‌دهند.

پنجره راهنمای کاربردی شماره ۵ : کاربران نهایی شاخص عملکرد انرژی
ممکن است شناسایی افراد مؤثر بر شاخص‌های عملکرد انرژی، دشوار باشد. بعضی کاربران عمومی به شرح زیر بیان می شوند : **مدیریت ارشد**– مسئولیت‌هایش شامل اطمینان ازتناسب شاخص‌های عملکرد انرژی برای سازمان است؛ لحاظ عملکرد انرژی در طرح‌ریزی بلندمدت؛ تضمین آن که کلیه الزامات قانونی و سایر الزامات بیرونی محقق شده و تضمین آن که نتایج در بازه‌های معین اندازه‌گیری و گزارش شده است. ممکن است مدیریت ارشد یک یا چندین شاخص عملکرد انرژی را که نماینده کل سازمان است، مورد استفاده قرار دهد. **نماینده مدیریت**- با تیم مدیریت انرژی مشغول به کار است و مسئول تحویل نتایج اندازه‌گیری شده در سیستم مدیریت انرژی به مدیریت ارشد است. ممکن است نماینده مدیریت، کلیه شاخص‌های عملکرد انرژی را که در سازمان استفاده می‌شوند، مورد استفاده قرار دهد. **مدیر واحد تولیدی یا تسهیلات**- غالباً منابع موجود در کارخانه یا تسهیلات را کنترل می‌کند و مسئول نتایج است. مدیر واحد تولیدی یا تسهیلات بهتر است عملکرد انرژی طرح‌ریزی شده و نیز هر گونه انحراف از عملکرد انرژی خواسته شده را در

هر دو قالب عملکرد انرژی و به صورت مالی درک نماید. ممکن است مدیران واحد تولیدی یا تسهیلات، کلیه شاخص‌های عملکرد انرژی در واحد تولیدی یا تسهیلات، شامل شاخص عملکرد انرژی مربوط به کاربری بارز انرژی خود را مورد استفاده قرار دهند.

پرسنل عملیات و تعمیر و نگهداری- مسئول استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی به منظور کنترل و تضمین عملیات کارا با استفاده از اقدامات اصلاحی برای موارد انحراف در عملکرد انرژی، حذف تلفات و عهده‌دار شدن تعمیر و نگهداری پیشگیرانه به منظور کاهش افت در عملکرد انرژی است. پرسنل عملیات و تعمیر و نگهداری قادرند از شاخص‌های عملکرد انرژی مرتبط با فرآیند یا تجهیزات، در مواردی که

مسئولیت آن را بر عهده دارند، استفاده نمایند.

مهندس فرآیند- اقدامات بهبود عملکرد انرژی را با استفاده از شاخص عملکرد انرژی مناسب برای اقدامات مربوطه و روش ارزیابی آن، طرح‌ریزی، اجرا و ارزیابی می‌کند. ممکن است مهندس فرآیند، شاخص‌های عملکرد انرژی پیچیده از جمله مدل‌های مهندسی را مورد استفاده قرار دهد.

کاربران بیرونی- ممکن است شامل مراجع قانون‌گذار، متخصصین و انجمن‌های صنفی، ممیزان سیستم مدیریت انرژی، مشتریان، یا دیگر سازمان‌ها باشند.

شاخص‌های عملکرد انرژی می‌توانند در سطوح مختلف سازمان یا تسهیلات تعیین شوند.

۴-۳-۳ تعیین مشخصات عملکرد انرژی ویژه که باید کمی شود

بهتر است سازمان نوع شاخص عملکرد انرژی را طوری انتخاب نماید که نیازهای کاربر و پیچیدگی کاربرد را برآورده نماید. جدول ۲ انواع شاخص‌های عملکرد انرژی به همراه زمان مناسب انتخاب هر کدام این شاخص‌ها توسط سازمان را مشخص می‌نماید.

جدول ۲- انواع و کاربردهای شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs)

نوع EnPI	مناسب برای	مثال‌ها	مشاهدات
مقدار انرژی اندازه‌گیری شده	- اندازه‌گیری کاهش در میزان مطلق کاربری یا مصرف انرژی ؛ - تحقق الزامات قانونی مبتنی بر صرفه‌جویی‌های مطلق؛ - پایش و کنترل مقدار و هزینه‌های انرژی؛ - درک روندها در مصرف انرژی؛ - زمانی که مصرف انرژی توسط کنتور، با/یا بدون ضریب تبدیل به دست آمده است.	- مصرف انرژی (کیلووات ساعت) برای روشنایی؛ - مصرف سوخت (گیگاژول) برای بویلرها؛ - مصرف برق (کیلووات ساعت) در طول ساعات اوج مصرف؛ - حداکثر دیماند (کیلووات) در ماه؛ - صرفه‌جویی انرژی کل (گیگاژول) حاصل از برنامه‌های کارآیی انرژی مرتبط.	- اثرات متغیرهای مرتبط را مد نظر قرار نمی‌دهد، در بیشتر کاربردها به نتایج گمراه‌کننده می‌انجامد؛ - کارآیی انرژی را اندازه‌گیری نمی‌کند.
نسبت مقادیر اندازه‌گیری شده	- پایش کارآیی انرژی درسیستم‌های که تنها دارای یک متغیر مرتبط هستند؛ - پایش سیستم‌های که درآن بار پایه کم است و یا اصلاً وجود ندارد؛ - استانداردسازی مقایسه میان تسهیلات و یا سازمان ها (الگو برداری)؛ - برآورده سازی الزامات قانونی مبتنی بر کارآیی انرژی؛ - درک روند کارآیی انرژی؛ - می تواند کارآیی انرژی قسمتی از یک تجهیز یا سیستم را بیان کند.	- کیلووات ساعت بر تن تولید؛ - گیگاژول بر واحد محصول؛ - کیلووات ساعت بر مترمربع مساحت؛ - گیگاژول بر نفر روز؛ - لیتر سوخت به ازای مسافر پیمایش؛ - راندمان تبدیل بویلر (درصد)؛ - انرژی ورودی به انرژی خروجی (به عنوان مثال، «نرخ حرارت» در تأسیسات تولید برق)؛ - کیلووات ساعت برمگاژول برای سیستم‌های سرمایشی؛ - کیلووات بر نرمال مترمکعب برای سیستم‌های هوای فشرده؛ - لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر؛ - کیلووات ساعت بر ارزش افزوده در واحد ارز؛ - کیلووات ساعت بر واحد فروش.	- اثرات بار پایه و کاربری انرژی غیرخطی را شامل نمی‌شود؛ برای تسهیلات با مقادیر بالای بار پایه، گمراه‌کننده خواهد بود.

جدول ۲ (ادامه)

نوع EnPI	مناسب برای	مثال‌ها	مشاهدات
مدل آماری	- سیستم با چندین متغیر مرتبط؛ - سیستم با مصرف انرژی بار پایه؛ - جایی که مقایسه، نیازمند نرمال‌سازی است؛ - مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده که درآن ارتباط میان عملکرد انرژی و متغیرهای مرتبط، قابل کمی‌سازی است؛ - عملکرد انرژی درسطح سازمانی با چندین متغیر مرتبط؛ - ارتباط میان مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط را نشان می‌دهد.	- عملکرد انرژی تسهیلات تولیدی با دو یا چند نوع محصول؛ - عملکرد انرژی تسهیلات تولیدی دارای بار پایه؛ - عملکرد انرژی یک هتل با نرخ اشغال و دمای هوای بیرون متغیر؛ - ارتباط میان مصرف انرژی یک پمپ/فن و نرخ جریان.	- برای مدل‌های با متغیرهای متعدد، تعیین روابط می‌تواند مشکل باشد و ایجاد مدل می‌تواند زمان‌بر بوده و اطمینان از صحت می‌تواند دشوار باشد؛ - چنانچه هرگونه خطای باقیمانده ناشی از خطای مدل‌سازی یا کمبود کنترل برمصرف انرژی وجود داشته باشد، ممکن است روشی صریح نباشد؛ - چنانچه توسط آزمون‌های آماری تأیید نشود، ممکن است فاقد صحت باشد؛ - زمانی که داده‌ها غیرخطی است، نیازمند فهم یک سیستم با جزئیات بیشتر است تا قالب عملکردی صحیحی را از روابط مورد انتظار تعیین نماید؛ - به منظور تضمین اعتبار نتایج، بهتر است مدل‌ها به روز شوند.
مدل مهندسی	- ارزیابی عملکرد انرژی ازتغییرات عملیاتی، زمانی که متغیرها زیاد هستند؛ - فرآیندهای گذرا و / یا سیستم های شامل حلقه‌های بازخورد پویا؛ - برای سیستم‌های با متغیرهای مرتبط به هم وابسته (از جمله دما و فشار)؛ - برآورد عملکرد انرژی درمرحله طراحی.	- سیستم‌های صنعتی یا تولید برق، جایی که محاسبات مهندسی یا شبیه‌سازی‌ها، تغییرات درمتغیرهای مرتبط و اثر متقابل آن‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد؛ - مدل مصرف برق چیلر با استفاده از تقاضای دسرمایش، دمای هوای بیرون (دمای میعان) و دمای هوای داخل (دمای تبخیر)؛ - مدل‌های کل ساختمان که شامل ساعات کارکرد، سیستم‌های تهویه مطبوع متمرکز در مقابل پراکنده، و تنوع نیازهای ساکنان است.	- به منظور تضمین اعتبار نتایج، بهتر است مدل‌ها کالیبره شوند.

یادآوری ۱- نوع شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs) در خطوط مبنای انرژی (EnBs) متناظر نیز به کار گرفته می‌شوند.

یادآوری ۲- درمحیط ساختمان، معمولاً کیلووات ساعت بر متر مربع مساحت زیربنا به عنوان شاخص استفاده می شود، اما از آن جایی که مساحت زیر بنا در لوازم برقی و روشنایی به ندرت یک متغیر مرتبط است، یک شاخص نامناسب به شمار می‌رود. یک شاخص عملکرد انرژی بهتر در ساختمان برای لوازم برقی و/ یا روشنایی، کیلووات ساعت بر ساعت حضور سکنه خواهد بود.

یادآوری ۳- دربرخی موارد، یک سازمان ممکن است نیازمند تجمیعشاخص‌های عملکرد انرژی به یک شاخص عملکرد انرژی واحد باشد. به عنوان مثال، ممکن است یک کارخانه با فعالیت‌های چندگانه نیازمند ارائه یک مقدار عددی از شاخص عملکرد انرژی، به منظور تحقق الزامات برنامه دولت باشد.

جدول ۲ (ادامه)

نوع EnPI	مناسب برای	مثال‌ها	مشاهدات
یادآوری۴- در برخی موارد، یک سازمان می‌تواند عملکرد شاخص عملکرد انرژی مبتنی بر مدل آماری را به عنوان یک شاخص عملکرد انرژی واحد ارائه دهد. برای مثال، یک سازمان از یک شاخص عملکرد انرژی استفاده می‌کند که درصد عملکرد میان مصرف مورد انتظار و مصرف واقعی کل عملیات خود را نشان می‌دهد. این شاخص عملکرد انرژی واحد، امکان تثبیت خروجی یک مدل آماری به صورت یک عدد واحد را ممکن می‌سازد به طوری که برای سازمان قابل فهم باشد. **یادآوری۵**- مدل‌های آماری و مهندسی، ضمن وجود تغییرات یا متغیرهای مرتبط، مقایسه عملکرد انرژی تحت شرایط یکسان را امکان‌پذیر می‌سازند. به طورکلی مدل‌ها، ارتباط میان مقادیر عددی انرژی و متغیرهای مرتبط در دوره خط مبنا را توصیف می‌کنند. مدل‌ها با جزئیات بیشتر در پیوست پ توضیح داده می‌شود.			

پیوست پ اطلاعات تکمیلی در خصوص انتخاب شاخص‌های عملکرد انرژی را ارائه می‌دهد.

پیوست ت اطلاعاتی در خصوص نرمال‌سازی شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای متناظر فراهم می‌آورد.

۴-۴ ایجاد خطوط مبنای انرژی

۴-۴-۱ کلیات

خط مبنای انرژی با استفاده از مقدار عددی شاخص عملکرد انرژی در طول دوره خط مبنا تعیین می‌شود. مقایسه میان شاخص‌های عملکرد انرژی خط مبنای انرژی و دوره گزارش‌دهی، می‌تواند در راستای نشان دادن تحقق اهداف کلی و خرد انرژی و نمایش بهبود عملکرد انرژی، مورد استفاده قرار گیرد.

بهتر است به منظور ایجاد خط مبنای انرژی، گام‌های ذیل دنبال شود:

- تعیین هدف مشخصی که در آن از خط مبنا استفاده خواهد شد؛
- تعیین دوره مناسب جمع‌آوری داده‌ها؛
- جمع‌آوری داده‌ها؛
- تعیین و آزمون خط مبنا.

۴-۴-۲ تعیین دوره مناسب برای خط مبنا

به هنگام ایجاد خط مبنا، بهتر است سازمان دوره مناسبی برای داده ها با در نظر گرفتن ماهیت عملیات خود، تعیین نماید. بهتر است دوره زمانی خط مبنا و گزارش‌دهی به اندازه کافی طولانی باشند، تا تضمین نمایند که تغییر در الگوهای عملیاتی برای شاخص عملکرد انرژی و خط مبنا در نظر گرفته شده است. به طور معمول، این دوره‌های زمانی ۱۲ ماهه اند تا تغییرات فصلی مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط را لحاظ نماید.

تناوب اکتساب داده‌ها در سازمان، از جمله عوامل مهم در تعیین یک دوره خط مبنای مناسب به شمار می‌رود. بهتر است دوره خط مبنا، یک دوره زمانی کافی جهت ثبت تغییرات در متغیرهای مرتبط، ازجمله تغییرات فصلی در تولید، الگوهای آب و هوایی، و غیره باشد.

پنجره راهنمای کاربردی شماره ۶: دوره متعارف خط مبنا که بهتر است لحاظ شود.

دوره‌های زمانی متعارف که بهتر است مد نظر قرار گیرند، عبارتند از:

- **یک سال:** عمومی‌ترین دوره خط مبنا، احتمالاً به دلیل توازن با اهداف کلان مدیریت انرژی و کسب و کار، از جمله کاهش مصرف نسبت به سال گذشته، یک سال است. یک سال همچنین شامل گستره کاملی از فصول است و بنابراین قادر به ثبت اثرات متغیرهای مرتبط، از جمله آب و هوا، بر کاربری و مصرف انرژی است.

جایی که تولید در طول یک سال بر حسب الگوهای تقاضای سالانه بازار متغیر است، دوره زمانی یکساله همچنین قادر به ثبت گستره‌ای کامل از سیکل‌های عملیاتی کسب و کار است.

- **کمتر از یک سال:** طول دوره زمانی کمتر از یک سال برای خط مبنا می‌تواند در مواردی که تغییرات فصلی در مصرف انرژی وجود ندارد یا زمانی که دوره‌های عملیاتی کوتاه‌تر، گستره قابل قبولی از الگوهای عملیاتی را ثبت می‌کنند، مناسب باشد. همچنین دوره‌های زمانی کوتاه‌تر برای خط مبنا ممکن است در مواردی که تعداد ناکافی از سوابق قابل اعتماد، متناسب یا در دسترس وجود دارد، ضروری باشد (برای مثال، ممکن است یک کارخانه نوشیدنی خواستار بررسی عملکرد انرژی صرفاً در طول دوره خرد کردن و تخمیر برای هر سال ولی طی چندین سال، باشد).

آماده‌سازی مجموعه داده‌های خط مبنا که بهتر است با شاخص‌های عملکرد انرژی طی دوره گزارش‌دهی مورد مقایسه قرار گیرد، ضروری است. چنانچه سازمان خواستار پایش شاخص‌های عملکرد انرژی به صورت روزانه باشد، حتی جایی که دوره زمانی خط مبنا یک ساله است، داده‌های روزانه برای خط مبنا مورد نیاز است. در این مورد، خط مبنا برای یک سال از داده‌های روزانه ایجاد می‌شود.

بعضی از سازمان‌ها یک خط مبنا با استفاده از شرایط استاندارد عملیاتی، مبتنی بر داده‌های چند ساله ایجاد می‌کنند. برای مثال، یک ساختمان بازرگانی ممکن است از متوسط داده‌های آب و هوایی در ۴۰ سال گذشته استفاده نماید تا شرایط عملیاتی متعارف را تعیین نموده و این داده‌ها را در تشکیل خط مبنا به کار گیرد.

یادآوری– در برخی موارد، از جمله زمانی که یک تسهیلات جدید در حال احداث است و سوابق عملیاتی مناسب در دسترس نیست، شبیه‌سازی، برآورد یا محاسبه مصرف انرژی مورد انتظار برای تسهیلات جدید مربوطه می‌تواند ضروری باشد تا به عنوان خط مبنا مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۴-۳ ایجاد و آزمون خطوط مبنای انرژی

به منظور ایجاد خط مبنای انرژی، بهتر است شاخص‌های عملکرد انرژی متناسب با استفاده از داده‌های مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط از دوره زمانی خط مبنا، اندازه‌گیری یا محاسبه شوند.

در صورت امکان، بهتر است خط مبنای انرژی مورد اعتبارسنجی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که مرجعی مناسب برای مقایسه است. زمانی که مدل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، اعتبار خط مبنا می‌تواند با استفاده از آزمون‌های آماری از جمله P-Value، F-Test یا ضریب تعیین، بررسی شود تا تعیین شود که آیا

مدل آماری مربوطه بهترین مدل گذرنده از نقاط است یا خیر. چنانچه مدل، غیرمعتبر تشخیص داده شود، بهتر است سازمان خط مبنا را تصحیح کند یا مدلی جدید برای شاخص‌های عملکرد انرژی و خط مبنای مناسب، تعیین نماید. بهتر است نتایج آزمون ثبت شوند.

۴-۵ استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی

۴-۵-۱ تعیین زمانی که نرمال‌سازی لازم است

مقایسه مستقیم مصرف انرژی (روش غیرنرمال) میان دوره زمانی خط مبنا و دوره زمانی گزارش‌دهی، تنها زمانی انجام‌پذیر است که تغییرات قابل ملاحظه در متغیرهای مرتبط وجود ندارد.

به منظور مقایسه مصرف انرژی میان دو دوره زمانی تحت شرایط یکسان، بهتر است شاخص‌های عملکرد انرژی و خط مبنای متناظر آن با استفاده از متغیرهای مرتبط همانند زیر نرمال‌سازی شوند:

- در مواردی که یک متغیر مرتبط منفرد وجود دارد و بار پایه[1] کوچک است، یک نسبت ساده از مصرف انرژی بر متغیر مرتبط مربوطه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (برای مثال، مصرف انرژی ویژه (SEC))؛
- در مواردی که متغیرهای مرتبط چندگانه وجود دارند یا بار پایه بزرگ است، مدلی که ارتباط میان مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط را تشریح می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پیوست ت اطلاعاتی درخصوص نرمال‌سازی شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی، با استفاده ازمتغیرهای مرتبط ارائه می‌دهد.

پنجره راهنمای کاربردی شماره ۷: ارزیابی معیارهای مقایسه ای
مثال: مصرف برق در یک سایت بین سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ تا ۲۰۰۰۰۰ کیلووات ساعت در سال، کاهش یافته است. بدون اطلاعات اضافی درباره تغییراتی که میان سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ اتفاق افتاده است، تعیین این که آیا پیشرفتی در حیطه تحقق مقاصد و اهداف سازمان حادث شده یا خیر، دشوار خواهد بود. برای مثال، اگر تقاضای بازار نیازمند تغییر در ترکیب محصولات تولیدی میان سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بوده است، افت درمصرف مذکور می‌تواند مربوط به بهبود در عملکرد انرژی باشد و شاید نباشد. اگر این سازمان اهداف خرد بهبود را بر اساس کارآیی یا شدت یا مصرف کل بدون در نظر گرفتن اثرات مربوط به تغییرات در ترکیب محصول، تدوین کرده باشد، آنگاه ممکن است مقایسه مستقیم نتایج که نشان‌دهنده بهبود است، گمراه‌کننده باشد.

۴-۵-۲ محاسبه بهبودهای عملکرد انرژی

به منظور ارزیابی تغییرات در عملکرد انرژی، بهتر است سازمان شاخص‌های عملکرد انرژی را درطول دوره گزارش‌دهی کمی‌سازی کرده و این مقادیر را با خطوط مبنای انرژی متناظر مقایسه کند. همچنین بهتر است سازمان عملکرد انرژی کمی‌سازی شده را با اهداف خرد انرژی خود مقایسه کرده و اقدام نماید.

1-Baseload

به منظور محاسبه و بیان عملکرد انرژی، رویکردها و فنون بسیاری برای سازمان‌ها وجود دارد.

پنجره راهنمای کاربردی شماره۸: محاسبه بهبودهای عملکرد انرژی

انتخاب از میان تعداد زیاد رویکردها به منظور اندازه‌گیری بهبود عملکرد انرژی می‌تواند برای سازمان‌ها دشوار باشد. رویکردهای معمول به شرح زیر هستند:

- **اختلاف شاخص عملکرد انرژی**: این مورد شامل تفاوت میان مقدار عددی شاخص عملکرد انرژی در دوره خط مبنا و مقدار عددی شاخص عملکرد انرژی در دوره گزارش‌دهی است. این اختلاف می‌تواند به صورت معادله زیر نشان داده شود، که درآنB مقدار عددی شاخص عملکرد انرژی در دوره خط مبنا و R مقدار عددی این پارامتر در دوره گزارش‌دهی است.

اختلاف = R-B

- **درصد تغییر:** یک تغییر در مقادیر از دوره خط مبنا به دوره گزارش‌دهی است که به صورت درصدی از مقدار خط مبنای انرژی بیان می‌شود. این پارامتر درمعادله زیر نشان داده شده است:

$$\text{درصد تغییر} = [(R - B)/B] * 100$$

- **نسبت جاری**: این پارامتر نسبت مقدار دوره گزارش‌دهی بر مقدار دوره خط مبنا است.

$$\text{نسبت جاری} = (R/B)$$

این سه رویکرد رایج می‌توانند برای تمامی انواع شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی استفاده شوند.

۴-۵-۳ اطلاع‌رسانی تغییرات در عملکرد انرژی

بهتر است عملکرد انرژی بر اساس نیازهای کاربران ارائه شود. به طور معمول بهتر است عملکرد انرژی همراه با شاخص‌های عملکرد انرژی، خط مبنای انرژی و مقدار هدف انرژی، نشان داده شده یا گزارش شود.

برای اطلاعات بیشتر از روش‌های پایش و گزارش‌دهی عملکرد انرژی به پیوست ث مراجعه شود.

۴-۶ نگهداشت و تصحیح شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی

زمانی که تغییراتی در تسهیلات، سیستم‌ها یا فرآیندها حادث شود، ممکن است کاربری، مصرف، کارآیی انرژی و متغیرهای مرتبط از این تغییرات تحت تاثیر قرار بگیرند. بهتر است سازمان اطمینان حاصل نماید که شاخص‌های عملکرد انرژی کنونی، مرزها و خطوط مبنای انرژی متناظر در اندازه‌گیری عملکرد انرژی همچنان مناسب و کارا هستند. چنانچه این موارد دیگر مناسب نباشند، بهتر است سازمان آن‌ها را تغییر داده یا شاخص‌های عملکرد انرژی جدیدی را توسعه دهد یا تصحیحاتی را در خط مبنا اعمال نماید.

آزمون‌های متعددی به منظور تعیین این که آیا شاخص‌های عملکرد انرژی و خط مبنای انرژی همچنان مناسب یا معتبر هستند، وجود دارد، از قبیل:

الف- مقایسه مقادیر عددی متغیرهای مرتبط در دوره خط مبنا با شرایط دوره گزارش‌دهی تا بررسی شود آیا در گستره آماری معتبری قرار دارند (با استفاده از مدل‌های آماری) ؛

ب- شناسایی هر گونه تغییرات اساسی در عوامل ثابت، شامل اضافه شدن یا حذف فرآیندهای اصلی تولید و تغییرات اساسی در تولید مانند تغییرات در تعداد شیفت‌های تولید، که می‌توانند محاسبات عملکرد انرژی را در شرایط یکسان غیرمعتبر سازند.

چنانچه مقادیر عددی خط مبنای انرژی دیگر معتبر نباشد، آنگاه نیاز به اعمال تصحیحات در محاسبات عملکرد انرژی است. دوره خط مبنای انرژی می‌تواند تصحیح شود (برای مثال، به دوره زمانی دیگر انتقال یابد) یا بهبود عملکرد انرژی می‌تواند بدون تغییر دوره خط مبنا، با استفاده از روش‌های متعدد، شامل موارد ذیل محاسبه شود:

- با استفاده از داده‌های انرژی از دوره گزارش‌دهی به منظور توسعه یک مدل آماری، و سپس محاسبه عملکرد با استفاده از داده‌های واقعی خط مبنا؛ یکی از چنین رویکردهایی گاه پس‌نگری[1] نام دارد؛
- با استفاده از داده‌های انرژی بر مبنای یک شرایط استاندارد به منظور توسعه یک مدل آماری و سپس محاسبه عملکرد با استفاده از داده‌های واقعی انرژی و متغیرهای مرتبط برای دوره زمانی خط مبنا و دوره گزارش‌دهی.

همچنین ترکیب چنین رویکردهایی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این روش‌ها از این نظر که به سازمان‌ها اجازه می‌دهند تا تحت تغییرات قابل توجه، تنظیمات ثابتی را در دوره خط مبنا حفظ کند، مهم هستند.

پنجره راهنمای کاربردی شماره۹: مثال‌های از تغییرات شاخص‌های عملکرد انرژی و خط مبنای انرژی

موارد ذیل شامل تغییرات نسبتاً عمومی است که هر سازمان ممکن است پیش‌بینی نماید:

- **تغییرات عوامل ثابت:** چنانچه عوامل ثابت (به زیر بند ۴-۲-۵ مراجعه شود) تغییر نمایند، خط مبنای مربوطه ممکن است نیازمند تصحیحات باشد. در برخی موارد، ممکن است نیاز به توسعه شاخص‌های عملکرد و خط مبنای انرژی جدید باشد. ممکن است آزمون‌های آماری اثبات نماید که سازمان تصمیم به توسعه خط مبنای انرژی یا شاخص عملکرد انرژی بگیرد یا خیر.

- **تغییر کاربری انرژی:** زمانی که سازمان تغییرات اساسی در نوع انرژی مورد استفاده خود ایجاد می‌کند، ممکن است نیاز به اصلاح آن باشد که چه چیز در حال ردیابی است (شاخص‌های عملکرد انرژی) و آن عوامل در خط مبنا چگونه وزن‌دهی می‌شوند.

- **دسترسی به داده‌ها:** ممکن است بهبود کنتورها و سیستم‌های جمع‌آوری داده‌ها در تسهیلات، به دسترسی به داده‌های با کیفیت بهتر یا نمایان شدن متغیرهای مرتبط جدید منجر گردد. ممکن است تغییرات در شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی لازم باشد.

- **تناوب داده‌ها:** چنانچه داده‌ها در بازه‌های زمانی منظم یا در تناوب بالا جمع‌آوری می‌شوند، این مسئله می‌تواند مدیریت کاراتر با استفاده از یک شاخص عملکرد انرژی و خط مبنای انرژی جدید را ممکن سازد.

- **تغییرات اهداف خرد:** ممکن است سازمان‌ها خواستار به‌روزرسانی دوره خط مبنای انرژی باشند تا دستاوردها را تثبیت

1-Backcasting

کرده و بر بهبود نسبت به عملکرد انرژی جاری به جای دوره گذشته تمرکز نمایند. یک تصمیم راهبردی از این نوع، به‌روزرسانی خط مبنای انرژی به دوره زمانی جاری (از جمله سال گذشته) را ملزم می‌نماید تا به عنوان مرجع جدید مورد استفاده قرار گیرد.

- **به کارگیری یک روش از پیش تعیین شده:** ممکن است سازمان شرایطی را شناسایی نماید که نیازمند تغییر در شاخص‌های عملکرد انرژی یا تصحیحات در خطوط مبنای انرژی باشد. همچنین بهتر است سازمان قوانین و روش‌های مورد استفاده را از پیش تعیین نماید (زیر بند ۳-۱ یادآوری ۳ مراجعه شود).

- **بازنگری مدیریت:** یکی از ورودی‌های بازنگری مدیریت، بازنگری شاخص‌های عملکرد انرژی است. بنابراین یک خروجی از این بازنگری می‌تواند تغییر در شاخص‌های عملکرد انرژی باشد.

بهتر است سازمان روش تعیین و به‌روزرسانی شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای متناظر را ثبت کرده و به صورت منظم مورد بازنگری قرار دهد.

پیوست الف
(آگاهی دهنده)

اطلاعات ایجاد شده از طریق بازنگری انرژی برای شناسایی شاخص‌های عملکرد انرژی و ایجاد خطوط مبنای انرژی

استاندارد ملی ایران -ایزو ۵۰۰۰۱ نیازمند اجرای یک بازنگری انرژی است. جدول الف-۱ جزئیات بیشتری را در مورد فعالیت‌های حاصل از این بازنگری انرژی نشان می‌دهد.

جدول الف-۱- مثال‌های از فعالیت‌های بازنگری انرژی

بازنگری انرژی		فعالیت‌های متداول حاصل از بازنگری انرژی
الف) تجزیه و تحلیل کاربری، کارآیی و مصرف انرژی مبتنی بر اندازه‌گیری و سایر داده‌ها	الف-۱- شناسایی منابع انرژی جاری	- ایجاد فهرستی از منابع انرژی و مقادیر عددی انرژی (مصرف، حداکثر توان و غیره).
	الف-۲- ارزیابی کاربری و مصرف انرژی در زمان گذشته و حال	- ایجاد نمودارهای روندیابی مقدار عددی انرژی بر حسب استفاده (هدف)؛ - ایجاد نمودارهای روندیابی مقدار عددی انرژی بر حسب منبع انرژی.
ب) شناسایی نواحی کاربری بارز انرژی (SEU) مبتنی بر تجزیه و تحلیل کاربری، کارآیی و مصرف انرژی	ب-۱- شناسایی تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها، فرآیندها و پرسنلی که برای سازمان یا از سوی آن مشغول به کارند، به طوری که بر مصرف و استفاده انرژی به صورت بارز اثر می‌گذارند.	- ایجاد فهرستی از تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها، فرآیندها؛ - اضافه کردن اطلاعات پرسنل به این فهرست؛ - اضافه کردن مقدار عددی انرژی به این فهرست؛ - اضافه کردن اطلاعات کاربری‌های انرژی بارز منتخب به این فهرست.
	ب-۲-شناسایی سایر متغیرهای مرتبط اثرگذار بر اکاربری‌های انرژی بارز	- شناسایی متغیرهای مرتبط اثرگذار بر مقدار عددی انرژی (به زیربند ۴-۳-۲ مراجعه شود).
	ب-۳- تعیین عملکرد انرژی جاری تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها و فرآیندها بر حسب کاربری‌های بارز انرژی شناسایی شده	- ایجاد فهرستی از اهداف مدیریتی در هر سطح مدیریتی و اولویت‌بندی آن ها (به زیر بند ۴-۳-۱مراجعه شود)؛ - تعیین مرزهای شاخص عملکرد انرژی؛ - شناسایی شاخص‌های عملکرد انرژی در هر مرزبندی شاخص عملکرد انرژی (به زیر بند ۴-۳ مراجعه شود)؛ - ایجاد خطوط مبنای انرژی متناظر با شاخص‌های عملکرد انرژی (به زیر بند ۴-۴ مراجعه شود).
	ب-۴- برآورد تقریبی کاربری و مصرف انرژی آتی	- برآورد مقدار عددی انرژی با استفاده از نمودارهای روندیابی؛ - برآورد مقدار عددی انرژی با استفاده از مدل خط مبنای انرژی در جایی که از شاخص عملکرد انرژی مبتنی بر مدل،استفاده می‌شود (به پیوست پ مراجعه شود).

جدول الف-۱ (ادامه)

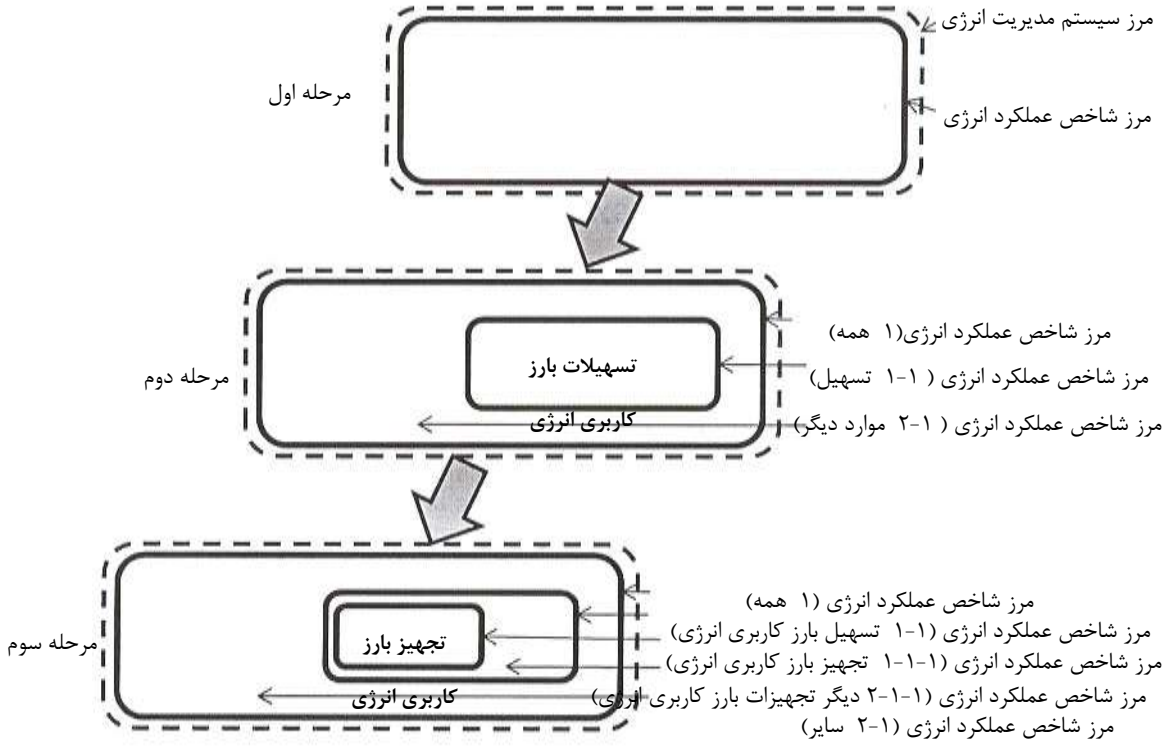
بازنگری انرژی	فعالیت‌های متداول حاصل از بازنگری انرژی
پ) شناسایی، اولویت‌بندی و ثبت فرصت‌هایی بهبود عملکرد انرژی	- آزمون اقدامات بهبود عملکرد انرژی(EPIA) و ایجاد یک فهرست؛ - اضافه کردن مقدار عددی (یا سنجه) هدف متناظر با شاخص عملکرد انرژی به این فهرست؛ - برآورد تقریبی سرمایه‌گذاری؛ - اولویت‌بندی فرصت‌ها بر حسب دوره بازگشت سرمایه؛ - توسعه طرح پیاده‌سازی و نگهداری سوابق.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مرزهای شاخص عملکرد انرژی در مثالی از فرآیند تولید

در فرآیند بهبود عملکرد انرژی، شناسایی ناکارآمدترین بخش درسیستم تولید مهم است. مرز شاخص عملکرد انرژی می‌تواند به صورت مؤثر مورد استفاده قرار گیرد به طوری که از طریق محدودسازی مرز، بر این قسمت تمرکز شود. به عنوان اولین قدم، مرز شاخص عملکرد انرژی کل کارخانه است. برای کل کارخانه، نقاط داده‌ها به صورت یک لکه تصادفی، در یک نمودار X-Y مطابق شکل ۶ ظاهر می‌شود. درچنین مواردی، بهتر است مرز هدف به چندین مرز شاخص عملکرد انرژی تفکیک شود. به عنوان گام‌های بعدی، بهتر است مرزهای شاخص عملکرد انرژی به کاربری بارز انرژی از سیستم تولید محدود شود تا یک محدوده مشخص برای بهبود کارآیی انرژی تعیین گردد. شکل ب-۱ فرآیند تقسیم مرزبندی شاخص عملکرد انرژی را نشان می‌دهد.



شکل ب-۱- فرآیند جداسازی مرزبندی شاخص عملکرد انرژی (EnPI)

تفکیک مرزهای شاخص عملکرد انرژی می‌تواند به صورت زیر انجام شود:

الف- تعداد بخش‌ها حداقل شود؛

ب- در اولین گام توصیه می‌شود که مرز به دو بخش از جمله کاربری بارز انرژی (SEU) و سایر بخش‌ها تقسیم شود؛

پ- بهتر است تسهیلاتی که دارای کارکرد یکسان هستند، با یکدیگر طبقه‌بندی شوند؛

ت- بهتر است تسهیلات مربوط به چندین بخش (مانند تسهیلات تولیدی برای محصول X، تسهیلات تولیدی برای محصول Y، تسهیلات تأمین انرژی) تقسیم شود؛

ث- بهتر است خطوط مبنای انرژی برای هر حالت عملیاتی از مرز شاخص عملکرد انرژی مربوطه، ایجاد گردد.

حالت عملیاتی به افزایش تدریجی تولید، عملیات معمول، توقف موقتی تولید، توقف دائمی تولید، و غیره اشاره دارد. به عنوان یک حداقل، توصیه می‌شود که سازمان‌ها دست کم دو حالت از شرایط عملیاتی خط مبنای انرژی را ایجاد نمایند: تحت شرایط تولید و تحت شرایط عدم تولید.

با روش‌های فوق، خصوصیات انرژی یک سازمان می‌تواند به راحتی مدل شود. این روش یک مرز را به زیر مرزها تقسیم کرده و آن‌ها را مطابق با حالت خود مدل می‌کند. این روش از تجزیه و تحلیل تمامی داده‌ها و ایجاد یک مدل رگرسیون غیرخطی، ساده‌تر است. همچنین ممکن است تفسیر نتایج حاصل از زیر مرزهای که به خوبی تعریف شده‌اند، ساده‌تر باشد.

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

راهنمایی بیشتر در خصوص شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی

پ-۱ راهنمای کاربردی برای شاخص‌های عملکرد و خطوط مبنای انرژی

پ-۱-۱ مقدار انرژی اندازه‌گیری شده

سازمان‌ها ممکن است صرفه‌جویی‌های مطلق انرژی را به عنوان هدف خرد انرژی انتخاب نمایند. در چنین مواردی به منظور محاسبه صرفه‌جویی‌های انرژی در شرایط یکسان، بهتر است خط مبنای انرژی تصحیح شود. چنانچه از وجود شرایط یکسان اطمینان حاصل گردد، مقایسه مستقیم خط مبنای انرژی با شاخص عملکرد انرژی می‌تواند انجام گیرد (به عنوان مثال اصلاح سیستم سرمایشی دریک انبار سردخانه).

پ-۱-۲ نسبت مقادیر اندازه‌گیری شده

سازمان‌های که شمار زیادی از تسهیلات را برای یک استفاده مشابه به کار می‌گیرند، ممکن است از یک نسبت به منظور مقایسه عملکرد انرژی یکی از تسهیلات با تسهیلات متعدد و / یا الگو برداری نسبت به رقبا یا استانداردهای صنعت، استفاده نمایند.

پ-۱-۳ شاخص عملکرد انرژی مبتنی بر مدل

مدل‌ها می‌توانند از رگرسیون خطی، رگرسیون غیرخطی (به عنوان مثال روابط غیرخطی که در فن‌ها و یا پمپ‌ها ظاهرمی‌شوند) مشتق شوند، یا می‌توانند با استفاده از یک نظریه مهندسی ساخته شوند. جایی‌که روابط پیچیده میان مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط وجود دارد به طوری که نمی‌تواند به طور صحیح با رگرسیون به دست آید، نظریه مبتنی بر مهندسی قابل استفاده است.

ضمن آنکه شاخص‌های عملکرد انرژی مبتنی بر مدل، در بررسی و ارزیابی یک اقدام بهبود عملکرد انرژی مفید هستند (به سطح ۲-۱-۱-۱ که شاخص عملکرد انرژی درجدول پ-۲ بر حسب رطوبت هوا نرمال‌سازی شده، مراجعه شود).

پ-۲ نمونه‌های از انواع و کاربرد شاخص عملکرد انرژی

جدول پ-۱ توضیحاتی درباره انواع شاخص عملکرد انرژی و همچنین نمونه‌های از کاربردهای آن‌ها را ارائه می‌دهد.

جدول پ-۱ مثال‌هایی از انواع شاخص‌های عملکرد انرژی و کاربردهای آنها

شرح موضوع	مثال ۱: مقدار انرژی اندازه گیری شده	مثال ۲: نسبت مقدار اندازه گیری شده	مثال ۳:مدل آماری	مثال ۴: مدل مهندسی
نوع شرکت	شرکت خمیر و کاغذ	کارخانه فولاد	هتل	خوابگاه دانشگاه
فرآیند	تولید بخار	کوره قوس الکتریکی	گرمایش به وسیله دیگ آب گرم نفتی	- گرمایش و سرمایش
هدف	حذف نفت به منظور کاهش هزینه	دستیابی به رتبه SEC جهانی و باقی ماندن در رقابت	کاهش هزینه تاسیسات	- دستیابی به اهداف پایدار
اقدام بهبود	افزایش کارآیی انرژی دیگ بخار	چندین اقدام بهبود	آموزش کاربر دیگ	- کنترل ها و عایق کاری
شاخص عملکرد انرژی و خط مبنای متناظر	مصرف نفت (کیلوژول در ماه)	SEC (کیلووات ساعت بر تن)	کارایی انرژی (لیتر بر روز- درجه)	کیلووات بر نفر
هدف	(کیلوژول در ماه) = EnPI	کاهش ٪ ۲ SEC در سال و دستیابی به رتبه جهانی تا ۴ سال	بهبود کارایی انرژی به میزان ٪۵	- هدف مدل ٪۲۰ کاهش یافته، تحلیل ماهیانه بعد از تصحیح
یادآوری	سازمان نسبت به دمای بیرون و تغییرات تولید توجه نکرده است		این هتل ابتدا هزینه انرژی را به عنوان شاخص عملکرد انرژی تنظیم کرده است. هم چنین اثر اقدامات بهبود عملکرد انرژی تایید نشده است. زیرا قیمت واحد نفت افزایش یافته است و دمای متوسط در دوره خط مبنا بالا بوده است. بنابراین این سازمان تصمیم گرفت کارایی انرژی را به عنوان شاخص عملکرد انرژی در نظر بگیرد.	- مدل با تمام متغیرهای مرتبط با اندازه گیری های مشمول کار می کند.

پ-۳ مطالعه موردی

یک سازمان در دو خط تولید محصول تولید می‌کند: خط تولید A و خط تولید B.

پس از اتمام بازنگری انرژی کامل مجموعه تسهیلات تولید، تیم مدیریت انرژی سازمان به نتایج زیر رسیدند:

- تسهیلات از انرژی برق که از یک تأمین کننده بیرونی خریداری شده است به عنوان تنها منبع انرژی استفاده می‌کند؛
- نرخ تولید برای هرخط تولید می‌تواند از صفر تا ٪۱۰۰ متفاوت باشد؛
- خروجی هر خط تولید به صورت مستقل بر حسب kg اندازه‌گیری می‌شود؛
- مصرف انرژی ویژه (SEC) (مصرف انرژی به ازای هرکیلوگرم) برای خط B، ۱۰برابر بیشتر از خط A است وحجم تولید هرخط تقریباً یکسان است؛
- کیفیت مواد خام متفاوت است؛
- یک پروژه به منظور ارتقای کلیه موتورها درخط تولید A برنامه‌ریزی شده است.

مشاغل مختلف در سازمان عبارتند از مدیربازرگانی/ بازاریابی، مدیرعملیات، واحد حسابداری، مهندس تولید خط تولید A و مهندس تولید خط تولید B، و همچنین تکنسین‌های عملیاتی برای هرخط تولید. تیم مدیریت انرژی به مذاکره با هریک از این مشاغل می‌پردازد، و بر اساس این مذاکرات تعیین می‌کند که به دلیل طبیعت چند سطحی سازمان و این که هرسطح دارای مسئولیت خاص برای عملکرد انرژی در سطح و حوزه کنترلی خود است، بهتر است مجموعه‌ای چند لایه از شاخص‌های عملکرد انرژی تعیین شود، تا اطلاعات مورد نیاز به منظور مدیریت مؤثر و بهبود عملکرد انرژی را برای سازمان فراهم آورد.

هر گروه عملیاتی نیازمند سطوح متفاوت از اطلاعات خواهد بود تا الزامات مدیریتی را محقق سازد و پاسخگوی سؤالات خاص مدیریت انرژی باشد. ازآنجایی که دو خط تولید، مصرف انرژی ویژه (SEC) متفاوت دارند، آن‌ها مصرف انرژی به ازای میزان تولید را به عنوان شاخص عملکرد انرژی در سطح تسهیلات برمی‌گزینند.

این تیم سپس به جمع‌آوری داده‌های مصرف انرژی، هزینه‌های انرژی،کیفیت و مقدار مواد خام، تولید برای هرخط و شرایط آب و هوایی در سطح مجموعه تسهیلات تولید اقدام می کند. تیم مدیریت انرژی این اطلاعات را برای مدل‌سازی تسهیلات و هر دو خط تولید استفاده می‌کند. تیم از طریق تجزیه و تحلیل داده-ها و مدل تشخیص می‌دهد که ارتباطی میان تغییرات در برخی متغیرها و مصرف انرژی وجود دارد. تیم موارد زیر را به عنوان متغیرهای مرتبط شناسایی می‌کند: مقدار کمی تولید، نرخ تولید، ترکیب درصد محصول و رطوبت هوا.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این مورد، نشان می‌دهد که کیفیت مواد خام، تغییر قابل توجهی در مصرف انرژی سبب نمی‌شود. تیم مربوطه شاخص‌های عملکرد انرژی را مطابق سلسله مراتب ارائه شده درجدول پ-۲، از شاخص‌های عملکرد انرژی سطح بالاتر (به عنوان مثال۱-۱) با هدف الزامات اطلاعاتی سطوح بالاتر سازمانی تا شاخص‌های عملکرد انرژی ویژه (به عنوان مثال۲-۱-۱-۱) برای مهندسین و تکنسین‌های خط، تعیین

می‌کند. تیم مدیریت انرژی جهت راهنمایی استفاده و هدف شاخص‌های عملکرد انرژی، به جدول پ-۲ ارجاع می‌دهد.

جدول پ-۲- استفاده و هدف از شاخص‌های عملکرد انرژی

سطوح شاخص عملکرد انرژی	هدف/نیاز	نوع شاخص عملکرد انرژی	کاربران شاخص عملکرد انرژی
۱ - شاخص‌های عملکرد انرژی در سطح کسب و کار مجموعه تسهیلات تولید			
۱-۱ مصرف انرژی در سطح مجموعه تسهیلات تولید (کیلووات ساعت در روز)	- کنترل کل هزینه تولید - بودجه‌بندی	مقادیر عددی انرژی اندازه‌گیری شده	- مدیرارشد - واحد حسابداری - مدیران بازرگانی - مدیران بودجه
۱-۱-۱ مصرف انرژی در سطح مجموعه تسهیلات تولید در حجم تولید (کیلووات ساعت بر ریال)	- کنترل کارآیی انرژی کل - ارزیابی اثر اقدام بهبود	نسبت مقادیر اندازه‌گیری شده	- مدیران تسهیلات - مدیر بازاریابی - واحد فروش - مدیر تولید - مدیر بازرگانی - مالک
۲ - شاخص‌های عملکرد انرژی خط تولید الف			
۲-۱ مصرف انرژی خط تولید الف (کیلووات ساعت در روز)	-کنترل کل هزینه تولید خط تولید A - بودجه‌بندی	مقدار عددی انرژی اندازه‌گیری شده شاخص عملکرد انرژی	- مهندس واحد تولیدی الف - مدیران بودجه - واحد حسابداری
۲-۱-۱ مصرف انرژی خط تولید الف به ازای هر کیلوگرم محصول خروجی (کیلووات ساعت بر کیلوگرم)	- کنترل کارآیی انرژی خط تولید الف - ارزیابی اثر اقدامات بهبود عملکرد انرژی (EPIA)	نسبت مقادیر عددی اندازه‌گیری شده	- مدیر بازاریابی - واحد فروش - مدیربازرگانی - مهندس واحد تولیدی الف - مدیر بودجه - واحد حسابداری
۲-۱-۱-۱ مصرف انرژی خط تولید الف به ازای هر کیلوگرم محصول خروجی (کیلووات ساعت بر کیلوگرم)- نرمال شده بر حسب رطوبت هوا[الف]	- ارزیابی اثر رطوبت هوا	نسبت مقادیر عددی اندازه‌گیری شده	- مهندس واحد تولیدی الف - تکنسین‌های عملیاتی واحد تولیدی الف

جدول پ-۲ (ادامه)

سطوح شاخص عملکرد انرژی	هدف/نیاز	نوع شاخص عملکرد انرژی	کاربران شاخص عملکرد انرژی
۲-۱-۱- ۲ مصرف انرژی خط تولید الف به ازای هر کیلوگرم محصول خروجی (کیلووات ساعت بر کیلوگرم)- نرمال شده برای نرخ درآمد[۱۰]	- ارزیابی اثر نرخ درآمد	نسبت مقادیر عددی اندازه‌گیری شده	- مشابه بند ۲-۱-۱-۱
۲-۱-۱-۲-۱ مصرف انرژی خط تولید الف به ازای هر کیلوگرم محصول خروجی (کیلووات ساعت بر کیلوگرم)- نرمال شده بر حسب رطوبت هوا و نرخ درآمد	- ارزیابی اثرات رطوبت هوا و نرخ درآمد	نسبت مقادیر عددی اندازه‌گیری شده	- مشابه بند ۲-۱-۱-۱
۳- شاخص‌های عملکرد انرژی در خط تولید B (مشابه خط تولید A)			
برای خط تولید B تکرار شود.			
الف- « نرمال‌سازی شده برای رطوبت هوا » به معنی نرمال‌سازی مصرف انرژی ویژه (SEC) بر حسب رطوبت هوا علاوه بر نرمال‌سازی بر حسب محصول خروجی است. چنانچه رطوبت هوا و مصرف انرژی ویژه دارای یک رابطه متناسب باشند، مصرف انرژی ویژه نرمال شده می¬تواند محاسبه گردد. نرخ درآمد قابل نرمال‌سازی به روش مشابه است (مصرف انرژی ویژه نرمال شده=مصرف انرژی ویژه × رطوبت هوا/رطوبت هوای مرجع)			

1-Run rate

پیوست ت

(آگاهی دهنده)

نرمال‌سازی خطوط مبنای انرژی با استفاده از متغیرهای مرتبط

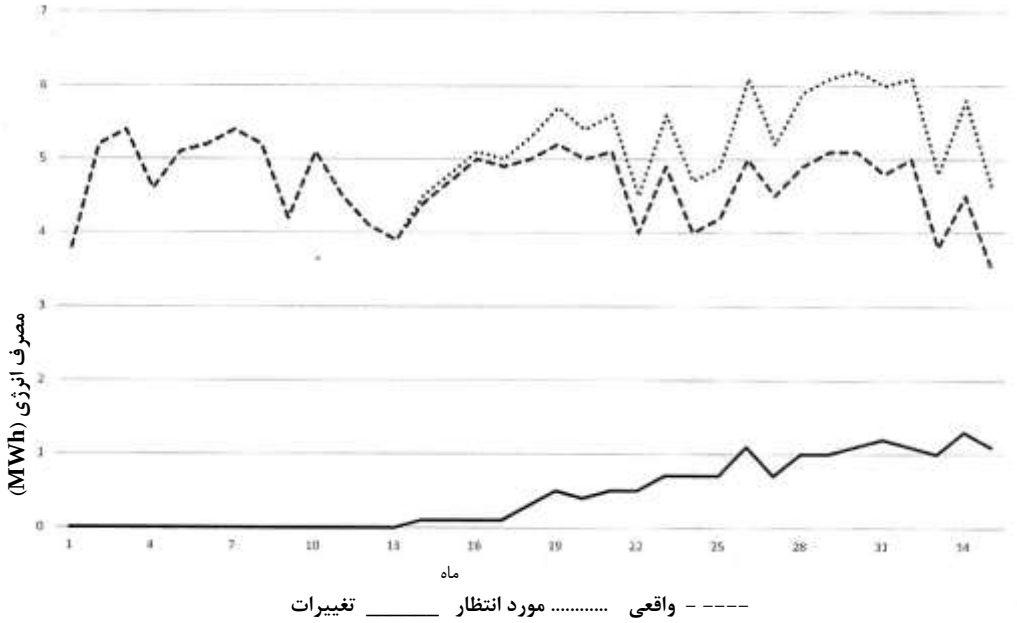
ت-۱ مفهوم نرمال‌سازی

نرمال‌سازی واژه‌ای است که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد و در زمینه‌ها و کاربردهای مختلف می‌تواند معانی کاملاً متفاوتی را در بر گیرد. در این متن، نرمال‌سازی جهت توصیف فرآیند مدل‌سازی داده-های مصرف انرژی بر حسب متغیرهای مرتبط به منظور مقایسه عملکرد انرژی تحت شرایط یکسان استفاده می‌شود. به منظور نرمال‌سازی و یا مدل کردن مصرف انرژی بر حسب متغیرهای مرتبط، به طور معمول روش‌های آماری از جمله رگرسیون خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مفهوم کلی محاسبه عملکرد انرژی با استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی نرمال شده در شکل ت-۱ نشان داده شده است.

منحنی نقطه‌ای در شکل ت-۱، مقدار عددی مصرف انرژی بر اساس یک مدل آماری از شاخص عملکرد انرژی را نشان می‌دهد که مصرف را بر حسب متغیرهای مرتبط نرمال می‌کند. به منظور ایجاد مدل، مقادیر عددی متغیرهای مرتبط در طول دوره خط مبنا مورد استفاده قرار می‌گیرد. منحنی خط‌چین مصرف واقعی انرژی را نشان می‌دهد. اگر مدل آماری به درستی توسعه یابد، مقادیر عددی شاخص عملکرد انرژی در طول دوره خط مبنا یا خط مبنای انرژی (EnB)، مصرف واقعی در طول دوره خط مبنا را به صورت صحیح پیش‌بینی خواهد کرد.

یادآوری- معمولا مقادیر عددی مصرف انرژی پیش‌بینی شده و واقعی در طول دوره خط مبنا، به طور دقیق روی یکدیگر قرار نمی گیرند، همانطور که در شکل ت-۱ نشان داده شده است.

این مدل همچنین می‌تواند برای پیش‌بینی مصرف انرژی آینده مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از مقادیر عددی متغیرهای مرتبط در مدل برای دوره‌های زمانی آینده، مقادیر عددی پیش‌بینی شده یا تخمین زده شده برای مصرف انرژی تعیین خواهد شد. بهبود عملکرد انرژی از طریق مقایسه مصرف انرژی پیش‌بینی شده با مصرف واقعی انرژی، قابل محاسبه است. اختلاف مصرف انرژی واقعی و مصرف پیش‌بینی شده یا مورد انتظار نشان می‌دهد که آیا بهبود عملکرد انرژی رخ داده است یا خیر. چنانچه یک سازمان طرح‌های اقدام خود را به شکل مؤثر اجرایی می‌کند، این اختلاف باید دیده شود. مصرف انرژی پیش‌بینی شده نشان می‌دهد که اگر هیچ فرصت بهبود عملکرد انرژی وجود ندارد یا طرح‌های اقدام اجرایی نمی‌شود، آنگاه چه میزان انرژی در دوره گزارش‌دهی مصرف می‌شد.



شکل ت-۱- محاسبه عملکرد انرژی با استفاده از نرمال سازی

ت-۲ نمونه‌هایی از محاسبات نرمال‌سازی

شاخص عملکرد انرژی، رابطه ریاضی میان مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط را کمی‌سازی می‌کند. با استفاده از رگرسیون خطی، ممکن است مثالی از رابطه به شرح زیر باشد:

$$\text{مصرف انرژی (kWh)} = A + B \times P_A + C \times T$$

که در آن

A مصرف انرژی ثابت (بار پایه) است (کیلو وات ساعت)؛

B مصرف انرژی به ازای واحد محصول الف است (کیلو وات ساعت بر واحد محصول)؛

P_A حجم تولید محصول الف است (واحد محصول در ماه)؛

C مصرف انرژی به ازای هر درجه دمای ماهانه در هر هفته است (کیلو وات ساعت بر درجه سلسیوس)؛

T متوسط ماهانه دما (سلسیوس) است.

عوامل A، B و C از روش‌های مدل‌سازی آماری مورد استفاده برای ایجاد رگرسیون خطی، مشتق خواهند شد.

همچنین بهتر است این رابطه، توسط آزمون‌های آماری تأیید شود. نمونه‌های از آزمون‌ها عبارتند از ضریب تعیین (R^2)، ضریب تغییرات (CV) و آزمون F.

همچنین بهتر است متغیرهای مستقل یا مرتبط مورد استفاده در این معادله، در توضیح تغییرات مصرف انرژی از لحاظ آماری معنادار باشند. به منظور ارزیابی معنادار بودن از حیث آماری، هر متغیر باید به یک P-Value مشخص برسد.

چنانچه این مدل از نظر آماری مستدل نباشد، ممکن است نیاز به بررسی موارد ذیل باشد:

الف) ممکن است بعضی از متغیرهای مرتبط در نظر گرفته نشده باشند؛
ب) داده‌های پرت، حذف شوند؛

پ) دوره جمع‌آوری داده‌ها تغییر یابد (یعنی ساعتی، در مقایسه با روزانه، در مقایسه با ماهانه، و غیره).

به طور معمول، مدل مصرف انرژی با استفاده از مقادیر عددی متغیرهای مرتبط در طول دوره خط مبنا ایجاد می‌شود.

یادآوری- دوره‌های زمانی دیگر، بین و شامل دوره‌های خط مبنا و گزارش‌دهی، می‌تواند برای توسعه مدل رگرسیون استفاده شوند. این یک موضوع پیشرفته‌تر است.

به منظور محاسبه عملکرد انرژی، همانطور که در ادامه نشان داده شده است مقادیر عددی متغیرهای مرتبط در طول دوره گزارش‌دهی، در معادله بالا قرار می‌گیرند تا مصرف انرژی پیش‌بینی شده یا مورد انتظار محاسبه شود و با مصرف انرژی واقعی مقایسه گردد:

$$R(kWh) = A + B \times A_R + C \times T_R$$

که در آن

R مصرف انرژی پیش‌بینی شده در طول دوره گزارش‌دهی است؛

مقادیر عددیA، B ، C از تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی حاصل می‌شوند؛

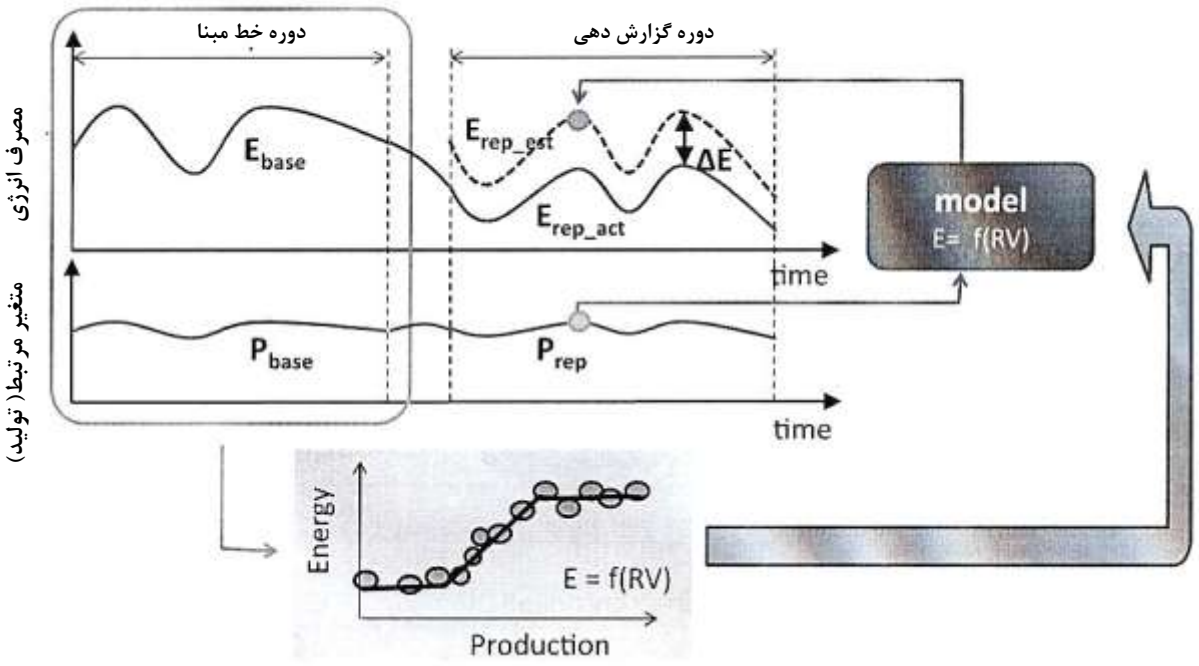
A_R مقدار اندازه‌گیری شده حجم تولید در طول دوره گزارش‌دهی است؛

T_R مقدار اندازه‌گیری شده برای متوسط ماهانه دما در طول دوره گزارش‌دهی است.

مفهوم فرآیند محاسبات بالا، در شکل ت-۲ نشان داده شده است.

- مصرف انرژی برآورد شده : $E_{rep_est} = f(P_{rep})$
- تغییرات مصرف انرژی: $\Delta E = E_{rep-est} - E_{rep-act}$

$E_{rep-est}$ مقدار مصرف انرژی برآورد شده ، $E_{rep-act}$ مقدار مصرف انرژی واقعی



شکل ث-۲- فرآیند محاسبه نرمال سازی

مدل مصرف انرژی با استفاده از مقادیر عددی حجم تولید در طول دوره خط مبنا ایجاد می‌شود. در این مطالعه موردی، مدل تنها از یک متغیر مرتبط « تولید» استفاده می‌کند. این مدل، مصرف انرژی را بر اساس مقادیر عددی متغیرهای مرتبط در طول دوره گزارش‌دهی برآورد یا پیش‌بینی می‌کند (E_{rep_est}). اختلاف در مصرف انرژی (ΔE) میان مصرف واقعی انرژی (E_{rep_act}) و مصرف انرژی برآورد شده (E_{rep_est})، محاسبه شده بهبود عملکرد انرژی است.

پیوست ث

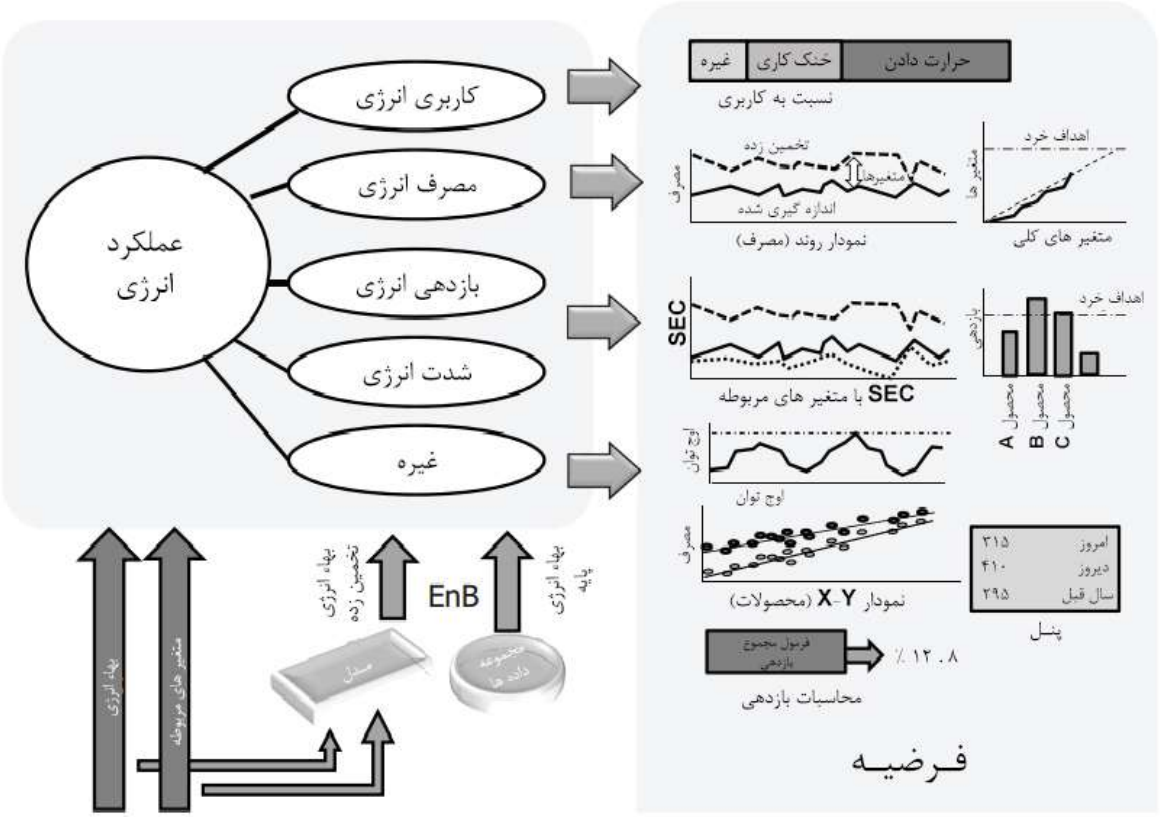
(آگاهی دهنده)

پایش و گزارش‌دهی عملکرد انرژی

ث-۱ کلیات

شکل ث-۱ طرحی کلی از مفهوم عملکرد انرژی و روش ترسیم آن را نشان می‌دهد. نمایش نتایج اندازه‌گیری شده منطبق بر نیازهای کاربران الزامی است. به عنوان مثال، در خصوص مدیر ارشد، ممکن است اولویت با طرح کلی از نتایج کل سازمان باشد. برای اپراتور واحد تولیدی ممکن است نتایج بر حسب اقدامات خاص مناسب‌تر باشد. برای مهندسین ممکن است نتایج تفصیلی، به منظور یافتن فرصت‌هایی برای استقرار اقدامات بهبود عملکرد انرژی، مناسب‌تر باشد.

همان طور که در شکل ث-۱ نشان داده شده است، مقدار عددی انرژی جاری و متغیرهای مرتبط آن‌ها، توسط این سنجه‌ها قابل ارجاع می‌باشند. اطلاعات دوره خط مبنا که در یک مجموعه داده‌ها ثبت شده است، نیز ارائه می‌شود. به علاوه در صورت به کارگیری شاخص عملکرد انرژی مبتنی بر مدل، مقادیر عددی برآورد شده نیز به واسطه مدل‌های خط مبنای انرژی ارائه می‌شوند.



شکل ث-۱- نمای کلی پایش و گزارش‌دهی عملکرد انرژی

ث-۲ انواع روش‌ها و گزارش‌های پایش

سازمان‌ها می‌توانند گزارش‌های متنوع و انواع مختلفی از روش‌های پایش و گزارش‌دهی شامل موارد ذیل را برای عملکرد انرژی مورد استفاده قرار دهند:

- مقایسه عملکرد جاری در مقابل عملکرد هدف (نمودار مقایسه شاخص عملکرد انرژی هدف و جاری)؛
- نمودار روندیابی شاخص‌های عملکرد انرژی (و متغیرهای مرتبط)؛
- نمودار X-Y (برای مثال، مصرف انرژی و تولید)؛
- ارزیابی انحراف معیار (واریانس)؛
- نمودار فراوانی تجمعی (CUSUM)؛
- نمایش شماتیک با استفاده از ابزارهای تحلیلی متنوع؛
- نمودارهای چند بعدی به همراه بهینه کاوی درونی.

در پایش موارد غیرمعمول همچنین می‌توان از جداول اخطار جهت محاسبه مقادیر عددی شاخص عملکرد انرژی در شرایط واقعی استفاده کرد. در هر مورد، اطلاعات می‌تواند به صورت گرافیکی و یا در جداول نشان داده شود.

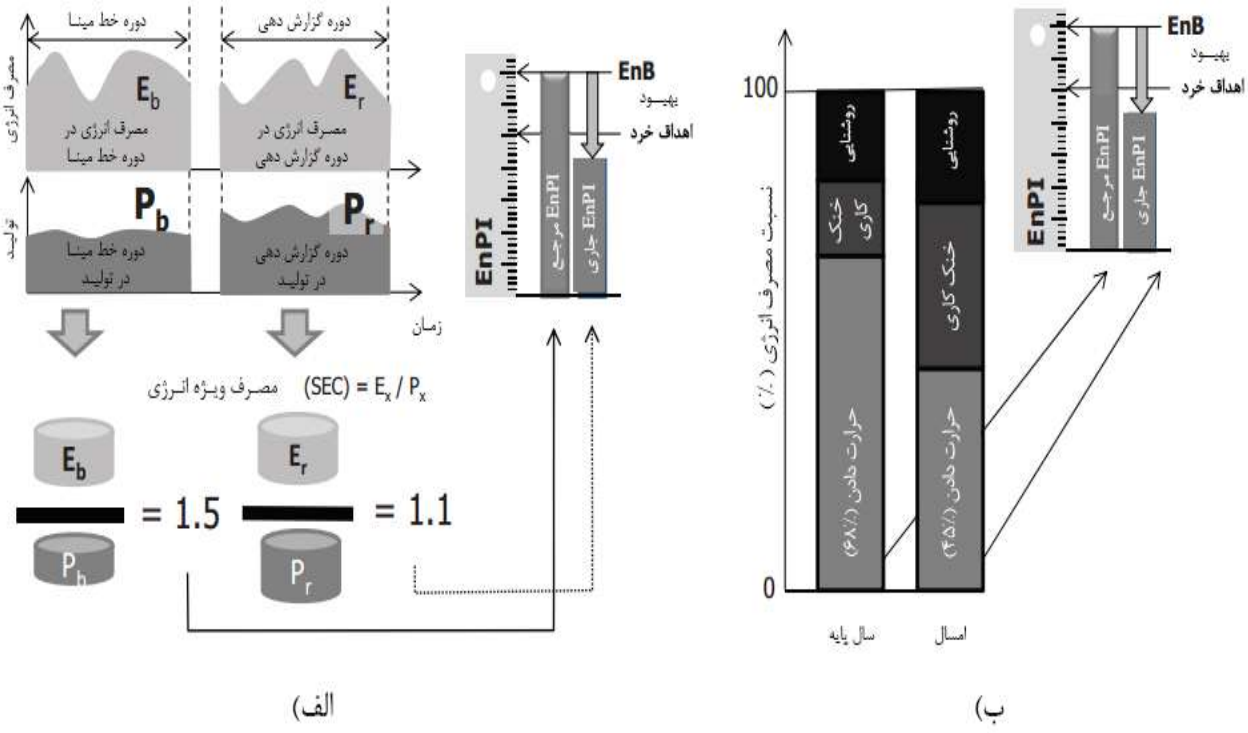
ث-۳ مقایسه شاخص عملکرد انرژی هدف و جاری

مثال‌هایی از مقایسه شاخص‌های عملکرد انرژی برای سه عنصر از عملکرد انرژی در زیر نشان داده شده است.

الف- مصرف انرژی (به شکل۳ مراجعه شود): مصارف انرژی در دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی مقایسه می‌شوند.

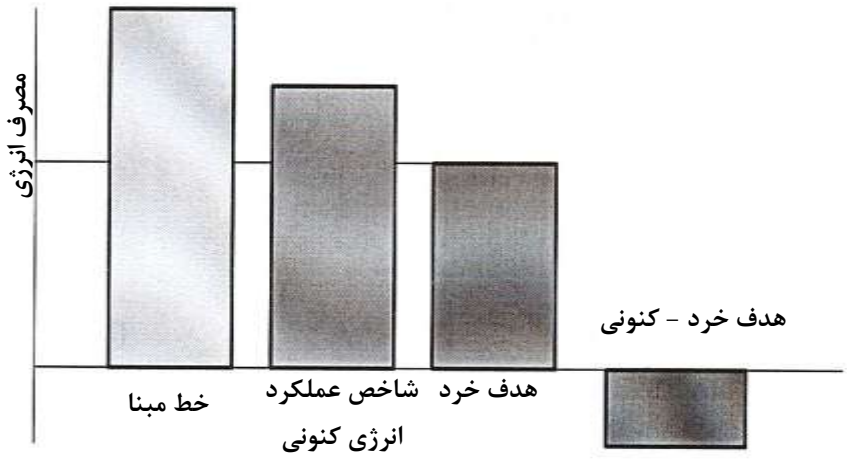
ب- کارایی انرژی (به شکل ث-۲ الف مراجعه شود): مصرف انرژی ویژه (SEC) در دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی مقایسه می‌شوند.

پ- کاربری انرژی (به شکل ث-۲ ب مراجعه شود): سهمی از کاربری انرژی ویژه در دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی مقایسه می‌شوند.



شکل ث-۲- مثالی از شاخص‌های عملکرد انرژی مربوط به کارایی انرژی و استفاده انرژی

شکل ث-۳ چگونگی نمایش خط مبنای انرژی برای شاخص عملکرد انرژی جاری و هدف را نشان می‌دهد. اختلاف شاخص عملکرد انرژی هدف و جاری نیز نمایش داده می‌شود. مدیران تسهیلات یا اپراتورها می‌توانند اثرات کار خود بر عملکرد انرژی را شناسایی کرده و در صورت نیاز اقدامات لازم را انجام دهند.



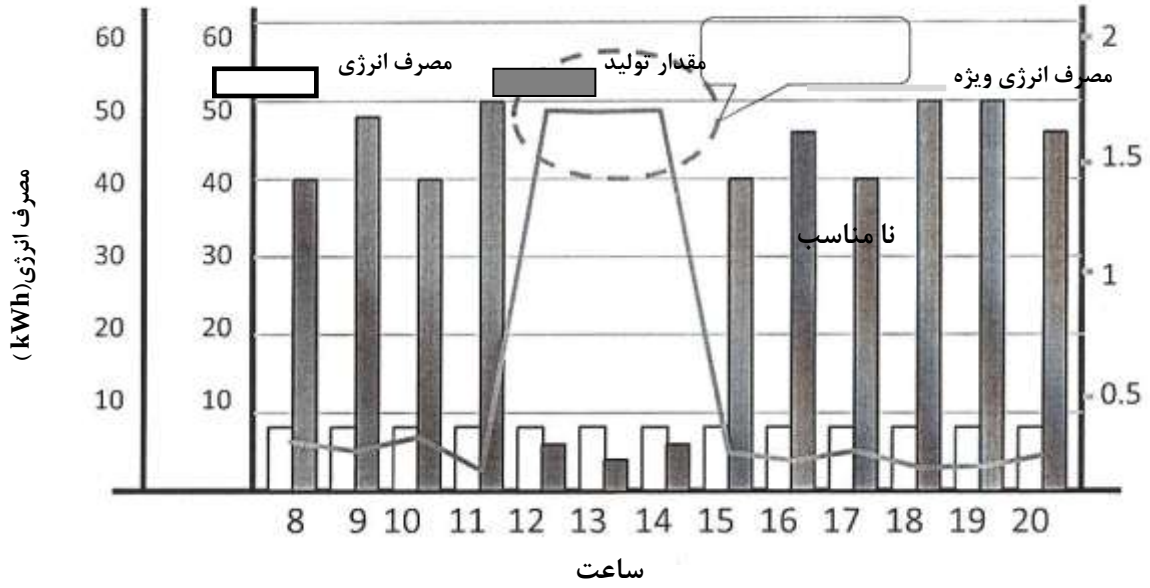
شکل ث-۳- شاخص عملکرد انرژی و هدف خرد

ث-۴ نمودار روندیابی

بهتر است شاخص‌های عملکرد انرژی برای تک تک تسهیلات و تجهیزات منفردی که دارای کاربری بارز انرژی هستند، اندازه‌گیری شود. این شاخص‌های عملکرد انرژی اندازه‌گیری شده به صورت منفرد، می‌تواند به صورت پیوسته پایش شود و ممکن است در طول زمان تغییر کند. شاخص‌های عملکرد انرژی و متغیرهای مرتبط می‌توانند توأماً به عنوان یک نمودار روندیابی شرایط واقعی نمایش داده شوند. همچنین تغییرات در شاخص عملکرد انرژی قابل نمایش است.

با بررسی علل انحراف از معیار، کاربری انرژی غیرضروری قابل شناسایی است. همان طور که در شکل ث-۴ نشان داده شده است، نمایش نتایج پایش و اندازه‌گیری، به شناسایی انحراف معیار در شاخص‌های عملکرد انرژی و یا نقص تجهیزات کمک می‌کند.

در شکل ث-۴، مصرف انرژی ویژه در سطوح پایین تولید بسیار زیاد است، که این موضوع حاکی از مصرف انرژی پایه بالا یا عملکرد انرژی ضعیف است.

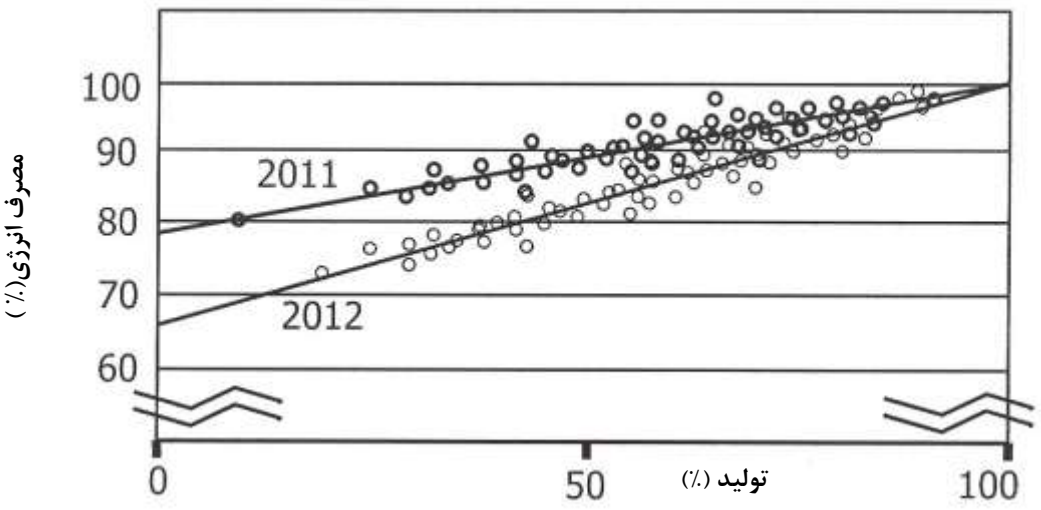


شکل ث-۴- نمودار روندیابی مصرف انرژی ویژه (SEC)

ث-۵ نمودار X-Y

مقادیر کمی تولید روزانه یا هفتگی و مصرف انرژی متناظر با آن‌ها می‌تواند در یک نمودار X-Y نشان داده شود (به شکل ث-۵ مراجعه شود)، به طوری که هرگونه بهبود عملکرد انرژی به صورت بصری قابل بررسی باشد. به عنوان مثال، در سال ۲۰۱۱، یک واحد تولیدی مشخص دارای تعدادی تجهیزات بوده که در ظرفیت

٪ ۱۰۰ کار می‌کرده است. اما در سال ۲۰۱۲، واحد تولیدی مذکور دستخوش اصلاحاتی از نقطه نظر مصرف انرژی منطبق با مقدار تولید شده است. این اصلاح به صورت کاهش در مصرف انرژی بار پایه در نمودار X-Y منعکس شده است.



شکل ث-۵- نمودار X-Y

ث-۶ واحدهای گزارش‌دهی

شکل‌های ث -۳، ث -۴ و ث - ۵ واحدها یا درصدهای انرژی را به عنوان واحدهای گزارش‌دهی نشان می-دهند. مشکل احتمالی رویکرد مذکور این است که به طور کلی، مردم درک پایینی از مقیاس و یا مقدار عددی یک واحد انرژی متداول دارند - به عنوان مثال یک گیگاژول چقدر است؟ به منظور حل این مشکل و برای ایجاد یک درک عمومی از مقیاس در نمودارها، تبدیل واحدهای انرژی به ارزش‌های پولی امکان‌پذیر است.

در این راستا دو رویکرد ممکن وجود دارد: استفاده از یک ارزش بودجه‌ای برای انرژی که تغییر نمی‌کند یا استفاده از هزینه‌های واقعی خرید یوتیلیتی. به طور واضح، اجرای رویکرد اول به مراتب ساده‌تر است، اگرچه دقت کمتری دارد. در رویکرد دوم، جایی که یوتیلیتی ثانویه مانند بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد، اطلاعات تعرفه برای یوتیلیتی و اطلاعات کارآیی تولید و توزیع مورد نیاز است.

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ۳-۱۲۶۵: سال ۱۳۸۸، گازهای گلخانه ای– قسمت سوم: ویژگی‌ها و راهنمایی برای صحه گذاری و تصدیق گازهای گلخانه ای

[2] ISO 50015:2014, Energy management systems — Measurement and verification of energy performance of organizations — General principles and guidance