INSO
21934-2
1st.Edition
2017

Identical with
ISO/IEC
30134-2:2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standards Organization

استاندارد ملی ایران
۲۱۹۳۴-۲
چاپ اول
۱۳۹۶

دارای محتوای رنگی

فناوری اطلاعات–
مراکز داده– نشانگرهای کلیدی عملکرد
–
قسمت ۲: اثربخشی توان مصرفی (PUE)

Information technology — Data centres
— Key performance indicators—
Part 2:
Power usage effectiveness (PUE)

ICS: 35.020

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 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.org.ir

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

به‌نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف درکمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی 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 غیر دولتی 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، به‌عنوان 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 درکمیتهٔ ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس 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 اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به‌عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه 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، اجباری کند. سازمان می‌تواند به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان استاندارد ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و درصورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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 Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری اطلاعات- مراکز داده– نشانگرهای کلیدی عملکرد - قسمت ۲: اثربخشی توان مصرفی (PUE)»

رئیس:	**سمت و/ یا محل اشتغال:**
ایزدپناه، سحرالسادات (فوق لیسانس مهندسی فناوری اطلاعات- سیستم‌های اطلاعاتی)	رئیس اداره تدوین استانداردهای حوزه فناوری اطلاعات سازمان فناوری اطلاعات ایران
دبیر:	
کیامهر، بیتا (فوق لیسانس مدیریت تکنولوژی)	معاون مدیر کل نظام مدیریت امنیت اطلاعات سازمان فناوری اطلاعات ایران
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ابوالقاسمی، پیمان (کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- نرم‌افزار)	پژوهش‌گر- پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)
ارجمند، مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- نرم‌افزار)	پژوهش‌گر- پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)
جوادزاده، غزاله (کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- نرم‌افزار)	پژوهش‌گر- پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)
جهانیان، علی (دکتری مهندسی کامپیوتر-معماری)	دانشیار- دانشگاه شهید بهشتی
رادمهر، وحید (کارشناسی مهندسی کامپیوتر- نرم‌افزار)	پژوهش‌گر- پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)
عباسپور، مقصود (دکتری مهندسی کامپیوتر- معماری)	دانشیار– معاون مرکز فناوری دانشگاه شهید بهشتی
مغانی، مهدی (کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی)	کارشناس تدوین استانداردهای حوزه فناوری اطلاعات- سازمان فناوری اطلاعات ایران
ناظمی، اسلام (دکتری مهندسی کامپیوتر)	دانشیار- دانشگاه شهید بهشتی

اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

	سمت و/ یا محل اشتغال:
نصیری آسایش، حمیدرضا (کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات- معماری سازمانی)	پژوهش‌گر- دانشگاه شهید بهشتی
یعقوبی رفیع، کمال الدین (کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات- معماری سازمانی)	پژوهش‌گر- دانشگاه شهید بهشتی

ویراستار:	**سمت و/ یا محل اشتغال:**
رضایی، رامین (کارشناسی مهندسی الکترونیک)	معاون طرح و توسعه - مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	ح
مقدمه	ط
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها	۲
۴ حوزه‌های کاربردپذیر مرکز داده	۴
۵ تعیین کارایی کاربری توان (PUE)	۵
۶ اندازه‌گیری اثربخشی توان مصرفی	۶
۶-۱ اندازه‌گیری مصرف انرژی	۶
۶-۱-۱ عمومی	۶
۶-۱-۲ دوره تناوب و بسامد اندازه‌گیری	۷
۶-۱-۳ الزامات اندازه‌گیری و اندازه‌گیری	۷
۶-۲ رده‌بندی اثربخشی توان مصرفی	۷
۶-۲-۱ کلیات	۷
۶-۲-۲ رده ۱ (PUE1) – تفکیک‌پذیری مقدماتی	۸
۶-۲-۳ رده ۲ (PUE2) – تفکیک‌پذیری متوسط	۹
۶-۲-۴ رده ۳ (PUE3) – تفکیک‌پذیری پیشرفته	۹
۶-۲-۵ جایگاه اندازه‌گیری	۹
۷ گزارش‌دهی اثربخشی توان مصرفی	۹
۷-۱ الزامات	۹
۷-۱-۱ ساختار استاندارد برای مکاتبهٔ داده‌های PUE	۹
۷-۱-۲ مثالی از گزارش‌دهی مقادیر PUE	۹
۷-۱-۳ داده برای گزارش‌دهی عمومی PUE	۱۰
۷-۲ توصیه‌ها	۱۱
۷-۲-۱ استفاده از رده PUE	۱۱
۷-۲-۲ داده ردیابی روند	۱۱
پیوست الف (الزامی) اندازه‌گیری‌های انرژی	۱۳
پیوست ب (الزامی) محاسبه PUE با استفاده از منابع انرژی مختلف	۱۶
پیوست پ (الزامی) مشتقات PUE	۲۲

عنوان	صفحه
پیوست ت (الزامی) تفسیر PUE و مشتقات آن	۳۳
کتاب‌نامه	۳۶

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری اطلاعات- مراکز داده– نشانگرهای کلیدی عملکرد - قسمت ۲: اثربخشی توان مصرفی (PUE)» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربـوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در پانصد و دومین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد فناوری اطلاعات مورخ ۱۳۹۶/۰۲/۱۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان 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 و خدمات، 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 برمبنای 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/IEC 30134-2: 2016, Information technology — Data centres — Key performance indicators- Part 2: Power usage effectiveness (PUE)

مقدمه

در حال حاضر اقتصاد جهانی متکی به فناوری ارتباطات و اطلاعات و بـه تولیـد، ارسـال، انتشـار، محاسـبه و ذخیره داده‌های رقمی (دیجیتال) مربوط به آن وابسته است. تمامی بازارها رشد نمایی در این داده‌ها را برای بخش‌های اجتماعی، آموزشی، کسب‌وکار تجربه کرده‌اند و با این حال که مازه[1] اینترنت ترافیـک را بـه دوش می‌کشد، در گره‌ها تنوع گسترده‌ای از مراکز داده و نافها[2] درون بنگاه خصوصـی و امکانـات مشـترک/بـاهم وجود دارد.

نرخ رشد تاریخی تولید داده از نرخ رشد ظرفیت سخت‌افزار فناوری ارتباطات و اطلاعات پیشی گرفته است. کمتر از نصف جمعیت جهان (در سال ۲۰۱۴) به اتصال اینترنت دسترسی دارند و رشد داده‌ها می‌تواند شتاب گیرد. علاوه بر این، بسیاری از دولت‌ها با داشتن «دستورکار رقمی[3](دیجیتال)» به دنبال فراهم آوردن دسترسی با پهنای باندِ هرچه سریع‌تر برای شهروندان و کسب‌وکار هستند که به‌خودی‌خود افزایش بسیار زیاد سرعت شبکه و ظرفیت، سبب استفاده هر چه بیشتر نیز می‌شود (ناسازنمایِ[4] Jevons) تولید داده و در نتیجه افزایش استفاده و ذخیره داده‌ها، مستقیما با افزایش مصرف برق مرتبط است.

با این پیش‌زمینه، واضح است که رشد مرکز داده و به‌ویژه مصرف برق، پیامدی اجتناب‌ناپذیر است و با وجود راهبردهای بسیار دقیق کارایی انرژی، این رشد مصرف برق فزاینده‌ای نیاز خواهد داشت. این امر نیاز به نشانگرهای کلیدی عملکرد (KPIs) را ضروری می‌نماید. این KPIها استفاده موثر از منابع (شامل منابع انرژی است ولی محدود به آن نیست) و کاهش انتشار CO_2 را پوشش می‌دهند.

عموما در مجموعه استانداردهای ISO/IEC 30134، استفاده از اصطلاح «اثربخشی استفاده از منابع[5]» برای KPIها نسبت به «کارایی استفاده از منابع» دارای اولویت است، «کارایی استفاده از منابع[6]» به موقعیتی محدود است که پارامترهای ورودی و خروجی برای تعریف KPI دارای واحد مشابه باشند.

برنامه‌های کلی اندازه‌گیری به‌منظور تعیین اثربخشی کلی منابع یا کارایی مرکز داده مورد نیاز هستند. این استاندارد، اثربخشی توان مصرفی (PUE) را مشخص می‌کند که معیاری معروف برای تعریف استفاده و توزیع موثر از منابع انرژی درون مرکز داده است.

یادآوری- تشخیص داده شده است تا اصطلاح «کارایی» برای PUE به‌کار رود، اما اصطلاحِ «اثربخشی»، با شناخت اولیهٔ بازار[7] از این اصطلاح، پیوستگی دارد.

1 - Backbone
2 - Hubs
3 - Digital agendas
4 - Paradox
5 - Resource usage effectiveness
6 - Resource usage efficiency
7 - Earlier Market Recognition

این استاندارد، به مجموعه استانداردها برای KPIها تعلق دارد و مطابق با استاندارد ISO/IEC 30134-1 تولید شده است که الزامات متداول برای مجموعه‌ای جامع از KPIها برای اثربخشی یا کارایی کاربری منابع مرکز داده را تعریف می‌کند.

مجموعه استانداردهای ISO/IEC 30134 برای هیچ KPI محدودیت‌ها یا اهدافی را مشخص نمی‌کند و برای اثربخشی یا کارایی استفاده از منابع مرکز داده هیچ شکلی از تجمیع KPIهای منفرد به‌صورت ترکیب‌شده یا KPI کلی بیان نمی‌کند؛ مگر به‌صورت خاص اظهار شده باشد.

فناوری اطلاعات – مراکز داده- نشانگرهای کلیدی عملکرد - قسمت ۲: اثربخشی توان مصرفی (PUE)

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین اثربخشی توان مصرفی(PUE) [1] به‌عنوان نشانگر کلیدی عملکرد (KPI)[2] برای تعیین میزان استفاده کارا از انرژی الکتریکی است.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد دارد:

الف- اثربخشی توان مصرفی (PUE) مراکز داده را تعریف می‌کند.

ب- رده‌های اندازه‌گیریِ PUE را معرفی می‌کند.

پ- رابطه این KPI را با زیرساخت مرکز داده، تجهیزات فناوری اطلاعات و عملیات فناوری اطلاعات را توصیف می‌کند.

ت- اندازه‌گیری، محاسبات و گزارش مربوط به پارامتر را تعریف می‌کند.

ث- اطلاعاتی در مورد تفسیر صحیح PUE ارائه می‌دهد.

یادآوری می‌شود که مشتقات PUE در پیوست ت توصیف شده‌اند.

۲ مرجع الزامی

در مرجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO/IEC 30134-1:2016, Information technology — Data centres — Key performance indicators — Part 1: Overview and general requirements

1 - Power Usage Effectiveness
2 - Key Performance Indicator

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ISO/IEC 30134-1، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌روند:

۳-۱-۱

مصرف انرژی تجهیزات فناوری اطلاعات (IT)

information technology (IT) equipment energy consumption

انرژی مصرف شده توسط تجهیزاتی که برای ذخیره‌سازی، پردازش و انتقال داده درون فضاهای اتاق رایانه، اتاق مخابراتی و اتاق واپایش[1](کنترل) استفاده می‌شود و بر حسب کیلوات-ساعت (kWh) اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری- کارسازها[2]، تجهیزات ذخیره‌سازی و تجهیزات مخابراتی از مثال‌های این مورد هستند.

۳-۱-۲

واحد توزیع توان

power distribution unit (PDU)

تجهیزاتی که برق را برای تجهیزات مصرف‌کننده انرژی اختصاص داده و تقسیم‌بندی می‌کنند.

۳-۱-۳

اثربخشی توان مصرفی

power usage effectiveness

نسبت مصرف کل انرژی در مرکز داده به مصرف انرژی تجهیزات فناوری اطلاعات که در همان مدت زمان محاسبه، اندازه‌گیری یا ارزیابی می‌شود.

یادآوری ۱- گاهی اوقات مقدار معکوس PUE به صورت کارایی زیرساخت مرکز داده (DCiE)[3] استفاده می‌شود.

1 - Control room
2 - Servers
3 - Data Centre Infrastructure Efficiency

۳-۱-۴

اثربخشی توان مصرفی جزئی

partial power usage effectiveness (pPUE)

مشتق PUE که نسبت مصرف کل انرژی درون محدوده‌ای تعریف شده به مصرف انرژی در تجهیزات فناوری اطلاعات است.

۳-۱-۵

اثربخشی توان مصرفی طراحی‌شده

designed power usage effectiveness (dPUE)

مشتقِ PUE که PUE طرح‌ریزی‌شده است و توسط اهداف طراحی مراکز داده تعیین می‌شود.

۳-۱-۶

اثربخشی توان مصرفی موقت

interim power usage effectiveness

از مشتقات PUE که در زمان مشخصی به جای یک سال اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۱-۷

مصرف کل انرژی مرکز داده

total data centre energy consumption

کل مصرف انرژی برای تمامی انواع انرژی‌هایی که در اختیار مرکز داده و در مرزهایش قرار می‌گیرد و بر حسب kWh اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۱- انرژی با افزاره[1]های اندازه‌گیری انرژی در مرز مرکز داده یا نقاط تولید انرژی درون این مرز اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۲- شامل برق، گاز طبیعی، تجهیزات منطقه‌ای مانند لوله تامین آب سرد[2] یا آب چگالنده[3] است.

1 - Device

2 - Chilled Water

3 - Condenser Water

۳-۲ کوته‌نوشت‌ها

در این استاندارد، علاوه بر کوته‌نوشت‌های استاندارد ISO/IEC 30134-1، موارد زیر نیز به‌کار می‌روند:

CRAC	Computer Room Air Conditioner units	واحدهای تهویه هوا در اتاق رایانه
CRAH	Computer Room Air Handler units	واحدهای هواساز در اتاق رایانه
dPUE	designed Power Usage Effectiveness	اثربخشی توان مصرفی طراحی‌شده
DX	Direct Expansion	انبساط مستقیم
iPUE	interim Power Usage Effectiveness	اثربخشی توان مصرفی موقت
PDU	Power Distribution Unit	واحد توزیع توان
pPUE	partial Power Usage Effectiveness	اثربخشی توان مصرفی جزئی
r.m.s	root mean square	ریشه مربع میانگین
ROI	Return On Investment	بازگشت سرمایه
UPS	Uninterruptible Power Supply	تامین‌کننده بدون‌وقفه برق

۳-۳ نمادها

در این استاندارد، نمادهای زیر به‌کار می‌روند:

E_{DC} مصرف کل انرژی در مرکز داده (سالیانه) برحسب kWh

E_{IT} مصرف انرژی تجهیزات فناوری اطلاعات (IT) (سالیانه) برحسب kWh

۴ حوزه‌های کاربردپذیر مرکز داده

در مورد اثربخشی توان مصرفی (PUE) به صورت مشخص شده در این استاندارد ISO/IEC 30134، موارد زیر مطرح است:

- مرتبط با زیرساخت مرکز داده و تنها درون مرزهای آن است.
- توصیف‌کننده کارایی زیرساخت انرژی و متناسب با شرایط محیطی، خصوصیات بار IT، الزامات دسترس‌پذیری، نگهداشت، الزامات امنیتی است و

- تخصیص انرژی مرکز داده را نشان می‌دهد.

هنگام مشاهده زمینه مناسب، PUE راهنمایی موثر و چشم‌اندازی مفید برای طراحیِ معماری کارای توان و خنک‌کننده، استقرار تجهیزات درون این معماری‌ها و عملیات آن تجهیزات را فراهم می‌کند.

اثربخشی توان مصرفی راهی را برای تعیین موارد زیر فراهم می‌کند:

- فرصت‌هایی برای بهبود کارایی عملیاتی مرکز داده؛
- بهبود طراحی‌ها و فرایندهای مرکز داده در طول زمان و
- هدف یا مقصود طراحی برای مراکز داده‌ای جدید در محدوده بار IT پیش‌بینی‌شده.

PUE موارد زیر را در نظر نمی‌گیرد:

- کارایی انرژی بار IT، بهره‌برداری[1] یا بهره‌وری[2]؛
- کارایی تولید برق در محل؛
- کارایی دیگر منابع مانند منابع انسانی، آب و
- استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر برای استفاده مجدد از محصولات تلف شده (مانند گرما)

نشانگر PUE به عنوان موارد زیر در نظر گرفته نمی‌شود:

- معیار بهره‌وری مرکز داده و
- معیار مستقل و کامل برای کارایی منابع.

مشتقات PUE که برای رویدادهای قطعی مفید هستند، در پیوست پ توصیف شده‌اند. توصیه می‌شود PUE برای مقایسه مراکز داده‌ای مختلف به‌کار نرود.

۵ تعیین کارایی کاربری توان (PUE)

نشانگر PUE با استفاده از فرمول ۱ تعریف شده است:

$$PUE = \frac{E_{DC}}{E_{IT}} \qquad (۱)$$

که در آن:

1 - Utilization

2 - Productivity

E_{DC} مصرف کل انرژی سالیانه در مرکز داده برحسب KWh و

E_{IT} مصرف سالیانه انرژی تجهیزات IT برحسب KWh است.

طبق تعریف، مقدار نشانگر PUE محاسبه شده همیشه بیشتر از ۱ است.

جایی‌که تنها منبع انرژی، تاسیسات الکتریکی هستند، E_{DC} از طریق مکانِ اندازه‌گیر مشخص می‌شود. نشانگر PUE ممکن است در ساختمان‌های با چند کاربرد استفاده شود که امکان تفکیک بین انرژی استفاده شده برای مرکز داده و کارکردهای دیگر را فراهم می‌کند. به جای آن، مشتق بخشیِ PUE ممکن است به‌کار رود (به پیوست پ مراجعه شود).

E_{IT} شامل موارد زیر است، اما محدود به آنها نیست:

- تجهیزات IT (به‌طور مثال تجهیزات پردازشی و انتقال) و
- تجهیزات الحاقی (به‌طور مثال کلیدهای صفحه‌کلید/ویدیو/موشواره (KVM)[1]، نمایشگرها و ایستگاه‌های کاری رایانه‌های کیفی[2] استفاده شده برای پایش، مدیریت و/یا واپایش مرکز داده).

E_{DC} شامل E_{IT} به‌علاوه تمامی انرژی‌هایی است که برای پشتیبانی از زیرساخت‌های زیر مصرف می‌شود:

- تحویل توان[3] (به‌طور مثال سامانه‌های UPS، تابلوهای برق، مولدها، واحدهای تهویه هوا در اتاق رایانه (CRHA)، واحدهای تهویه مطبوع در اتاق رایانه (CRAC))
- سامانه خنک‌کننده (به‌طور مثال سرمایش‌کننده، برج‌های خنک‌کننده، پمپ‌ها، واحدهای بررسی هوای اتاق رایانه (CRHA)، واحدهای تهویه هوای اتاق رایانه (CRAC)، واحدهای گرداننده مستقیم گسترش هوا (DX) و...).
- دیگر موارد (به‌طور مثال روشنایی مرکز داده، بالابر، سامانه امنیتی، کشف حریق/ سامانه اطفاء حریق).

۶ اندازه‌گیری اثربخشی توان مصرفی

۶-۱ اندازه‌گیری مصرف انرژی

۶-۱-۱ عمومی

به‌منظور محاسبه PUE، اندازه‌گیری E_{DC} و E_{IT} ضروری است. این موضوع امری کم‌اهمیت نیست، به خصوص در مراکز داده موجود که ممکن است نیاز به نصب ابزار برای جمع‌آوری داده باشد.

1 - Keyboard/Video/Mouse (KVM) switches
2 - Laptop computers
3 - Power delivery

یادآوری- با اینکه اندازه‌گیری E_{DC} و E_{IT} برای محاسبه PUE و برای تجهیزات تعریف شده و زیرساخت پشتیبانی کافی است. اما برای ارزیابی زمینه‌های بهبود بالقوه و ارزشیابی نتایج بهبود PUE در مراکز داده پایش بیشتر داده‌های زیرمجموعه‌های منطقی ضروری است.

۶-۱-۲ دوره تناوب و بسامد اندازه‌گیری

محاسبه PUE نیازمند ثبت و مستند کردن E_{DC} و E_{IT} در دوره زمانی منطبق ۱۲ ماهه است. این استاندارد بسامد اندازه‌گیری‌های E_{DC} و E_{IT} را مشخص نمی‌کند، زیرا PUE در قاب زمانیِ سالانه اندازه‌گیری می‌شود. هرچند، بسامد اندازه‌گیری به‌کار گرفته شده، توالی زمانی محاسبات PUE را در مبنای سالیانه تعریف می‌کند.

۶-۱-۳ الزامات اندازه‌گیری و اندازه‌گیری

اندازه‌گیری E_{DC} و E_{IT} باید با در نظر گرفتن موارد زیر انجام شود:

- اندازه‌گیرهای watt با توانمندیِ گزارش مصرف انرژی یا
- اندازه‌گیرهای کیلووات-ساعت (kWh) که مصرف واقعی انرژی را گزارش می‌کند، از طریق اندازه-گیری‌های هم‌زمان ولتاژ، جریان و ضریب توان در زمان.

یادآوری - کیلوولت-آمپر (kVA)، حاصل‌ضرب ولتاژ و جریان، اندازه‌گیریِ قابل‌قبولی نیست. اگر چه حاصل‌ضرب ولتاژ و آمپر از نظر ریاضی وات است، اما مصرف واقعی انرژی از طریق ترکیب کردن مقدار تصحیح‌شده ضریب توان[1] ولتاژها و آمپرها تعیین شده است. بسامد، تغییر فاز و واکنش بار سبب تفاوت محاسبات انرژی بین مصرف انرژی ظاهری و انرژی واقعی می‌شود. هرگاه تحویل نیرو شامل جریان متناوب (AC) باشد، خطا به‌طور ذاتی قابل‌توجه خواهد بود. اندازه‌گیری‌های کیلوولت آمپر (kVA) ممکن است برای کارکردهای دیگر در مرکز داده‌ای مورد استفاده باشد، هرچند، kVA برای کارایی اندازه‌گیری‌ها کافی نیست.

۶-۲ رده‌های اثربخشی توان مصرفی

۶-۲-۱ کلیات

سه رده PUE به صورت زیر تعریف شده‌اند:

- رده ۱ (PUE_1): سطح پایه از تفکیک‌پذیری[2] داده‌های عملکرد انرژی ارائه می‌دهد.
- رده ۲ (PUE_2): سطح متوسط از تفکیک‌پذیری داده‌های عملکرد انرژی ارائه می‌دهد.
- رده ۳ (PUE_3): سطح پیشرفته از تفکیک‌پذیری داده‌های عملکرد انرژی ارائه می‌دهد.

رده‌های بالاتر به تدریج موارد زیر را ارائه می‌دهند:

1 - Power Factor-Corrected

2 - Resolution

- اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر مصرف انرژی (وقتی اندازه‌گیری‌ها نزدیک‌تر به افزاره‌هایی می‌شوند که انرژی مصرف می‌کند).
- دامنه کاربرد بزرگ‌تر برای بهبودهای کارایی انرژی

جدول ۱ خلاصه‌ای از موقعیت‌ها برای اندازه‌گیری مصرف انرژی در تجهیزات IT مربوط به هر رده را ارائه می‌دهد. در تمامی موارد، مصرف کل انرژی در مرکز داده از ورودی‌های تاسیسات همگانی (آب و برق) اندازه-گیری می‌شود که تمامی تجهیزات الکتریکی و مکانیکی مورد استفاده برای خنک‌سازی و تهویه مرکز داده را تغذیه می‌کند.

برای ارزیابی مناسب PUE، در نظر گرفتنِ تمامی سامانه‌هایی که مرکز داده را پشتیبانی می‌کنند؛ علاوه بر شرایط محیطی، قابلیت اطمینان، الزامات امنیتی و دسترس‌پذیری، مستقل از هر رده اندازه‌گیری PUE که انتخاب شده باشد، حیاتی است. (به پیوست الف در استاندارد ISO/IEC 30134-1:2016 مراجعه شود).

جدول ۱- رده‌های PUE

	PUE_1	PUE_2	PUE_3
موقعیت اندازه‌گیری مصرف انرژی تجهیزات IT	خروجی UPS[a]	خروجی PDU[b]	ورودی تجهیزات IT[c]
[a] شامل تاثیر نوسان بارهای IT و خنک‌کننده [b] بدون در نظر گرفتن تاثیر خسارت متناظر با مبدل PDU و سوده‌های ایستا [c] بدون در نظر گرفتن اتلاف متناظر با مولفه‌های توزیع برق و افزاره‌های نامربوط به IT			

۶-۲-۲ رده ۱ (PUE_1) – تفکیک‌پذیری مقدماتی

بار IT در خروجی تجهیزات UPS (یا معادل) اندازه گرفته می‌شود و ممکن است از موارد زیر خوانده شود:

- از صفحه جلوی UPS
- از طریق وسیله اندازه‌گیری در خروجی UPS و
- در مواردی که پیمانه‌های چندگانه UPS باشد، از تَک اندازه‌گیر موجود روی گذرگاه مشترک خروجی UPS.

انرژی ورودی از ورودی خدمات انرژی اندازه‌گیری می‌شود که تمامی تجهیزات الکتریکی و مکانیکی استفاده شده برای برق، خنک‌سازی و تهویه را در مرکز داده تغذیه می‌کند.

اگر UPS یا معادل جایگزین خرابی توان یا واحد تهویه در دسترس نیست، ممکن است رده‌های دیگر به‌کار روند.

۶-۲-۳ رده ۲ (PUE_2) – تفکیک‌پذیری متوسط

بار IT در خروجی PDUها درون مرکز داده اندازه‌گیری می‌شود و به طور معمول از PDU صفحه جلویی یا از طریق اندازه‌گیرِ خروجی PDU (با مبدل یا بدون آن، نقطه اندازه‌گیری بعد از مبدل است) خوانده می‌شود. اندازه‌گیری مدار شعبهٔ منفرد نیز برای رده ۲ قابل‌قبول است.

۶-۲-۴ رده ۳ (PUE_3) – تفکیک‌پذیری پیشرفته

بار IT در تجهیزات IT درون مرکز داده اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری می‌تواند هم توسط چیدگاه[1](رَک) مجهز به اندازه‌گیر (به‌طور مثال، نوارهای PLUG STRIP) به دست آید که مجموعه‌های مجتمع سامانه‌های IT را پایش می‌کند یا در سطح محفظه[2] یا توسط خودِ افزاره IT این کار را انجام می‌دهد. یادآوری می‌شود که بارهای غیرIT نباید در این اندازه‌گیری شامل شوند.

۶-۲-۵ جایگاه اندازه‌گیری

با نزدیک شدنِ اندازه‌گیری‌ها به افزاره‌های IT که انرژی مصرف می‌کنند، هر رده به تدریج دقت اندازه‌گیری مصرف انرژی تجهیزات IT را بهبود می‌بخشد.

۷ گزارش‌دهی اثربخشی توان مصرفی

۷-۱ الزامات

۷-۱-۱ ساختار استاندارد برای مکاتبهٔ داده‌های PUE

به‌منظور اینکه PUE گزارش شده دارای معنا باشد، سازمان گزارش‌دهنده باید اطلاعات زیر را فراهم نماید:

- مرکز داده (شامل مرزهای ساختاری) تحت نظارت؛
- مقدار PUE؛
- رده.

رده PUE باید به صورت زیرنویسی برای اسم معیار ارائه شده باشد، به‌طور مثال، PUE_2 برای مقدار رده ۲.

۷-۱-۲ مثالی از گزارش‌دهی مقادیر PUE

با استفاده از ساختار ۷-۱-۱، جدول ۲ مثالی از نام‌گذاری‌های PUE مشخص و تفسیر آن‌ها ارائه می‌دهد.

1 - Rack

2 - Receptacle level

جدول ۲- مثال‌هایی از گزارش‌دهی PUE

مثال‌هایی از PUE مشخص	تفسیر
مرکز داده X، PUE_1 (2012-12-31) = ۲٫۲۵	در سال ۲۰۱۲ مقدار PUE مرکز داده X برابر ۲٫۲۵ بود و در رده ۱ PUE قرار داشت.
مرکز داده Y، PUE_1 (2013-06-30) =۱٫۷۵	در دوره‌ی ۰۱-۰۷-۲۰۱۲ تا ۳۰-۰۶-۲۰۱۳ مقدار PUE مرکز داده Y برابر ۱٫۷۵ بود. در رده ۱ PUE قرار داشت.
مرکز داده Z، PUE_2 (2013-12-31) =۱٫۵۰	در سال ۲۰۱۳، مقدار PUE مرکز داده Z برابر ۱٫۵۰ بود. در رده ۳ از PUE قرار داشت.

۷-۱-۳ داده برای گزارش‌دهی عمومی PUE

۷-۱-۳-۱ اطلاعات مورد نیاز

داده‌های زیر باید هنگام گزارش‌دهی عمومی داده PUE ارائه شوند:

- اطلاعات تماس؛

توصیه می‌شود تنها نام سازمان یا تماس در درستی‌سنجی‌های عمومی نمایش داده شود.

- اطلاعات موقعیت مرکز داده (نشانی، کشور یا ناحیه)؛

فقط استان یا اطلاعات ناحیه محلی لازم است که در استعلام‌های عمومی نمایش داده شود.

- نتایج اندازه‌گیری: PUE با مجموعه اصطلاحات مناسب شامل تعیین رده.

۷-۱-۳-۲ شواهدِ پشتیبان[1] (در مواقع مورد نیاز از سوی مراجع صلاحیت‌دار[2])

اطلاعات در مرکز داده بنا به درخواست، باید کمینه شامل موارد زیر باشد:

- نام سازمان، اطلاعات تماس و شرح محیط
- نتایج اندازه‌گیری: PUE با مجموعه اصطلاحات مناسب
- E_{DC} و E_{IT}
- آغاز و تاریخ اندازه‌گیریِ ارزیابی‌های کامل شده؛
- سطح درستی[3] (مجموعه‌های IEC 62052 و مجموعه‌های IEC 62053 مرجعی برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی ارائه می‌دهد).

1 - Supporting evidence
2 - Authorities having Jurisdiction
3 - Accuracy

- گزارش دادن در مورد اندازه فضاهای اتاق رایانه، اتاق مخابرات و اتاق واپایش و
- شرایط محیطی خارجی شامل کمینه، بیشینه و متوسط دما، رطوبت و ارتفاع

۷-۲ توصیه‌ها

۷-۲-۱ استفاده از رده PUE

توصیه می‌شود رده PUE برای مقدار مورد انتظار PUE مناسب باشد.

- PUE >۱٫۵: رده ۱ تا رده ۳
- ۱/۵۰ ≥ PUE > ۱٫۲۰: رده ۲ یا ۳
- PUE ≤۱٫۲۰: رده ۳

۷-۲-۲ داده ردیابی روند[1]

اطلاعات زیر ممکن است در ردیابی روندهای PUE درون مرکز داده مفید باشند:

- اندازه مرکز داده (مترمربع ساختمان)؛
- بار طراحی کلی مرکز داده برای تجهیزات (به‌طور مثال ۱۰٫۲ MW)؛
- نام ممیز احتمالی و روش مورد استفاده برای آن؛
- اطلاعات تماس مرکز داده؛
- شرایط محیطی مرکز داده؛
- ماموریت مرکز داده؛
- درصد نمونه اولیه مرکز داده (به‌طور مثال ٪۲۰ میزبان وب، ٪۸۰ رایانامه)؛
- تاریخ راه‌اندازی مرکز داده؛
- تعداد کارسازها، مسیریاب‌ها و افزاره‌های انباره؛
- متوسط و اوج بهره‌برداری CPU کارساز؛
- درصد کارسازهایی که از مجازی‌سازی استفاده می‌کنند؛
- سن متوسط تجهیزات IT بر اساس نوع؛
- سن متوسط تجهیزات ساختمان بر اساس نوع (تجهیزات خنک‌کننده و توزیع توان)؛

1 - Trend Tracking Data

- اهداف دسترس‌پذیری مرکز داده (پیوست الف در استاندارد ISO/IEC 30134-1:2016 مشاهده شود)؛
- جزئیات خنک‌سازی و هوارسان؛

یادآوری- دیگر KPIهای درون مجموعه استانداردهای ISO/IEC 30134 می‌توانند در ثبت اطلاعات فوق کمک کنند.

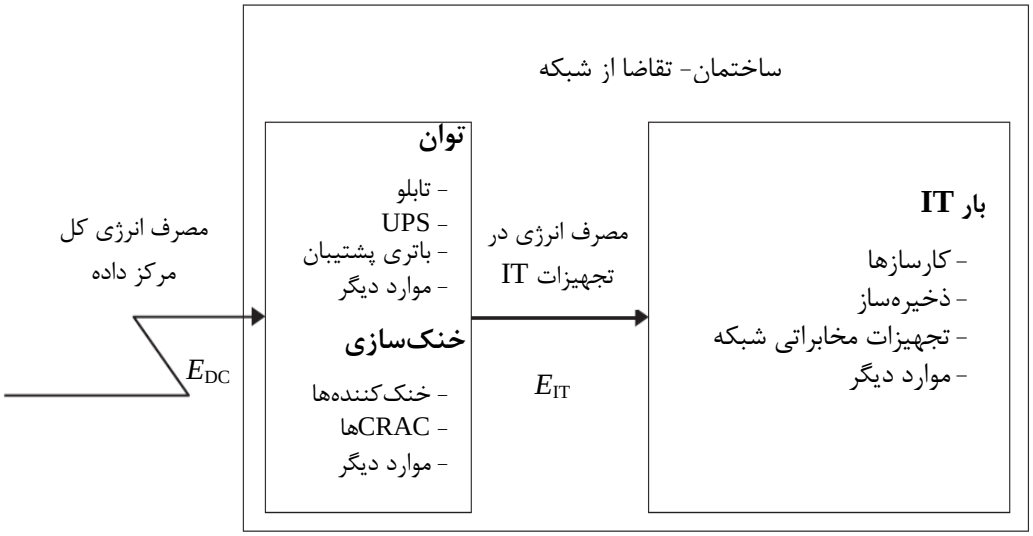
پیوست الف

(الزامی)

اندازه‌گیری‌های انرژی

الف-۱ اندازه‌گیری انرژی و محاسبه اثربخشی توان مصرفی

در شکل الف-۱، مصرف کل انرژی در مرکز داده برای بازتاب صحیح انرژی وارد شده به مرکز داده در تاسیسات اندازه‌گیری یا نزدیک به آن اندازه‌گیری می‌شود (به پیوست ب برای منابع انرژی دیگر مراجعه شود).



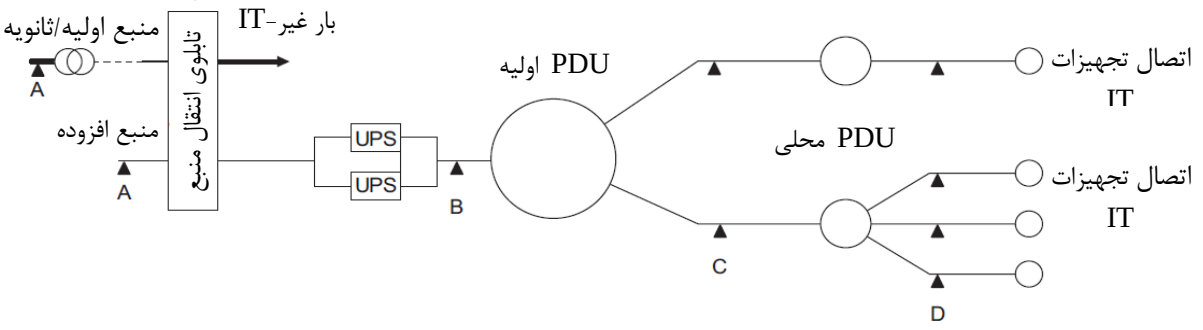
شکل الف-۱- طرح‌واره‌ای از محاسبات PUE برای اندازه‌گیری‌ها

تنها آن قسمتی از مرکز داده باید اندازه‌گیری شود که در آن اندازه‌گیری مصرف انرژی در تاسیسات مربوط به مرکز داده است؛ زیرا شامل شدنِ محاسبات هر انرژی‌ای که در مرکز داده مصرف نشده باشد و سبب محاسبات غیرسازگار PUE شود. برای مثال، اگر مرکز داده در دفتر ساختمانی قرار داشته باشد، انرژی کلی تاسیسات مجموع مصرف کل انرژی تاسیسات برای مرکز داده و انرژی کلی مصرف شده توسط دفاتر غیر از مرکز داده در ساختمان می‌شود. در این مورد، مدیریت مرکز داده باید مقدار انرژی مصرف شده توسط دفاتر غیر از مرکز داده را به‌منظور محاسبه کردن PUE صحیح اندازه‌گیری کند.

الف-۲ موقعیت‌های اندازه‌گیری

شکل الف-۲ نقاط اندازه‌گیری را برای پشتیبانی از تعیین E_{DC} نشان می‌دهد. E_{DC} بعد از اینکه تاسیسات در نقطه‌ی اندازه‌گیری (به‌طور مثال نقطه A) تغذیه شد، اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری با تمامی رده‌ها

سازگار است. نقاط اندازه‌گیری اضافی در شکل الف-۲ نشان داده شده و مربوط به سه رده PUE است. نقاط اندازه‌گیری باری تعیین رده ۱ از PUA (PUE_1)، رده ۲ از PUE (PUE_2) و رده ۳ از PUE (PUE_3) به ترتیب با B، C، D نمایش داده شده‌اند.



شکل الف-۲- نقاط پایش و اندازه‌گیری

پایش مصرف انرژی دربردارنده مفاهیم زیادی است که این جنبه‌ها می‌تواند آسان بودنِ آن برای کاروَر[1] مرکز داده جلوگیری کند. هزینه‌ها برای نصب تجهیزات اندازه‌گیری در هر نقطه در مسیر حیاتی توان می‌توانند بسیار بالا باشند. جمع‌آوری، پردازش و تفسیر تمامی داده‌ها نیز می‌تواند پیچیده باشند.

درجاتی از خطای ذاتی در هر اندازه‌گیری مصرف انرژی وجود دارد که می‌توانند بر نتایج تاثیرگذار باشند.

برای رویکرد عملی و قابل دستیابی به‌منظور پایش، توصیه می‌شود کاروَران مرکز داده، جاهایی را که اندازه-گیری آن مزیت بیشتری دارد؛ بشناسند و بهبودهای مربوطه در دقتِ نشانگر PUE را در نظر داشته باشند.

الف-۳ بسامدهای ارزیابی

افزایشِ بسامد کمینه چرخه ارزیابی، مجموعه داده‌های بزرگ‌تر و دقیق‌تری را برای تحلیل ایجاد می‌کند.

برای درک کامل و مدیریت موفق کارایی انرژی مرکز داده، توصیه می‌شود پایش بی‌درنگ پیوسته مرکز داده به‌کار گرفته شود تا بتوان برای تعیین نمودن محل‌های کارا روندهای تاریخی و تحلیل آماری انجام شود. این رویکرد امکان کشف آسان تغییرات غیرقابل انتظار که می‌تواند مسائل سامانه را نشان دهد، فراهم می‌آورد.

در مواردی که پایش پیوسته بی‌درنگ از نظر عملی یا اقتصادی توجیه‌پذیر نیست، توصیه می‌شود فرایندهای تکراری تعریف شده برای اندازه‌گیری‌ها برای محاسبات PUE به صورت ممکن برای اهداف مقایسه‌ای داخلی

1 - Operator

بکار گرفته شود. اگر سامانه‌های خودکار به‌کار گرفته شدند، توصیه می‌شود کمینه بسامد ارزیابی به صورت روزانه انجام شود.

در تمامی موارد، روشگانِ[1] اندازه‌گیری باید با رده‌ها و موقعیت‌های تعریف شده در ۶-۲ سازگار باشد.

1 - Methodology

پیوست ب

(الزامی)

محاسبه PUE با استفاده از منابع انرژی مختلف

ب-۱ استفاده از منابع انرژی مختلف

مقدار E_{DC} شامل تمامی انرژی مصرف شده برای عملیات مرکز داده است. این انرژی شامل شبکه برق و همچنین برق تولید شده در محل و شکل‌های غیرالکتریکی از انرژی است. اندازه‌گیری انرژی برای PUE باید در شکل KWh نمایش داده شده باشد. به‌منظور قادر کردن محاسبات PUE برای تاسیسات تولید برق در محل مرکز داده، توصیه می‌شود برق تولید شده که توسط kWh اندازه‌گیری شده، به حساب آورده شود.

برای انرژی غیر الکتریکی در تاسیسات مرکز داده، مانند آب سرد، ضریب تبدیل انرژی به مالک یا عملگر مرکز داده این امکان را می‌دهد که شامل انرژی آب سرد باشد.

ضریب‌های تبدیل انرژی به منطقه بستگی ندارند زیرا، مقدار سوخت موردنیاز برای تولید کردن یک واحد آب سرد به روش غالب تولید آب سرد در ناحیه معین دارد. بعضی کشورها مقادیری برای این ضریب‌های تبدیل منتشر کرده‌اند. اگر ضریب‌های تبدیل انرژی منطقه‌ای در دسترس نباشند، ضریب‌های تبدیل انرژی استاندارد جدول ب-۱ به‌کار می‌روند. این مقادیر مقدار متوسط عوامل مناطق مختلف جهان را نشان می‌دهد. آب سردی که به صورت طبیعی و آزاد در زمین و هوا خنک شده است برای آن در نظر گرفته نشده است.

جدول ب-۱- ضریب‌های استاندارد تبدیل انرژی

نوع انرژی	ضریب استاندارد تبدیل انرژی
آب سرد ناحیه	۰/۴
آب گرم ناحیه	۰/۴
بخار آب ناحیه	۰/۴
سوخت (برای سرمایش از نوع جذبی)	۰/۳۵

فرمول (ب-۱) مثالی از چگونگی خریداری برق در PUE مرکز داده‌ای را نشان می‌دهد و آب سرد ناحیه می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$PUE = \frac{E_{DC}}{E_{IT}} = \frac{E_{electrical} \times 1.0 + E_{chilled-water} \times 0.4}{E_{IT}} \qquad (ب-۱)$$

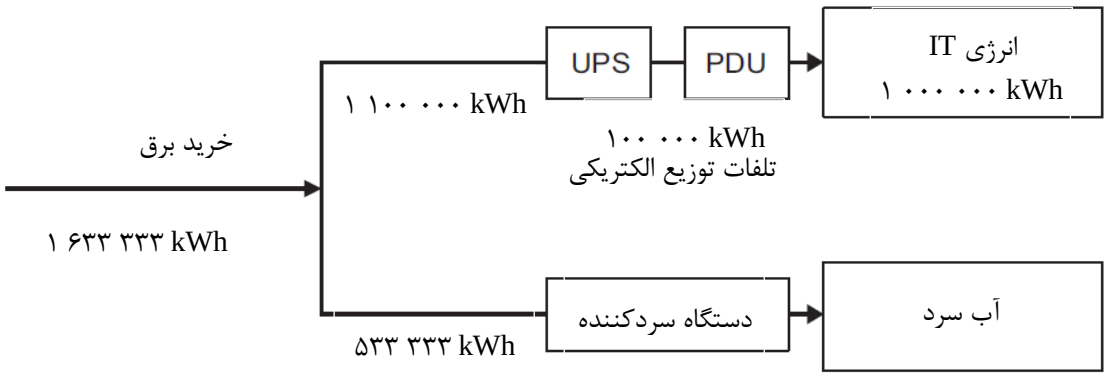
که

$E_{electrical}$ انرژی الکتریکی مصرف شده است.

$E_{chilled-water}$ انرژی مصرف شده آب سرد منطقه است.

ب-۲ مثال‌هایی از محاسبات PUE با منابع انرژی مختلف

شکل‌های ب-۱ تا ب-۴ مثال‌هایی از محاسبات PUE با منابع انرژی مختلف را نشان می‌دهند.

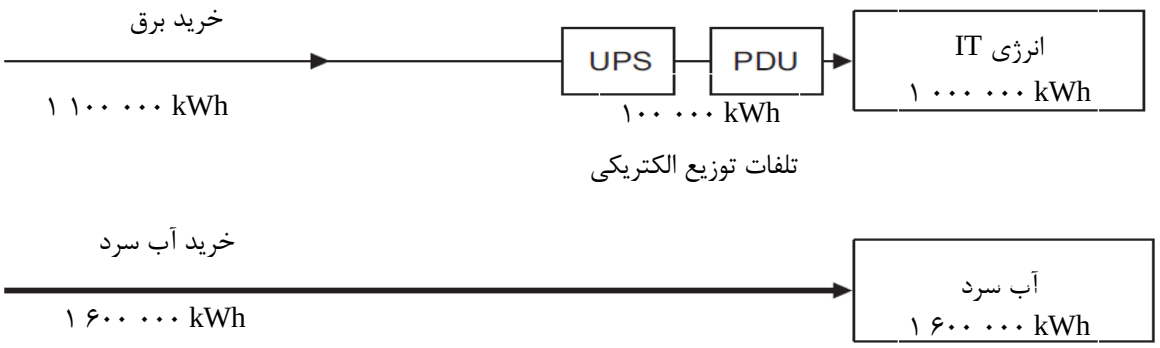


$PUE = E_{DC} / E_{IT}$

$= (۱\ ۶۳۳\ ۳۳۳) / (۱\ ۰۰۰\ ۰۰۰)$

$= ۱{,}۶۳$

شکل ب-۱- مثالی برای خرید تمامی برق مرکز داده

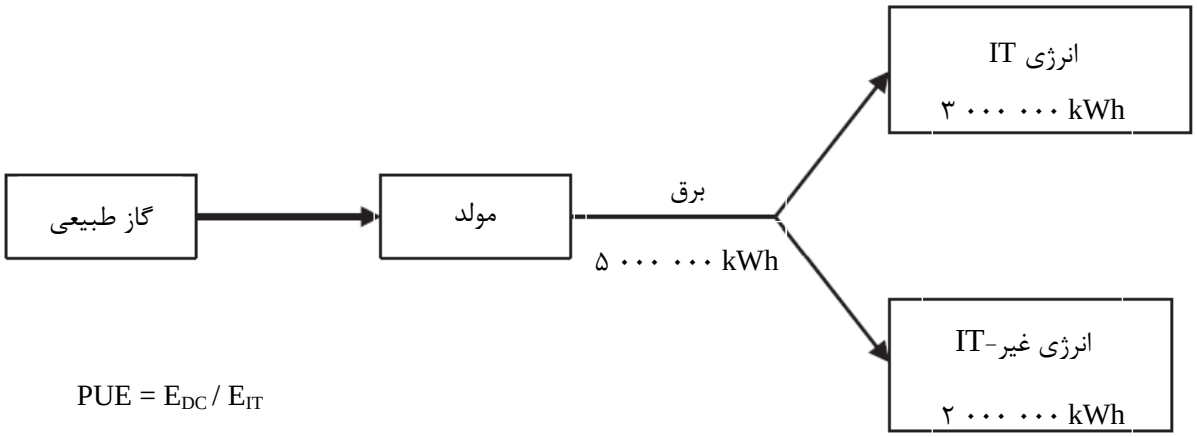


$PUE = E_{DC} / E_{IT}$

$= (۱\ ۱۰۰\ ۰۰۰ \times ۱ + ۱\ ۶۰۰\ ۰۰۰ \times ۰/۴) / (۱\ ۰۰۰\ ۰۰۰)$

$= ۱/۷۴$

شکل ب-۲- مثالی برای خرید برق و آب سرد مرکز داده

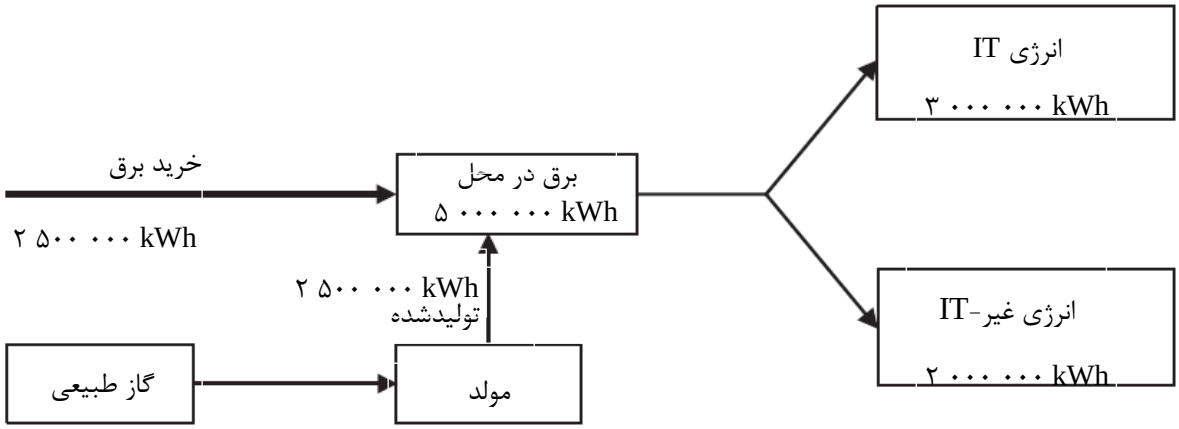


$PUE = E_{DC} / E_{IT}$

$= (۵\ ۰۰۰\ ۰۰۰) / (۳\ ۰۰۰\ ۰۰۰)$

$= ۱/۶۷$

شکل ب-۳- مثالی برای خرید گاز طبیعی مرکز داده



$$PUE = E_{DC} / E_{IT}$$

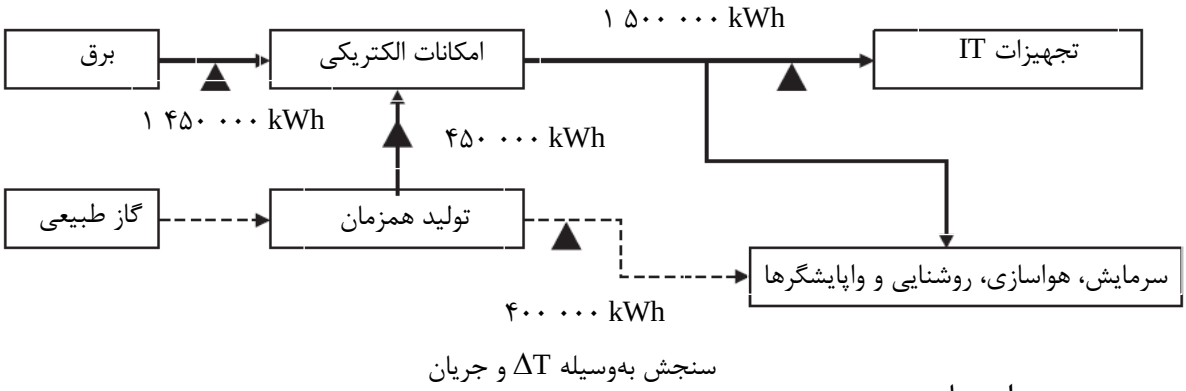
$$= (۲\ ۵۰۰\ ۰۰۰ + ۲\ ۵۰۰\ ۰۰۰) / (۳\ ۰۰۰\ ۰۰۰)$$

$$= ۱/۶۷$$

شکل ب-۴ - مثالی برای خرید برق و گاز طبیعی مرکز داده

ب-۳ مثال‌هایی از محاسبات PUE با تولید هم‌زمان با استفاده از برق و گاز طبیعی

شکل ب-۵ و ب-۶ مثال‌هایی از محاسبات PUE با تولید هم‌زمان با استفاده از برق و گاز طبیعی را نشان می‌دهند.



راهنما:

الکتریسیته

آب گرم یا سرد

نقطهٔ اندازه‌گیری

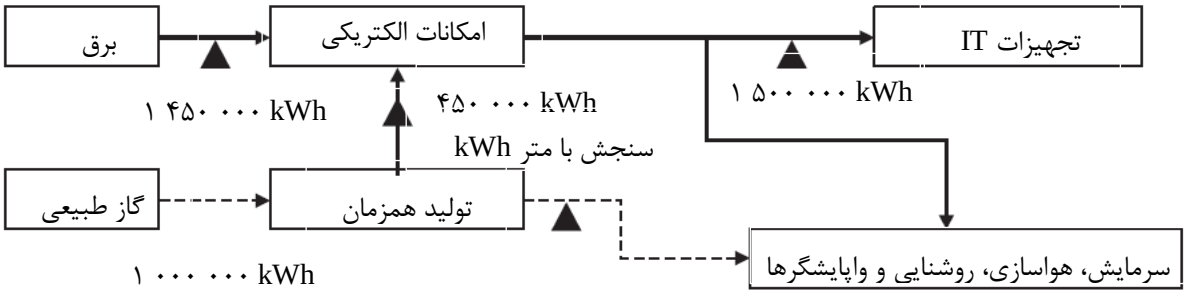
$$PUE = E_{DC} / E_{IT}$$

$$= (۱\ ۴۵۰\ ۰۰۰ + ۴۵۰\ ۰۰۰ + ۴۰۰\ ۰۰۰ \times ۰/۴) / (۱\ ۵۰۰\ ۰۰۰)$$

$$= ۱/۳۷$$

شکل ب-۵- روش ۱- اندازه‌گیری با جریان آب سرد

اگر مصرف انرژی سرمایش‌کننده نتواند اندازه گرفته شود، انرژی گرمایی آب سرد ممکن است از ضرب ۰٫۴ به دست آید. یادآوری می‌شود که کارایی سردکننده برای محاسبات PUE در نظر گرفته نشده است. چون اجرای سردکننده برابر با آب سرد شده ناحیه درنظر گرفته شده است، مقدار PUE واقعی می‌تواند افزایش یا کاهش یابد.



راهنما:

الکتریسیته

$PUE = E_{DC} / E_{IT}$

$= (۱\ ۴۵۰\ ۰۰۰ + ۴۵۰\ ۰۰۰ + ۰/۳۵ \times ۱\ ۰۰۰\ ۰۰۰ \times ۰/۴۷) / (۱\ ۵۰۰\ ۰۰۰)$ آب گرم یا سرد

$= ۱٫۳۸$

نقطهٔ اندازه‌گیری

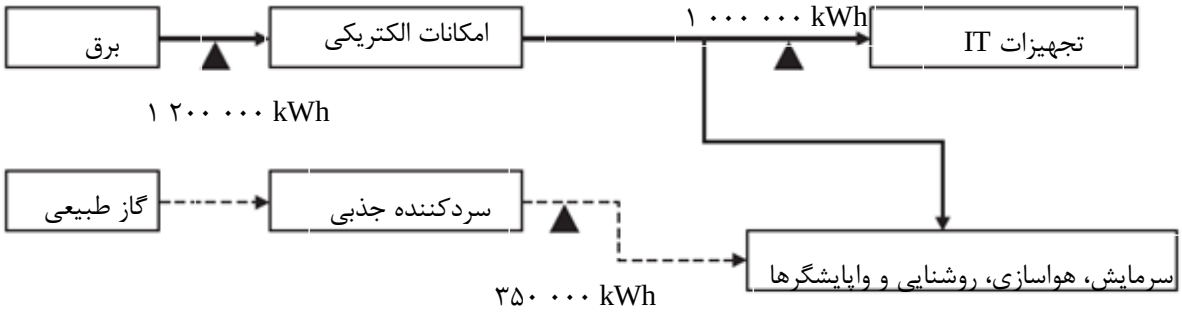
شکل ب-۶- روش ۲- محاسبات انرژی مورد نیاز برای تولید کردن آب سرد

در مثال روش ۲، توصیه می‌شود نسبت انرژی ورودی برای آب سرد و برق برای این سامانه تولیدی اندازه-گیری شود، بر مبنای روش مبنای تعریف شده در استاندارد ISO/IEC 26382. نسبت انرژی ورودی برای آب سرد ٪۴۷ و برای برق برای ٪۵۳ فرض شده است.

ب-۴ مثال‌هایی از محاسبات PUE با سردکننده جذبی

شکل‌های ب-۷ و ب-۸ مثال‌هایی از محاسبات PUE برای یخچال‌های نوع جذبی[1] را نشان می‌دهد:

1 - Absorption type refrigerator



راهنما:

الکتریسیته

آب گرم یا سرد

نقطهٔ اندازه‌گیری

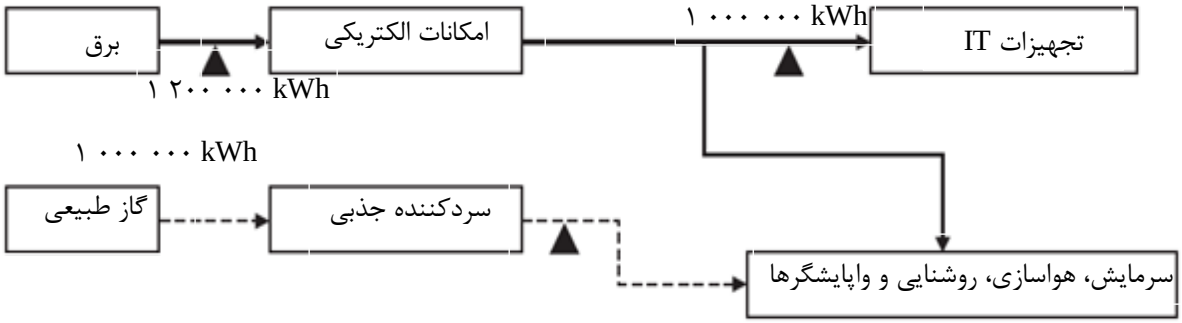
$$PUE = E_{DC} / E_{IT}$$

$$= (۱\,۲۰۰\,۰۰۰ + ۳۵۰\,۰۰۰ \times ۰/۴) / (۱\,۰۰۰\,۰۰۰)$$

$$= ۱/۳۴$$

شکل ب-۷- روش ۱- اندازه‌گیری برحسب جریان آب سرد

اگر مصرف انرژی سردکننده یا یخچال را نتوان سنجید، انرژی گرمایی آب سرد ممکن است از ضرب ۰/۴ به دست آید. در این مورد، کارایی سردساز برای محاسبات PUE در نظر گرفته نشده است. چون اجرای سردکننده مانند آب سرد ناحیه در نظر گرفته شده است، مقدار PUE واقعی می‌تواند افزایش یا کاهش یابد.



راهنما:

الکتریسیته

آب گرم یا سرد

نقطه‌ی سنجش

$$PUE = E_{DC} / E_{IT}$$

$$= (۱\,۲۰۰\,۰۰۰ + ۰/۳۵ \times ۱\,۰۰۰\,۰۰۰) / (۱\,۰۰۰\,۰۰۰)$$

$$= ۱/۵۵$$

شکل ب-۸ - روش ۲ - اندازه‌گیری برحسب گاز ورودی

پیوست پ

(الزامی)

مشتقات PUE

پ-۱ کلیات

پ-۱-۱ هدف مشتقات PUE

مشتقات PUE برای پشتیبانی از فرایند موثر مدیریت انرژی مفید هستند. هر مشتق باید با اطلاعات مشخصی انجام شود که در موقعیت مشخصی توصیف شده است.

پ-۱-۲ استفاده از مشتقات PUE

مشتقات PUE باید به صورت یکی از موارد زیر اختصاص و مستندسازی شده باشد: pPUE، iPUE و dPUE

الف- نشانگر PUE بخشی (pPUE)، اثربخشی توان مصرفی زیرمجموعه زیرساخت مرکز داده را توصیف می‌کند. نشانگر pPUE باید شامل داده‌های پشتیبانی زیر باشد، اما محدود به آن‌ها نیست:

- مرزهای مرکز داده، شامل سطح ارتجاعی.
- فهرستی روشن از منابع به اشتراک گذاشته شده.
- روش ارزیابی استفاده شده برای تعیین نمودن مقدار منابع موجود به اشتراک گذاشته شده.
- تمامی مدارک پشتیبانی PUE دیگر.

ب- نشانگر PUE موقتی (iPUE)، PUE اندازه‌گیری شده از دوره تناوب کمتر از یک سال را توصیف می‌کند (به شکل پ-۲ مراجعه شود). iPUE باشد شامل داده‌های پشتیبانی زیر باشد، اما محدود به آن‌ها نیست:

- مرزهای مرکز داده شامل سطح ارتجاعی.
- بازه زمانی تحت ارزیابی.
- تمامی دیگر مدارک پشتیبانی که در بازه‌های تعریف شده وجود دارد.

نشانگر iPUE ممکن است برای تصدیق کردن پارامتر dPUE استفاده شده باشد.

پ- نشانگر PUE اختصاص داده شده، PUE پیش‌بینی‌شده برای مرکز داده را پیش از عملیات یا تغییر مشخص در عملیات پیش‌بینی می‌کند (به شکل پ-۴ مراجعه شود). dPUE باید شامل داده‌های پشتیبانی زیر باشد، اما محدود به آن نیست:

- مرزهایی از مرکز داده شامل سطح ارتجاعی
- برنامه‌ای از PUE موقتی و PUE بر مبنای بارهای IT هدف و شرایط محیطی
- تمامی دیگر مدرک‌های پشتیبانی در دسترس پیش از عملیات، شامل داده‌های هدف بکارگرفته

استفاده‌ی مرکب از اصطلاحات برای توصیف موقعیت‌ها و مقادیر مناسب مجاز است. نمونه‌ای از استفاده از این مشتقات به صورت زیر است:

- i/d/pPUE(20XXX-08-31)=3/1[ref.jjj]
- [jjj]: [مرزهایی از مرکز داده، خنک‌کننده اشتراکی، فضا، امنیت فیزیکی]
- ٪۴۰ بار IT، شرایط محیطی و غیره

پ-۲ PUE موقتی (iPUE)

تعریف PUE به صورت واضح نشان می‌دهد که شکل آن سالیانه است و نیاز به اندازه‌گیری مداوم انرژی IT و انرژی کل مرکز داده برای کمینه یک سال دارد. گزارش‌دهی نیازمند این است که هر مقدار PUE با رده‌اش و دوره زمانی اندازه‌گیری آن همراه باشد.

برای اهداف مدیریت انرژی، دوره تناوب‌های کمتر از یک سال کامل می‌تواند اندازه‌گیری و گزارش شود. این مقادیر باید به صورت «PUE موقتی» (iPUE) تخصیص داده شود. همچنین این مقادیر باید بر اساس رده، دوره تناوب اندازه‌گیری، دیگر مفاهیم و گزارش اطلاعات مورد نیاز برای PUE سالیانه همراه باشد.

با کاهش بازه اندازه‌گیری به کمترین مقدار، iPUE بی‌درنگ می‌تواند ایجاد شود.

پ-۳ PUE بخشی (pPUE)

پ-۳-۱ کلیات

درحالی‌که PUE با استفاده از انرژی کلی مرکز داده تعریف شده است، pPUE بر انرژی استفاده از زیرسامانه‌های جزئی و مشخص زیرساخت مرکز داده تعیین شده است. مرزهای این زیرسامانه‌ها درون مرکز داده و pPUE ممکن است برای تمامی انواع مراکز داده به‌کار گرفته شود.

PUE بخشی (pPUE) با استفاده از فرمول پ-۱ تعریف شده است:

$$pPUE_{sub} = \frac{E_{sub} + E_{IT}}{E_{IT}} \qquad (پ-۱)$$

که در آن

E_{sub} مصرف انرژی (سالیانه) زیرسامانه برحسب kWh است.

E_{IT} مصرف انرژی تجهیزات IT (به صورت سالیانه) بر حسب kWh است.

همانند PUE، pPUE مربوط به استفاده از انرژی IT و شکلی سالیانه است که نیازمند یک سال کامل اندازه-گیری است. گزارش دهی pPUE نیازمند همان آشکارسازی، به‌علاوه تصویری روشن از زیرسامانه یا منطقه تحت بررسی است. یک منطقه شامل مجموعه‌ای بامعنا از مولفه‌های ساختاری است که در حال استفاده از انرژی هستند و کارایی انرژی در برآوردن این نیازها باید تعیین شوند.

برای مفید بودن فرایند مدیریت انرژی، توصیه می‌شود مناطق زیرسامانه‌ها در هر مرکز داده به صورت جداگانه تعریف شده باشند. توزیع الکتریکی (شامل UPS)، هواساز و سرمایش زیرسامانه‌های متداولی هستند که امروزه در بیشتر مراکز داده بکار می‌روند. آن‌ها توسط فرمول‌های پ-۲ تا پ-۴ تعریف شده‌اند:

$$pPUE_{power} = \frac{E_{electrical} + E_{IT}}{E_{IT}} \qquad (پ-۲)$$

که

$E_{electrical}$ مصرف انرژی سامانه‌های الکتریکی برحسب KWh است.

$$pPUE_{HVAC} = \frac{E_{HVAC} + E_{IT}}{E_{IT}} \qquad (پ-۳)$$

که

E_{HVAC} مصرف انرژی (سالیانه) سامانه‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع بر حسب KWh است.

$$pPUE_{cooling} = \frac{E_{cooling} + E_{IT}}{E_{IT}} \qquad (پ-۴)$$

که در آن

$E_{cooling}$ مصرف انرژی (سالیانه) در سامانه‌های سرمایش برحسب KWh است.

این قسمت از استاندارد ISO/IEC 30134 به دیگر مناطق اجازه می‌دهد تا در صورت نیاز با هدف کسب pPUE مفید برای تحلیل و درک توزیع زیرسامانه‌های مرکز داده برای استفاده انرژی کل و بهبود دادن کارایی انرژی زیرسامانه‌های تحت نظارت تعریف شوند.

مفهوم pPUE (و هر مقدار گزارش شده) تنها برای مناطقی از مرکز داده تحت مطالعه کاربردپذیر است.

این مفهوم برای به‌کار بردن در pPUE به عنوان قسمتی از ساختمانی که جزئی از مرکز داده نیست، بی‌معنا است.

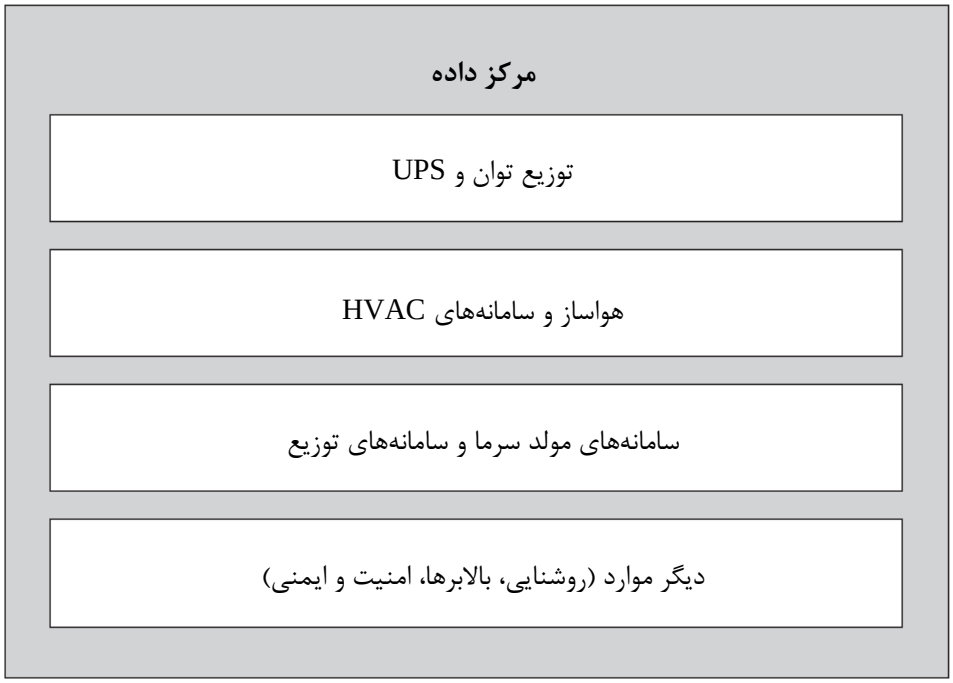
به خصوص، pPUE برای مناطقی که شامل بار IT نیستند، بی‌معنا است (KPIهای دیگر ممکن است کاربردپذیر باشند).

نشانگر pPUE همچنین برای ارزشیابی مناطق مخصوص در مرکز داده یا تاسیساتی به‌کار گرفته می‌شود که تجهیزات IT (منابع مشترک با دیگر نواحی) در آن قرار دارد. نواحی دیگر ممکن است شامل تجهیزات IT باشند یا نباشند، اما آن نواحی به‌عنوان قسمتی از ارزشیابی در نظر گرفته نمی‌شوند. مرزهایی از این ناحیه تحت ارزشیابی در استاندارد ISO/IEC 30134-1 توصیف شده‌اند.

پ-۳-۲ منطقه بندی[1]

استفاده‌ی عادی از pPUE درون مرزهای مرکز داده است. به‌عنوان گامی از فرایند مدیریت انرژی، مناطق زیرساخت زیرسامانه‌های درون مرکز داده باید تعریف شده باشند. این منطقه‌بندی وابسته به طراحی فنی مرکز داده دارد.

برای بیشتر مراکز داده‌ای پس از عملیات و در حین آن، منطقه‌بندی شکل پ-۱ به‌کار می‌رود.

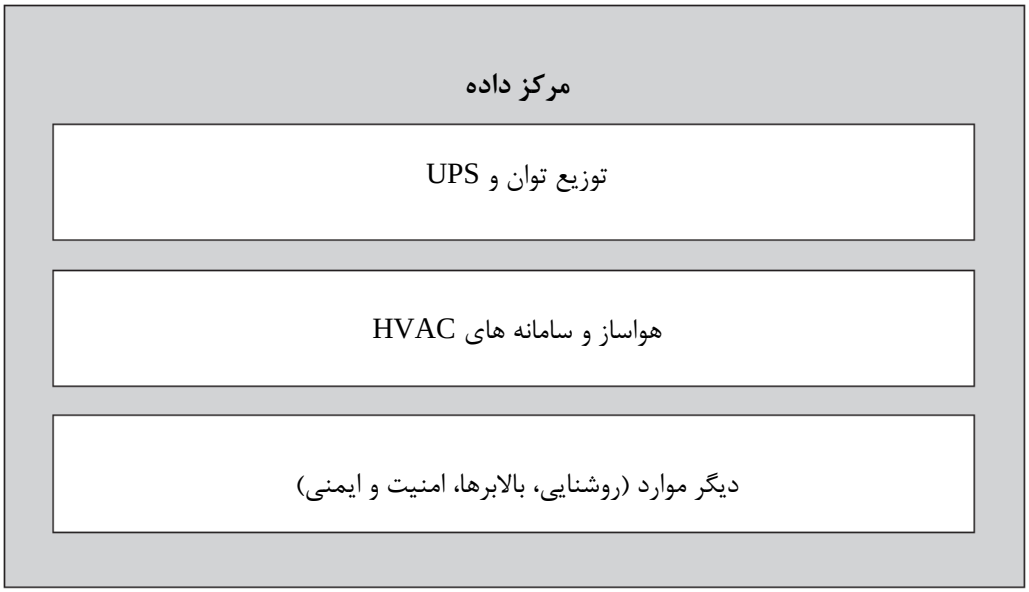


شکل پ-۱- منطقه‌بندی برای مرکز داده

1 - Zoning

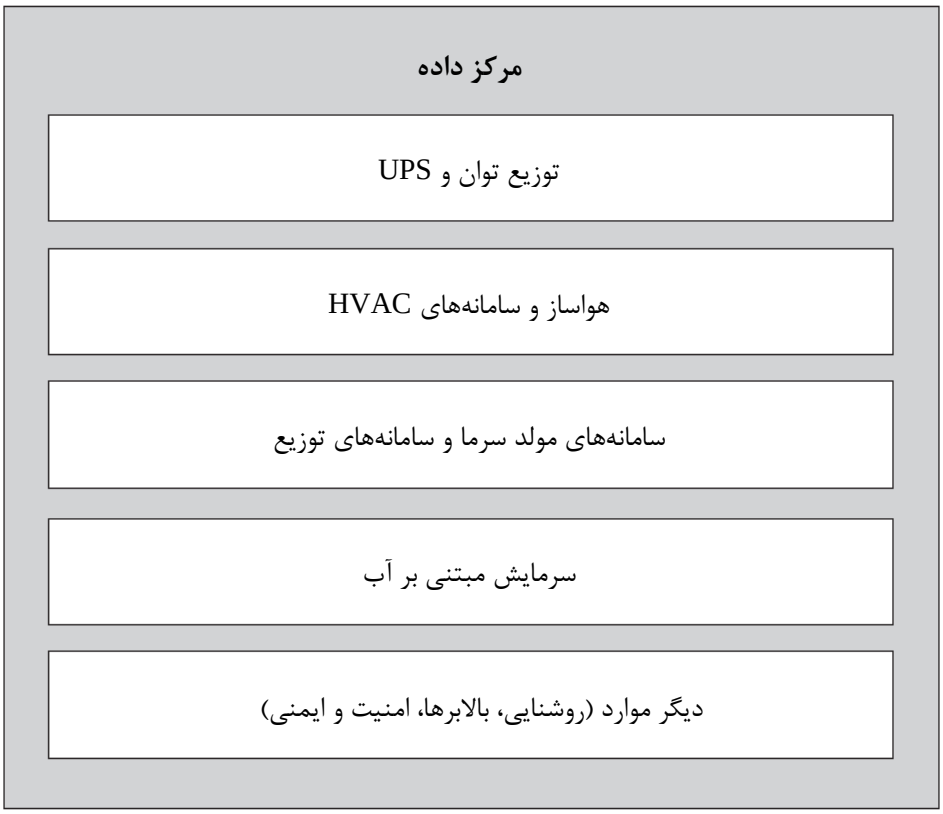
در نظر گرفتن یا در نظر نگرفتن منطقه «دیگر موارد» وابسته به میزان استفاده انرژی در آن منطقه است. ممکن است در آغاز از آن صرف نظر کرد و در گام بعد فرایند مدیریت انرژی در نظر گرفته شود؛ وقتی‌که کارایی مناطق اصلی به سطحی رسیده است که منطقه «دیگر موارد» به آن مربوط می‌شود.

در مورد سرمایشی که توسط سامانه DX فراهم شده است، هواساز و سرمایش نمی‌تواند از هم جدا باشد. لذا؛ منطقه‌بندی شکل پ-۲ بهترین رویکرد است.



شکل پ-۲- منطقه بندی برای مرکز داده با استفاده از سرمایش DX

در موردی که آب برای سامانه‌های سرمایش، انتقال آب استفاده شده است، انرژی زیادی مصرف می‌شود، منطقه بندی شکل پ-۳ رویکرد خوبی است.



شکل پ-۳ منطقه‌بندی برای مرکز داده استفاده‌کننده از آب

این قسمت از استاندارد ISO/IEC 30134 روشی برای تعریف کردن منطقه تعریف می‌کند، اما هر منطقه باید:

- برای کارِ فرایند مطلوب مدیریت انرژی، مناسب باشد.
- در جای مناسب، تنظیم شده مطابق با رشدِ بلوغ فرایند مدیریت انرژی باشد.

پ-۳-۳ الزامات اندازه‌گیری pPUE

به‌منظور اندازه‌گیری مناسب E_{SUB}، نیاز به نصب نمودن اندازه‌گیرهایی در هر خروجی PDU اصلی است.

اندازه‌گیری‌ها باید مطابق با بند ۷ باشد.

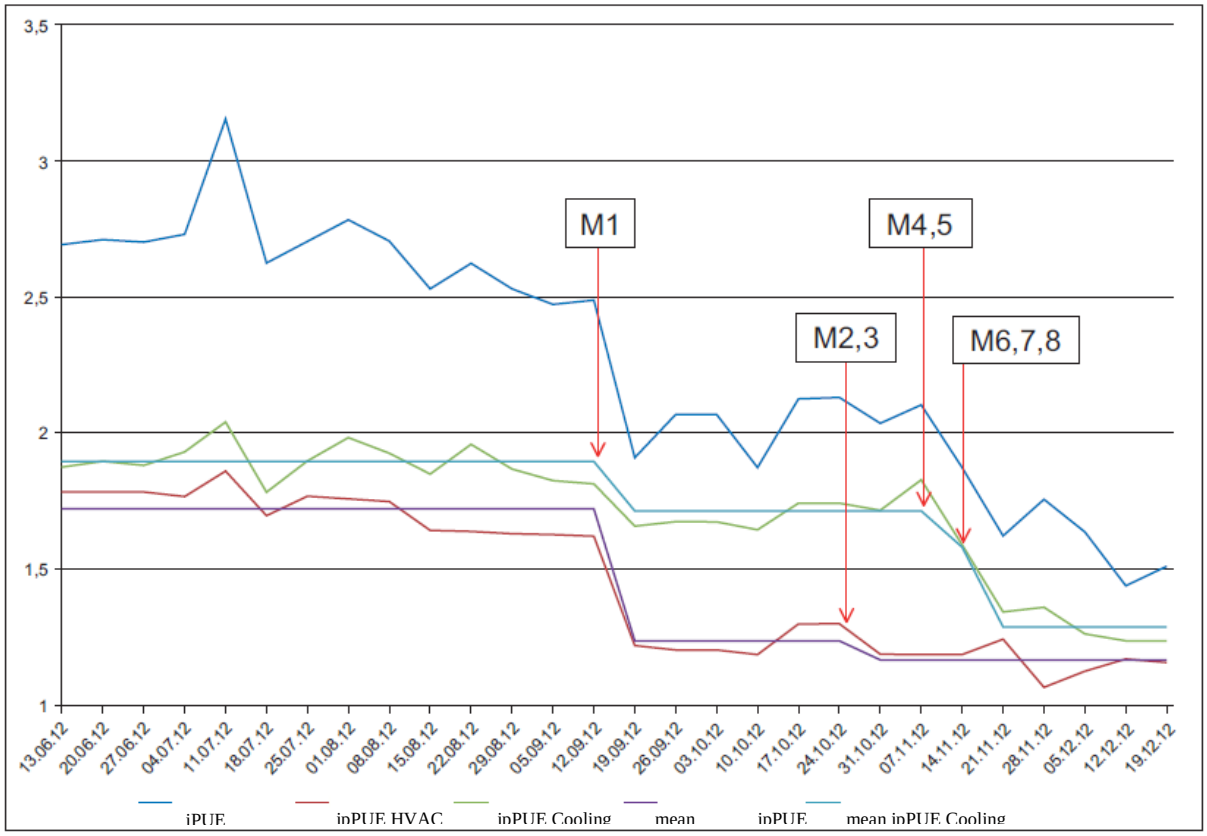
پ-۳-۴ گزارش‌دهی pPUE

به بند ۸ مراجعه شود.

پ-۳-۵ استفاده از pPUE در مدیریت انرژی

هدف اصلی pPUE تحلیل و شناسایی قابلیت ذخیره انرژی از طریق تشخیص مناطق غیرکارا و زیرسامانه‌های زیرساختی است. علاوه براین، pPUE می‌تواند برای تصدیق اثربخشی بهبود اندازه‌گیری‌ها به‌کار رود. به‌عنوان مثال، شکل پ-۴ مرکز داده با مناطقی را برای HVAC و سرمایش نشان می‌دهد. پیکان‌ها نقاطی در زمان را نشان می‌دهند که اندازه‌گیری‌ها به‌منظور بهبود کارایی مولفه‌های زیرساخت مربوط به‌کار گرفته شده‌اند.

علاوه براین، pPUE می‌تواند برای تخمین زدن قابلیت بهبود اندازه‌گیری و محاسبه کردن بازگشت سرمایه (ROI) هزینه‌های متناظر با آن به‌کار رود. هنگامی‌که شرایط عملیاتی و pPUE مربوط به آن معلوم هستند، اثر اندازه‌گیری می‌تواند به صورت کاهش pPUE بیان شده باشد. ذخیره سالیانه، نتیجه کاهش pPUE ضرب شده با هزینه‌های سالیانه برای استفاده انرژی در تجهیزات IT است. ROI دارایی ضروری تقسیم شده توسط ذخیره‌های سالیانه است و تعداد مهروموم‌های مورد نیاز برای بازگشت سرمایه را نشان می‌دهد.



شکل پ-۴- مثالی از به‌کار بردن ترکیب مشتقات pPUEها: pPUE

پ-۳-۶ استفاده از pPUE در ساختمان‌های دارای چند کاربرد

برای مراکز داده در ساختمان‌های دارای چند کاربرد، اجزای مشترک زیرساخت می‌تواند مانع از تعیین کردن PUE شود، همان‌طور که استفاده از تمامی انرژی نمی‌تواند وقف ساختمان یا مرکز داده شود. در این مورد، هنوز تعیین کردن pPUE برای این مناطق مرکز داده که می‌تواند تقسیم شود، ممکن است.

برای مثال، جاییکه، زیرساخت سرمایش ساختمان دارای چند کاربرد، هم در خدمت فضای مرکز داده و هم در خدمات فضای دفتر است، اندازه‌های نصب شده قادر به اندازه‌گیری جداگانه انرژی استفاده شده برای هر فضا هستند و محاسبه کردن PUE ممکن نیست. هرچند، محاسبه کردن pPUE برای توزیع توان و HVAC ممکن نیست، اگرچه، مزایای این pPUE بدون اطلاعات PUE محدود است. لذا، پیشنهاد شده است اندازه‌گیری‌های ضروری فراهم شود تا برای اجزای زیرساختی اصلی استفاده کننده از انرژی در ساختمان‌های با چند کاربر، جدایی ایجاد شود.

در این رویکرد، استثناهای قابل‌پذیرش برای محاسبه کردن pPUE در ساختمان‌های با چند کاربرد بارهای انرژی مربوط مورد نیاز به فضاهای مشترک است، مانند:

- دفتر کار
- کتابخانه‌ها
- خوابگاه‌ها
- اتاق‌های اجلاس
- بالابرها
- مهمانخانه‌ها
- آشپزخانه‌ها / اتاق‌های استراحت
- محل‌های پارکینگ
- توالت‌ها
- راهروها
- راه‌پله‌ها
- انبارهای تسهیلات

پ-۴ PUE طراحی‌شده (dPUE)

کارایی انرژی مرکز داده می‌تواند در مرحله طراحی بر مبنای موارد زیر پیش‌بینی شود:

- فرانامه برای رشد یا انتظار اشتغال و
- جدول زمانی برای افزایش و/یا کاهش مصرف انرژی.

جدول پ-۱ برای مرکز داده مورد نظر، مثالی از پیش‌بینی‌های مورد استفاده بارهای مورد انتظار بر مبنای اشتغال هدف مرکز داده نشان می‌دهد که منجر به PUE طراحی‌شده برای هر مرحله شده و منتج به مقدار $dPUE_3$ برابر ۱٫۲ سالیانه می‌شود.

جدول پ-۱- مثالی از محاسبه dPUE

idPUE$_3$	انرژی کلی استفاده شده در مرکز داده	پشتیبانی باقیمانده	روشنایی	UPS	توزیع توان	سرمایش، تهویه، رطوبت		تجهیزات IT		ماه	
	انرژی استفاده شده	انرژی استفاده شده	انرژی استفاده شده	انرژی استفاده شده	انرژی استفاده شده	انرژی استفاده شده	بار متوسط[a]	انرژی استفاده شده[a]	بار متوسط	مدت	ردیف
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kW	kWh	kW	روز	
۱/۲۵	۴۶۵۹۷	۷۴۴	۲۴۸	۳۷۲۰	۲۲۱	۴۴۶۴	۶	۳۷۲۰۰	۵۰	۳۱	۱
۱/۱۹	۸۰۲۸۹	۶۷۲	۲۲۴	۴۷۰۴	۷۶۹	۶۷۲۰	۱۰	۶۷۲۰۰	۱۰۰	۲۸	۲
۱/۱۷	۱۰۹۰۵۷	۷۴۴	۲۴۸	۵۵۸۰	۱۳۰۱	۸۱۸۴	۱۱	۹۳۰۰۰	۱۲۵	۳۱	۳
۱/۱۹	۱۱۵۵۸۳	۷۲۰	۲۴۰	۵۸۳۲	۱۵۱۱	۱۰۰۸۰	۱۴	۹۷۲۰۰	۱۳۵	۳۰	۴
۱/۲۱	۱۲۶۰۲۹	۷۴۴	۲۴۸	۵۷۲۹	۱۷۵۶	۱۳۳۹۲	۱۸	۱۰۴۱۶۰	۱۴۰	۳۱	۵
۱/۲۲	۱۲۲۷۰۴	۷۲۰	۲۴۰	۵۵۴۴	۱۷۲۰	۱۳۶۸۰	۱۹	۱۰۰۸۰۰	۱۴۰	۳۰	۶
۱/۲۲	۱۲۷۵۶۱	۷۴۴	۲۴۸	۵۷۲۹	۱۸۰۰	۱۴۸۸۰	۲۰	۱۰۴۱۶۰	۱۴۰	۳۱	۷
۱/۲۳	۱۴۶۹۹۱	۷۴۴	۲۴۸	۵۹۵۲	۲۴۰۷	۱۸۶۰۰	۲۵	۱۱۹۰۴۰	۱۶۰	۳۱	۸
۱/۲۳	۱۴۱۵۰۴	۷۲۰	۲۴۰	۵۷۶۰	۲۳۰۴	۱۷۲۸۰	۲۴	۱۱۵۲۰۰	۱۶۰	۳۰	۹
۱/۲۰	۱۴۳۱۴۲	۷۴۴	۲۴۸	۵۹۵۲	۲۲۷۸	۱۴۸۸۰	۲۰	۱۱۹۰۴۰	۱۶۰	۳۱	۱۰
۱/۱۸	۱۳۵۵۴۸	۷۲۰	۲۴۰	۵۷۶۰	۲۱۰۸	۱۱۵۲۰	۱۶	۱۱۵۲۰۰	۱۶۰	۳۰	۱۱
۱/۱۷	۱۳۹۲۹۸	۷۴۴	۲۴۸	۵۹۵۲	۲۱۵۴	۱۱۱۶۰	۱۵	۱۱۹۰۴۰	۱۶۰	۳۱	۱۲
dPUE											
۱/۲۰	۱۴۳۴۳۰۳	۸۷۶۰	۲۹۲۰	۶۶۲۱۴	۲۰۳۲۹	۱۴۴۸۴۰		۱۱۹۱۲۴۰		۳۶۵	کل

[a] استفاده پیش‌بینی‌شده یا تخمین شده

نشانگر PUE هنگام استفاده در مرحله طراحی، هدفی بر مبنای عملیات بهینه به صورت تعریف شده توسط طراح را نشان می‌دهد و توصیه می‌شود آب‌وهوای (دما و رطوبت محیط بیرون) موقعیت مرکز داده در نظر گرفته شود.

هنگام استفاده در مرحله طراحی، dPUE مقدار PUE مورد انتظار را برمبنای پیش‌بینی منبع (مانند قسمت ۶-۵ در استاندارد ISO/IEC 20000-1) با استفاده از مصرف انرژی و زیرساخت طرح‌ریزی‌شده مرکز داده و

تجهیزات IT نشان دهد. تقاضای نوسان زیرساخت پشتیبان سامانه در دوره پیش‌بینی برمبنای مشخصات اجزای سامانه و نوسانات خارجی مانند هوا و بار سامانه تخمین زده شده است. جدول پ-۱ مثالی از این پیش‌بینی ظرفیت را در دوره یک‌ساله نشان می‌دهد. در این مثال دوره‌ی پیش‌بینی به دوره‌های کوچک‌تری (ماه) تقسیم شده است. برای هر دوره، تاثیر تغییرات مورد نظر و رویدادها تخمین زده شده و نتایج در جدول قرار داده شده‌اند. فرضیات برای ماه ژانویه در جدول پ-۲ آورده شده است.

برای هر دوره کوچک، فرضیات در ظرفیت طرح‌ریزی پردازش‌ها، مقادیر (برای دوره‌های کوچک) E_{DC} و E_{IT} را فراهم خواهد کرد. فرضیات به صورت مثال‌هایی در جدول پ-۲و به‌عنوان قسمتی از گزارش dPUE آورده شدند. مجموع مقادیر E_{DC} و E_{IT} در دوره‌ی کوچک برای محاسبه کردن dPUE سالیانه استفاده شده است.

در جاییکه دوره تناوب پیش‌بینی از یک سال متجاوز است، ممکن است مقادیر متعدی dPUE گزارش شود.

جدول پ-۲– مثالی از توصیف محتوا

شماره	دوره فرعی	چه	تغییر / نوسانات خارجی
۱	ژانویه	تجهیزات IT	آغاز بار IT مرکز داده برابر ۵۰ کیلووات است.
		تهویه سرمایش/ رطوبت	مرکز داده در عرض جغرافیایی ۴۰N در نیمکره شمالی قرار دارد و از فاقد سرمایش است.
		نصب توزیع توان	با بار کم، تلفات اساسی مرتبط به توزیع توان کم است
		UPS	سامانه‌های UPS تحت بارگیری است، کارایی حدود ٪۹۰ است.
		روشنایی و تجهیزات پشتیبانی باقیمانده	فقط مصرف ثابت که با تعداد روزهای ماه تغییر می-کند

پیوست ت

(الزامی)

تفسیر PUE و مشتقات آن

ت-۱ کلیات

مجموعه اصطلاحات PUE، راهنماهای مناسب و شفاف گزارش‌دهی روشن و دسترس‌پذیری اطلاعات کلیدی در مورد نتایج گزارش مطابق با این استاندارد، اعتبار و مفید بودن اندازه‌گیری PUE را بهبود می‌بخشد.

این پیوست راهنماها و ملاحظاتی برای تفسیر مشتقات PUE ارائه کرده است.

توصیه می‌شود افراد مدعی از مسائل زیر آگاه باشند و اطمینان کسب کنند که در حال گزارش‌دهی و تفسیر اعدادی مجاز هستند و سپس ادعاهای عمومی را ارائه دهند.

مراکز داده‌ای دارای موارد زیر هستند:

الف- مشخصات، توانایی‌ها و خط‌مشی‌های عملیات مختلف (به‌طور مثال، قوانین و خط‌مشی‌های دولتی، آب‌وهوا، موقعیت و الزامات مصرف‌کننده)

ب- کاربردهای اولیه متفاوت؛ مانند:

۱- کاربری اصلی: آزمودن، ساختن، پردازش‌های داخلی، شبکه، مدل‌سازی علمی یا محاسبات، مدیریت پایگاه داده، ارتباطات و ...

۲- کسب‌وکار اولیه پشتیبانی شده توسط مرکز داده: خدمات ملی، مراقبت‌های بهداشتی، مخابرات، درستی‌سنجی و توسعه، پایش محیطی، تولید صنعتی و ...

۳- حساسیت خدمت[1]: خدمات اضطراری، زیرساخت شهروندی، سلامتی و ایمنی، امنیت و موارد مشابه؛

۴- اهداف دسترس‌پذیری: بازیابی از فاجعه، تلفات دوره‌ای خدمات، الزامات پشتیبان‌گیری منبع، الزامات اضطراری منبع و موارد مشابه (به پیوست الف در استاندارد ISO/IEC 30134-1:2016 مراجعه شود).

پ- توانمندی‌های متفاوتی با توجه به داده‌های جمع‌آوری‌شده و تحلیل‌شده از مصرف انرژی دارند.

1 - Criticality of Service

این عوامل بر عملکرد مرکز داده موثرند و توصیه می‌شود در تفسیر هر مقدار PUE در نظر گرفته شود. بدون اطلاعات اضافی در مورد نتایج گزارش شده، تفسیر داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط سازمان‌های گوناگون استفاده کننده از رویکردهای متفاوت در زمان‌های مختلف ممکن است بی‌معنا یا گمراه کننده باشد.

در نتیجه، توصیه می‌شود PUE مطابق با این استاندارد برای ارزیابی روندها در تاسیسات جداگانه در طول زمان و تعیین کردن اثرات طراحی متفاوت و تصمیمات عملیاتی درون تاسیساتی مشخص استفاده شود. توصیه نمی‌شود مقادیر PUE مراکز داده‌ای متفاوت به‌صورت مستقیم مقایسه شده باشند، همان‌طور که در ت-۲ و ت-۳ بررسی می‌شود.

ت-۲ زیرساخت مرکز داده در تجهیزات IT

هر بار در مرکز داده یا به صورت بار IT (بار زیرساخت) تخصیص داده شده است، یا در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شود. بسیاری از مراکز داده در ساختمان‌های چند کاربری هستند که دفاتر متعددی و یا بارهای دیگری که مربوط به کارکرد مرکز داده نیستند؛ در آن‌ها موجودند. ساختمان‌های چندکاربری ممکن است دارای سامانه‌های مشترکی مانند برج‌های خنک‌کننده، تابلوهای برق، سامانه‌های تهویه باشند. در این موارد گزارش‌دهی PUE باید به صورت روشن چگونگی مشارکت این بارها برای انجام محاسبات را توصیف کند. برای اهداف بهبود مرکز داده، چیزی که مهم می‌ماند تخصیص دقیق بارهای اشتراک گذاشته شده برای محاسبات PUE نیست، اما محاسبات به شیوه‌ای سازگارتر انجام می‌گیرد.

کاهش PUE منجر به کاهش انرژی مورد نیاز تجهیزات IT می‌شود. هرچند، PUE هیچ دستورالعمل یا چشم‌اندازی برای عملیات یا بهره‌وری تجهیزات IT فراهم نمی‌کند. این احتمال وجود دارد که تغییرات در قرارگیری یا عملیات تجهیزات IT بر مشتقات PUE اثر بگذارد.

به عنوان مثال:

- سازمان‌هایی که مجازی‌سازی را در مرکز داده پیاده‌سازی می‌کنند، ممکن است سبب کاهش بار IT شود اما PUE افزایش یابد. در این موقعیت‌ها، توزیع توان ثابت و سرمایش تغییر نکرده است اما کاهش در بار IT سبب مشتقات PUE ضعیف می‌شود. توصیه می‌شود کاربران PUE عواملی که به افزایش PUE کمک می‌کنند را به‌عنوان شانس‌هایی برای بهبود موقعیت در نظر بگیرند و مستندسازی کنند.
- مراکز داده قدیمی‌تر ممکن است کارسازهای قدیمی‌تر را بدون فناوری مصرفِ کمِ انرژی، استفاده کنند. در مقایسه، بیشتر مراکز داده‌ای اخیر ممکن است شامل خدمات «متناسب با انرژی» با سطوح بالای بازه‌های دینامیکی باشند که در آن نوسانات صرف انرژی به صورت چشم‌گیری براساس بار IT است. در این مورد، مراکز داده‌ای قدیمی‌تر ممکن است مشتقات PUE را بهتر نمایش دهند.

تغییرات در PUE زمانی معنادار هستند که به صورت پاسخ مرکز داده به تغییرات در زیرساخت تجهیزات یا عملیات زیرساخت در نظر گرفته شوند. توصیه می‌شود مطالعات در مورد اثر تغییرات PUE در تجهیزات

زیرساخت یا عملیات این اطمینان را بدهند که تغییرات در بار IT در زمان مطالعه به صورت مناسب در نظر گرفته شده‌اند.

ت-۳ مقایسه مشتقات PUE بین مراکز داده‌ای

همان‌طور که در ت-۱ نشان داده شد، توصیه نمی‌شود مقادیر PUE مراکز داده‌ای متفاوت به صورت مستقیم مقایسه شوند.

هرچند، مراکز داده با شرایط مشابه ممکن است قادر به یادگیری تغییرات ایجاد شده برای مرکز داده‌ای دیگری باشند که دستورالعمل‌های اندازه‌گیری، دستورالعمل‌های گزارش‌دهی و مشخصات داده‌ای اضافی دیگر را ارائه داده است. برای انجام مقایسه عادلانه توصیه می‌شود مشتقات PUE در مراکز داده، مشخصاتی مانند قدمت، موقعیت گرافیکی، ظرفیت بارگذاری، سکونت، دسترس‌پذیری خدمات و اندازه‌ی تاسیسات و دیگر مفاهیم بار در نظر گرفته شوند (به پیوست الف استاندارد ISO/IEC 30134-1:2016 مراجعه شود).

در این موارد، PUE ممکن است برای بهبود دادن کارایی زیرساخت مرکز داده و فراهم نمودن چشم‌اندازی برای مراکز داده‌ای مشابه به‌کار رود.

کتاب‌نامه

[1] ISO 9000, Quality management systems — Fundamentals and vocabulary

[2] ISO/IEC/TS 15504-8, Information technology — Process assessment — Part 8: An exemplar process assessment model for IT service management

[3] ISO 19011, Guidelines for auditing management systems

[4] ISO/IEC 20000-2, Information technology — Service management — Part 2: Guidance on the application of service management systems

[5] ISO/IEC 20000-3, Information technology — Service management — Part 3: Guidance on scope definition and applicability of ISO/IEC 20000-1

[6] ISO/IEC/TR 20000-4, Information technology — Service management — Part 4: Process reference model

[7] ISO/IEC/TR 20000-5, Information technology — Service management — Part 5: Exemplar implementation plan for ISO/IEC 20000-1