



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران-ایزو

۵۰۰۰۶

تجدید نظر اول

۱۴۰۳

INSO-ISO

50006

1st Revision

2024

Identical with
ISO 50006: 2023

سیستم‌های مدیریت انرژی –

ارزیابی عملکرد انرژی با استفاده از

شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای

انرژی

**Energy management systems –
Evaluating energy performance using
energy performance indicators and
energy baseline**

ICS: 27.015

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards 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@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. 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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« سیستم‌های مدیریت انرژی - ارزیابی عملکرد انرژی با استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی »

رئیس:

حیدری، بهمن

(دکتری مهندسی مکانیک)

دبیر:

حسن بگی، شیرزاد

(کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آذرنیا، کوروش

(کارشناسی مهندسی صنایع)

افشار، حسین

(دکتری مهندسی مکانیک)

الفتی، محمد

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

باقری، حجت اله

(کارشناسی مهندسی صنایع)

بخشوده نیا، یاسر

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

پروانه، محمد

(کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)

حسینیان، محمدرضا

(دکتری مدیریت)

سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت انرژی پایش سیستم البرز

پژوهشگاه استاندارد

شرکت آراین توف پاسارگاد

دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال

شرکت ملی گاز ایران

شرکت بیکران راهکار صنعت

پالایشگاه بید بلند خلیج فارس

دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب

شرکت SGS

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	سمت و/یا محل اشتغال:
جهانشاهی جوران، ابراهیم	دانشگاه شهید باهنر کرمان
(دکتری مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی)	
زرین چنگ، الهام	مرکز ملی تایید صلاحیت ایران
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	
قطبی زاده، محمد	فولاد اکسین خوزستان
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	
شاهوردی، عاطفه	مرکز ملی تایید صلاحیت ایران
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	
شریفیان، حمید رضا	سازمان ملی استاندارد ایران
(دکتری مهندسی سیستم‌های انرژی)	
عباسی، علی	شرکت بهینه‌سازان انرژی آریان
(کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	
علیزاده، آراز	شرکت خانه انرژی
(دکتری مهندسی سیستم‌های انرژی)	
غلام زاده، عرفان	شرکت انرژی پایش سیستم البرز
(کارشناسی مهندسی شیمی)	
کرطایی، آتوسا	کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 301
(کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	
محمد قاسمی، سیستانا	شرکت مهندسی آب و فاضلاب ایران
(کارشناسی ارشد فیزیک)	
مسیحی، مجتبی	شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب
(دکتری مهندسی مکانیک)	
نجفی گوگرچین، فرزاد	پژوهشگاه صنعت نفت
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	
هاشمی، محبوبه	شرکت گاز استان چهارمحال بختیاری
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)	

ویراستار:

میرزاخانی، ایرج

(کارشناسی مهندسی برق)

سمت و/یا محل اشتغال:

پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها
۶	۴ مروری بر شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs)، خطوط مبنای انرژی (EnBs) و عملکرد انرژی
۸	۵ به دست آوردن اطلاعات عملکرد انرژی
۱۶	۶ تعیین EnPIs
۲۰	۷ ایجاد EnBs
۲۲	۸ بهنجارسازی
۲۲	۹ نگهداری EnPIs و EnBs
۲۵	۱۰ پایش و گزارش عملکرد انرژی و اثبات بهبود عملکرد انرژی
۲۷	پیوست الف (آگاهی دهنده) فرایند طرح ریزی EnPI و EnB
۲۸	پیوست ب (آگاهی دهنده) نمونه‌هایی از مرزهای EnPI
۳۰	پیوست پ (آگاهی دهنده) نمونه‌هایی از شاخص‌های عملکرد انرژی
۳۴	پیوست ت (آگاهی دهنده) نمونه‌ای از فرایند بهنجارسازی به صورت گام به گام
۳۶	پیوست ث (آگاهی دهنده) نمونه‌ای از بهنجارسازی
۴۲	پیوست ج (آگاهی دهنده) مثالی از بهنجارسازی-تحلیل چند متغیره
۴۸	پیوست چ (آگاهی دهنده) گزارش اطلاعات جمع‌آوری شده
۵۰	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «سیستم‌های مدیریت انرژی- ارزیابی عملکرد انرژی با استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی» که نخستین بار در سال ۱۳۹۷ تدوین شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/ منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت در دویست و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۴۰۳/۰۳/۰۷ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۵۰۰۰۶: سال ۱۳۹۷ می‌شود.

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

ISO 50006: 2023, Energy management systems – Evaluating energy performance using energy performance indicators and energy baselines.

• مقدمه

۱-۰ کلیات

ارزیابی عملکرد انرژی ابزاری است که در همه نوع سازمانی کاربرد دارد و می‌توان از آن برای ارزیابی نتایج تلاش سازمان‌ها در مدیریت انرژی استفاده کرد. متغیرهای مرتبط بر مصرف انرژی و کارایی انرژی سازمان‌ها تأثیر می‌گذارند. برای ارزیابی موثر عملکرد انرژی در شرایط یکسان، بهتر است اثرات متغیرهای مرتبط با استفاده از فرایند بهنجارسازی مد نظر قرار گیرد.

اندازه‌گیری و پایش عملکرد انرژی و نشان دادن بهبود عملکرد انرژی به دلیل پیچیدگی تعیین شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs)^۱ و خطوط مبنای انرژی (EnBs)^۲ متناظر مناسب برای یک سازمان، به منظور درک بهتر انرژی مصرف شده در تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی‌بر، می‌تواند چالش برانگیز باشد.

بهبود عملکرد انرژی به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با کاهش هزینه‌های انرژی خود رقابتی‌تر شوند. علاوه بر این، بهبود عملکرد انرژی می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با انرژی خود را کاهش دهند. تغییرات اقلیمی و نیاز به کربن‌زدایی از نگرانی‌های اصلی جهانی است. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با مصرف انرژی، ابزار مهمی در مقابله با تغییرات اقلیمی است. روش‌های پایش و اندازه‌گیری عملکرد انرژی برای اطمینان از نتایج مناسب، جنبه‌های کلیدی این فعالیت هستند.

در آن دسته از فعالیت‌ها یا فرایندهایی که هیچ‌گونه بهبود عملکرد انرژی در آن‌ها طرح‌ریزی نشده است، می‌توان با استفاده از EnPIs و EnBs برای مدیریت کنترل عملیاتی، شناسایی نیازهای تعمیر و نگهداری یا شناسایی انحرافات قابل توجه در عملکرد انرژی، مزایایی به دست آورد.

ارتباط عملکرد انرژی سازمان و فرایندهای آن به فرد (افراد) مناسب در سازمان یک عنصر کلیدی برای موفقیت است. همچنین این موضوع، کلید ایجاد تعهد و مشارکت مداوم مدیریت ارشد برای تخصیص منابع در راستای مدیریت انرژی شامل ایجاد اثربخش EnPIs و EnBs است.

اطلاعات فنی در این استاندارد، سازمان را قادر می‌سازد تا الزامات استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۵۰۰۰۱، از جمله استفاده از بهنجارسازی در اندازه‌گیری، پایش، تحلیل و ارزیابی عملکرد انرژی و بهبود عملکرد انرژی را برآورده کند. به این ترتیب، می‌توان بهبود مستمر عملکرد انرژی را با استفاده از EnPIs و EnBs مربوطه نشان داد.

1-Energy Performance Indicator

2-Energy Baselines

۲-۰ مروری بر مطالب

این استاندارد راهنمای عملی مرتبط با مدیریت عملکرد انرژی، از جمله؛ ارزیابی، کنترل و بهبود مستمر آن از طریق ایجاد، استفاده و نگهداری از EnPIs و EnBs مرتبط به سازمان را ارائه می‌دهد.

این استاندارد راهنمایی در مورد انتخاب EnPIs مناسب با توجه به اهداف سازمان ارائه می‌دهد که می‌توان با اجرای آن‌ها به مزایای قابل توجهی دست یافت.

این استاندارد برای راهنمایی یک سازمان در ایجاد، استفاده و نگهداری EnPIs و EnBs مطابق با الزامات در استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۵۰۰۰۱ در نظر گرفته شده است.

فرایند بیان شده در این استاندارد می‌تواند برای هر سازمانی از جمله، سازمان‌هایی که سیستم مدیریت انرژی (EnMS) ندارند، مزایایی فراهم کند. با این وجود، اگر این فرایند در یک EnMS مطابق با استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۵۰۰۰۱، ادغام شود، می‌توان مزایای بیشتری به دست آورد.

تغییرات اصلی در این استاندارد در مقایسه با نسخه قبلی به شرح زیر است:

- مفاهیم و جنبه‌های فنی با آخرین ویرایش استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۵۰۰۰۱، هماهنگ شده است.

- تعاریف مندرج در بند ۳ مطابق با آخرین ویرایش استاندارد ملی ایران - ایزو ۵۰۰۰۱ و با در نظر گرفتن یک رویکرد جدید برای هماهنگ‌سازی عمومی به روز شده است.

- بهبودهایی در رابطه با بهنجارسازی^۱ شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs) و خطوط مبنای انرژی مربوطه (EnBs) انجام شده است.

- بهبود و ملاحظات جدیدی در رابطه با تعریف الزامات جدید برای نشان دادن بهبود عملکرد انرژی انجام شده است.

سیستم‌های مدیریت انرژی - ارزیابی عملکرد انرژی با استفاده از شاخص‌های عملکرد انرژی و خطوط مبنای انرژی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی در مورد چگونگی تعیین، استفاده و نگهداری شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs) و خطوط مبنای انرژی (EnBs) برای ارزیابی عملکرد انرژی در هر سازمانی از جمله سازمان‌هایی است که از استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۵۰۰۰۱، استفاده می‌کنند. در این استاندارد راهنمایی‌های دیگری نیز برای نحوه اندازه‌گیری، پایش عملکرد انرژی و اثبات بهبود عملکرد انرژی داده شده است.

این استاندارد برای هر سازمانی صرف‌نظر از نوع، اندازه، پیچیدگی، موقعیت جغرافیایی، فرهنگ سازمانی، محصولات و خدماتی که ارائه می‌دهد و یا سطح تکامل آن در حوزه مدیریت انرژی، کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

این استاندارد، فاقد مراجع الزامی است.

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه نوشت‌ها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند:^۱

۱-۱-۳

دوره خط مبنا

baseline period

دوره زمانی که برای مقایسه با دوره گزارش‌دهی (زیربند ۱-۳-۱۶) استفاده می‌شود.

یادآوری - هدف از مقایسه می‌تواند پایش عملکرد، ارزیابی بهبود عملکرد یا تعیین میزان صرفه‌جویی انرژی باشد.

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org قابل‌دسترس است.

۲-۱-۳

مرز

boundary

محدوده‌های فیزیکی، مجازی (فرضی) و/ یا سازمانی که توسط نهادی برای یک هدف مشخص، تعریف شده است.

یادآوری ۱- نهاد ممکن است یک سازمان (زیربند ۳-۱-۱۴)، گروهی از سازمان‌ها، منطقه(ها)، زیرمجموعه یک سازمان یا موارد دیگر بسته به کاربرد، باشد.

یادآوری ۲- محدوده فیزیکی می‌تواند تجهیزات، سیستم‌ها، یک ساختمان، یک فرایند، مجموعه‌ای از فرایندها، یک سایت یا چندین سایت تحت کنترل یک سازمان باشد.

۳-۱-۳

انرژی

energy

برق، سوخت‌ها، بخار، حرارت، هوای فشرده و سایر حامل‌های مشابه است.

یادآوری - برای اهداف این استاندارد، انرژی به انواع مختلفی از انرژی شامل انرژی‌های تجدید پذیر اطلاق می‌شود که می‌تواند خریداری، ذخیره‌سازی یا آماده‌سازی شود و در یک تجهیز یا در یک فرایند استفاده شود یا بازیافت شود.

[منبع: بر گرفته از زیر بند ۳-۵-۱، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۵۰۰۰۱]

۴-۱-۳

خط مبنای انرژی

EnB

energy baseline

مقداری کمی که مبنایی برای مقایسه عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۹) فراهم می‌کند.

یادآوری ۱- داده‌ها و روش مورد استفاده برای تعیین خط‌مبنای انرژی باید به عنوان اطلاعات مدون حفظ شود.

یادآوری ۲- اگر فرایند تعیین خط‌مبنای انرژی از متغیرهای مرتبط (زیربند ۳-۱-۱۵) برای بهنجارسازی (زیربند ۳-۱-۱۳) استفاده کند یا اگر خط‌مبنای انرژی برای تغییرات در عوامل ثابت (زیربند ۳-۱-۱۸) تصحیح شود، اطلاعات باید به عنوان اطلاعات مدون حفظ شود.

۵-۱-۳

مصرف انرژی

energy consumption

مقدار کمی انرژی (زیربند ۳-۱-۳) که مصرف شده است.

یادآوری - مصرف انرژی را می‌توان بر حسب حجم (به عنوان مثال لیتر سوخت)، جرم، واحدهای وزن یا واحدهای انرژی (به عنوان مثال گیگاژول، کیلووات ساعت) نشان داد.

[منبع: برگرفته از زیربند، ۳-۵-۲، استاندارد ملی ایران-ایزو شماره ۵۰۰۰۱، تغییرات - یادآوری ۱ اضافه شده است]

۳-۱-۶

کارایی انرژی

energy efficiency

نسبت یا سایر روابط کمی میان خروجی عملکرد و ورودی انرژی (زیربند ۳-۱-۳) است.

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

یادآوری - هر دو ورودی و خروجی بهتر است به وضوح از نظر کمیت و کیفیت مشخص شوند و قابل اندازه‌گیری باشند.

[منبع: برگرفته از زیر بند زیر بند ۳-۸ استاندارد ملی ایران-ایزو شماره ۵۰۰۰۱]

۳-۱-۷

کاربری انرژی

energy use

energy end-use

نوع کاربرد انرژی (زیربند ۳-۱-۳) است.

مثال: تهویه، روشنایی، گرمایش، سرمایش، حمل و نقل، فرایندها، ذخیره‌سازی داده‌ها.

یادآوری ۱ - کاربری انرژی بر اساس «انرژی برای چه مصرف می‌شود» در مقایسه با مصرف انرژی (زیربند ۳-۱-۵) که بر اساس «چه میزان انرژی مصرف می‌شود» است.

یادآوری ۲ - این کاربرد می‌تواند از هر نوع انرژی شامل انرژی‌های تجدیدپذیر باشد.

۳-۱-۸

مدل انرژی

energy model

نمایش ریاضی بر اساس مجموعه داده‌ای که رابطه بین متغیرهای مرتبط (زیربند ۳-۱-۱۵) و مصرف انرژی (زیربند ۳-۱-۵) یا کارایی انرژی (زیربند ۳-۱-۶) را در یک دوره زمانی مشخص، توصیف می‌کند.

یادآوری - دوره زمانی مشخص شده می‌تواند نمایانگر دوره‌های زمانی مختلف مانند دوره خط مبنا (زیربند ۳-۱-۱)، دوره گزارش‌دهی (زیربند ۳-۱-۱۶) یا دوره‌ای باشد که شرایط استاندارد را منعکس می‌کند.

۹-۱-۳

عملکرد انرژی

energy performance

نتیجه (نتایج) قابل اندازه‌گیری مرتبط با کارایی انرژی (زیربند ۶-۱-۳)، کاربری انرژی (زیربند ۷-۱-۳) و مصرف انرژی (زیربند ۵-۱-۳) است.

۱۰-۱-۳

شاخص عملکرد انرژی

EnPI

energy performance indicator

سنجه مورد استفاده برای کمی‌سازی عملکرد انرژی (زیربند ۹-۱-۳) است.

یادآوری ۱- اگر EnPI برای نشان دادن بهبود عملکرد انرژی (زیربند ۱۱-۱-۳) استفاده شود، به کارایی انرژی (زیربند ۶-۱-۳) یا مصرف انرژی (زیربند ۵-۱-۳) اشاره دارد.

یادآوری ۲- EnPI توسط سازمان (زیربند ۱۴-۱-۳) تعریف می‌شود.

یادآوری ۳- EnPI(s) را می‌توان با استفاده از مدل انرژی (زیربند ۸-۱-۳) محاسبه کرد.

۱۱-۱-۳

بهبود عملکرد انرژی

energy performance improvement

بهبود در نتایج قابل اندازه‌گیری کارایی انرژی (زیربند ۶-۱-۳) یا مصرف انرژی (زیربند ۵-۱-۳) مربوط به کاربری انرژی (زیربند ۷-۱-۳)، در مقایسه با خط مبنای انرژی (زیربند ۴-۱-۳) است.

۱۲-۱-۳

هدف خرد انرژی

energy target

هدف قابل سنجش برای بهبود عملکرد انرژی (زیربند ۱۱-۱-۳) است.

یادآوری - یک هدف خرد انرژی می‌تواند در یک هدف کلان گنجانده شود.

[منبع: بر گرفته از زیر بند ۳-۴-۱۵ استاندارد ملی ایران-ایزو شماره ۵۰۰۰۱]

۱۳-۱-۳

بهنجارسازی

normalization

فرایندی برای فراهم کردن تحلیل در شرایط معادل یا استاندارد است.

یادآوری - بهنجارسازی را می‌توان به منظور مقایسه عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۹) یا بهبود عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۱۱) استفاده کرد که تغییرات متغیرهای مرتبط (زیربند ۳-۱-۱۵) را در نظر می‌گیرد.

۳-۱-۱۴

سازمان

organization

فرد یا گروهی از افراد که وظایفی برای مسئولیت‌ها، اختیارات و ارتباطات خود برای رسیدن به اهداف کلان خود دارند.

یادآوری - مفهوم سازمان شامل معامله‌گر، شرکت، تشکیلات اقتصادی، تشکیلات سیاسی، تشکیلات مشارکتی، تشکیلات خیریه، موسسه یا بخشی یا ترکیبی از آن‌ها که به صورت یکپارچه یا غیر یکپارچه، عمومی یا خصوصی می‌باشند، اما محدود به آن‌ها نیست.

۳-۱-۱۵

متغیر مرتبط

relevant variable

عامل قابل سنجش که اثر بارزی بر عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۹) می‌گذارد و به طور معمول تغییر می‌کند.

یادآوری - معیار بارز بودن توسط سازمان (زیربند ۳-۱-۱۴) تعیین می‌شود.

۳-۱-۱۶

دوره گزارش‌دهی

reporting period

دوره زمانی تعریف شده که برای ارزیابی عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۹) و بهبود عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۱۱) انتخاب شده است.

یادآوری - در این استاندارد، مفهوم دوره گزارش‌دهی شامل مفهوم دوره پایش نیز می‌باشد.

۳-۱-۱۷

کاربری بارز انرژی

SEU

significant energy use

کاربری انرژی (زیربند ۳-۱-۷) با مصرف قابل توجه انرژی (زیربند ۳-۱-۵) و/یا پتانسیل قابل توجهی که برای بهبود عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۱۱) وجود دارد.

یادآوری ۱ - معیار بارز بودن توسط سازمان (زیربند ۳-۱-۱۴) تعیین می‌شود.

یادآوری ۲ - کاربری‌های بارز انرژی می‌توانند تسهیلات، سیستم‌ها، فرایندها یا تجهیزات باشند.

[منبع: برگرفته از زیر بند ۳-۵-۶ استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۵۰۰۰۱]

۱۸-۱-۳

عامل ثابت

static factor

عامل شناسایی شده که اثر بارزی بر عملکرد انرژی (زیربند ۳-۱-۹) می‌گذارد و به طور معمول تغییر نمی‌کند.

یادآوری - معیار بارز بودن توسط سازمان تعیین می‌شود.

مثال: اندازه تسهیلات، طراحی تجهیزات نصب شده، تعداد شیفت‌های هفتگی، تنوع محصولات.

[منبع: برگرفته از زیر بند ۳-۴-۸ استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۵۰۰۰۱]

۲-۳ کوتاه نوشت‌ها

CDD	cooling degree day	روز درجه سرمایش
CUSUM	cumulative sum	جمع تجمعی
EnB	energy baseline	خط مبنای انرژی
EnMS	energy management system	سیستم مدیریت انرژی
EnPI	energy performance indicator	شاخص عملکرد انرژی
HDD	heating degree day	روز درجه گرمایش
SEC	specific energy consumption	مصرف انرژی ویژه
SEU	significant energy use	کاربری بارز انرژی

۴ مروری بر شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs)، خطوط مبنای انرژی (EnBs) و عملکرد انرژی

سازمان EnPIs و EnBs را برای اندازه‌گیری و پایش عملکرد انرژی و نشان دادن بهبود عملکرد انرژی ایجاد می‌کند.

EnPIs اطلاعات مربوط به عملکرد انرژی را در اختیار طرف‌های ذینفع (مانند کاربران داخلی، زنجیره تامین) قرار می‌دهند تا عملکرد انرژی را درک کنند و اقداماتی را برای کنترل و بهبود عملکرد انرژی انجام دهند.

مقادیر EnPI، عملکرد انرژی کل سازمان یا بخش‌های مختلف آن (مانند تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی بر) را کمی‌سازی می‌کند. لازم است EnPIs بالقوه، تحلیل شوند تا در مورد مناسب بودن آن‌ها قبل از انتخاب، تصمیم‌گیری شود.

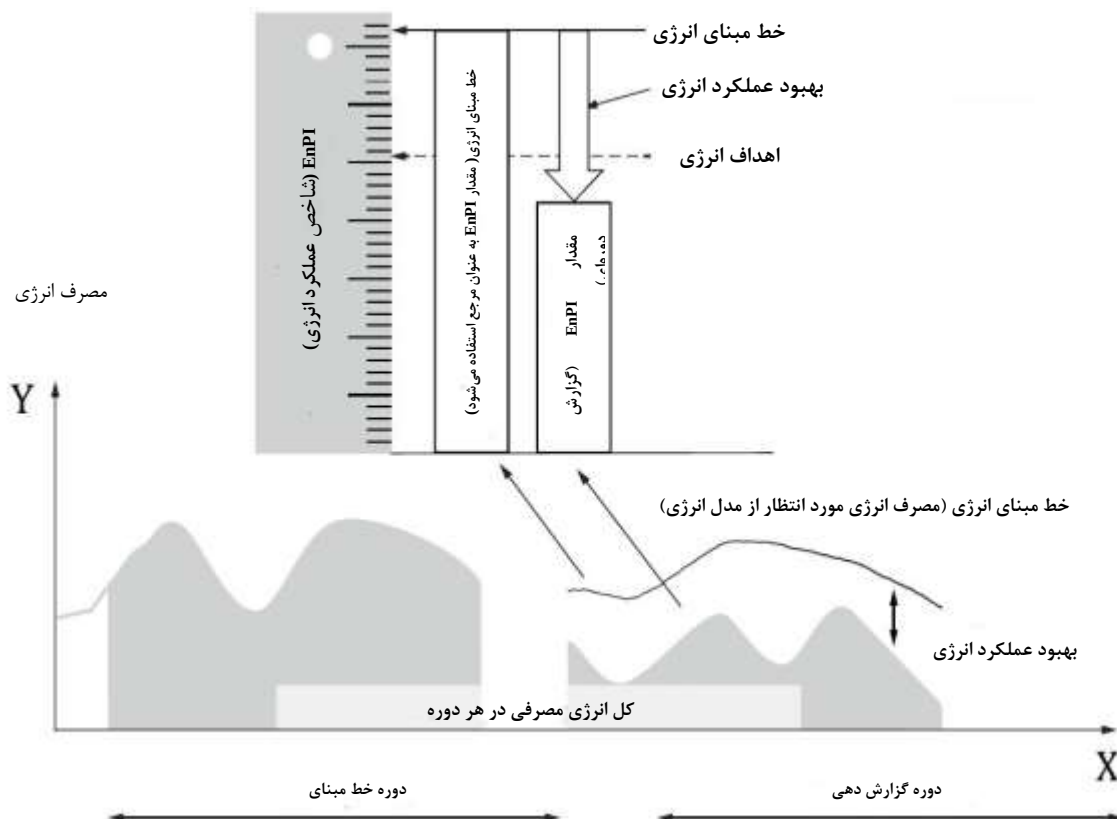
EnPIs را می‌توان با استفاده از یک مدل انرژی بیان کرد و می‌توان آن را در واحدهای مصرف انرژی (مانند kWh، GJ یا کارایی انرژی (مانند km/l) گزارش کرد.

مصرف انرژی یک سازمان می‌تواند به طور قابل توجهی تحت تأثیر متغیرهای مرتبط مانند آب و هوا، تولید و غیره، قرار گیرد. اگر سازمان داده‌هایی دارد که نشان می‌دهد متغیرهای مرتبط به طور قابل توجهی بر عملکرد انرژی تأثیر می‌گذارند، بهتر است بهنجارسازی انجام شود تا امکان مقایسه عملکرد انرژی فراهم شود. بهنجارسازی برای محاسبه تغییرات در متغیرهای مرتبط برای پایش و ارزیابی عملکرد انرژی و ارزیابی و اثبات بهبود عملکرد انرژی استفاده می‌شود.

اهداف خرد انرژی توسط سازمان تعیین می‌شوند و ممکن است بر اساس فرصت‌های بهبود عملکرد انرژی، شناسایی شده و طرح‌ریزی شده باشند.

شکل ۱ نمونه‌ای از رابطه بین بهبود عملکرد انرژی، EnPIs، EnBs، مقادیر EnPI و اهداف خرد انرژی را نشان می‌دهد. شکل ۱ همچنین نشان می‌دهد که چگونه هنگامی که مقدار EnPI در مقایسه با EnB بهبود می‌یابد، بهبود عملکرد انرژی حاصل می‌شود، خواه اهداف خرد انرژی برآورده شوند یا خیر.

فرایند ایجاد، استفاده و به روز رسانی EnPIs و EnBs به طور کامل در بندهای ۵ تا ۱۰ این استاندارد بیان می‌شوند. این فرایند به سازمان کمک می‌کند تا عملکرد انرژی را پایش و ارزیابی کند و بهبود عملکرد انرژی را اثبات نماید. فرایندهای طرح‌ریزی EnPI و EnB در پیوست الف تشریح می‌شوند.



یادآوری ۱- روند تغییر مصرف انرژی نشان می‌دهد که متغیر(های) مرتبط وجود دارد و بهنجار سازیلزم است.

شکل ۱ - مثالی از رابطه مفهومی بین عملکرد انرژی، EnPIs، EnBs، مقادیر EnPI و اهداف خرد انرژی

۵ به دست آوردن اطلاعات عملکرد انرژی

۵-۱ اطلاعات عملکرد انرژی اولیه

سازمان‌ها بهتر است انواع کاربری‌های انرژی کنونی را شناسایی کرده و مصرف انرژی گذشته و کنونی و همچنین کارایی انرژی را بر اساس اندازه‌گیری و سایر داده‌ها ارزیابی کنند. کاربری‌های بارز انرژی (SEUs) با تحلیل این اطلاعات همراه با عواملی که بر عملکرد انرژی تأثیر می‌گذارند، شناسایی می‌شوند.

این فرایند به شناسایی SEUs و اولویت‌بندی فرصت‌های بهبود عملکرد انرژی کمک می‌کند.

یادآوری- این فرایند در زیربند ۶-۳ استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۵۰۰۰۱، به عنوان «بازنگری انرژی» تعریف شده است.

۵-۲ تعیین استفاده‌کنندگان شاخص‌های عملکرد انرژی

بهتر است EnPIs برای برآوردن نیازها و انتظارات کاربران مختلف توسعه داده شوند و به راحتی قابل درک باشند.

برای برآورده ساختن نیازهای کاربران، چندین EnPI می‌تواند لازم باشد. هم راستایی مرزهای EnPI با نقش‌های کارکردی، می‌تواند اطمینان دهد که EnPI نیازهای کاربر را برآورده می‌کنند و مسئولیت مدیریت EnPI را می‌توان به طور مؤثر واگذار کرد.

EnPI را می‌توان برای استفاده‌کنندگان داخلی یا بیرونی توسعه داد. استفاده‌کنندگان داخلی می‌توانند از EnPI برای اهداف مختلف مانند، نگهداری، بهره‌برداری و ارزیابی عملکرد انرژی استفاده کنند، اما محدود به آن‌ها نمی‌شود. استفاده‌کنندگان بیرونی معمولاً از EnPIs برای برآورده‌سازی الزامات اطلاعاتی ناشی از الزامات قانونی و سایر الزامات (مانند گزارش‌های پایداری) استفاده می‌کنند.

یادآوری - EnPIs و EnBs مورد نیاز برای مقاصد بیرونی، مانند مواردی که برای گزارش‌دهی دولتی هستند، همیشه برای مدیریت بهبود عملکرد انرژی تحت استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۵۰۰۰۱ یا برای سازمان‌هایی که مایل به درک بهبود عملکرد واقعی انرژی خود هستند، کافی نیستند.

در جدول ۱ برخی از استفاده‌کنندگان معمول EnPI بیان شده است.

جدول ۱ - کاربران EnPI

انواع کاربران EnPI	نیازهای معمول
مدیریت ارشد	مدیریت ارشد به اطلاعاتی از EnPIs برای درک عملکرد انرژی سازمان و پشتیبانی اقدامات بهبود عملکرد انرژی نیاز دارد.
تیم مدیریت انرژی	گروهی شامل مدیریت ارشد که در موارد زیر از سازمان پشتیبانی می‌کند: الف- ایجاد یک EnPI، ب- نگهداری EnPI، پ- پایش EnBs، مقادیر کنونی EnPI، مقادیر همه متغیرهای مرتبط در فواصل از پیش تعیین شده، ت- تعیین اهداف خرد انرژی و محاسبه میزان دستیابی به هدف خرد انرژی، ث- انجام بهنجار سازیو مقایسه مقادیر EnPIs کنونی با EnBs و هدف خرد انرژی، ج- گزارش مقادیر و انحرافات EnPI، و چ- تفسیر نتایج.
مدیریت کارخانه یا تسهیلات	به طور معمول منابع داخل کارخانه یا تسهیلات را کنترل می‌کند و مسئول نتایج است. مدیر کارخانه یا تسهیلات بهتر است هم عملکرد انرژی طرح ریزی شده را درک کند و هم انحرافات قابل توجه در عملکرد انرژی و موارد را از نظر مالی بررسی کرده و به آن‌ها پاسخ دهد. مدیران کارخانه یا تسهیلات ممکن است از همه EnPIs در کارخانه یا تأسیسات خود شامل EnPIs مرتبط با SEUs خود و EnPIs قابل مقایسه از سایر سایت‌ها برای مقاصد الگوبرداری استفاده کنند.
کارکنان بهره‌برداری و نگهداری	مسئول استفاده از EnPIs برای کنترل و اطمینان از عملکرد کارآمد با انجام اقدامات برای انحرافات قابل توجه در عملکرد انرژی، حذف اتلاف انرژی و انجام تعمیرات پیشگیرانه هستند. کارکنان عملیات و تعمیر و نگهداری ممکن است از EnPIs مربوط به فرایند یا تجهیزاتی که مسئولیت آن را بر عهده دارند، استفاده کنند.
مهندسان	طرح ریزی، اجرا و ارزیابی یک اقدام بهبود عملکرد انرژی با استفاده از EnPIs مناسب از

انواع کاربران EnPI	نیازهای معمول
	قبیل روش(های) مورد استفاده برای ارزیابی بهبود عملکرد انرژی.
استفاده‌کنندگان بیرونی	استفاده‌کنندگان بیرونی مانند نهادهای قانونی، انجمن‌های حرفه‌ای و محلی، ممیزان EnMS، مشتریان یا سایر سازمان‌ها می‌توانند به اطلاعاتی از EnPIS برای ورود به فرایندهای مربوطه خود نیاز داشته باشند.
مالک EnPI	شخصی که مسئول پایش، تحلیل و گزارش یک EnPI و مقادیر آن است.

۳-۵ تعیین مرزهای EnPI

برای اندازه‌گیری عملکرد انرژی، بهتر است مرزهای اندازه‌گیری مناسب، برای هر EnPI مشخص شود. هنگام مشخص کردن مرز EnPI، سازمان بهتر است نیازهای کاربر را در نظر بگیرد (به زیربند ۵-۲ مراجعه شود) و همچنین موارد زیر را در نظر بگیرد:

- مسئولیت‌های سازمانی در ارتباط با مدیریت انرژی، شامل سطح کنترل و/یا تأثیری که سازمان بر عملکرد انرژی خود دارد؛
- کاربری‌های بارز انرژی؛
- تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی بر که سازمان خواستار جداسازی و مدیریت آنها است؛
- سهولت جداسازی مرز EnPI از طریق اندازه‌گیری مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط؛
- مرز EnMs؛
- داده‌های موجود برای مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط.

همان‌طور که در جدول ۲ شرح داده شده است، سه سطح اصلی مرزبندی EnPI شامل مرز انفرادی، سیستم و سازمانی است.

جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد مرزهای EnPI به پیوست ب مراجعه شود.

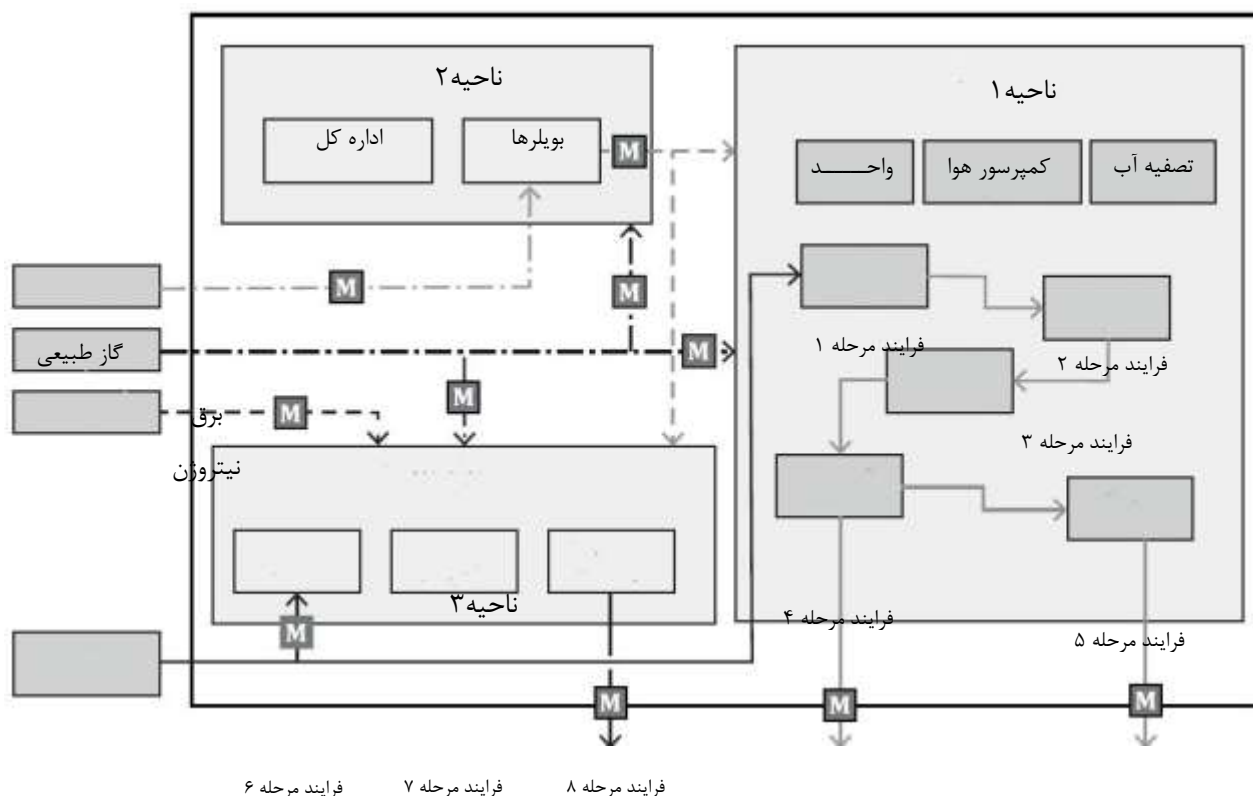
جدول ۲- سه سطح مرزبندی شاخص عملکرد انرژی

شرح و مثال‌ها	سطوح مرزبندی EnPI
مرز EnPI می‌تواند پیرامون محیط فیزیکی تسهیلات، تجهیز یا فرایندی که سازمان خواستار جداسازی و مدیریت آن است، تعیین شود. مثال ۱: کاربری انرژی تجهیزات تولید بخار جدا از سایر کاربری‌های انرژی.	انفرادی (تسهیلات/ تجهیز/ فرایند استفاده کننده انرژی)
مرز EnPI می‌تواند پیرامون فیزیکی گروهی از تسهیلات/ فرایندها/تجهیزات/ با اثرات متقابل بر یکدیگر که سازمان خواستار کنترل و بهبود آنهاست، تعیین شود. مثال ۲: تولید بخار و تجهیزات کاربری بخار مانند خشک‌کن.	سیستم
مرز EnPI می‌تواند پیرامون سازمان ضمن لحاظ مسئولیت افراد، تیم‌ها، گروه‌ها یا واحدهای کسب و کار که توسط سازمان در مدیریت انرژی مشخص شده است، تعیین شود. مثال ۳: بخار خریداری شده برای یک کارخانه/کارخانجات یا یک بخش از سازمان خریدار.	سازمانی

۴-۵ تعریف و کمی‌سازی جریان‌های انرژی

سازمان بهتر است جریان انرژی را در سراسر مرز شناسایی کند. سازمان می‌تواند از یک نمودار (به عنوان مثال به شکل ۲ مراجعه شود) برای تعیین اطلاعات انرژی مورد نیاز برای ایجاد EnPI استفاده کند. نمودار، جریان انرژی را در داخل و در سراسر مرزهای EnPI نشان می‌دهد. آن‌ها همچنین می‌توانند شامل اطلاعات تکمیلی مانند نقاط اندازه‌گیری و جریان‌های محصول باشند که برای تحلیل انرژی و ایجاد EnPIs مهم هستند.

بهتر است سازمان، جریان انرژی را در هر مرز EnPI اندازه‌گیری کند. این مورد شامل انرژی تحویل داده شده و تولید شده در محل می‌شود. بهتر است به انرژی که از مرز EnPI می‌گذرد و ذخیره می‌شود در نظر گرفته شود.



مواد خام

محصول ۱

محصول ۲

محصول ۳

راهنما:

M اندازه گیری

شکل ۲ - نمودار جریان انرژی، مواد خام و محصول

۵-۵ تعریف و کمی سازی متغیرهای مرتبط با عملکرد انرژی

بهتر است، سازمان ها متغیرهای مرتبط را برای هر مرز EnPI تعیین کنند. مانند:

الف- استفاده بیشتر از برق برای تولید برخی محصولات در مقایسه با سایر محصولات؛ بهتر است، سازمان ترکیب محصول را به عنوان یک متغیر مرتبط در نظر بگیرد.

ب- استفاده بیشتر از گاز طبیعی در فصل زمستان؛ بهتر است، سازمان روز درجه گرمایش HDD را به عنوان متغیر مرتبط در نظر بگیرد.

بهتر است، عاملی که بر میزان مصرف انرژی تأثیر می گذارد، به عنوان متغیر مرتبط در نظر گرفته شود.

جدول ۳ ملاحظات را نشان می دهد که برای شناسایی متغیرها استفاده می شود.

جدول ۳ - ملاحظات مورد استفاده برای شناسایی متغیرها

جنبه‌ها	توضیحات
ورودی‌ها	متغیرهای ورودی بر اساس کیفیت و/یا کمیت ورودی‌ها که وارد مرز می‌شوند (به عنوان مثال شیر وارد فرایند پاستوریزه می‌شود).
فرایندها	متغیرهای فرایندی به فعالیت‌های درون مرز وابسته‌اند. یک مثال می‌تواند دماهای مختلف فرایند و زمان‌های توقف مورد نیاز برای تکمیل مراحل فرایند باشد. در یک ساختمان، یک متغیر مرتبط فرایندی می‌تواند ساکنین باشند.
خروجی‌ها	متغیرهای خروجی، پارامترهای خروجی هستند که از مرز خارج می‌شوند. در یک فرایند تولید، یک متغیر خروجی می‌تواند مقدار محصول تولید شده باشد.
محیط	متغیرهای محیطی بر اساس محیط خارجی هستند (مثلاً HDD، روز درجه سرمایش CDD، رطوبت نسبی).

متغیرها، ممکن است مستقیماً اندازه‌گیری شوند یا از اندازه‌گیری‌ها استخراج شوند (مثلاً تولید، مستقیماً اندازه‌گیری می‌شود در حالی که HDD از اندازه‌گیری دمای محیط بیرون و دمای پایه حاصل می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط سازمان می‌تواند متغیرهای مرتبط را نشان دهد. روشی برای تعیین اینکه کدام متغیرها مرتبط هستند، در پیوست ت شرح داده شده است. اگر تعیین متغیرهای مرتبط در یک مرز انتخابی دشوار باشد، می‌توان مرز را تصحیح کرد (از جمله تقسیم کردن به مرزهای کوچکتر).

۵-۶ گردآوری داده‌ها

۵-۶-۱ جمع‌آوری داده‌ها

بهتر است، سازمان داده‌های مربوط به مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط را برای هر EnPI مشخص و جمع‌آوری کند. همچنین دسترسی به داده‌های جمع‌آوری‌شده، زمان‌بندی جمع‌آوری، فرایند جمع‌آوری و ذخیره‌سازی، و هرگونه شفاف‌سازی یا دست‌کاری داده‌ها قبل از تجزیه و تحلیل را طرح‌ریزی کند.

ممکن است سازمان متوجه شود که برخی از EnPIs که قبلاً شناسایی شده بودند، به دلیل محدودیت‌های داده یا سایر موانع، قابل اندازه‌گیری نیستند. در چنین مواردی، سازمان بهتر است EnPIs را ارزیابی و در نتیجه تجدیدنظر کند، یا کنتورهای بیشتر، اندازه‌گیری یا روش‌های مدل‌سازی را استفاده کند.

اگر هزینه نصب کنتورها، کنتورهای فرعی و/یا حسگرهای جدید برای جمع‌آوری داده‌ها در مورد متغیرهای مورد نیاز با بهبود عملکرد انرژی آن توجیه شود، بهتر است سازمان چنین اندازه‌گیری را در طرح‌های جمع‌آوری داده‌های خود مشخص کند.

در مواردی که داده‌های دقیق‌تری برای مصرف انرژی در دسترس نباشد، می‌توان از قبوض انرژی استفاده کرد.

بهتر است، تغییر در دوره صورتحساب بین قبوض در نظر گرفته شود.

جدول ۴ نمونه‌هایی از چالش‌ها در جمع‌آوری داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۴ - چالش‌های جمع‌آوری داده‌های انرژی

سناریوها	توضیحات و نمونه
کمبود جزئیات داده‌های اندازه‌گیری شده از تامین‌کنندگان انرژی	هنگامی که یک سازمان جزئیات داده‌های اندازه‌گیری شده از تامین‌کنندگان انرژی ندارد، ممکن است گزینه‌های بیشتری را برای اندازه‌گیری‌های ارائه شده توسط خودشان یا از طریق تامین‌کننده انرژی خود در نظر بگیرند.
کمبود داده‌های متغیرهای مرتبط	هنگامی که یک سازمان داده‌ای برای برخی از تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی بر ندارد، ممکن است ابزارهای اندازه‌گیری را برای به دست آوردن این داده‌ها اضافه کند یا از منابع بیرونی مانند داده‌های رسمی آب و هوا استفاده کند. یک متغیر جایگزین می‌تواند برای متغیرهای مرتبطی که داده‌های آن مستقیماً در دسترس نیستند، استفاده شود (مثلاً مصرف برق که نشان دهنده استفاده از آسانسور به عنوان متغیر جایگزین برای ساکنین ساختمان است).

۵-۶-۲ کیفیت داده‌ها

بهتر است کیفیت، دقت و صحت داده‌های جمع‌آوری شده برای محاسبه EnPIs در نظر گرفته شود تا نتایج محاسبه شده معنادار باشد. قبل از محاسبه EnPIs و EnBs مربوط به آن‌ها، سازمان بهتر است مجموعه مصرف انرژی اندازه‌گیری شده و متغیرهای مرتبط را برای تعیین کیفیت داده بازنگری کند.

اطمینان از کیفیت و کامل بودن داده‌های مورد استفاده، می‌تواند به افزایش اعتبار مقدار EnPIs تعیین شده کمک کند و اطمینان حاصل کند که آن‌ها نیازهای سازمان را برآورده می‌کنند. عواملی که در تعیین کیفیت مناسب داده‌ها بهتر است در نظر گرفته شوند، ممکن است شامل موارد زیر باشند:

- روش جمع‌آوری، یعنی دستی یا خودکار؛
- منبع داده‌ها، به عنوان مثال داده‌های ایستگاه هواشناسی شخص ثالث؛
- فراوانی جمع‌آوری داده‌ها، یعنی شامل تمام شیفت‌ها، ساعتی، روزانه، ماهانه، ساعات کاری و فصول.
- صحت کنتورها و تجهیزات اندازه‌گیری؛
- دقت (عدم قطعیت اندازه‌گیری در مورد سوگیری^۱، خطی بودن، تفکیک‌پذیری و غیره)؛
- تکرارپذیری داده‌ها از منبع داده؛

- صحنه‌گذاری داده‌ها.

۵-۶-۳ اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌ها را می‌توان به طور پیوسته (به عنوان مثال با استفاده از داده‌های یک سیستم کنترل نظارتی و اکتساب داده یا یک سیستم جمع‌آوری و مدیریت داده)، به صورت موقت (مانند استفاده از ثبت‌کننده‌های داده) یا به صورت نقطه‌ای (مانند استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری سیار/قابل حمل) انجام داد. اگر اندازه‌گیری پیوسته امکان‌پذیر نباشد، بهتر است، سازمان اطمینان حاصل کند که اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای یا موقت در دوره‌هایی انجام می‌شوند که معرف شرایط عملیاتی معمول هستند (به زیربند ۵-۶-۲ مراجعه شود).

مصرف انرژی ممکن است با استفاده از کنتورهای دائمی یا کنتورهای فرعی یا اندازه‌گیری موقت تعیین شود یا با روش‌های دیگری مانند محاسبات مهندسی یا مدل‌سازی تخمین زده شود. در صورت امکان، بهتر است کنتورهای دائمی برای اندازه‌گیری نصب شود. ممکن است از کنتورهای موقت در حین ممیزی انرژی یا در مواردی که نیازی به اندازه‌گیری مداوم نیست، استفاده شود. بهتر است، سازمان از دقت و تکرارپذیری تجهیزات اندازه‌گیری آگاه باشد و اهمیت نسبی تصمیمات اتخاذ شده در نتیجه داده‌های جمع‌آوری شده از این ابزار اندازه‌گیری را در نظر بگیرد.

در بسیاری از موارد، مقدار انرژی مصرف شده را فقط می‌توان به طور غیر مستقیم اندازه‌گیری کرد. این می‌تواند نیاز به اندازه‌گیری جریان، حجم یا جرم سوخت عرضه شده داشته باشد و می‌تواند با عواملی مانند ترکیبات، دمای بیرون، فشار و عوامل دیگر متفاوت باشد. ضرایب یا عوامل معمولاً برای اندازه‌گیری جریان واقعی گاز یا سوخت مایع برای محاسبه مقدار انرژی موجود در سوخت اعمال می‌شوند. این‌ها بهتر است بر اساس منابع قابل تصدیق باشند.

۵-۶-۴ تناوب جمع‌آوری داده‌ها

بهتر است، دوره و تناوب جمع‌آوری داده‌ها برای ثبت طیفی از شرایط عملیاتی و ارائه تعداد کافی از نقاط داده برای تجزیه و تحلیل، کافی باشد. بهتر است، سازمان یک تناوب جمع‌آوری داده مناسب (به عنوان مثال ساعتی، روزانه، هفتگی) را برای مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط موجود در هر EnPI و EnB مربوطه انتخاب کند.

یادآوری - تناوب جمع‌آوری داده‌ها معمولاً به دسترسی داده‌ها وابسته است (مانند صورت‌حساب‌های ماهانه انرژی).

تناوب جمع‌آوری داده‌ها ممکن است بسیار بیشتر از تناوب گزارش‌دهی به منظور اندازه‌گیری و درک تأثیر متغیرهای مرتبط بر عملکرد انرژی باشد. به عنوان مثال، جمع‌آوری داده‌های ساعتی، روزانه یا هفتگی می‌تواند در سطح عملیاتی برای رسیدگی به انحرافات قابل‌توجه، مورد نیاز باشد. چنین مصارف انرژی و متغیرهای مرتبطی بهتر است برای بازنگری دوره‌ای جمع‌آوری شوند (به عنوان مثال بررسی‌های ماهانه در سطح سازمانی).

برای تجزیه و تحلیل آماری، لازم است که مصرف انرژی و داده‌های متغیر مرتبط دارای فواصل زمانی یکسان باشند.

حتی اگر دوره جمع‌آوری داده‌ها یکسان باشد (به عنوان مثال ماهانه)، دوره‌های داده برای انرژی و متغیرهای مرتبط می‌توانند متفاوت باشند. در چنین مواردی، دوره‌های داده بهتر است به گونه‌ای تصحیح شوند که دوره داده برای انرژی و دوره داده‌های متغیر مرتبط هماهنگ باشند.

مثال: مصرف انرژی در روز بیستم هر ماه اندازه‌گیری می‌شود و به عنوان قبض انرژی ارائه می‌شود. متغیر مرتبط (تولید) در پایان هر ماه اندازه‌گیری می‌شود. این سازمان تصمیم می‌گیرد زمان اندازه‌گیری را به روز بیستم هر ماه یکسان کند و داده‌های تولید را تخمین بزند.

۵-۶-۵ شناسایی و تجزیه و تحلیل نقاط پرت

اندازه‌گیری ناقص، جمع‌آوری داده‌های ناقص یا شرایط عملیاتی غیرعادی، می‌تواند نقاط پرت قابل توجهی ایجاد کند. قبل از کنار گذاشتن موارد پرت، بهتر است بررسی‌هایی انجام شود تا مشخص شود آیا دلیل موجهی برای آن وجود دارد یا خیر. اگر برخی از نقاط پرت حذف شوند، بهتر است مراقب بود که این امر باعث ایجاد خطا در مقدار $EnPI$ یا EnB متناظر آن نشود.

مثال: تعطیلی سالانه نیروگاه می‌تواند منجر به تغییر قابل توجهی در مصرف انرژی شود.

نقاط پرت ممکن است با روش‌های مناسب (مانند نمودار پراکندگی، خط برازش) شناسایی شوند. نقاط داده بیش از (بزرگتر از) تعداد از پیش تعیین شده انحرافات استاندارد از مقدار مورد انتظار، خط برازش یا تابع، ممکن است نقاط پرت باشد

۶ تعیین $EnPIs$

۶-۱ کلیات

هنگام انتخاب $EnPIs$ مناسب، اثرات متغیرهای مرتبط و نیاز کاربران به اطلاعات، عوامل کلیدی هستند که لازم است در نظر گرفته شوند.

در صورت امکان، توصیه می‌شود سازمان‌ها $EnPIs$ را شامل حداقل یک $EnPI$ برای هر SEU تعیین کنند. انواع دیگری از شاخص‌ها وجود دارند که از آن‌ها برای پایش سایر بخش‌های سیستم مدیریت انرژی که توسط سازمان تعریف شده است (مانند کنترل $SEUs$ ، افزایش آگاهی کارکنان از انرژی، الگوبرداری تجهیزات یا فرایندها) استفاده می‌شوند.

بهتر است در استفاده از این شاخص‌ها به عنوان $EnPI$ دقت شود، زیرا همیشه عملکرد انرژی را به درستی پایش نمی‌کند یا به طور مناسب اندازه‌گیری‌های مربوط به بهبود عملکرد انرژی را نشان نمی‌دهند.

هنگام انتخاب $EnPIs$ ، بهتر است سازمان قابلیت‌های اندازه‌گیری و پایش خود را در ارتباط با مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط در نظر بگیرد.

جهت کسب اطلاعات تکمیلی در مورد انتخاب EnPIs به پیوست پ مراجعه شود. هنگامی که اهداف کلان سازمان شامل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است، بهتر است از شاخص‌های بیشتری با در نظر گرفتن ضریب انتشار CO₂ استفاده شود. برای اطلاعات بیشتر به پیوست چ مراجعه کنید.

EnPIs را می‌توان برای اهداف مختلفی استفاده کرد، از جمله:

-درک عملکرد انرژی تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی بر؛

-انتقال اطلاعات و درگیر کردن سازمان در مسائل مربوط به عملکرد انرژی؛

-روند پیشرفت برای دستیابی به اهداف خرد انرژی؛

-مدیریت و کنترل SEUs؛

-پایش و اندازه‌گیری عملکرد انرژی؛

-ارزیابی و اثبات بهبود مستمر عملکرد انرژی.

مقادیر EnPI می‌تواند از طریق اندازه‌گیری‌ها یا محاسبات به دست آید.

۲-۶ بیان EnPIs

۱-۲-۶ مدل آماری

۱-۱-۲-۶ کلیات

سازمان بهتر است مصرف انرژی یا کارایی انرژی خود را با استفاده از یک مدل انرژی مناسب بهنجارسازی کند (به بند ۸ مراجعه شود). یک مدل انرژی می‌تواند برای محاسبه مصرف انرژی مورد انتظار یا کارایی انرژی مورد انتظار استفاده شود.

۲-۱-۲-۶ یک متغیر مرتبط

۱-۲-۱-۲-۶ کلیات

در مواردی که تنها یک متغیر مرتبط وجود دارد، می‌توان از وایازش خطی ساده یا مدل انرژی وایازش غیرخطی برای مصرف انرژی یا کارایی انرژی استفاده کرد.

مدل انرژی وایازش خطی ساده برای مصرف انرژی را می‌توان با فرمول (۱) بیان کرد:

$$Y = mx + C \quad (1)$$

که در آن:

Y مصرف انرژی؛

m مصرف انرژی به ازای واحد متغیر مرتبط؛

x مقدار متغیر مرتبط؛

C مصرف انرژی بار پایه است که به متغیر مرتبط وابسته نیست.

موارد خاص از مدل انرژی وایزش خطی در زیربندهای ۲-۲-۱-۲-۶ و ۳-۲-۱-۲-۶ شرح داده شده است.

۲-۲-۱-۲-۶ مقدار ساده

در مورد خاصی که $m = 0$ باشد، مدل انرژی را می‌توان با فرمول (۲) بیان کرد:

$$Y = C_E \quad (2)$$

که در آن:

Y : مصرف انرژی؛

C_E : مصرف انرژی ثابت است.

یک مقدار ساده را در جایی می‌توان به عنوان EnPI استفاده کرد که در آن هیچ متغیر مرتبطی وجود نداشته باشد که بر مصرف انرژی تأثیر بگذارد. با مشاهده روند مصرف انرژی در طول زمان می‌توان مشخص کرد که آیا یک مقدار ساده مناسب است یا نه. این بدان معناست که مصرف انرژی روزانه، هفتگی یا ماهانه در محدوده قابل قبولی که توسط سازمان تعیین شده است، متفاوت باشد. اگر Y ثابت نباشد، یا در محدوده قابل قبولی که سازمان ایجاد کرده است، نباشد، نشان می‌دهد که متغیرهای مرتبط وجود دارد و بهنجارسازی لازم است.

۳-۲-۱-۲-۶ نسبت

در مورد خاص که $c = 0$ باشد، مدل انرژی را می‌توان با فرمول (۳) بیان کرد:

$$Y = mx \quad (3)$$

که در آن:

Y مصرف انرژی؛

m مصرف انرژی به ازای واحد متغیر مرتبط؛

x مقدار متغیر مرتبط است.

در این مورد خاص که بار پایه صفر است، نسبت مصرف انرژی به ازای واحد متغیر مرتبط (m)، یک مدل انرژی مناسب را ارائه می‌دهد. این شاخص معمولاً به عنوان مصرف انرژی ویژه (SEC) شناخته می‌شود. زمانی می‌توان از نسبت، به عنوان EnPI استفاده کرد که فقط یک متغیر مرتبط بر مصرف انرژی تأثیرگذار وجود داشته باشد و مصرف انرژی بار پایه وجود نداشته باشد.

۳-۱-۲-۶ متغیرهای مرتبط چندگانه

در مواردی که بیش از یک متغیر مرتبط وجود دارد، می‌توان از وایازش خطی چندگانه یا مدل انرژی وایازش چند متغیره استفاده کرد. مدل انرژی وایازش خطی چند متغیره برای مصرف انرژی را می‌توان با فرمول (۴) بیان کرد:

$$Y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n + c \quad (۴)$$

که در آن:

Y مصرف انرژی؛

m_1 و m_2 و ... و m_n مصرف انرژی به ازای واحد متغیرهای مرتبط؛

x_1 و x_2 و ... و x_n متغیرهای مرتبط و،

c مقدار ثابت است.

در عمل، یک مدل انرژی با چندین متغیر مرتبط رایج‌ترین حالت است.

۲-۲-۶ مدل‌های تجمیعی

یک مدل انرژی تجمیعی را می‌توان با ترکیب مدل‌های انرژی مختلف محاسبه کرد.

مدل‌های مبتنی بر شرایط نیز مدل‌های تجمیعی هستند. در این مورد، مدل‌های انرژی مختلف در دو طرف مقدار آستانه^۱ (N) یک متغیر مرتبط اعمال می‌شوند. یک مدل مبتنی بر شرایط را می‌توان با فرمول‌های (۵) و (۶) بیان کرد:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ - - if } x_i > N \quad (5)$$

$$Y = g(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ - - if } x_i \leq N \quad (6)$$

که در آن:

Y مصرف انرژی؛

f مدل انرژی با در نظر گرفتن متغیرهای مرتبط است زمانی که متغیر مرتبط x_i بالاتر از مقدار آستانه (N) باشد؛

g مدل انرژی با در نظر گرفتن متغیرهای مرتبط است زمانی که متغیر مرتبط x_i پایین تر یا در مقدار آستانه (N) باشد؛

x_1 و x_2 و ... و x_n متغیرهای مرتبط هستند.

مثال: وضعیت یک کارخانه نه تنها شامل «در شرایط عملیاتی»، بلکه «بار جزئی» و «آماده به کار» نیز می‌شود. در صورتی که نتوان آن را به صورت غیر معمول در نظر گرفت، یک مدل شرطی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲-۶ مدل مهندسی

مدل‌های مهندسی اغلب با قوانین فیزیکی یا تجربی بیان می‌شوند (به عنوان مثال معادله مربوط به مقاومت سیال و سرعت جریان به مصرف برق پمپ).

مدل‌های مهندسی را می‌توان برای شبیه‌سازی کالیبره شده به منظور ارزیابی عملکرد انرژی تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی بر ساده و پیچیده استفاده کرد.

یادآوری- شبیه‌سازی کالیبره شده، شبیه‌سازی است که پارامترهای مدل انرژی را طوری تصحیح می‌کند که مصرف انرژی واقعی و نتیجه شبیه‌سازی (مصرف انرژی مورد انتظار) معادل باشند.

سازمان می‌تواند از مدل‌های مهندسی موجود (به عنوان مثال برای ساختمان‌ها) استفاده کند. با این حال، ایجاد یک مدل مهندسی ممکن است به تخصص خاصی نیاز داشته باشد.

۷ ایجاد EnBs

۱-۷ مفهوم EnB

EnB برای مقایسه عملکرد انرژی استفاده می‌شود. مقایسه برای پایش عملکرد انرژی و اثبات بهبود عملکرد انرژی است.

برای ایجاد EnB بهتر است مراحل زیر انجام شود:

- تعیین هدف مشخصی که در آن EnB استفاده خواهد شد؛
- تعیین یک دوره مناسب داده ؛
- جمع‌آوری داده‌ها؛
- تجزیه و تحلیل داده‌ها برای ایجاد یک روش بهنجارسازی (در صورت وجود)؛
- تعیین و ارزیابی EnB.

۷-۲ تعیین دوره خط‌مبنا

هنگام ایجاد EnBs، بهتر است سازمان با در نظر گرفتن اهداف کلان و خرد انرژی و ماهیت عملیات خود، یک دوره مناسب را تعیین کند. دوره خط‌مبنا بهتر است به اندازه کافی طولانی باشد تا اطمینان حاصل شود که تغییر در الگوهای عملیاتی برای EnPI و EnB (تولید فصلی، الگوهای آب و هوا و غیره) در نظر گرفته می‌شود.

تناوب داده‌ها که سازمان آن‌ها را به دست می‌آورد، می‌تواند در تعیین دوره خط‌مبنای مناسب مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۵ دوره‌های متداول خط‌مبنا را نشان می‌دهد که بهتر است در نظر گرفته شوند.

اگر سازمانی بخواهد هر روز EnPIs را پایش کند، حتی در جایی که دوره خط مبنا یک سال است، داده‌های روزانه برای EnB مورد نیاز است. در این مورد، EnB برای یک سال داده روزانه تنظیم می‌شود.

جدول ۵ - دوره‌های متداول خط مبنا که بهتر است در نظر گرفته شوند

دوره‌های متداول	توضیحات و نمونه
یک سال	رایج‌ترین دوره EnB یک سال است. این دوره می‌تواند طیف کاملی از شرایط آب و هوایی یا چرخه‌های عملیاتی کسب و کار را در بر بگیرد.
کمتر از یک سال	زمانی که مصرف انرژی فصلی است (مثلاً کارخانه کنسروسازی سبزیجات، پیست اسکی) ممکن است از دوره کوتاه‌تری استفاده شود. همچنین دوره‌های کوتاه EnB می‌تواند برای موقعیت‌هایی که در آن مقادیر کمی داده‌های قبلی به صورت کافی، قابل اعتماد، مناسب یا قابل دسترس وجود ندارد، ضروری باشد.
بیشتر از یک سال	فصلی بودن و روندهای کسب و کار می‌توانند برای ایجاد یک EnB بهینه چند ساله ترکیب شوند (به عنوان مثال، یک کارخانه نوشیدنی سازی خواستار بررسی عملکرد انرژی صرفاً در طول دوره خرد کردن و فراوری برای هر سال، ولی در طول چندین سال است).

۸ بهنجارسازی^۱

۸-۱ مفهوم بهنجارسازی

در طول بهره‌برداری از تسهیلات، تجهیزات، سیستم یا فرایند انرژی بر، متغیرهای مرتبط به طور معمول تغییر می‌کنند. در نتیجه، عملکرد انرژی، مصرف انرژی و کارایی انرژی در نوسان هستند. بهنجارسازی برای محاسبه EnB به منظور محاسبه تغییرات در متغیرهای مرتبط استفاده می‌شود.

سازمان بهتر است یک EnB برای هر EnPI با استفاده از مقادیر مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط در طول دوره خط‌مبنا ایجاد کند. اگر سازمان داده‌هایی داشته باشد که نشان دهد متغیرهای خاصی به طور قابل توجهی بر عملکرد انرژی تأثیر می‌گذارند، بهتر است EnB بهنجار شود.

سازمان بهتر است مصرف انرژی واقعی خود را در طول دوره گزارش‌دهی اندازه‌گیری کرده و آن را با مصرف انرژی مورد انتظار مقایسه کند. نمونه‌ای از نحوه پایش و اندازه‌گیری عملکرد انرژی در شکل ۱ نشان داده شده است.

بهبود عملکرد انرژی توسط سازمان با مقایسه مقدار EnPI در برابر EnB مربوطه ارزیابی می‌شود.

یک روش گام به گام در پیوست ت به عنوان راهنمایی برای انجام بهنجارسازی ارائه شده است.

یک مثال عددی از کاربرد این روش در پیوست های ت و ح آورده شده است.

۸-۲ عدم قطعیت مدل

هنگام توسعه EnPIs و EnBs، سازمان‌ها بهتر است عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها و عدم قطعیت مدل انرژی را در نظر بگیرند. برای دقت بیشتر بهتر است منابع تکمیلی در نظر گرفته شود.

سازمان‌ها بهتر است یک مدل انرژی انتخاب کنند که به مقادیر EnPI با عدم قطعیت مناسب برای هر هدف مقایسه، منجر شود. در بهره‌برداری از تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی بر، مقدار EnPI با معیارهای عملیاتی (مثلاً حد بالا و پایین) و هدف خرد انرژی مقایسه می‌شود.

۹ نگهداری EnPIs و EnBs

۹-۱ کلیات

هنگامی که تغییراتی در تسهیلات، تجهیزات، سیستم‌ها یا فرایندهای انرژی رخ دهد، کارایی انرژی، مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط مربوطه می‌توانند تحت تأثیر قرار گیرند. سازمان بهتر است اطمینان حاصل کند که بعد از تغییرات، EnPIs کنونی، EnBs و مرزهای مربوطه، در اندازه‌گیری عملکرد انرژی مناسب و موثر

1 -Normalization

هستند. اگر دیگر مناسب نیستند، سازمان بهتر است EnPIs جدید و EnBs مربوطه را بازنگری یا توسعه دهد.

چندین آزمون برای تعیین اینکه آیا EnPI و EnBs هنوز (بعد از تغییرات) مناسب یا معتبر هستند وجود دارد، از جمله:

الف- بهتر است متغیرهای مرتبط مورد استفاده برای تعیین مصرف انرژی مورد انتظار از طریق مدل انرژی، در یکی از شرایط زیر قرار گیرند:

(۱) در گستره متغیرهای مرتبط مورد استفاده در مدل؛

(۲) مقدار از پیش تعیین شده انحراف معیار از میانگین داده‌های متغیر مرتبط بیشتر نشود.

ب- تغییرات اساسی در عوامل ثابتی که می‌تواند تعیین عملکرد انرژی را در شرایط یکسان بی اعتبار کنند، شناسایی شوند.

دوره خط‌مبنا می‌تواند تجدید نظر شود (به عنوان مثال به دوره زمانی دیگری منتقل شود)، یا عملکرد انرژی می‌تواند بدون تغییر دوره خط‌مبنا، محاسبه شود.

جدول ۶ شرایطی را نشان می‌دهد که می‌تواند سازمان‌ها را ملزم به تجدیدنظر در EnPIs و EnBs مربوطه کند.

جدول ۶ - نمونه‌هایی از شرایطی که ممکن است نیاز به تجدیدنظر EnBs و EnPIs داشته باشند

تغییرات متداول	توضیحات و مثال‌ها
عوامل ثابت	اگر یک عامل ثابت (به زیر بند ۹-۲ مراجعه شود) تغییر کند، EnB مربوطه ممکن است تجدید نظر شود. در برخی موارد، ممکن است نیاز به ایجاد EnPI و EnB جدید باشد. آزمون‌های آماری ممکن است مشخص کند، که آیا سازمان بهتر است EnPI یا EnB جدیدی ایجاد کند. به عنوان مثال، این تغییرات می‌تواند شامل اضافه شدن یا متوقف شدن فرایندهای تولیدی اصلی و یا تغییرات در تعداد شیفت‌های تولید یا تغییرات اساسی در سازه و تجهیزات ساختمان باشد.
متغیرهای مرتبط	هنگامی که متغیر مرتبط به طور قابل توجهی تغییر می‌کند و به طور قابل توجهی خارج از محدوده‌ای که خط‌مبنا بر اساس آن ایجاد شده است، قرار گیرد، بهتر است یک EnPI و EnB مربوط به آن ایجاد شود.
نوع انرژی	هنگامی که یک سازمان نوع انرژی خود را تغییر می‌دهد، ممکن است نیاز داشته باشد که آنچه که دنبال می‌شود EnPIs و این که چگونه این عوامل در EnB وزن‌دهی می‌شوند را اصلاح کند.

تغییرات متداول	توضیحات و مثال‌ها
قابلیت دسترسی داده‌ها	بهبود در تجهیزات اندازه‌گیری تسهیلات و سیستم جمع‌آوری داده‌ها می‌تواند منجر به در دسترس قرار گرفتن داده‌ها با کیفیت بهتر یا آشکار شدن متغیرهای مرتبط جدید شود. این می‌تواند منجر به تجدید نظر EnPIs و EnBs شود.
تناوب داده‌ها	اگر داده‌ها در فواصل منظم‌تر یا با تناوب بیشتری جمع‌آوری شوند، می‌تواند مدیریت مؤثرتری را با EnPI و EnB جدید فراهم کند.
دوره خط مبنا	سازمان‌ها ممکن است بخواهند دوره خط‌مبنا را به‌روزرسانی کنند تا دستاوردهای به دست آمده را به روز نگه دارند و به جای دوره گذشته بر بهبود عملکرد انرژی کنونی تمرکز کنند. یک تصمیم راهبردی از چنین ماهیتی می‌تواند ضرورت به‌روزرسانی دوره خط‌مبنا به دوره قبل‌تر (مانند یک سال گذشته) را ایجاد کند تا به عنوان نقطه مرجع جدید عمل کند.
طبق یک روش از پیش تعیین شده	سازمان می‌تواند شرایطی که امکان نیاز به تجدید نظر در EnPIs و EnBs مربوطه داشته باشد را از قبل شناسایی کند. به عنوان مثال، بسیاری از سازمان‌ها، سالانه EnBs خود را به روز رسانی می‌کنند.

۹-۲ تغییرات عامل ثابت

در صورت تغییر در عوامل ثابت و اگر آن تغییر بر رابطه بین مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط تأثیر می‌گذارد، بهتر است در نظر گرفته شود.

جدول ۷ نمونه‌هایی را بیان می‌کند که تغییرات در عوامل ثابت، نیاز به تجدیدنظر در EnPIs و EnBs دارند.

جدول ۷ - تغییرات عامل ثابت که نیاز به تجدیدنظر در EnPIs و EnBs دارد

سناریوها	توضیحات و نمونه
تغییر در نوع محصول	یک کارخانه مجموعه‌ای ثابت از محصولات را تولید می‌کند. معرفی یک محصول جدید که مجموعه محصولات را تغییر می‌دهد بهتر است به عنوان یک عامل ثابت در نظر گرفته شود.
تغییر در نوبت کاری هر روز	یک کارخانه دارای تعداد ثابتی نوبت کاری تولید در روز است. اگر تعداد نوبت کاری افزایش یا کاهش یابد، بهتر است EnPIs و EnBs به روز شوند.
تغییر در فضای اشغال‌شده ساختمان	یک ساختمان تعداد ساکنین نسبتاً ثابتی دارد. اگر تعداد ساکنان به دلیل اجاره‌های جدید به طور قابل توجهی افزایش یا کاهش یابد، بهتر است EnPIs و EnBs به روز شوند.

سناریوها	توضیحات و نمونه
تغییر در سطح زیربنا	یک ساختمان دارای یک سطح زیربنای ثابت است. اگر سازمان به طور قابل توجهی ساختمان را گسترش دهد، یا بخشی از آن را بفروشد یا اجاره دهد، بهتر است EnPIs و EnBs به روز شوند.

۱۰ پایش و گزارش عملکرد انرژی و اثبات بهبود عملکرد انرژی

۱-۱۰ کلیات

عملکرد انرژی را می توان با استفاده از EnBs و EnPIs برای اهداف زیر پایش کرد:

- اطمینان از اثربخش بودن کنترل عملیات فرایندها؛
- برای اثبات بهبود عملکرد انرژی؛
- پایش پیشرفت میزان دستیابی به اهداف خرد انرژی.

بهتر است عملکرد انرژی بر اساس نیازها و نقش های کاربران، به آن ها ارائه شود.

۲-۱۰ پایش و گزارش دهی

عملکرد انرژی را می توان با مقایسه مصرف واقعی انرژی (مقدار EnPI) با مصرف انرژی مورد انتظار (EnB) به صورت ساعتی، روزانه، هفتگی یا ماهانه پایش کرد. مقایسه ماهانه می تواند در مراحل اولیه ایجاد این مفاهیم کافی باشد.

چندین ابزار و شیوه برای پایش و گزارش عملکرد انرژی بر اساس مدل انرژی مورد استفاده قرار می گیرد، از جمله:

- پایش تفاوت بین مصرف انرژی واقعی و مورد انتظار با استفاده از نمودار منحنی EnPIs (و متغیرهای مرتبط)؛
- پایش تجمعی (CUSUM) تفاوت بین مصرف انرژی واقعی و مورد انتظار با استفاده از نمودار منحنی.
- مقایسه تفاوت بین مصرف انرژی واقعی و مورد انتظار با یک هدف خرد انرژی (هدف خرد انرژی را می توان به عنوان درصد کاهش یافته مصرف انرژی مورد انتظار، محاسبه کرد).
- پایش مصرف انرژی و تولید با استفاده از نمودار پراکندگی.

در هر مورد، اطلاعات را می توان به صورت گرافیکی یا در جداول نمایش داد.

فرایند پایش عملکرد انرژی با استفاده از EnPIs، معمول است. اگر نتیجه غیرمنتظره ای مشاهده شد، بهتر است علت آن با استفاده از موارد زیر بررسی شود:

- بررسی کنترل عملیات تجهیزات/سیستم ها برای تعیین علت انحراف؛

- اگر انحراف باعث مصرف بیش از حد مجاز انرژی می‌شود، انجام اقدام اصلاحی برای جلوگیری از تکرار انحراف؛
 - اگر انحراف در نتیجه غیرمنتظره مصرف، کم باشد، تعیین علت و تلاش برای لحاظ این اقدام در عملیات معمول؛
 - اطمینان از صحت داده‌ها؛
 - در نظر گرفتن تغییر در یک عامل ثابت.
- نتایج پایش EnPI می‌تواند به صورت خلاصه یا جزئی گزارش شود.

۳-۱۰ اثبات بهبود عملکرد انرژی

سازمان‌ها می‌توانند نیاز داشته باشند که بهبود عملکرد انرژی را اثبات کنند. بهبود عملکرد انرژی بهتر است با مقایسه مقادیر EnPI در برابر EnB مربوطه ارزیابی شود. این موضوع را می‌توان در سطح تسهیلات، سطح SEUs، سطح فرایند و غیره انجام داد. جدول ۸ برخی از رویکردهای متداول برای پایش و گزارش بهبود عملکرد انرژی را نشان می‌دهد.

جدول ۸ - پایش، گزارش‌دهی و اثبات بهبود عملکرد انرژی

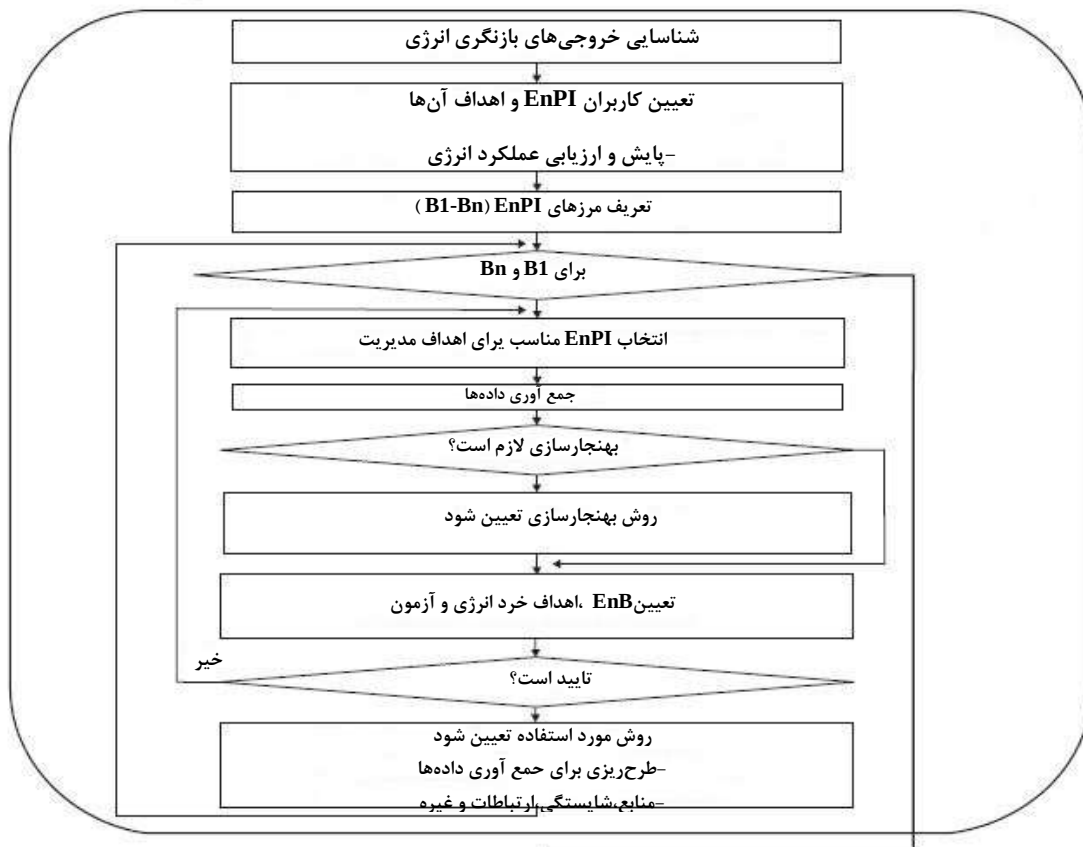
روش	توضیحات و نمونه	فرمول
اختلاف	اختلاف بین مقدار EnPI در دوره گزارش‌دهی (R) و EnB (B). جمع تجمعی R - B یک شیوه مفید برای پایش و برای اثبات بهبود است.	$R - B$
درصد تغییر	اختلاف بین مقدار EnPI در دوره گزارش‌دهی (R) و EnB (B) که به صورت درصدی از EnB بیان می‌شود.	$[(R - B)/B] \times 100$
نسبت	نسبت مقدار EnPI (R) در دوره گزارش‌دهی به EnB (B).	(R/B)
شاخص	نسبت مقدار EnPI (R) در دوره گزارش‌دهی به EnB (B)، که بر حسب درصد بیان می‌شود.	$(R/B) \times 100$

پیوست الف

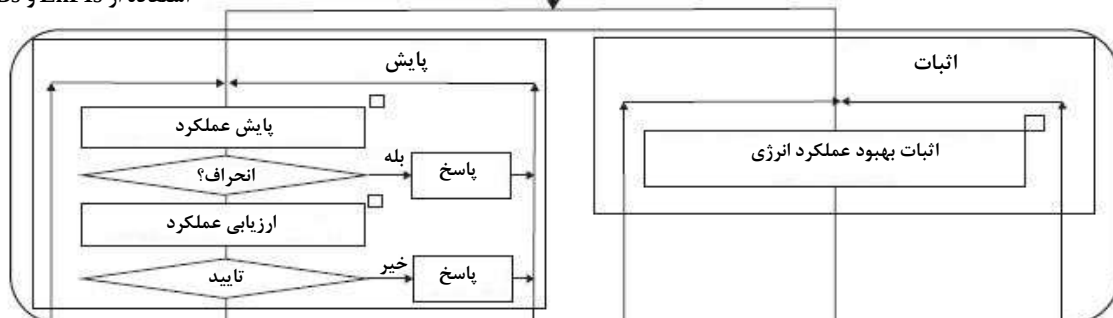
(آگاهی‌دهنده)

فرایند طرح‌ریزی EnB و EnPI

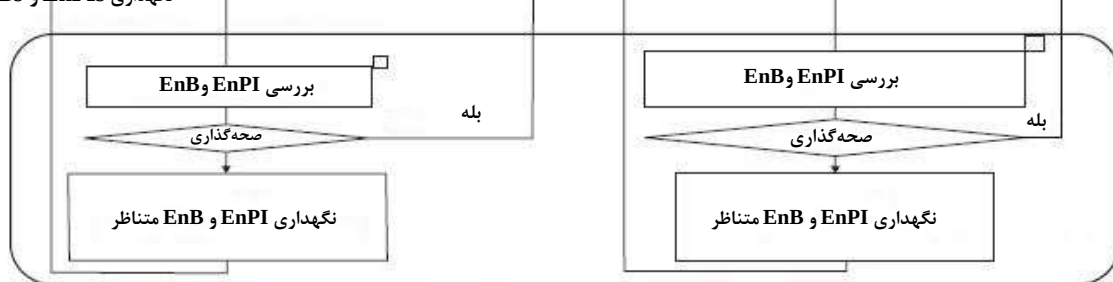
ایجاد EnBs و EnPIs



استفاده از EnBs و EnPIs



نگهداری EnBs و EnPIs

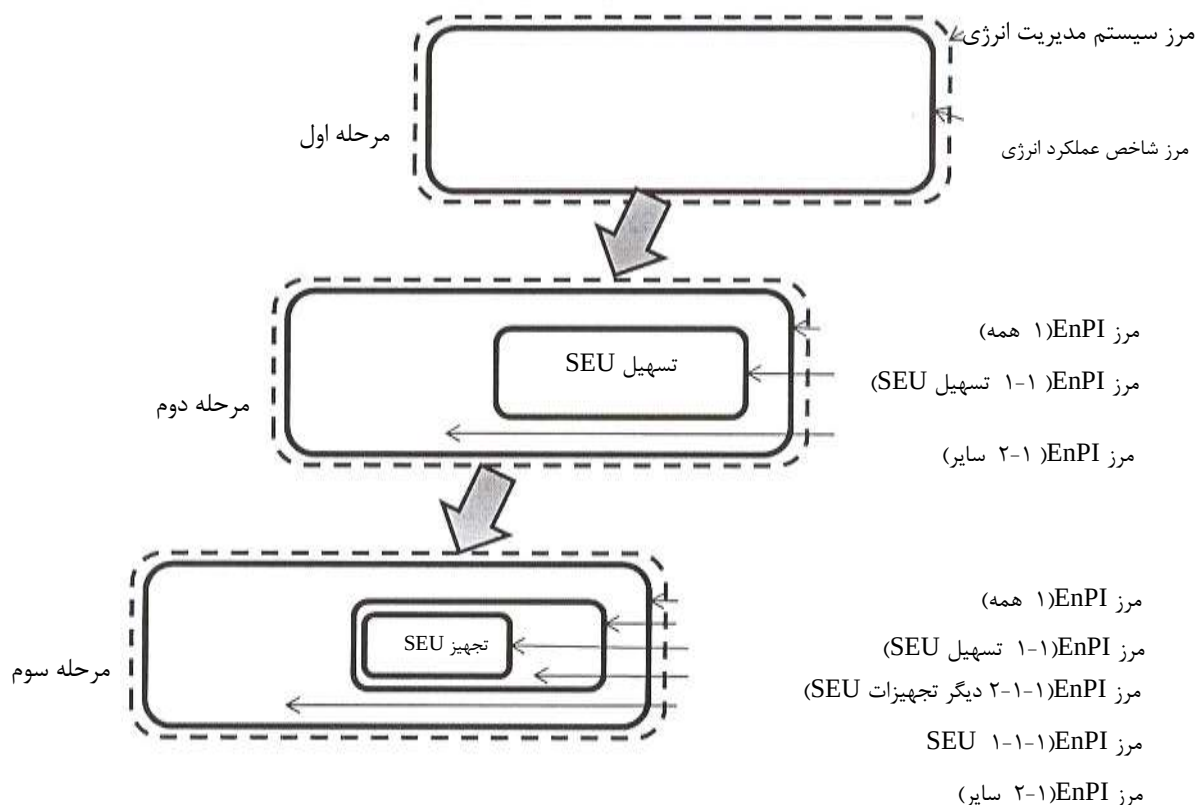


پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

نمونه‌هایی از مرزهای EnPI

در طول فرایند اندازه‌گیری، پایش، تجزیه و تحلیل و ارزیابی عملکرد انرژی و اثبات بهبود عملکرد انرژی، یافتن ناکارآمدترین بخش در سیستم تولید، مهم است. مرز EnPI می‌تواند به طور موثر برای تمرکز بر روی این قسمت با کوچک کردن مرز، استفاده شود. به عنوان اولین گام، کل سازمان مرز EnPI است. در چنین مواردی، بهتر است مرز هدف به چندین مرز EnPI تفکیک شود. به عنوان گام‌های بعدی، مرزهای EnPI بهتر است به سطح SEUs برای شناسایی مناطقی که در آن عملکرد انرژی می‌تواند بهبود یابد، محدود شود. شکل ب-۱ فرایند تفکیک مرزی EnPI را نشان می‌دهد.



شکل ب-۱- فرایند تفکیک مرزبندی EnPI

بهتر است، سازمان‌ها هنگام تفکیک مرزهای EnPI، موارد زیر را در نظر بگیرند:

الف- بهتر است، تعداد بخش‌ها حداقل شود؛

ب- توصیه می‌شود که مرز در ابتدا به دو بخش از جمله SEU و سایر بخش‌ها تفکیک شود؛

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

ت- بهتر است، تسهیلات بر اساس فرایند، به چندین بخش تقسیم شود (مانند تسهیلات تولیدی برای محصول الف، تسهیلات تولیدی برای محصول ب و تاسیسات)؛

ث- بهتر است، EnBs برای هر حالت عملیاتی از مرز EnPI مربوطه، ایجاد گردد.

حالت عملیاتی به مواردی چون 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 EnB را ایجاد نمایند: تحت شرایط تولید و تحت شرایط عدم تولید.

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

نمونه‌هایی از شاخص‌های عملکرد انرژی

جدول پ-۱ توضیحاتی در مورد بیان EnPIs و همچنین نمونه‌هایی از کاربردهای آن‌ها ارائه می‌دهد. این بخش، روش‌های مختلف محاسبه EnPI و همچنین زمانی که یک سازمان بهتر است هر روش را انتخاب کند، توضیح می‌دهد. توصیه می‌شود، همه روش‌ها به طور منظم نگهداری شوند تا از نتایج معتبر، اطمینان حاصل شود.

جدول پ-۱ توصیف شاخص‌های عملکرد انرژی-کاربردها و مثال‌ها

طبقه‌بندی‌ها	مناسب برای	مثال‌هایی از شاخص‌های عملکرد انرژی و کاربردهای آن	مشاهدات
بدون متغیر مرتبط (مقدار ساده، به زیر بند ۲-۶-۱-۲-۲ مراجعه شود)	- اندازه‌گیری کاهش مصرف مطلق انرژی؛ - برآوردن الزامات قانونی بر اساس صرفه‌جویی مطلق؛ - درک روند مصرف انرژی؛ - پایش و تعیین بهبود عملکرد انرژی در مواردی که هیچ متغیر مرتبطی وجود ندارد که بر مصرف تأثیر بگذارد؛ - مقدار انرژی به عنوان یک EnPI اصلی برای درک کاربری انرژی واقعی و محاسبه سایر EnPIs.	EnPIs: - مصرف انرژی (کیلووات ساعت، GJ)؛ - مصرف برق برای روشنایی (کیلووات ساعت)؛ - مصرف سوخت برای دیگ بخار (GJ).	- اثرات متغیرهای مرتبط را مدنظر قرار نمی‌دهد و در بیشتر کاربردها به نتایج گمراه‌کننده می‌انجامد؛ - می‌تواند از یک کنتور/قبض به دست آید.
یک متغیر مرتبط وجود داشته باشد (نسبت، به زیربند ۲-۶-۱-۲-۳ مراجعه شود)	- بیان کارایی انرژی یک بخش از تجهیزات یا یک سیستم، به‌ویژه در شرایط استاندارد یا معادل؛ - پایش کارایی انرژی سیستم‌هایی که تنها دارای یک متغیر مرتبط و بدون بار پایه هستند؛ - برآورده کردن الزامات قانونی بر اساس کارایی انرژی.	EnPIs: - کیلووات ساعت بر تن تولید؛ - گیگاژول بر واحد محصول؛ - لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر.	- در مواردی که یک متغیر مرتبط وجود دارد و بار پایه وجود ندارد، می‌تواند مناسب باشد و در موارد دیگر گمراه‌کننده است؛ - برای نشان دادن بهبود عملکرد انرژی از نوع مدل مقدار ساده، بهتر است از محاسبه مقدار EnPI از نوع SEC اجتناب شود، مگر اینکه برای الزامات قانونی یا سایر الزامات نیاز باشد. در مواردی که SECها الزام هستند، استفاده از فرض‌های اصولی هنگام گزارش این مقادیر، اقدام مناسبی است؛

			- برای تأیید اینکه بار پایه‌ای وجود ندارد و سایر متغیرهای مرتبط وجود ندارند، آزمون‌های آماری می‌تواند مورد نیاز باشد.
مدل آماری	- سیستم با یک یا چند متغیر مرتبط و مصرف انرژی بار پایه قابل توجه؛ - در سطح سیستمی و سازمانی؛ - تعیین بهبود عملکرد انرژی در محدوده متغیر مرتبط در طول دوره خط مبنا؛ - ارزیابی فرصت‌های بالقوه بهبود عملکرد انرژی، به عنوان مثال. با ارزیابی حالت‌های مختلف عملکرد تجهیزات یا فرایندها؛ - تصدیق صرفه‌جویی در انرژی از یک فرصت بهبود عملکرد انرژی اجرا شده.	EnPI: - مدل‌سازی انرژی؛ کاربردهای آن: - مدل عملکرد انرژی یک تسهیلات تولیدی با یک یا چند نوع محصول؛ - مدل عملکرد انرژی یک هتل با نرخ سکونت و دمای محیط متغیر؛ - مدلی بر اساس رابطه بین مصرف انرژی یک پمپ/فن و نرخ جریان.	— مدل‌های وایزش خطی با یک یا چند متغیر مرتبط معمولاً به‌عنوان بهترین روش توسط بسیاری از متخصصان هنگام پایش عملکرد انرژی و تعیین بهبود عملکرد انرژی برای یک تسهیل مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ - اگر مرز پیچیده باشد، قبل از اعمال مدل آماری، بهتر است مرز بر اساس سازمان، نوع فعالیت و غیره تفکیک شود. این مرزبندی، تعداد متغیرهای مرتبط را کاهش می‌دهد، بنابراین بررسی و نگهداری صحت مدل را آسان‌تر می‌کند.
مدل مهندسی	- تکمیل اندازه‌گیری‌های جریان انرژی، و در برخی موارد برای استفاده در نتیجه‌گیری اثربخش یا محاسبه جریان‌های انرژی از طریق متغیرهای مرتبط؛ - در مرحله طراحی برای بهینه‌سازی مفهومی عملکرد انرژی یا تخمین بهبود عملکرد انرژی برای یک اقدام بهبود عملکرد انرژی خاص (EPIA) قبل از سرمایه‌گذاری.	کاربردهای آن: - مدل‌سازی ساختمان، شامل شبیه‌سازی کالبره شده، نمونه دیگری از محاسبه مقدار EnPI از مدل‌های مهندسی است؛ - مدل یک پالایشگاه نفت؛ - مدل‌های مهندسی را می‌توان حتی اگر متغیرهای مرتبط، مستقل از یکدیگر نباشند، استفاده کرد (مانند دما و فشار).	- مدل‌های مهندسی که گاهی شبیه‌سازی می‌شوند، می‌توانند عملکرد انرژی سیستم‌ها و تسهیلات ساده یا پیچیده را به تصویر بکشند؛ - مدل‌های مهندسی می‌توانند تعداد زیادی از متغیرهای مرتبط را یکپارچه کنند و هنگامی که به درستی برای عملکرد اندازه‌گیری شده کالبره شوند، اطلاعاتی در مورد فرایند و/یا عملیات گذرای سیستم ارائه دهند؛ - اگر مدل‌های مهندسی به خوبی کالبره شوند، می‌توانند مبنای بهنجارسازی شده‌ای برای تعیین بهبود

عملکرد انرژی فراهم کنند؛ - مدل سازی مبتنی بر مهندسی همچنین می تواند برای محاسبه مستقیم تلفات یا سود انرژی استفاده شود، به عنوان مثال. تلفات اضافی بازیابی حرارتی؛ - مدل سازی مهندسی تغییرات در مرزها و عوامل ثابت در طول زمان را محاسبه می کند؛ - جزئیات مدل سازی مهندسی خارج از دامنه کاربرد این استاندارد است.	— مدل کوره قوس الکتریکی: علاوه بر اندازه گیری جریان های الکتریسیته و جریان گاز، پودر کربن به تکباره^۱ اضافه می شود تا ترکیب شیمیایی فولاد را تنظیم کند. این کربن همچنین انرژی احتراق را به تکباره اضافه می کند، و اگرچه تعداد کیسه های پودر کربن معمولاً ردیابی می شود، اما مدل فرایند اغلب برای محاسبه سهم انرژی استفاده می شود.		
--	--	--	--

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

نمونه‌ای از فرایند بهنجارسازی به صورت گام به گام

ت-۱ آمادگی برای بهنجارسازی

بهتر است، سازمان از صفحات گسترده (اکسل) یا نرم افزارهایی با قابلیت تحلیل داده‌ها برای محاسبات آماری و فرایند بهنجارسازی استفاده کند. بسته‌های تخصصی تحلیل آماری نیز می‌توانند در صورت وجود استفاده شوند. بسته به فرایندهای فیزیکی، سازمان ممکن است مدل خطی یا غیرخطی را انتخاب کند.

موارد زیر برای ارزیابی اعتبار مدل اعمال می‌شود:

- ضریب تعیین تعدیل شده (R^2) را می‌توان برای انتخاب بین مدل‌های مختلف استفاده کرد. به طور معمول، می‌توان در نظر گرفت که مقدار ضریب تعیین تعدیل شده بیشتر، مدل بهتری را نشان می‌دهد.

یادآوری- خطای استاندارد همچنین می‌تواند برای تعیین مناسب‌ترین مدل استفاده شود. خطای استاندارد کمتر نشان‌دهنده مدل بهتری است.

- برای ارزیابی اهمیت آماری کلی یک مدل وایازشی از آزمون F استفاده می‌شود. مدل وایازش زمانی از نظر آماری معنادار در نظر گرفته می‌شود که مقدار آزمون F کمتر از ۰/۱ باشد، که نشان می‌دهد حداقل یکی از متغیرهای بالقوه مرتبط مورد استفاده در مدل تأثیر «معنی‌داری» بر مصرف انرژی دارد.

- معیار P-value معمولاً برای تعیین اینکه آیا یک متغیر به طور قابل توجهی بر مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد استفاده می‌شود. مقدار P-value کمتر از مثلاً ۰/۱ یا ۰/۰۵ اغلب به عنوان معیار معناداری استفاده می‌شود. این ارقام نشان می‌دهد که ۹۰٪ یا ۹۵٪ احتمال دارد که متغیر، تأثیر نظام‌مند داشته باشد و بنابراین معنی دار باشد.

ت-۲ مرحله ۱ - جمع‌آوری داده‌ها برای دوره خط‌مبنا

متغیرهای مرتبط بالقوه بر اساس طوفان فکری یا با در نظر گرفتن متغیرهای مرتبط به ورودی‌ها، خروجی‌ها، فرایند و محیط انتخاب می‌شوند (به زیر بند ۵-۵ مراجعه شود).

با در نظر گرفتن مرز EnPI، داده‌ها برای مصرف انرژی و متغیرهای مرتبط انتخاب شده جمع‌آوری شده و برای تجزیه و تحلیل بیشتر، جدول‌بندی می‌شوند.

ت-۳ مرحله ۲ - آزمون همبستگی

هدف از مرحله ۲، که اختیاری است، به دست آوردن یک تحلیل اولیه از روابط بین داده‌های انرژی و متغیرها است.

بهتر است یک آزمون همبستگی روی همه انواع انرژی و همه متغیرهای بالقوه مرتبط، انجام شود تا مقادیر ضریب تعیین R^2 برای هر رابطه منفرد به دست آید.

یادآوری - آزمون همبستگی برای ارزیابی ارتباط بین دو یا چند متغیر استفاده می‌شود.

ت-۴ مرحله ۳ - تجزیه و تحلیل وایازش

تجزیه و تحلیل وایازش برای تعیین مقدار اثرگذاری هر متغیر مرتبط بالقوه بر مصرف انرژی انجام می‌شود. نتایج تحلیل وایازش، مورد بررسی قرار می‌گیرد تا مشخص شود کدام متغیرها مرتبط هستند.

اگر بیش از یک متغیر معیار P-value را نداشته باشد، متغیری که بالاترین P-value را دارد حذف می‌شود و تحلیل وایازش با متغیرهای باقی مانده تکرار می‌شود. نیاز است تا دلیل حذف یک متغیر از لحاظ فنی درک شود. این مورد می‌تواند به دلیل داده‌های نادرست یا کنترل عملیاتی ضعیف باشد. این روند (حذف متغیرها با معیار P-value بالا) تا زمانی ادامه می‌یابد که همه متغیرها دارای P-value کمتر از ۰٫۱ باشند. این مدل انرژی به دست آمده با ضرایب هر متغیر مرتبط و عدد آن، به عنوان خط‌مبنا استفاده می‌شود.

پس از بررسی معنی‌داری ضرایب، هم خطی بودن که می‌تواند منجر به تحریف نتایج تحلیل شود، با استفاده از آزمون‌ها و شاخص‌های مختلف مانند ضریب تورم واریانس (VIF) قابل بررسی است.

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

نمونه‌ای از بهنجارسازی

ث-۱ کلیات

مثال زیر برای سیستم گرمایش یک ساختمان است. این گام‌های اساسی برداشته شده برای ایجاد یک مدل انرژی است که می‌تواند برای تعیین و پایش عملکرد انرژی و نشان دادن بهبود عملکرد انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

یادآوری- مصرف گاز معمولاً بر حسب مترمکعب اندازه‌گیری می‌شود، اما می‌تواند بر حسب کیلووات ساعت نیز بیان شود. تبدیل با استفاده از فرمول زیر انجام می‌شود:

ضریب تصحیح واحد / ضریب تبدیل حجم × ارزش حرارتی × مصرف گاز (m^3) = مصرف گاز (کیلووات ساعت)

ث-۲ مرز و جمع‌آوری داده‌های انرژی

یک مرز EnPI برای کل ساختمان از جمله تمام مصرف انرژی در داخل ایجاد شد. داده‌های مصرف ماهانه گاز برای این مرز EnPI از منابع موجود برای دوره خط‌مبنا جمع‌آوری شد. دوره خط‌مبنا از ۱ ژانویه ۲۰۲۰ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۲۰ تعیین شد، زیرا این دوره زمانی، به طور کامل تمام شرایط عملیاتی را در طول فصول مختلف در بر می‌گیرد. داده‌ها در یک صفحه گسترده (اکسل) وارد شدند (جدول ث-۱).

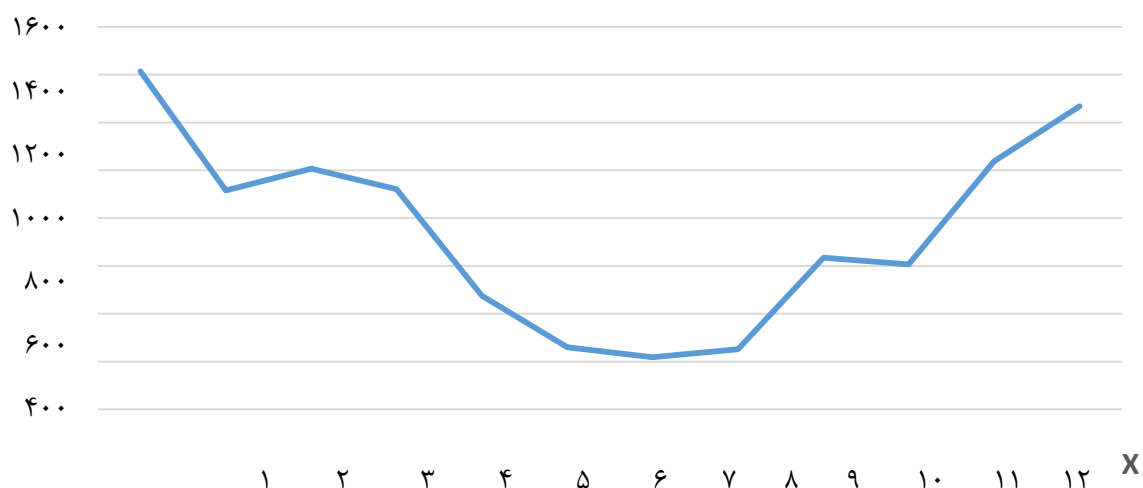
جدول ث-۱ - مصرف ماهانه به عنوان دوره خط مبنا

سال	ماه	مصرف گاز اندازه‌گیری شده (kWh)
۲۰۲۰ (دوره خط مبنا)	ژانویه	۱۴۱۴
	فوریه	۹۱۶
	مارس	۱۰۰۷
	آوریل	۹۲۱
	می	۷۴۵
	ژوئن	۲۶۰
	جولای	۲۱۸

اگوست	۲۵۲
سپتامبر	۶۳۵
اکتبر	۶۰۷
نوامبر	۱۰۳۸
دسامبر	۱۲۶۷

ث-۳ تجزیه و تحلیل اولیه داده‌ها

منحنی داده‌های مصرف انرژی ماهانه نسبت به تاریخ‌های متناظر دوره خط‌مبنا ترسیم شد (شکل ث-۱)، که نشان می‌دهد مقدار گاز طبیعی مصرف شده در طول سال به صورت فصلی متفاوت است.



راهنما

X ماه (ژانویه تا دسامبر)

Y مصرف گاز بر حسب kWh

- مصرف گاز اندازه‌گیری شده، بر حسب kWh

شکل ث-۱ - مصرف گاز در برابر تاریخ‌های مربوط به دوره خط‌مبنای سال ۲۰۲۰

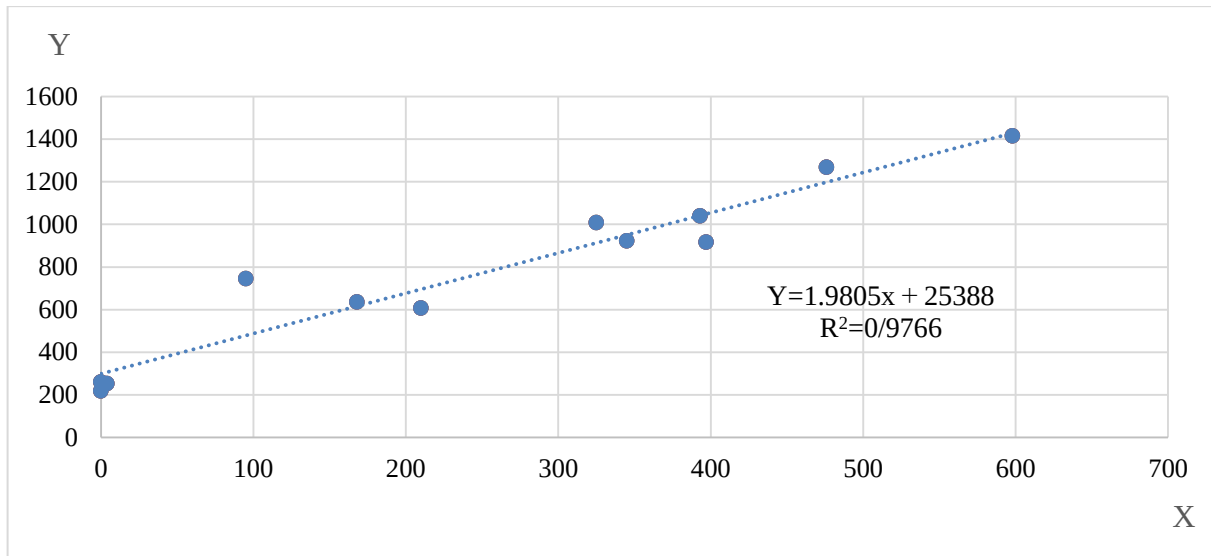
مصرف در تابستان، جایی که واحد گرمایش خاموش است، نشان می‌دهد که تقاضا برای انرژی گرمایشی وجود دارد (در اینجا برای آب گرم، برای شستن دست‌ها و غیره) که این موضوع وابسته به فصل (دما) نیست، اما می‌تواند به عنوان بار پایه در طول سال در نظر گرفته شود. این مشاهدات نشان می‌دهد که یک مدل متریک و نسبت ساده برای تعیین عملکرد انرژی و نشان دادن بهبود عملکرد انرژی برای ساختمان مناسب نیستند. بر این اساس، بهنجارسازی مورد نیاز است.

با توجه به اینکه گاز طبیعی مصرف شده در مرز EnPI توسط یک سیستم گرمایش استفاده شد، داده‌های HDD بر اساس روز کلین (Kd) به عنوان یک متغیر بالقوه مرتبط جمع‌آوری شد (جدول ث-۲). اگر HDD از نظر آماری معنی‌دار باشد، آنگاه به عنوان یک متغیر مرتبط انتخاب می‌شود.

جدول ث-۲ - داده‌های مصرف انرژی و روز درجه گرمایش

روز درجه گرمایش (Kd)	مصرف گاز اندازه گیری شده (kWh)	ماه	سال
۵۹۸	۱۴۱۴	ژانویه	۲۰۲۰ (دوره خط مبنا)
۳۹۷	۹۱۶	فوریه	
۳۲۵	۱۰۰۷	مارس	
۳۴۵	۹۲۱	آوریل	
۹۵	۷۴۵	می	
۰	۲۶۰	ژوئن	
۰	۲۱۸	جولای	
۴	۲۵۲	آگوست	
۱۶۸	۶۳۵	سپتامبر	
۲۱۰	۶۰۷	اکتبر	
۳۹۳	۱۰۳۸	نوامبر	
۴۷۶	۱۲۶۷	دسامبر	

داده‌های HDD وارد صفحه گسترده (اکسل) شد و منحنی پراکندگی داده‌های HDD در برابر داده‌های مصرف گاز طبیعی ایجاد شد. تجزیه و تحلیل چشمی، وجود یک رابطه خطی بین مصرف گاز طبیعی و HDD را تایید می‌کند (شکل ث-۲).



راهنما:

X HDD برحسب Kd

Y مصرف گاز برحسب kWh

شکل ث-۲ - نمودار پراکندگی مصرف ماهانه گاز در مقابل HDD در سال ۲۰۲۰

ث-۴ تجزیه و تحلیل وایازش

برای ایجاد مدل انرژی، روش وایازش خطی انتخاب شد. برای ایجاد مدل انرژی وایازش خطی، یک منحنی برازش (خط بهترین تناسب) بین مصرف انرژی و داده‌های HDD ایجاد شد (شکل ث-۲). مدل انرژی حاصله همان‌طور که در فرمول (۱) مورد بحث قرار گرفته است (به زیربند ۲-۱-۲-۶ مراجعه شود) بیان شده است. مصرف گاز تابعی از HDD است و بار پایه با مقدار ثابت نشان داده شده است که معمولاً به صورت زیر بیان می‌شود.

$$+ (\text{کیلووات ساعت در ماه}) \times 25388 \text{ (kWh/HDD در ماه)} \times 1/9805 = \text{مصرف گاز (کیلووات ساعت در ماه)} \\ \text{HDD در ماه}$$

مقدار R^2 برابر با ۰.۹۷٪ نشان‌دهنده یک همبستگی معقول است.

یادآوری - مدل‌های با مقادیر R^2 پایین‌تر همچنان می‌توانند برای تولید نتایج معنادار استفاده شوند. یک آستانه کلی برای R^2 نمی‌توان ارائه داد، زیرا به شدت به واریانس داده‌های تحلیل شده وابسته است.

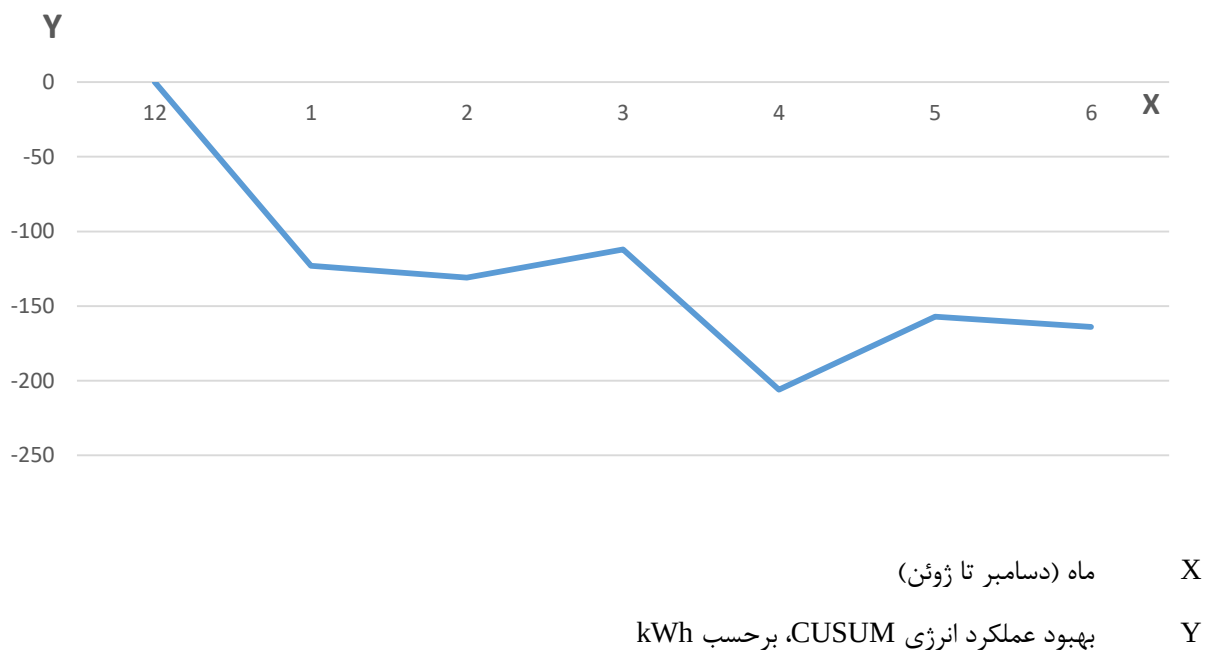
ث-۵ پایش و گزارش عملکرد انرژی و نشان دادن بهبود عملکرد انرژی

این مدل انرژی، محاسبه مصرف انرژی مورد انتظار را در طول یک دوره گزارش‌دهی برای پایش عملکرد انرژی و تعیین بهبود عملکرد انرژی امکان‌پذیر می‌سازد. برای این منظور، داده‌های HDD از ژانویه ۲۰۲۱ جمع‌آوری و برای محاسبه مصرف مورد انتظار برای ژانویه ۲۰۲۱ در مدل انرژی مبتنی بر صفحه گسترده (اکسل) درج شد. سپس مصرف انرژی مورد انتظار (یعنی خط‌مبنای انرژی) برای ژانویه ۲۰۲۱ (۱۱۴۶۶ کیلووات ساعت) با مصرف واقعی انرژی برای ژانویه ۲۰۲۱ (۱۳۴۳ کیلووات ساعت) مقایسه شد، که اختلاف ۱۲۳- کیلووات ساعت، نشان دهنده بهبود عملکرد انرژی بود (جدول ث-۳).

هر ماه جداگانه مانند ژانویه ۲۰۲۱، با درج داده‌های ماهانه HDD در مدل انرژی برای محاسبه مصرف انرژی مورد انتظار (یعنی خط‌مبنای انرژی) پایش می‌شود. مصرف انرژی مورد انتظار با مصرف واقعی انرژی مقایسه شده و تفاوت محاسبه می‌شود. این تفاوت بسته به عملکرد واقعی انرژی در ماه می‌تواند مثبت یا منفی باشد. جمع تجمعی (CUSUM) تفاوت بین مصرف انرژی واقعی و مورد انتظار هر ماه برای ایجاد جمع تجمعی تفاوت‌ها ایجاد می‌شود. یک روند نزولی در CUSUM نشان دهنده بهبود عملکرد انرژی پایدار است (جدول ث-۳ و شکل ث-۳).

جدول ث-۳- داده‌ها شامل مجموع تجمعی تفاوت‌ها (CUSUM)

سال	ماه	مصرف گاز اندازه گیری شده (kWh)	HDD (Kd)	EnB (مصرف مورد انتظار محاسبه شده با استفاده از مدل) (kWh)	تغییر عملکرد انرژی (مصرف گاز اندازه گیری شده - مصرف گاز محاسبه شده) (kWh)	CUSUM بهبود عملکرد انرژی (kWh)
سال ۲۰۲۱ (دوره گزارش‌دهی)	ژانویه	۱۳۴۳	۶۱۲	۱۴۶۶	-۱۲۳	-۱۲۳
	فوریه	۹۶۸	۳۶۵	۹۷۷	-۹	-۱۳۱
	مارس	۹۵۷	۳۴۵	۹۳۷	۱۹	-۱۱۲
	آوریل	۷۵۰	۲۹۸	۸۴۴	-۹۴	-۲۰۶
	می	۴۵۱	۷۵	۴۰۲	۴۹	-۱۵۷
	ژوئن	۲۴۷	۰	۲۵۴	-۷	-۱۶۴



شکل ت-۳ - نمایش بهبود عملکرد انرژی با استفاده از CUSUM

در طول شش ماه سال ۲۰۲۱ در دوره گزارش دهی، CUSUM میزان ۱۶۴ کیلووات ساعت بهبود عملکرد انرژی را نشان می‌دهد.

علاوه بر این، روند مصرف انرژی واقعی (شامل خط‌مبنا) با مصرف انرژی مورد انتظار بر اساس مدل انرژی، برازش مدل را برجسته می‌کند و می‌تواند برای شناسایی بی‌نظمی‌ها در دوره گزارش‌دهی استفاده شود.

پیوست ج

(آگاهی‌دهنده)

مثالی از بهنجارسازی - تحلیل چند متغیره

ج-۱ جریان فرایند و اطلاعات پس زمینه

اطلاعات زیر در مثال بهنجارسازی در نظر گرفته می‌شود:

(الف) شرکت بخش مواد غذایی با الزامات خنک‌کننده زیاد روبرو است.

(ب) سه محصول اولیه وجود دارد که به عنوان محصول ۱، محصول ۲ و محصول ۳ تعیین شده‌اند.

(ج) بخشی از مقدار تولید شده از هر یک از محصولات ۱ و ۲ بیشتر برای تولید به عنوان محصول ۳ فرآوری می‌شود، یعنی بخشی از خروجی محصولات ۱ و ۲ مواد خام برای محصول ۳ است.

ج-۲ مرحله ۱ - جمع‌آوری داده‌ها برای دوره خط‌مبنا

مرز EnPI مربوط به مصرف برق در کل تسهیلات که چهار متغیر بالقوه مرتبط زیر مدنظر قرار می‌گیرد: مقدار هر یک از سه محصول (تولید بر حسب تن) و دمای هوای محیط که با روز درجه سرمایش با دمای مبنای ۵ درجه نشان داده می‌شود (CDD5، بر اساس Kd).

جدول ج-۱ داده‌های مصرف برق و متغیرهای بالقوه مرتبط را نشان می‌دهد. این داده‌ها مربوط به دوره خط-مبنا گذشته، معمولاً ۱۲ ماه قبل است.

جدول ج-۱ - داده‌های مصرف برق

ماه	دمای محیط (CDD5) Kd	تولید محصول ۱ t	تولید محصول ۲ t	تولید محصول ۳ t	مصرف واقعی برق kWh
۱۱/۰۱	۲۶	۳۲۹/۱۷	۲۹۶۳/۲۶	۱۳۸۸/۱۸	۳۰۶۲۴۵۶
۱۱/۰۲	۴۹	۳۶۱/۷۷	۳۰۵۲/۹	۱۳۸۹/۹۶	۲۹۰۰۹۸۷
۱۱/۰۳	۸۳	۴۲۵/۱۱	۳۲۴۸/۱۱	۱۵۱۴/۳	۳۱۲۱۸۶۳
۱۱/۰۴	۲۰۹	۳۳۹/۱۷	۲۸۵۰/۳۶	۱۳۸۵/۰۵	۲۹۳۳۴۸۶
۱۱/۰۵	۲۹۰	۴۱۹/۳۵	۳۳۷۰/۷۶	۱۵۹۹/۹۳	۳۳۸۵۹۵۲
۱۱/۰۶	۳۴۶	۴۷۱/۳۲	۳۰۶۲/۷۲	۱۵۶۱/۱۸	۳۳۸۵۴۰۰

ماه	دمای محیط (CDD5) Kd	تولید محصول ۱ t	تولید محصول ۲ t	تولید محصول ۳ t	مصرف واقعی برق kWh
۱۱/۰۷	۳۹۶	۴۲۹/۴۴	۳۱۳۲/۳	۱۵۸۷/۰۸	۳۳۴۲۷۳۸
۱۱/۰۸	۴۸۶	۴۸۱/۹۷	۳۰۵۸/۹۲	۱۵۰۱/۰۵	۳۶۴۱۰۶۰
۱۱/۰۹	۴۰۲	۴۲۰/۶۷	۲۸۹۲/۷۲	۱۵۲۸/۷۱	۳۴۹۲۱۶۰
۱۱/۱۰	۲۲۹	۳۰۴/۴۳	۲۹۲۵/۸۹	۱۴۲۹/۸۴	۳۰۶۸۲۷۸
۱۱/۱۱	۱۲۲	۴۱۳/۱۴	۳۱۳۴/۹۵	۱۵۲۳/۱۸	۳۰۶۵۰۰۰
۱۱/۱۲	۲۳	۳۶۰/۳۷	۲۳۲۸/۱۹	۱۲۷۷/۰۸	۲۸۶۱۲۶۳

ج-۳ مرحله ۲ - آزمون همبستگی

جدول ج-۲ ضرایب تعیین (R^2) بین مصرف برق و متغیرهای بالقوه مرتبط را نشان می‌دهد. در این مورد، نشان می‌دهد که بین تمام متغیرهای بالقوه مرتبط و مصرف برق همبستگی وجود دارد. لازم به ذکر است که بیشترین تأثیر بر مصرف برق این فرایند تولید، CDD5 با ضریب تعیین ۰/۷۹ است.

همچنین بین محصول ۳ و محصولات ۱ و ۲ به ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۶۵ همبستگی وجود دارد. این احتمالاً به این دلیل است که محصول ۳ محصول فراوری شده از محصولات ۱ و ۲ است.

در مواردی که متغیرها به شدت با یکدیگر همبستگی دارند، احتمال هم خطی بودن وجود دارد که می‌تواند نتایج تحلیل وایازش را مخدوش کند، اگرچه یک متغیر می‌تواند مرتبط باشد. اگر این اتفاق بیفتد، در طی مراحل تحلیل وایازش آشکار خواهد شد.

یادآوری- اگر داده‌های انرژی دیگر مانند مصرف گاز برای همان دوره در دسترس باشد، می‌توان آن‌ها را نیز در این آزمون گنجانده تا همبستگی متغیرها را با مصرف گاز نشان داد.

جدول ج-۲ - ضرایب تعیین

مصرف برق	محصول ۳	محصول ۲	محصول ۱	(CDD5)	R ²
				۱	CDD5
			۱	۰/۴۱	محصول ۱
		۱	۰/۱۹	۰/۰۹	محصول ۲
	۱	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۴۴	محصول ۳
۱	۰/۵۷	۰/۲۰	۰/۶۱	۰/۷۹	مصرف برق

ج-۴ مرحله ۳ - تحلیل وایازش

برای ایجاد مدل انرژی مورد استفاده، تجزیه و تحلیل وایازش انجام شد. نتایج تحلیل وایازش نشان‌دهنده ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۸۱۳ و ضرایب و مقادیر P برای هر متغیر بالقوه مرتبط است.

جدول ج-۳ نتایج تحلیل وایازش را با استفاده از مصرف برق به عنوان مقدار Y و از چهار متغیر بالقوه مرتبط به عنوان مقادیر X نشان می‌دهد. اگر مقدار P بزرگ‌تر از ۰/۱ باشد، متغیر حذف خواهد شد.

جدول ج-۳ - نتایج تحلیل وایازش

ضرایب	P-value	
۲۰۵۷۲۴۵/۶۷	۰/۰۲۰۴۰۴۲۶	Intercept
۱۰۲۵/۴۸۸۲۵	۰/۰۱۶۵۶۰۷۱	CDD5
۱۳۶۸/۲۲۰۹۵	۰/۱۷۳۱۰۲۷۶	محصول ۱
۱۱۳/۹۷۶۰۶۳	۰/۶۷۹۱۰۱۱۴	محصول ۲
۱۳/۱۲۹۰۳۹۸	۰/۹۸۹۵۳۶۵۴	محصول ۳

محصول ۳ دارای بالاترین مقدار P است، که بزرگ‌تر از ۰/۱ است و این نشان می‌دهد که متغیر مربوطه نیست و بهتر است از تحلیل وایازش حذف شود و تحلیل وایازش بعدی بدون محصول ۳ انجام شود.

اگر قرار باشد یک متغیر مرتبط بالقوه از تحلیل وایازش حذف شود، بهتر است درک فنی از دلیل این حذف وجود داشته باشد. در این مورد، دلیل فنی، همبستگی محصول ۳ به هر دو محصول ۱ و ۲ می‌باشد. علت این همبستگی این است که محصول ۳ یک فرایند پایین دستی است که مواد اولیه آن شامل مقداری از محصول

۱ و محصول ۲ است. محصول ۳ با هر دو محصول ۱ و ۲ هم خطی دارد که می‌تواند منجر به پیچیدگی نتایج وایازش شود. متغیر بالقوه مربوطه محصول ۳ حذف شده و سهم مصرف برق مربوط به محصول ۳ در محصولات ۱ و ۲ لحاظ می‌شود.

هم خطی (چند) را می‌توان با استفاده از آزمون‌ها و شاخص‌های مختلف مانند ضریب تورم واریانس (VIF) بررسی کرد و بهتر است بر اساس دانش فنی باشد.

نتایج تکمیل تحلیل وایازش برای بار دوم بدون محصول ۳ در جدول ج-۴ نشان داده شده است.

جدول ج-۴ - نتایج تحلیل وایازش

وایازش آماری		
۰/۸۳۶۴۱۵۱۱		Adjusted R ²
P-value	ضرایب	
۰/۰۰۰۷۳۱۹۹	۲۰۶۴۷۱۸/۸۱	Intercept
۰/۰۰۳۱۵۴۶۷	۱۰۲۸/۱۱۹۰۲	CDD5
۰/۱۰۵۵۹۲۴۹	۱۳۷۳/۷۴۹۱۴	محصول ۱
۰/۴۰۲۱۴۴۴۳	۱۱۷/۰۰۸۳	محصول ۲

بر اساس این آزمون دوم، محصول ۲ دارای P-value بیشتر از ۰/۱ است و بهتر است از تحلیل وایازش حذف شود.

علت P-value بالا ملاحظات فنی یا عملیاتی دارد. پس از بررسی، مشخص شد که کنترل عملیاتی در بخش محصول ۲ کافی نبود. حتی زمانی که هیچ تولیدی وجود نداشت، برق مصرف می‌شد. این یک علت بسیار رایج P-value با R² پایین در تجزیه و تحلیل تک‌متغیره است. بهتر است علت این مقدار P-value پایین، اصلاح شود.

نتایج تکمیل تحلیل وایازش برای بار سوم بدون محصولات ۲ و ۳ در جدول ج-۵ نشان داده شده است.

جدول ج-۵ - نتایج تحلیل وایازش

وایازش آماری		
۰/۸۴۰۳۶۶۱۲		Adjusted R ²
P-value	ضرایب	
۰/۰۰۰۰۰۶۲۴۲۸	۲۳۲۶۹۶۴/۵۹	Intercept
۰/۰۰۲۱۶۸۱۴	۱۰۳۴/۵۷۰۷۶	CDD5
۰/۰۴۹۲۰۴۶۱	۱۵۹۴/۶۶۳۲۹	تولید ۱

در این حالت، مقادیر P هر دو متغیر زیر ۰/۱ است، که نشان می‌دهد بیش از ۹۰ درصد احتمال دارد که هر دو متغیر بر مصرف برق مرتبط باشند. R² دارای بیشترین مقدار در بین سه آزمون قبل است. این مقدار، سطح اطمینان بالایی را در فرمول خط‌مبنا برای مصرف انرژی مورد انتظار ارائه می‌دهد.

مدل انرژی به دست آمده، همان‌طور که در فرمول (۱) مورد بحث قرار گرفته است (به زیربند ۲-۱-۲-۶ مراجعه شود) بیان شده است.

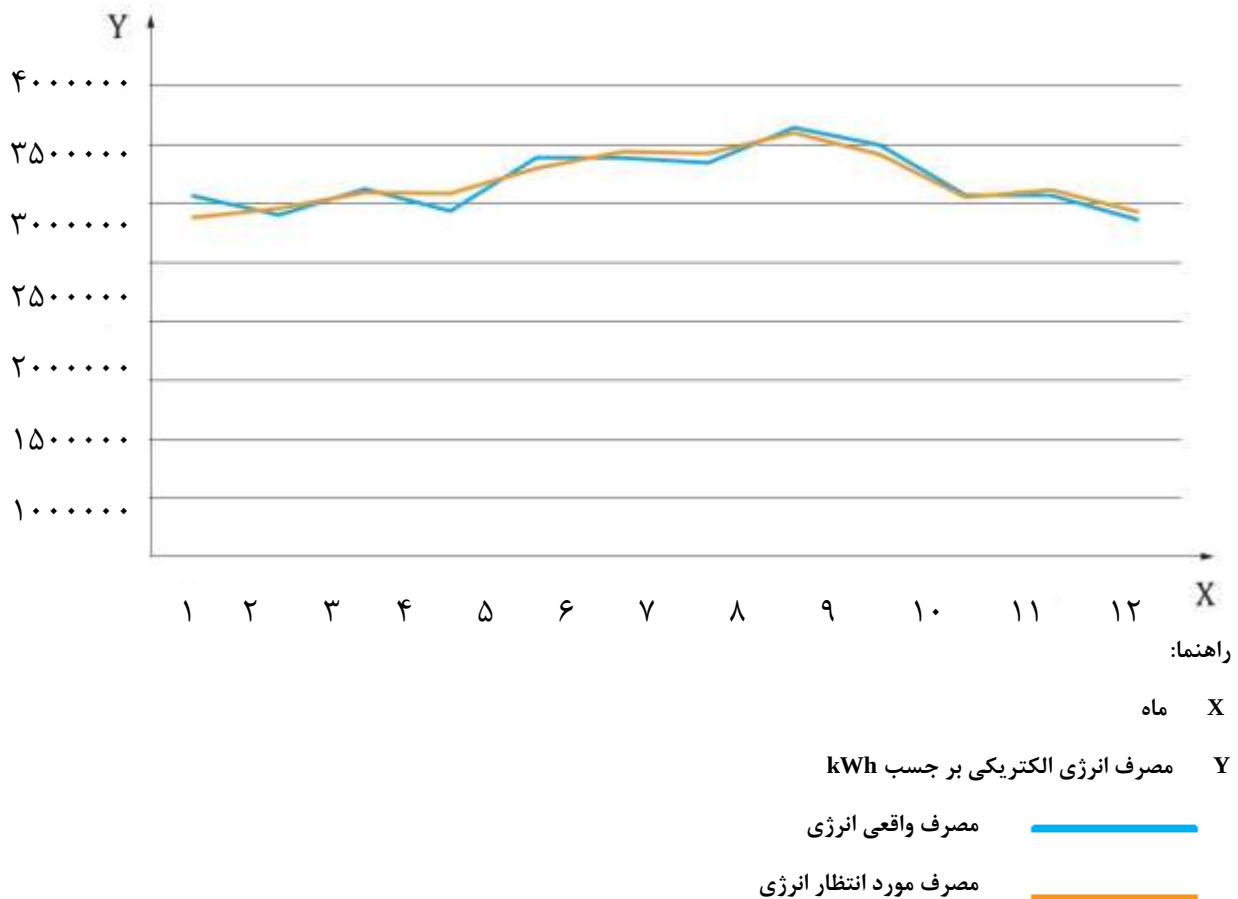
مصرف برق مورد انتظار تابعی از دو متغیر مرتبط، یعنی CDD و محصول ۱ است.

بر این اساس، مدل خط‌مبنا در این مورد به صورت زیر است:

$$\text{مصرف برق مورد انتظار (کیلووات ساعت در ماه)} = ۱۵۹۵ \text{ (کیلووات ساعت / تن محصول ۱)} + ۲۳۲۶۹۶۵ \\ \text{(کیلووات ساعت در ماه)} + ۱۰۳۵ \text{ (کیلووات ساعت/CDD5)}.$$

در نهایت این فرمول در دوره گزارش‌دهی برای مقایسه مصرف برق مورد انتظار با مصرف واقعی برق در هر ماه استفاده می‌شود.

روندهای شکل ج-۱، مقایسه بین مصرف واقعی برق و مصرف مورد انتظار برق را در طول دوره خط‌مبنا نشان می‌دهد. این روند می‌تواند در مورد صحت فرمول خط‌مبنا اطمینان حاصل دهد.



شکل الف-۱-مصرف واقعی انرژی الکتریکی در مقابل مصرف مورد انتظار در دوره خط‌مبنای ۲۰۲۲

یادآوری ۱- در موردی که در بالا نشان داده شد، کنترل عملیاتی در بخش محصول ۲ در طول سال ۲۰۲۱ بهبود یافت و تحلیل وایزش پایه در اوایل سال ۲۰۲۲ تکرار شد. مقدار P محصول ۲ کاهش یافته بود و به یک متغیر مرتبط در مدل پایه ۲۰۲۱ تبدیل شد. به عنوان مبنا برای نظارت بر عملکرد هر ماه در سال ۲۰۲۲ استفاده می شود.

یادآوری ۲- مراحل بالا را می توان برای توسعه یک مدل آماری در سطح کل تاسیسات همانطور که در این پیوست نشان داده شده است و همچنین در سطوح SEU، ساختمان یا فرآیند استفاده کرد. تحلیل وایزش نیز به همین صورت است.

پیوست چ

(آگاهی‌دهنده)

گزارش اطلاعات جمع‌آوری‌شده

استفاده از مدل‌های آماری یا مهندسی برای محاسبه EnBs و اهداف خرد انرژی مربوطه به منظور مقایسه آن‌ها با مصرف انرژی اندازه‌گیری شده، این مزیت را دارد که همه تغییرات در عملکرد انرژی دارای واحدهای یکسانی هستند (مثلاً کیلووات ساعت)، بنابراین می‌توانند در انواع مختلف فرایندها و سیستم‌ها خلاصه شوند که منجر به تغییر کلی در عملکرد انرژی در تمام SEUها می‌شود.

علاوه بر این، تغییرات در هزینه‌های انرژی و انتشار CO₂ را می‌توان محاسبه و تجمیع کرد. یک مثال در جدول چ-۱ داده شده است.

صرف‌نظر از شکل تابع ریاضی که مصرف انرژی را به متغیرهای مرتبط ارتباط می‌دهد، بهتر است نتایج در واحدهای مصرف انرژی مانند کیلووات ساعت یا گیگاژول باشد. این ارقام مصرف انرژی حاصل را می‌توان با هم جمع کرد تا نتایج کلی به دست آید. به عنوان مثال، تغییر عملکرد انرژی چندین SEU در شرایط مصرف انرژی را می‌توان با هم جمع کرد تا کل تغییر عملکرد انرژی را نشان داد.

جدول چ-۱ - مثالی از تجمیع مقادیر EnPI

تسهیلات / تجهیزات / فرآیند / سیستم	نوع انرژی	تغییر در عملکرد انرژی			تغییر در هزینه‌ها		تغییر در انتشار گازهای گلخانه‌ای	
		تغییر در عملکرد انرژی MWh	عوامل انرژی اولیه بر اساس نوع	تغییر در عملکرد انرژی مرتبط با انرژی اولیه MWh	هزینه واحد انرژی بر حسب نوع \$/MWh	تغییر در هزینه انرژی \$	عوامل انتشار CO ₂ e بر اساس نوع t/MWh	کربن دی اکسید معادل (CO ₂) t
تسهیلات ۱	گاز	-۷۳۰	۱٫۱	-۸۰۳	۵۰	-۳۶۵۰۰	۰٫۱۸	-۱۳۱٫۱
	برق	۱۰	۲٫۵	۲۵	۱۴۰	-۱٫۴۰۰	۰٫۶۱	۶٫۱
فرآیند ۱	برق	-۴۶۸	۲٫۵	-۱۱۷۰	۱۴۰	-۶۵۵۲۰	۰٫۶۱	-۲۸۵٫۴۸

تسهیلات / تجهیزات / فرآیند / سیستم	نوع انرژی	تغییر در عملکرد انرژی			تغییر در هزینه‌ها		تغییر در انتشار گازهای گلخانه‌ای	
		تغییر در عملکرد انرژی MWh	عوامل انرژی اولیه بر اساس نوع	تغییر در عملکرد انرژی مرتبط با انرژی اولیه MWh	هزینه واحد انرژی بر حسب نوع \$/MWh	تغییر در هزینه انرژی \$	عوامل انتشار CO ₂ e بر اساس نوع t/MWh	کربن دی اکسید معادل (CO ₂) t
غیر SEU ها	گاز	-۱۲	۱٫۱	-۱۳	۵۰	-۶۰۰	۰٫۱۸	-۲٫۱۶
	برق	-۲۱	۲٫۵	-۵۳	۱۴۰	-۲٫۹۴۰	۰٫۶۱	-۱۲٫۸۱
کل سایت در محدوده (تجمع شده)		-۱۲۲۱		-۲۰۱۴		-۱۰۴٫۱۶۰		-۴۲۵٫۷۵

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۵۰۰۰۱: سال ۱۳۹۷، سیستم‌های مدیریت انرژی- الزامات همراه با راهنمای مورد استفاده