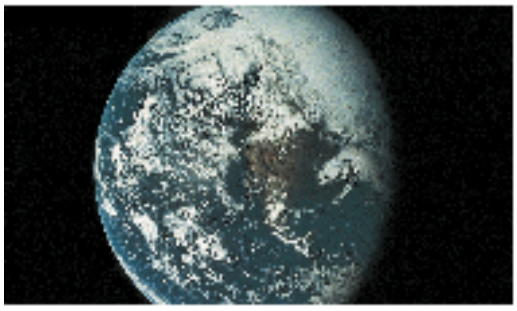
EVO

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION



پروتکل بین‌المللی

اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد

مفاهیم و گزینه‌های تعیین

صرفه‌جویی‌های انرژی و آب

جلد ۱

تهیه شده توسط سازمان ارزیابی کارایی

www.evo-world.org

مترجمین:

فراز سجده ای- محمد اسلامی- فاطمه ملایی

ژانویه ۲۰۱۲

EVO 10000 – 1:2012 (Ir)

پروتکل بین‌المللی
اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد

مفاهیم و گزینه‌های تعیین
صرفه‌جویی‌های انرژی و آب
جلد ۱

تهیه شده توسط سازمان ارزیابی کارایی

www.evo-world.org

مترجمین: فراز سجده ای- محمد اسلامی- فاطمه ملایی

ژانویه ۲۰۱۲

EVO 10000 – 1:2012 (Ir)

© Efficiency Valuation Organization 2012

چشم‌انداز سازمان ارزیابی کارایی (EVO)

بازار جهانی که به درستی به مصرف کارآمد از منابع طبیعی بها دهد و گزینه‌های کاربردی کارایی انرژی را به عنوان جایگزینی مناسب برای گزینه‌های تامین انرژی به کار می‌گیرد.

ماموریت سازمان ارزیابی کارایی (EVO)

گسترش و ترویج استفاده از پروتکل‌ها، روش‌ها و ابزار استاندارد برای تعیین کمیت و مدیریت ریسک‌های عملکرد و مزایای مرتبط با معاملات تجاری کاربرد کارایی انرژی، انرژی تجدیدپذیر و کارایی آب

مقدمه مترجمین

گرچه متنی که از نظرتان می گذرد با توجه به عنوانی که دارد به نظر یک متن صرفاً فنی می آید ولی حاوی نکات بسیار آموزنده و مفیدی است که بایستی در هنگام عقد قراردادهای کارایی انرژی و انرژیهای تجدیدپذیر مد نظر داشت. نکاتی که ریسکهای این گونه پروژه ها را بخصوص هنگامی که به صورت قرارداد پرداخت از محل صرفه جویی (مبتنی بر عملکرد یا اسکو) اجرا می شود، کاهش می دهد. قرارداد، پوششی ظاهری بر اجرای کاری است که بر یک پشتوانه فنی استوار است و داشتن درک درست از مزایا، محدودیتها و ریسکهای آن در تنظیم بندهای این گونه قراردادها اهمیت حیاتی دارد تا بتوان ریسکهای آن را به حداقل رسانده یا مدیریت کرد و و اصل برد- برد را در آن برقرار نمود. این پروتکل فصل مشترکی است بین بدنه فنی، مالی، حقوقی و اجرایی این قراردادها و داشتن اطلاعات اولیه از آن پیش از تنظیم هر گونه قرارداد پرداخت از محل صرفه جویی (اسکو) توصیه می شود. نقش اندازه گیری و صحه گذاری در قراردادهای مبتنی بر عملکرد بسیار پررنگ است به طوری که گفته می شود در این نوع قراردادها دومین مورد مهمی است که بایستی پس از مبلغ قرارداد مورد گفتگو قرار بگیرد. گفته می شود داشتن اندازه گیری و صحه گذاری خوب در این نوع قراردادها می تواند ۲۰ تا ۳۰ درصد صرفه جویی بیشتر ایجاد کند. از سویی توافق بر سر اصول اندازه گیری و صحه گذاری در ابتدای قرارداد در چارچوب طرح اندازه گیری و صحه گذاری، می تواند از اختلافهای بعدی جلوگیری کند. در این پروتکل با اصول کلی این فرایند آشنا خواهید شد و ضمن آن که کاربرد آن صرفاً در این گونه قراردادها نیست و می تواند در موارد دیگر مانند مدیریت انرژی داخل سازمان یا حتی اندازه گیری های مربوط به کاهش کربن کاربرد داشته باشد.

مکمل اجرایی سند حاضر پروتکل بین المللی تامین مالی کارایی انرژی[1](IEEFP) است. پروتکل مذکور هم به همراهی سند حاضر ترجمه شده و در اختیار خوانندگان محترم است.

سازمان ارزیابی کارایی[2] که این اسناد را با همکاری افراد صاحبنظر بین المللی تهیه کرده و به منظور ایجاد یک پارچگی و هماهنگی اجرا، علاقه زیادی دارد که بتواند به نشر و درک این مفاهیم در جهان کمک کند و از سویی شرایط محلی کشورها را برای بهبود آن در نظر بگیرد. ترجمه این سند و پروتکل بین المللی تامین مالی کارایی انرژی در چارچوب توافق نامه ای که در فوریه ۲۰۱۲ بین شرکت خدمات انرژی دانا و سازمان فوق الذکر منعقد شد به صورت داوطلبانه و با هدف گسترش مفاهیم مربوط به صنعت اسکو در ایران انجام شد ولی متاسفانه پس از اتمام کار مورد توافق و تحویل آن، این سازمان به دلایل محافظه کارانه و به بهانه وجود تحریمها در بخش انرژی ایران از انتشار آنها در سایت خود خودداری نمود. نامه نگاری های متعدد در خصوص عواقب تحریم بر بخش کارایی انرژی و انرژیهای تجدیدپذیر ایران که آثار و نتایج نامطلوب آن در قالب انتشار بیشتر گازهای گلخانه ای تنها در مرزهای این کشور محدود نمی ماند و از سویی عدم انتشار این اسناد محروم ساختن سایر کاربران فارسی زبان در کشورهای دیگر خواهد بود، نتیجه ای در بر نداشت. با گذشت بیش از یک سال از ترجمه این اسناد و با توجه به سیاستهای کشور برای اجرای پروژه های بهینه سازی مصرف انرژی در قالب قراردادهای بیع متقابل که

---

[1] - International Energy Efficiency Finance Protocol (IEEFP)

[2] - Efficiency Valuation Organization (EVO)

شباهت بسیار به الگوی قراردادهای اسکو دارد بر آن شدیم که در خصوص انتشار این دو پروتکل با شرکت بهینه سازی مصرف سوخت که متولی این گونه قراردادها خواهد بود مذاکره کنیم. جلدی که پیش رو دارید نتیجه این همکاری است.

ویرایش نهایی این متن توسط آقای آرتین هاروطونیان انجام شده که بدین وسیله از ایشان قدردانی می شود.

امید است در اختیار داشتن نسخه فارسی این دو سند راهگشای درک و اجرای هر چه بهتر این قراردادها از طریق بهره گیری از تجارب متخصصین و کارشناسان بین المللی در این زمینه باشد. از کلیه متخصصین تقاضا می گردد، نظرات خود جهت بهبود متن حاضر را به شرکت بهینه سازی مصرف سوخت ارسال نمایند تا در چاپ های جدید مورد توجه قرار گیرد.

فراز سجده ای- محمد اسلامی- فاطمه ملایی

ژانویه ۲۰۱۲

خوانندگان عزیز،

از آن‌جایی‌که کارایی انرژی به عنوان زیربنایی برای مدیریت مناسب زیست‌محیطی در جهان در حال شناسایی است، مستندسازی مناسب صرفه‌جویی‌ها در حال اهمیت یافتن روزافزون است. قطعاً یافتن و به درستی گزارش شدن صرفه‌جویی‌های پیش‌بینی‌شده نفع همه است.

قابل توجه است که:

- **کاربران انرژی** نیازمند داشتن روش‌های قوی در صحه‌گذاری دستیابی به اهداف خط‌مشی انرژی خود هستند تا گواهی‌نامه ISO 50001 را برای روش‌های مدیریتی خود، دریافت یا حفظ کنند؛
- **خریداران بالقوه محصولات یا خدمات کارایی انرژی** می‌خواهند که خریدهای بالقوه آن‌ها از طریق روش‌های شناخته شده رایج اثبات شوند؛
- **خریداران واقعی محصولات یا خدمات کارایی انرژی** نیازمند بازخورد اثربخشی خریدهایشان هستند تا به بهبود عملکردشان کمک کند و آنها را نسبت به خریدهای بعدی خود آگاه سازد؛
- **دولت‌ها و تامین‌کنندگان حامل‌های انرژی** نیاز دارند تا بدانند که صرفه‌جویی‌هایی که از برنامه‌های کارایی انرژی گزارش شده‌اند، مبتنی بر نتایج اندازه‌گیری‌شده واقعی هستند که از یک پروتکل قابل قبول عمومی پیروی کند.

درواقع، دانستن این‌که صرفه‌جویی‌های انرژی می‌تواند به طور شفاف گزارش شوند، برای پذیرش طرح‌های پیشنهادی کارایی انرژی، حیاتی است.

سازمان ارزیابی کارایی انرژی[3] تنها سازمانی است که برای تدارک ابزار این هدف اختصاص داده شده است. پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد[4] ، اکنون در ویرایش هفتم خود، درحالی‌که بهترین تجارب از سراسر جهان را جمع‌آوری می‌کند، **شفافیت در گزارش‌های صرفه‌جویی را تعریف می‌کند**. این سازمان (پروتکل بین‌المللی تامین مالی کارایی انرژی)[5] را نیز منتشر کرده تا به سرمایه‌گذاران کارایی انرژی در شناسایی و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های صرفه‌جویی هزینه انرژی کمک کند.

چارچوب انعطاف پذیر IPMVP در گزینه‌های اندازه‌گیری و صحه‌گذاری[6] (M&V)، به دست‌اندرکاران این امکان را می‌دهد تا طرح اندازه گیری و صحه گذاری درستی را برای مایملک ساختمان یا صنعتی خود تهیه کنند و موجب اطمینان کسانی شوند که امیدوارند تا منافع مالی و/یا زیست‌محیطی به‌دست‌آورند. تعریف واضح از اصطلاحات و تاکید زیاد بر روش‌های یک‌پارچه و شفاف، هسته اصلی این پروتکل را تشکیل می‌دهد. گرچه جزئیات کاربردی برای هر پروژه منحصر به فرد است، چارچوب انعطاف‌پذیر این پروتکل به طور موفقیت‌آمیزی برای همه انواع فنون کارایی انرژی، برای هزاران پروژه و برنامه کوچک و بزرگ در سراسر جهان به کار گرفته شده است.

---

[3] - Efficiency Valuation Organization (EVO)

[4] - International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

[5] - International Energy Efficiency Financing Protocol (IEEFP)

[6]- Measurement and Verification (M&V)

این پروتکل نتیجه تلاش داوطلبین و مسئولان متعددی است که در این نسخه و در ویرایش قبلی برشمرده شده‌اند. من در این‌جا می‌خواهم از همه کسانی که در بخش سپاس‌گزاری نام برده شده‌اند، تشکر کنم. شما هم می‌توانید از طریق ارسال نظرات، ملحق شدن به یک کمیته سازمان کارایی انرژی، یا مشترک شدن در آن از این حرکت پشتیبانی کرده و به این گروه واقعاً منحصر به فرد تخصصی بپیوندید. من تمام خوانندگان را به ارائه نظر تشویق می‌کنم، به این ترتیب ما می‌توانیم این پروتکل را به طور مداوم بهبود ببخشیم (پست الکترونیکی: ipmvprev@evo-world.org).

جان کوان

رئیس هیات مدیره

تورنتو، کانادا

فهرست مطالب

سپاسگزاری ..... ت

تغییرات این ویرایش ..... ح

مقدمه ..... خ

فصل ۱- مقدمه‌ای بر IPMVP ۱

۱-۱ هدف و دامنه کاربرد IPMVP ۱

۱-۲ فواید استفاده از IPMVP ۲

۱-۳ ارتباط IPMVP با دیگر راهنماهای M&V ۲

۱-۴ چه کسانی از IPMVP استفاده می‌کنند؟ ۲

فصل ۲ تعریف و اهداف M&V ۴

۲-۱ اهداف M&V ۵

فصل ۳ اصول M&V ۷

فصل ۴ چهارچوب و گزینه‌های IPMVP ۸

۴-۱ مقدمه ۸

۴-۲ اصطلاحات انرژی، آب و دیماند ۹

۴-۳ فرآیند طراحی M&V و گزارش‌دهی ۹

۴-۴ صحه‌گذاری عملیاتی ۱۰

۴-۵ صحه‌گذاری صرفه‌جویی‌ها ۱۱

۴-۶ مرورکلی گزینه‌های IPMVP ۱۷

۴-۷ گزینه‌های A و B: جداسازی اصلاح ۱۹

۴-۸ گزینه C: کل مایملک ۲۶

۴-۹ گزینه D: شبیه‌سازی کالیبره شده ۳۰

۴-۱۰ راهنمای انتخاب گزینه ۳۴

۴-۱۱ تداوم صرفه‌جویی‌ها ۳۶

فصل ۵ محتوای طرح M&V ۳۸

فصل ۶ گزارشهای M&V ۴۱

فصل ۷ انطباق با IPMVP ۴۲

فصل ۸ موضوعات متداول دیگر M&V ۴۳

۸-۱ اعمال قیمت‌های انرژی ۴۳
۸-۲ تصحیحات خط مبنا (غیرمعمول) ۴۴
۸-۳ نقش عدم قطعیت (صحت) ۴۵
۸-۴ هزینه ۴۶
۸-۵ تعادل عدم قطعیت و هزینه ۴۷
۸-۶ صحه‌گذاری توسط یک بازرس مستقل ۴۹
۸-۷ داده‌ها برای تجارت انتشار کربن ۴۹
۸-۸ حداقل شرایط عملیاتی ۵۰
۸-۹ داده‌های آب و هوایی ۵۱
۸-۱۰ استانداردهای حداقل انرژی ۵۱
۸-۱۱ موارد مرتبط با اندازه‌گیری ۵۱
۸-۱۲ ارقام با معنی ۵۶
فصل ۹ تعاریف ۵۸
فصل ۱۰ منابع ۶۲
پیوست الف مثال‌ها ۷۰
پیوست ب عدم قطعیت ۹۰
پیوست ج: موارد خاص منطقه‌ای ۱۱۰
پیوست د کاربران IPMVP ۱۲۰
فهرست راهنما ۱۲۶

سپاسگزاری

این پروتکل ابتدا توسط داوطلبین زیر تدوین شده و سازمان ارزیابی کارایی از فعالیت آن‌ها در دریافت نظرات و ایجاد تغییرات برای ویرایش ۲۰۱۱ قدردانی می‌کند. EVO از سازمانهای متبوعه همه داوطلبین این سازمان به دلیل حمایت و تعهداتشان تقدیر می‌کند.

هیات مدیره EVO (۲۰۱۲)

جان کوان، رئیس هیئت مدیره (کانادا)، Environmental Interface Limited

توماس دریسن، نایب رئیس هیئت مدیره (ایالات متحده آمریکا)، EPS Capital

جان استفان کرومر، خزانه‌دار و رئیس هیئت مدیره پیشین (ایالات متحده آمریکا)، مشاور مستقل

انیس اقبال، دبیر (بریتانیا)، .Maicon Associates Ltd

تیموتی هویی (چین)، EcoTech International(ETI)

جین رویدانگ (چین)، مرکز ملی وزارت مسکن و اسکان

پاتریک جولیان (فرانسه)، GIMELEC

ساتیش کومار (هند)، Schneider-Electric

تینان لی (چین)، مرکز کارایی انرژی صنعتی (CIEE)

پیر لانگلوا (کانادا)، Econoler

استیو شیلر (ایالات متحده آمریکا)، شرکت مشاور شیلر

کمیته IPMVP (۲۰۱۲)

دیوید جامپ، رئیس هیئت مدیره (ایالات متحده آمریکا) شرکت خدمات و فن‌آوری‌های کوانتوم انرژی، (QuEST)

اِلِن فرانکونی، نایب رئیس هیئت مدیره (ایالات متحده آمریکا)، Rocky Mountain Institute

توماس آدامز (ایالات متحده آمریکا)، AFCESA

راجا چیروماميلا (ایالات متحده آمریکا)، .Sain Engineering Associates, Inc

ال‌جی گروبلر (آفریقای جنوبی)، Energy Cybernetics Pty Ltd

سامی خواجه (ایالات متحده آمریکا)، .Cadmus Group Inc

دیوید کورن (ایالات متحده آمریکا)، .Cadmus Group Inc

کن لاو (کانادا)، BC Hydro

دانیل مگنت (سوئیس)، IBTECH

فرناندو میلانز (برزیل)، INEE

تریسی فیلیپس (ایالات متحده آمریکا)، 7th Gen Energy Solutions

فیل ووس (ایالات متحده آمریکا)، آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر

کوین وارِن (ایالات متحده آمریکا)، شرکت مهندسی انرژی وارِن

لیا وبستر (ایالات متحده آمریکا)، Portland Energy Conservation Inc. (PECI)

راج خیلنانی (هند)، مشاور مستقل انرژی

شانکار اِرنی (ایالات متحده آمریکا)، آزمایشگاه ملی لارنس برکلی

ویلنیس وِسما (بریتانیا)، Degrees Days Direct Limited

مکس ژانگ (چین)، SGS-CSTC Standards Technical Services Co., Ltd

کمیته فرعی طرح M&V(۲۰۱۲)

شانکار ارنی، رئیس هیئت مدیره (ایالات متحده آمریکا)، آزمایشگاه ملی لارنس برکلی

اِلِن فرانکونی، نائب رئیس هیئت مدیره (ایالات متحده آمریکا)، Rocky Mountain Institute

سَلیل گوگت (ایالات متحده آمریکا)، Nexant Inc.

دیوید کورن (ایالات متحده آمریکا)، Cadmus Group Inc.

کارکنان IPMVP

جف‌هابرل (ایالات متحده آمریکا) دانشگاه کشاورزی و مکانیک تگزاس

جان استفان کرومر (ایالات متحده آمریکا)، مشاور مستقل

استیون آر. شیلر (ایالات متحده آمریکا)، شرکت مشاور شیلر

سازمان کارایی انرژی از بسیاری از مشترکین خاص خود در سراسر جهان و مشترکین کنونی سازمانی خود (که در www.evo-world.org یافت می‌شوند) نیز بسیار سپاس‌گزار است:

ADENE – Agencia para a Energia

BC Hydro

Bonneville Power Administration

شرکت خدمات انرژی دانا (دسکو)

EDF Electricite de France

Energy Decisions Pty Ltd.

متخصصین صحه‌گذاری کارایی انرژی-EEVS

انجمن اتوماسیون و کنترل ساختمان اروپا-EU.BAC

Gas Natural Fenosa

HEP-ESCO d.o.o.

ITE – Instituto de Tecnología EléctricaNexant, Inc.

هیات رئیسه استانداردهای انرژی آمریکای شمالی

Navigant Consulting Inc.

Ontario Power Authority

Quantum Energy Services & Technologies, Inc.

Sabien Technology Ltd.

شرکت گاز و برق سان‌دیه‌گو

Schneider Electric

Services Industriels de Genève

SGS-CSTC Standards Technical Services Co., Ltd, China

Southern California Edison

بنیاد بهره‌وری سبز تایوان

دانشگاه ژنو

Vanguards Power (Hong Kong) Limited

تغییرات این ویرایش

ویرایش ۲۰۱۲، تغییرات زیر را در ویرایش ۲۰۱۰ در بر دارد:

۱. مطالب افزوده شده به بخش پیوست ج-۱ برای ایالات متحده آمریکا. تمامی مراجع به ASHRAE به پیوست **ج** انتقال داده شده است.

۲. تشریح دقیق از کاربران این پروتکل (بخش ۱-۴) را به پیوست جدید **د** انتقال داده است.

۳. به صورت رسمی الزامات "صحه‌گذاری عملیاتی" را به علاوه "صحه‌گذاری صرفه‌جویی" در بخش‌های ۴ و ۵ اضافه و بخش‌های قبلی ۴-۴، ۴-۵ و ۴-۶ را در بخش جدید ۴-۵ صحه‌گذاری صرفه‌جویی‌ها، ادغام و بخش‌های بعد از فصل ۴ را مجدداً شماره‌گذاری کرده است.

مفهوم "الزامات مالک برای M&V پروژه " را در فصل ۴ اضافه کرده است.

۴. تعریف خط مبنا برای ساختمان جدید اضافه شده است.

۵. نقش معادلات ۱-و و ۱-ز در بخش ۴-۹-۳ شفاف‌سازی شده است.

مفهوم "پایش و هدف‌گذاری" و ارتباط آن با M&V افزوده شده است. مراجع آن در بخش جدید ۴-۱۱ درخصوص تداوم صرفه‌جویی‌ها ایجاد شده است.

۶. تعریف مفاهیم آماری و عدم قطعیت در پیوست ب مشخص شده است.

۷. اصلاحات جزئی در اشتباهات تایپی یا جمله‌بندی ایجاد شده و مراجع این ویرایش به روز رسانی شده است.

۸. یک بخش کاتالونیایی به پیوست ج-۳ برای اسپانیا افزوده شده است.

مقدمه

رئوس مطالب این سند

جلد اول پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد[7] به عنوان سند راهنما، بیان‌گر روش‌های رایج در اندازه‌گیری، محاسبه و گزارش‌دهی صرفه‌جویی‌های حاصل شده از پروژه‌های کارایی آب یا انرژی برای سایتهای مصرف‌کننده نهایی انرژی است. این پروتکل دارای یک چارچوب کلی و چهار گزینه (M&V) برای گزارش‌دهی شفاف، قابل اعتماد و یکپارچه برای صرفه‌جویی پروژه‌ها است. فعالیت‌های اندازه‌گیری و صحه‌گذاری شامل بررسی‌های میدانی، اندازه‌گیری انرژی یا جریان آب، پایش متغیر(های) مستقل، محاسبه و گزارش‌دهی است. درصورت اجرای توصیه‌های این پروتکل، این فعالیت‌های اندازه‌گیری و صحه‌گذاری می‌توانند منجر به ایجاد گزارشات صرفه‌جویی قابل صحه‌گذاری شوند.

هدف از تدوین این پروتکل این است که به عنوان مبنایی جهت تهیه گزارشات صرفه‌جویی توسط متخصصین مورد استفاده قرارگیرد. هرکاربر باید طرح M&V ویژه‌ای که نشان‌دهنده خصوصیات منحصر به فرد پروژه‌اش باشد را تهیه کند. این پروتکل یک استاندارد نیست، بنابراین هیچ سازوکار رسمی برای انطباق با این سند وجود ندارد. دنبال کردن این پروتکل نیازمند تهیه یک طرح M&V مختص به پروژه است که منطبق با واژگان آن باشد. این طرح باید گزینه(های) مورد کاربرد، روش‌های اندازه‌گیری، پایش و تحلیل به کار رفته، رویه‌های تضمین کیفیت دنبال شده و اشخاص مسئول عملیات M&V را ذکر کند.

فصل‌های جلد اول این پروتکل به شرح زیر سازمان‌دهی شده‌اند:

۱. IPMVP و سازمان ارزیابی کارایی انرژی (EVO) را معرفی می‌کند.

۲. M&V را تعریف می‌کند و هشت کاربرد برای روش‌های M&V بر می‌شمارد.

۳. بنای M&V را از طریق تعریف اصول زیربنای یک M&V مطلوب می‌ریزد. این سند، به اختصار روش‌های متداول صنعتی برای به کارگیری این اصول اساسی را خلاصه می‌کند.

۴. چارچوب این پروتکل و چهار گزینه آن را تعریف می‌کند. روش‌های پایه و تصحیحات اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای انرژی یا آب را جهت گزارش‌دهی مناسب صرفه جویی ارائه می‌دهد. جداول ۲ و ۳ و شکل ۴ گزینه‌ها را خلاصه می‌کند و برای انتخاب گزینه‌ها برای هر کاربرد راهنماییهایی ارائه می‌دهد.

۵. عناوینی که باید در یک طرح M&V لحاظ شود را برمی‌شمارد و برای تصمیم‌گیری در خصوص طراحی برای فعالیت M&V مقرون به صرفه برای همه کاربران گزارش‌های صرفه‌جویی راهنمایی ارائه می‌کند.

۶. راهکار استفاده از این پروتکل و ادعای انطباق با آن را بیان می‌کند.

۷. اطلاعات کلیدی که باید در هر گزارش صرفه‌جویی لحاظ شود را ارائه می‌دهد.

۸. موضوعات اضافی بسیاری که عموماً در طرح‌ها یا گزارشات M&V مطرح می‌شوند را بر می شمارد.

۹. تعریف لغات ایتالیک در این سند را بر می‌شمارد.

۱۰. یک فهرست از مراجع و برخی منابع مفید دیگر فراهم می‌کند.

پیوست **الف** دوازده نمونه کاربردی را با جزئیات ارائه می‌کند و در آخر برای نمونه‌های اختصاصی‌تر از طرح‌های M&V و گزارش‌های صرفه‌جویی به وب‌سایت EVO ارجاع می‌دهد.

پیوست **ب** روش‌های تعیین عدم قطعیت را خلاصه می‌کند تا برای تصمیم‌گیری در مورد سطح سخت‌گیری مناسب برای هر فرآیند M&V راهنمایی کند.

[7] International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

پیوست**ج** شامل موضوعات خاص منطقه‌ای ایالات متحده آمریکا، فرانسه، اسپانیا (شامل کاتالونیا)، رومانی، بلغارستان، جمهوری چک، کرواسی و لهستان است.

پیوست **د** یک راهنما برای کاربران است تا خوانندگان مختلف را در درک روش‌های متداول استفاده از این سند کمک کند.

سازمان ارزیابی کارایی و IPMVP

پروتکل بین المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد تحت حمایت یک گروه خصوصی غیرانتفاعی قرار دارد. این سازمان بازاری جهانی را در نظر دارد که به درستی استفاده کارآمد از منابع طبیعی بها می‌دهد و از کاربرد کارایی انرژی به عنوان یک جایگزین ماندگار برای منابع جدید انرژی بهره می‌برد. ماموریت EVO گسترش و ترویج استفاده از روش‌های استاندارد برای سنجش و مدیریت ریسک‌ها و مزایای مرتبط با معاملات تجاری کاربرد کارایی انرژی، انرژی تجدیدپذیر و کارایی آب است. سازمان ارزیابی کارایی یک سازمان مبتنی بر عضویت با حامیانی در سراسر دنیا است.

این سازمان از داوطلبانی که مستنداتش را تدوین و آن‌ها را حفظ می‌کنند، سپاسگزار است. اعضای هیات مدیره فعلی و کمیته‌هایی‌که در تدوین این سند فعال هستند، در بخش قدردانی فوق به همراه مشترکین حقوقی آورده شده‌اند. وب‌سایت سازمان (www.evo-world.org) شامل موارد زیر است:

- بخش مخصوص مشترکین با دسترسی به نسخه‌های پیش از انتشار برخی مستندات EVO، مطالب مرجع، خبرنامه‌ها، اتاق‌های گفتگو و لینک‌هایی به دیگر منابع؛
- جدیدترین نسخه‌های منتشرشده از مستندات و نسخه‌های آرشیوی؛
- لیست اعضاء فعلی کمیته و حامیان
- دعوت به ارسال نظر در خصوص مستندات به آدرس پستی الکترونیکی (ipmvprev@evo-world.org)
- اطلاعات در مورد برنامه‌های آموزشی و صدور گواهینامه EVO

مستندات EVO باید شامل روش‌های واحدی در سراسر دنیا باشند. بنابراین این سازمان به دنبال گسترش گروه‌های بین المللی و منطقه‌ای است تا روش‌های بین المللیM&V را مستند کنند. برای اطلاعات تماس فعلی برای مشارکت به عنوان داوطلب یا مشترک، لطفاً به وب‌سایت EVO: www.evo-world.org مراجعه کنید.

طرح‌ها و فعالیت‌های کنونی سازمان ارزیابی کارایی در زیر خلاصه شده اند.

انتشارات فعلی EVO

در حال حاضر، EVO چهار نشریه روی وب‌سایت خود در دسترس دارد:

IPMVP جلد اول- مفاهیم و گزینه‌های تعیین صرفه‌جویی‌های انرژی و آب

جلد یک اصطلاحات را تعریف می‌کند و روش‌های مناسبی برای مستند کردن عوامل موثر در پروژه‌های کارایی آب و انرژی که در فضاهای صنعتی و ساختمان‌ها اجرا می‌شوند را پیشنهاد می‌دهد. این اصطلاحات و روش‌ها به مدیران کمک می‌کند تا طرح‌های M&V تهیه کنند که به چگونگی اندازه‌گیری صرفه‌جویی‌ها برای هر پروژه اختصاص دارد. یک طرح موفق M&V، از طریق ایجاد الزام تهیه گزارش‌های شفاف از عملکرد واقعی پروژه‌ها، صحه‌گذاری را ممکن می‌سازد.

IPMVP جلد دوم- کیفیت زیست محیطی محیط داخلی[8] (IEQ)

جلد دوم موضوعات IEQ را به صورتی که ممکن است به وسیله یک پروژه کارایی انرژی تحت تاثیر قرار گیرد، مرور می‌کند. این سند، روش‌های عملی طراحی و اجرای خوب پروژه برای حفظ شرایط داخلی قابل قبول تحت یک پروژه کارایی انرژی را

[8] - Indoor Environmental Quality (IEQ)

نشان می‌دهد و در هنگام تعیین صرفه‌جویی‌ها، ابزار اندازه‌گیری پارامترهای IEQ را توصیه می‌کند تا اثبات کند که آیا شرایط داخلی نسبت به شرایط خط‌مبنا، تغییر کرده یا خیر. جلد دوم در بایگانی قرار گرفته و در بخش آرشیو کتابخانه عمومی وب‌سایت EVO در دسترس است.

IPMVP جلد سوم- کاربردها

جلد سوم شامل دفترچه‌های راهنمای کاربردی ویژه برای جلد اول می‌باشد. دو دفترچه راهنمای کاربردی فعلی، ساخت ساختمان جدید (بخش ۱) و اضافه کردن انرژی تجدیدپذیر به مایملک موجود را نشان می‌دهد (بخش ۲). با معرفی کاربردهای جدید، انتظار می‌رود که این جلد در حال بهبود مداوم باشد.

پروتکل بین المللی تامین مالی کارایی انرژی[9] IEEFP

IEEFP راهنمایی‌هایی را برای موسسات تامین مالی محلی در سراسر دنیا فراهم می‌کند تا کارایی انرژی و پروژه‌های تجدیدپذیر مبتنی بر صرفه‌جویی را ارزیابی و تامین مالی کند.

تاریخچه نسخه‌های پیشین

اولین نسخه IPMVP تحت عنوان پروتکل اندازه‌گیری و صحه‌گذاری انرژی آمریکای شمالی در مارس ۱۹۹۶ منتشر شد. این سند، در دسامبر ۱۹۹۷ اصلاح شد و سپس به پروتکل بین المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد تغییر نام داد. زمانی که IPMVP مجدداً در سال ۲۰۰۱ منتشر شد، گزینه‌های A و B تغییر اساسی کردند و تغییرات جزئی ویراستاری روی نسخه ویرایش سال ۲۰۰۲ افزوده شد. جلد دوم با موضوع کیفیت زیست‌محیطی داخلی در ۲۰۰۲ منتشر شد. کمیته‌های تحت حمایت وزارت انرژی ایالات متحده (DOE) این اسناد را نوشته و ویرایش کردند.

در سال ۲۰۰۲، گروه IPMVP به عنوان یک گروه غیرانتفاعی مستقل، به منظور در برگیری یک انجمن بین‌المللی و آزاد کردن وزارت انرژی ایالات متحده از مسئولیت‌هایش به عنوان سازمان‌دهنده، تاسیس شد. سپس گروه IPMVP سرمایه خود را افزایش داد، یک وب‌سایت ایجاد کرد و جلد جدید سومی را برای ساختمان جدید و انرژی‌های تجدیدپذیر منتشر کرد. در سال ۲۰۰۴، گروه IPMVP به سازمان ارزیابی کارایی (EVO) تغییر نام داد و در همین راستا تمرکز خود را گسترش داد. در سال ۲۰۰۷، جلد اول IPMVP برای ایجاد شفافیت و نوشتن مجدد عدم قطعیت پیوست ب، به روز شد. در این ویرایش تغییرات اساسی در مفاهیم اصلی داده نشد، اگرچه عنوان‌های گزینه‌های A و B با موارد توصیفی آن‌ها بسط داده شدند تا از درک صحیح آن‌ها اطمینان حاصل شود. در سال ۲۰۰۹، جلد اول اصلاح شد تا مراجع ویژه کشور آمریکا جدا شود و یک ساختار خاص منطقه‌ای در پیوست جدید ج برای کشورهای آمریکا و فرانسه ایجاد شد. در سال ۲۰۱۰ جلد اول با اضافه کردن مراجع اروپایی و پیوست‌های بیشتر و اصلاح نمایش ارقام با معنی به روز شد.

آموزش و اعطای گواهی

سازمان ارزیابی کارایی آگاه است که اسناد به تنهایی، ارزیابی کارایی انرژی را در جهان بهبود نمی‌بخشند. بنابراین این سازمان و شرکای جهانی‌اش، برنامه‌های آموزش و اطلاع‌رسانی درباره اندازه‌گیری و صحه‌گذاری را ارائه کرده‌اند. این برنامه‌ها افراد متخصص را در خصوص روش‌ها و پیشرفت‌های اخیر در خصوص M&V آموزش می‌دهند.

این سازمان یک برنامه اعطای گواهینامه متخصص اندازه‌گیری و صحه‌گذاری (CMVP®) برای افراد متخصص نیز دارد که آزمون شاخص اطلاع آن‌ها از مفاد IPMVP را گذرانده و تجربه علمی یا آموزشی مناسبی دارند. افراد دارای مدرک CMVP® دارای صلاحیت برای تدوین طرح‌های M&V و مدیریت برنامه‌های M&V برای کاربردهای ساده خواهند بود. برای اطلاعات بیشتر در مورد برنامه CMVP® و اطلاع از اسامی افراد منتخب در CMVP® به سایت www.evo-world.org مراجعه کنید.

[9] -International Energy Efficiency Financing Protocol (IEEFP)

برنامه‌های آتی EVO

مشترکین و داوطلبین EVO برنامه‌های آینده آن را تعیین می‌کنند تا اقدامات و اسناد آموزشی جدیدی درباره ارزیابی کارایی ایجاد کنند. این سازمان از خوانندگان IPMVP برای عضوشدن، ارائه پیشنهاد و شرکت در فعالیت‌های موجود و یا جدید آن استقبال می‌کند.

EVO در سایه تمرکز بین‌المللی خود، کارهای زیر را در دست اجرا دارد:

- توسعه شاخه‌های فعال محلی که در گسترش و حفظ انتشاراتش مشارکت می‌کنند؛
- اجرای برنامه‌های آموزشی تکمیلی و اعطای گواهینامه در سراسر جهان؛
- تهیه آخرین اسناد خود به زبان‌های متنوع دنیا؛ و
- تشویق جامعه مشترکین اینترنتی خود در به اشتراک گذاری نظریه‌های ارزیابی کارایی خود.

این سازمان از انتقادات و پیشنهادات استقبال می‌کند. لطفاً نظرات خود را مستقیماً به آدرس الکترونیکی ipmvprev@evo-world.org ارسال کنید. اگرچه ممکن است تمامی عقاید به صورت مستقیم پاسخ داده نشود ولی در نظر گرفته خواهند شد. آخرین نسخه انگلیسی و ترجمه‌های مورد تایید از اسناد EVO همیشه برای بارگذاری اینترنتی در سایت www.evo-world.org در دسترس است. این سازمان قصد دارد که این اسناد را هر سال تجدیدنظر کند. لطفاً ما را در درک چگونگی بهبود و توسعه خدماتمان یاری دهید.

فصل ۱- مقدمه‌ای بر IPMVP

۱-۱ هدف و دامنه کاربرد IPMVP

سازمان ارزیابی کارایی پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP) را منتشر می‌کند تا سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی و آب، مدیریت دیماند و پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر در سراسر دنیا را توسعه دهد.

IPMVP سرمایه‌گذاری بر روی کارایی را از طریق فعالیت‌های زیر ترویج می‌دهد:

- اصطلاحات و روش‌های معمول را به منظور ارزیابی اجرای پروژه‌های کارایی برای خریداران، فروشندگان و تامین کنندگان مالی مستند می‌سازد. برخی از این اصطلاحات و روش‌ها می‌تواند در توافق‌نامه‌های پروژه مورد استفاده قرار گیرد، اگرچه این پروتکل زبان قراردادی را ارائه نمی‌دهد.
- روش‌هایی را با سطوح متفاوتی از هزینه و صحت، برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها*[۱۰]، برای کل مایملک و یا برای هر راهکار صرفه‌جویی انرژی[۱۱] فراهم کرده است.
- این پروتکل محتوای یک طرح اندازه‌گیری و صحه‌گذاری (M&V) را مشخص می‌کند. این طرح M&V به اصول اساسی M&V که مورد قبول است متکی بوده و باید گزارش‌های صرفه‌جویی قابل صحه‌گذاری را ارائه دهد. طرح M&V هر پروژه می‌بایست به وسیله یک متخصص[۱۲] با صلاحیت تهیه شود.
- این پروتکل برای طیف وسیعی از سایتها شامل ساختمان‌های موجود و جدید و فرآیندهای صنعتی کاربرد دارد. بخش ۱-۴ راهنمای کاربر، به طور خلاصه بیان می‌کند که چگونه خوانندگان متفاوت ممکن است از آن استفاده کنند.

جلد اول این پروتکل تعریف *M&V* را دربخش ۲، اصول اساسی *M&V* را در بخش۳ و چارچوب یک *طرح* دقیق *M&V* را در بخش۴ تشریح می‌کند. جزئیات یک *طرح M&V* و گزارش *صرفه‌جویی‌ها* به ترتیب در بخش‌های ۵ و ۶ بیان شده است. الزامات ذکر استفاده از IPMVP یا ادعای انطباق با آن در بخش ۷ نشان داده شده است. هم‌چنین جلد اول در بخش ۸ شامل خلاصه‌ای از موضوعات رایج طراحی M&V بوده و دیگر منابع را فهرست کرده است. دوازده پروژه نمونه در پیوست **الف** شرح داده شده و شیوه‌های مقدماتی تحلیل عدم قطعیت در پیوست **ب** خلاصه شده‌اند. مسائل ویژه منطقه‌ای در پیوست **ج** هستند. راهنمای ویژه برای انواع مختلف کاربران در ضمیمه **د** وجود دارد.

جلد دوم IPMVP یک رویکرد جامع برای ارزیابی موضوعات کیفیت زیست‌محیطی محیط داخلی را که با طراحی، اجرا و نگهداری راهکار صرفه‌جویی انرژی در ارتباط است فراهم می‌آورد. جلد دوم اندازه‌گیری‌های شرایط داخلی را پیشنهاد می‌کند تا تغییرات را نسبت به شرایط دوره زمانی خط مبنا تعیین کند.

جلد سوم IPMVP جزئیات بیشتری را در روش‌های M&V در ارتباط با ساخت ساختمان جدید و در رابطه با افزودن سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر به مایملک موجود فراهم می‌کند.

جلد اول و سوم IPMVP مجموعه‌ای زنده از اسناد است که با جدیدترین اصلاحات در وب‌سایت (www.evo-world.org) در دسترس است. جلد دوم هم‌اکنون در آرشیو این وب‌سایت موجود است.

---

[۱۰] لغاتی که ایتالیک تایپ شده‌اند دارای معانی خاص هستند که در فصل ۸ تعریف شده‌اند.

[۱۱] Energy Conservation Measure (ECM)- گرچه اختلافاتی بر سر تفاوت بین دو اصطلاح راهکار صرفه‌جویی انرژی Energy Conservation Measure (ECM) و راهکار کارایی انرژی Energy Efficiency Measure(EEM) وجود دارد، ولی اصطلاح ECM مصطلح‌تر است و برای هر دو مورد اقدامات صرفه‌جویی و کارایی انرژی کاربرد دارد ر. ک. فصل ۸.

[۱۲] www.evo-world.org شامل لیست جاری متخصصان دارای مدرک M&V (CMVP®)، اشخاصی با تجربه مناسب و کسانی است که آگاهی IPMVP خود را با گذراندن یک آزمون اثبات کرده‌اند.

۱-۲ فواید استفاده از IPMVP

تاریخچه این پروتکل به سال ۱۹۹۵ می‌رسد و استفاده بین‌المللی از آن فواید زیر را برای برنامه‌هایی که به راهنمایی آن متکی هستند به همراه دارد.

- اثبات پرداختها برای عملکرد- جایی که پرداخت‌های مالی به *صرفه‌جویی‌های* انرژی یا آب موکول شده باشد، انطباق باپروتکل IPMVP اطمینان می‌دهد که *صرفه‌جویی‌ها* از شیوه مناسبی تبعیت می‌کنند. یک *گزارش صرفه‌جویی* منطبق با IPMVP، به مشتری یا یک کاربر انرژی یا تامین کننده حامل‌های انرژی این امکان را می‌دهد که به آسانی عملکرد گزارش شده را بپذیرد. *شرکت‌های خدمات انرژی*[۱۳] (ESCO) که صورت حساب‌هایشان بر مبنای *گزارش‌های صرفه‌جویی* منطبق با IPMVP باشد، معمولاً پرداخت‌هایشان را سریع دریافت می‌کنند.
- کاهش هزینه‌های معامله در یک *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی*- ذکر نام IPMVP به عنوان مبنای طراحی *M&V* یک پروژه می‌تواند مذاکرات یک *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* را ساده‌تر کند.
- اعتبار جهانی *گزارش‌های صرفه جویی* انرژی، در نتیجه افزایش ارزش برای خریداران صرفه‌جویی‌های انرژی مربوطه.
- افزایش رتبه‌بندی در برنامه‌های تشویقی یا برچسب‌گذاری به عنوان پایدار برای سایت طراحی و/یا اجرایی شده
- کمک به سازمان‌های ملی و صنعتی برای ارتقاء و دستیابی به کارایی منابع و اهداف زیست‌محیطی. IPMVP توسط سازمان‌های دولتی منطقه‌ای و ملی و نیز سازمان‌های صنعتی برای کمک به اجرای برنامه‌هایشان و ارتقای اعتبار نتایج گزارش شده‌شان به صورت گسترده‌ای پذیرفته شده است.

۱-۳ ارتباط IPMVP با دیگر راهنماهای M&V

فصل ۱۰ منابع جالب توجه دیگری را برای خوانندگان برمی‌شمارد. پیوست **ج** راهنماها، پروتکل‌ها و اسناد دیگری از نواحی مختلف جهان را برمی‌شمارد، که همه از کاربردهای IPMVP هستند، یا مراجع مربوط به کدها، استانداردها و برنامه‌هایی که IPMVP را مرجع قرار داده اند فراهم می‌کند.

۱-۴ چه کسانی از IPMVP استفاده می‌کنند؟

پروتکل IPMVP اصول و اصطلاحات رایجی را ارائه می‌دهد که در سطح وسیعی به عنوان مبنا برای هر نوع فرآیند مطلوب M&V مورد قبول هستند. در این سند فعالیت‌های *M&V* برای همه کاربردها تعریف نشده‌اند. هر پروژه می‌بایست به صورت مجزا طراحی شود تا متناسب با نیازهای همه کاربران گزارش‌های *صرفه‌جویی* انرژی یا آب باشد. این طراحی منحصربه فرد در طرح *M&V* پروژه ثبت شده و *صرفه‌جویی‌ها* به صورت تعریف شده در آن گزارش می‌شوند.

این سند طوری نوشته شده تا همان طورکه در فصل‌های بعدی که در زیر خلاصه شده پیش می‌رود، سطوح بالاتری از تعریف فعالیت *M&V* را فراهم کند.

- فصل ۲، M&V را تعریف می‌کند و هشت کاربرد متفاوت برای فنون آن را تشریح می‌کند.
- فصل ۳ شش اصل اساسی برای روش عملی مطلوب *M&V* و IPMVP را نشان می‌دهد. این اصول برای هدایت جزئیات طراحی *M&V*، در جایی که این پروتکل حرفی برای گفتن ندارد مفید هستند.
- فصل ۴ چارچوب عمومی و معادلات محاسبه *صرفه‌جویی* که برای بیان درست *صرفه‌جویی‌ها* لازم است را نشان می‌دهد. جدول ۲ چهار گزینه طراحی M&V را خلاصه می‌کند و بندهای ۴-۷ تا ۴-۹ هر یک را توضیح می‌دهد. بند ۴-۱۰راهنما و نمودار منطقی را برای انتخاب گزینه‌ی صحیح برای هر کاربرد پیشنهاد می‌دهد. پیوست **الف** مثال‌های کاربردی از شیوه‌های این پروتکل را برای دوازده پروژه رایج به دست می‌دهد.

---

[13] - Energy Service Company (ESCO)

- فصل ۵ بخش‌ها و داده‌هایی که باید در یک *طرح M&V* لحاظ شود را برمی‌شمارد و پیشنهادهایی را درباره موضوعات کلیدی هر مبحث مطرح می‌کند. خوانندگان می‌توانند از آن به عنوان چک لیستی برای توضیح طراحی *M&V* در یک پروژه‌ی خاص استفاده کنند.
- فصل ۶ موضوعات و داده‌هایی را برمی‌شمارد که می‌بایست در یک گزارش *صرفه‌جویی* لحاظ شوند.
- فصل ۷ الزامات ادعای انطباق باIPMVP را نشان می‌دهد و بندهایی را برای استفاده از این پروتکل در قراردادها پیشنهاد می‌کند.
- فصل ۸ چند موضوع رایج را که لازم است در هر برنامه *M&V* در نظر گرفته شود، مرور می‌کند. یکی از موضوعات کلیدی که طراحی و عملیات یک ساز و کار *M&V* را کنترل می‌کند، رقابت نیازها برای صحت منطقی و هزینه‌های معقول است. هرکاربر باید بتواند توازنی بین صحت و هزینه‌های گزارش خود پیدا کند. بند ۸-۵ به‌طور ویژه روی عوامل مورد بحث در این توازن تمرکز می‌کند. پیوست **ب** مروری از برخی عدم قطعیت‌ها و روش‌های آماری ارائه می‌دهد، اما این یک متن قطعی در مورد موضوع مذکور نیست. به کاربران توصیه می‌شود تا به دنبال به کارگیری طراحی آماری مناسب برای نرمالیزه کردن داده‌های برنامه *M&V*، نمونه‌برداری یا روش‌های ارزیابی عدم قطعیتی که ممکن است استفاده کنند، باشند. فصل ۸ موضوعات طراحی پیرامون اندازه‌گیری برای برنامه‌های *M&V* را نیز نشان می‌دهد، اگرچه این یک موضوع قطعی در خصوص اندازه‌گیری نیست.
- فصل ۹ شامل تعاریف اصطلاحات کلیدی است که در این سند به کار رفته‌اند. این اصطلاحات که در خلال متن به صورت ایتالیک شده اند، در فصل ۹ دارای معنای خاصی هستند.
- فصل ۱۰ مراجع و دیگر منابع موضوعات مفید را برمی‌شمارد.
- اگرچه کاربرد این پروتکل برای هر پروژه منحصربه فرد است، برخی کاربرها روش‌های مشابهی در طرح‌های M&V و اجرای آن خواهند داشت. پیوست‌های د- ۱ تا د-۱۰ به برخی از روش‌های کلیدی که ممکن است مورد استفاده‌ی گروه‌های کاربری زیر قرار گیرد، اشاره می‌کند:
- پیمانکاران عملکرد انرژی و مشتریان ساختمانی آن‌ها
- پیمانکاران عملکرد انرژی و مشتریان فرآیند صنعتی آن‌ها
- مصرف کنندگان انرژی که اصلاحات را خود انجام می‌دهند و مایل به محاسبه صرفه‌جویی خود هستند.
- مدیران تاسیساتی که می‌خواهند تغییرات بودجه‌های انرژی خود را محاسبه کنند.
- طراحان ساختمان‌های جدید
- طراحان ساختمان‌های جدید که به دنبال شناساندن پایداری[۱۴] طرح‌های خود هستند.
- مدیران ساختمان‌های موجود که به دنبال شناساندن کیفیت زیست‌محیطی عملیات ساختمان خود هستند.
- مدیران و طراحان برنامه مدیریت سمت دیماند تامین‌کنندگان حامل‌های انرژی.
- توسعه‌دهندگان پروژه‌های کارایی آب.
- طراحان برنامه‌های تجارت کاهش انتشار کربن
- مصرف کنندگان انرژی که به دنبال اخذ گواهینامه‌ی ایزو ۵۰۰۰۱ هستند.

حامیان مالی و خریداران اعتبار انتشار کربن در هریک از کاربردهای فوق، راه‌های کلیدی را برای استفاده از این سند در کاربرد مربوطه پیدا خواهند کرد.

این بخش از لغاتی استفاده می‌کند که توضیح آن در بخش‌های بعدی به صورت اشاره شده داخل براکت یا برای کلمات ایتالیک در بخش ۹ تعریف شده اند.

[14] - Sustainability

فصل ۲ تعریف و اهداف M&V

"اندازه‌گیری و صحه‌گذاری" (M&V)، فرایند به کارگیری اندازه‌گیری برای تعیین قابل اعتماد *صرفه‌جویی‌های*[۱۵] واقعی ایجاد شده در یک مایملک توسط برنامه مدیریت انرژی است. *صرفه جویی‌ها* نمی‌توانند مستقیماً اندازه‌گیری شوند چون عدم استفاده از *انرژی* را نشان می‌دهند، در عوض از طریق مقایسه‌ی اندازه‌گیری مصرف قبل و بعد از اجرای یک پروژه، همراه با انجام تصحیحات متناسب برای تغییرات در شرایط تعیین می‌شوند.

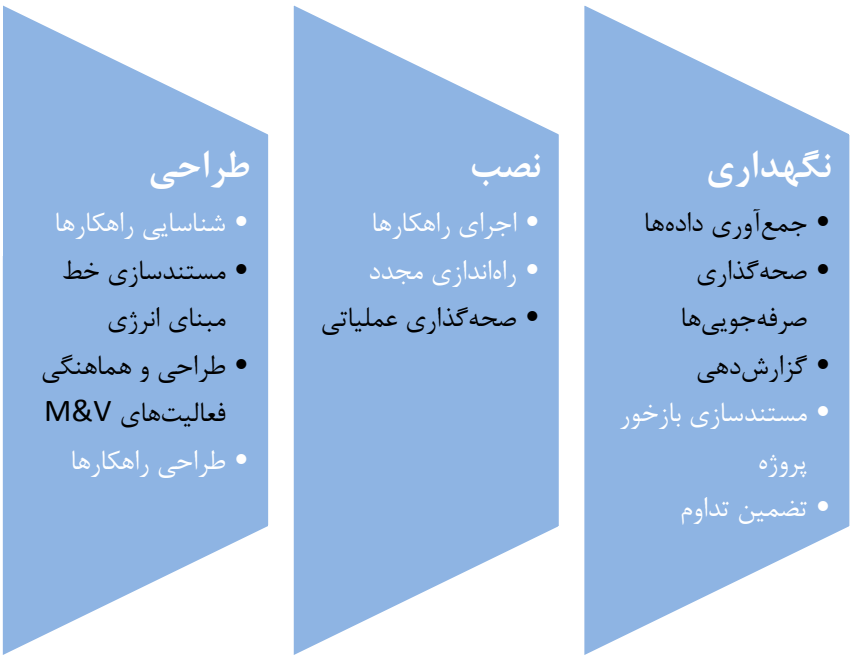
فعالیت‌های *M&V* شامل همه‌ی موارد زیر یا تعدادی از آن‌ها هستند:

- کالیبراسیون نصب کنتور و نگهداری آن،
- جمع‌آوری و غربالگری داده‌ها،
- تدوین یک روش محاسباتی و برآوردهای قابل قبول،
- محاسبات با داده‌های اندازه‌گیری شده، و
- گزارش‌دهی، تضمین کیفیت و صحه‌گذاری گزارشها توسط شخص ثالث.

وقتی تردید کمی در مورد نتایج یک پروژه وجود دارد یا نیازی به اثبات آنها به طرف دیگر وجود نداشته باشد، به کار بردن روش‌های *M&V* برای محاسبه‌ی صرفه‌جویی‌ها ممکن است لازم نباشد. با این وجود باز هم صحه‌گذاری (اولیه و مکرر) این که تجهیزات نصب شده قادر به ایجاد صرفه‌جویی‌های مورد انتظار هستند، عاقلانه است. صحه‌گذاری پتانسیل دست‌یابی به *صرفه‌جویی*، *صحه‌گذاری عملیاتی* خوانده می‌شود، که ممکن است شامل بازرسی، راه‌اندازی تجهیزات، آزمون کارکردی و/یا بررسی روند داده‌ها باشد (ر.ک. بخش ۴-۴). *M&V* منطبق با IPMVP شامل *صحه‌گذاری عملیاتی*، محاسبه‌ی *صرفه‌جویی‌ها* براساس اندازه‌گیری‌های انرژی محل قبل و بعد از اجرای پروژه و انجام تصحیحات (همان طورکه در بالا توضیح داده شده) می‌شود.

M&V تنها انجام مجموعه ای از وظایف برای کمک به یک پروژه جهت برآوردن الزامات IPMVP نیست. هر فعالیت M&V اگر به خوبی یکپارچه شود، در خدمت ارتقاء و بهبود عملیات سایت و حفظ صرفه‌جویی‌ها خواهد بود. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده ، فعالیت‌های M&V با دیگر عملیات پروژه‌ها هم‌پوشانی دارد (مثل جمع‌آوری داده ها برای مشخص کردن راهکارها و تعیین خط مبنای انرژی، راه‌اندازی و صحه‌گذاری عملیاتی راهکارهای نصب شده و نصب سیستم‌های پایش برای ردگیری و حفظ پایداری صرفه‌جویی‌ها و غیره). تشخیص هم افزایی‌های پروژه و تعیین نقش و مسئولیتها به طرف‌های درگیر در طول برنامه‌ریزی پروژه موجب یک تلاش گروهی هماهنگ می‌شود. این می‌تواند دامنه های اضافی را ایجاد و هزینه‌های مربوط به M&V را کنترل کند.

[۱۵]- لغاتی که ایتالیک هستند، معنای خاصی دارند که در فصل ۹ تعریف شده اند.



شکل ۱

جریان زمانی فرآیند (فعالیت‌های M&V به صورت پررنگ آمده)

۱-۲ اهداف M&V

فنون *M&V* می‌توانند توسط صاحبان مایملک و یا سرمایه‌گذاران پروژه‌های کارایی انرژی برای اهداف زیر مورد استفاده قرار گیرند:

الف) افزایش صرفه‌جویی‌های *انرژی*

تعیین صحیح *صرفه‌جویی‌های انرژی*، به صاحبان و مدیران مایملک بازخورد ارزشمندی از *راهکارهای صرفه‌جویی انرژی* می‌دهد. این بازخورد به آن‌ها کمک می‌کند تا به منظور افزایش *صرفه‌جویی‌ها*، دستیابی به ثبات بیشتری از *صرفه‌جویی‌ها* در طول زمان و تغییرات کمتر در *صرفه‌جویی‌ها*، طراحی یا عملیات *راهکار* را تصحیح کنند (Kats و همکاران ۱۹۹۷ و ۱۹۹۹، Haberl و همکاران ۱۹۹۶).

ب) مستند سازی معاملات مالی

برای برخی از پروژه‌ها، صرفه‌جویی‌های کارایی انرژی، اساس پرداخت‌های مالی مبتنی بر عملکرد و/یا یک تضمین در قرارداد *مبتنی بر* عملکرد انرژی است. یک *طرح M&V* به خوبی تعریف و اجراشده می‌تواند مبنایی برای مستندسازی عملکرد به روشی شفاف و تحت صحه‌گذاری مستقل باشد.

ج) ارتقای تامین مالی برای پروژه‌های کارایی

یک *طرح M&V* مناسب، شفافیت و اعتبار گزارش‌های بدست آمده از سرمایه‌گذاری‌های کارایی و میزان اعتبار پیش‌بینی‌ها را برای نتیجه‌ی سرمایه‌گذاری‌های کارایی افزایش می‌دهد. این طرح می‌تواند اطمینان سرمایه‌گذاران و حامیان پروژه‌های کارایی *انرژی* و فرصت‌های پروژه‌ها برای تامین مالی را ارتقاء دهد.

د) بهبود طراحی مهندسی و عملیات و نگهداری مایملک

تهیه‌ی یک *طرح M&V* مناسب، با در نظر گرفتن همه‌ی *هزینه‌های M&V* در بخش اقتصادی پروژه، موجب طراحی جامع پروژه می‌شود. *M&V* خوب به مدیران کمک می‌کند تا مشکلات عملیات و نگهداری را کشف کرده و کاهش دهند تا بتوانند مایملک خود را به صورت مؤثرتری اداره کنند.*M&V* خوب بازخورد مناسبی نیز برای طراحی‌های آتی پروژه‌ها فراهم می‌آورد.

ه) مدیریت بودجه‌های انرژی

حتی در جایی که بحث *صرفه‌جویی* در برنامه نیست، فنون *M&V* به مدیران کمک می‌کند تا مصرف *انرژی* را ارزیابی و مدیریت کنند تا تغییرات بودجه را به حساب آورند. فنون *M&V* برای تصحیح تغییرات شرایط عملیاتی مایملک به منظور تعیین بودجه مناسب و محاسبه‌ی تغییرات بودجه استفاده می‌شود.

و) افزایش ارزش اعتبارات کاهش انتشار کربن

محاسبه‌ی کاهش انتشار کربن، ارزش فزاینده‌ای را برای پروژه‌های کارایی فراهم می‌کند. استفاده از یک *طرح M&V* برای تعیین *صرفه‌جویی* انرژی، ارزش گزارش‌های کاهش انتشار را در مقایسه با گزارش‌هایی که این *طرح را* ندارند، ارتقا می‌دهد.

ز) حمایت از ارزیابی برنامه‌های کارایی منطقه‌ای

برنامه‌های دولت یا تامین کنندگان حامل‌های انرژی برای مدیریت استفاده از یک سیستم تامین انرژی می‌تواند از فنون *M&V* برای ارزیابی صرفه‌جویی‌ها در مایملک کاربر *انرژی* مورد نظر استفاده کند. با استفاده از روش‌های آماری و فرضیات دیگر با *صرفه‌جویی‌های* تعیین شده در فعالیت‌های *M&V* در هر سایت خاص و با پیش‌بینی صرفه‌جویی‌ها در محل‌های اندازه‌گیری نشده، می‌توان به گزارش دادن عملکرد کل برنامه کمک کرد.

ح) افزایش درک عمومی از مدیریت انرژی به عنوان یک ابزار سیاستی عمومی

با بهبود اعتبار پروژه‌های مدیریت انرژی، *M&V* پذیرش عمومی در ارتباط با کاهش انتشار آلایندگی‌ها را افزایش می‌دهد. این پذیرش عمومی، سرمایه‌گذاریهای ممکن برای پروژه‌های کارایی انرژی یا اعتبار انتشار را تشویق می‌کند. اجرای مناسب*M&V* با افزایش *صرفه‌جویی‌ها*، منفعت عمومی ناشی از مدیریت مناسب *انرژی* مانند: بهبود سلامت جامعه، کاهش تخریب زیست‌محیطی و افزایش اشتغال را برجسته‌تر می‌کند.

فصل ۳ اصول M&V

اصول اساسی عمل M&V[۱۶] مناسب به ترتیب حروف الفبا در زیر تشریح شده است :

شفاف- تمام فعالیت‌های *M&V* باید به طور واضح و کامل اظهار شوند. آشکارسازی کامل باید شامل ارائه‌ی همه‌ی عناوین تعریف شده در فصول ۵ و ۶ در *طرح M&V* و *گزارش صرفه‌جویی* باشد.

صحیح – گزارش‌های *M&V* باید تا جایی که بودجه اجازه می‌دهد صحیح باشند. به طور معمول هزینه‌های *M&V* باید نسبت به ارزش پولی *صرفه‌جویی‌هایی* که ارزیابی می‌شوند، کم باشد. هم‌چنین مخارج *M&V* باید با نتایج مالی گزارش‌دهی بیشتر یا کمتر عملکرد پروژه مطابقت داشته باشد. تغییر صحت با توجه به هزینه آن باید همراه با احتیاط در هر برآورد و قضاوت باشد.

کامل- در گزارش *صرفه‌جویی‌های انرژی* باید تمام اثرات حاصل از یک پروژه در نظر گرفته شود. در فعالیت‌های *M&V* اندازه‌گیری‌ها باید برای کمی‌کردن اثرات بارز به کار گرفته شوند و در عین حال برای سایر اثرات از روش برآورد استفاده شود.

محتاط- وقتی که قضاوت‌ها در مورد کمیت‌های غیرقطعی باشد، بهتر است روش‌های *M&V* *طوری* طراحی شوند که صرفه‌جویی‌ها را دست پایین تخمین بزنند.

مرتبط – برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* باید پارامترهای عملکردی مرتبط اندازه‌گیری یا حداقل به خوبی شناخته شوند، در حالی که دیگر پارامترهای قابل پیش‌بینی یا پارامترهای کمتر بحرانی ممکن است تخمین زده شوند.

نا متناقض– گزارش تاثیرگذاری *انرژی* یک پروژه باید بین موارد زیر فاقد تناقض باشد:

- انواع مختلف پروژه‌های کارایی *انرژی*؛
- متخصص‌های مختلف مدیریت *انرژی* برای هر پروژه؛
- دوره‌های متفاوت زمانی در همان پروژه و
- پروژه‌های کارایی *انرژی* و پروژه‌های جدید تامین *انرژی*.

"نامتناقض "به معنای "یکسان بودن" نیست، چون ثابت شده است که هر گزارش تجربی، شامل قضاوت‌هایی است که ممکن است توسط همه گزارش‌دهندگان یکسان نباشد. با معین کردن سطوح کلیدی قضاوت، IPMVP به پرهیز از ناسازگاری‌های برآمده از عدم توجه به موارد مهم کمک می‌کند.

مجموعه این سند یک چارچوب منعطف از روش‌های مقدماتی را به همراه چهارگزینه برای دست‌یابی به فرآیندهای *M&V* که از این اصول بنیادی پیروی می‌کنند نشان می‌دهد. وقتی که چارچوب برای یک کاربرد خاص مسکوت و یا متناقض است، این اصول *M&V* باید به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرند.

[۱۶] لغاتی که ایتالیک هستند معنای خاصی دارند که در فصل ۹ تعریف شده اند.

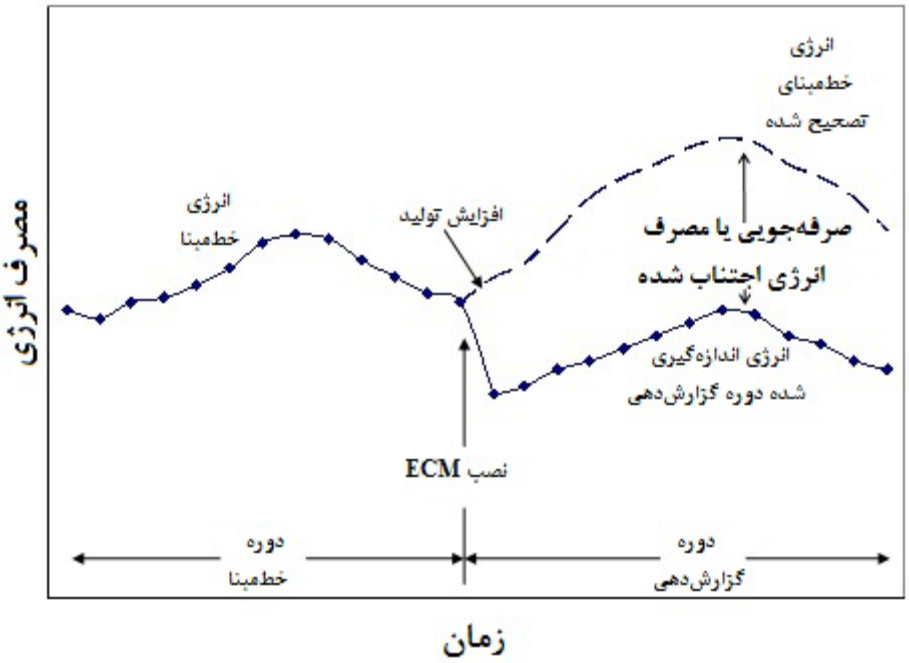
فصل ۴ چهارچوب و گزینه‌های IPMVP

۴-۱ مقدمه

صرفه‌جویی[۱۷] در دیماند، آب یا انرژی نمی‌تواند مستقیماً اندازه‌گیری شود، چون نشان‌دهنده عدم مصرف آب و انرژی یا عدم وجود دیماند است، در عوض، از طریق مقایسه میزان مصرف یا دیماند قبل و بعد از اجرای یک برنامه و ایجاد تصحیحات مناسب برای تغییر در شرایط مشخص می‌شود.

شکل ۲

مثالی از تاریخچه انرژی



به عنوان یک نمونه از مراحل تعیین صرفه‌جویی‌ها، شکل ۲ تاریخچه مصرف انرژی یک دیگ‌بخار صنعتی را قبل و بعد از افزودن یک راهکار صرفه‌جویی انرژی (*ECM*) برای بازیافت گرما از گازهای دودکش نشان می‌دهد. تقریباً از زمان نصب *راهکار*، تولید کارخانه هم افزایش یافته است.

به منظور مستند کردن دقیق تأثیر *راهکار*، اثر انرژی آن باید از اثر انرژی افزایش تولید جدا شود. الگوی مصرف انرژی خط‌مبنا قبل از نصب *راهکار*، مطالعه شده تا رابطه بین مصرف انرژی و تولید را تعیین کند. پس از اجرای *راهکار*، از این ارتباط خط مبنا استفاده می‌شود تا برآورد کند که اگر این *راهکار* را نداشتیم، کارخانه ظرف مدت یک ماه چه مقدار از انرژی مصرف می‌کرد (که آن را انرژی خط مبنای تصحیح شده می‌نامند). صرفه‌جویی یا *"مصرف انرژی اجتناب‌شده"*، تفاوت بین انرژی *خط مبنای تصحیح شده* و انرژی‌ای است که در طی *دوره زمانی گزارش‌دهی*، واقعاً اندازه‌گیری شده است.

بدون تصحیحات برای تغییر در تولید، تفاوت بین *انرژی خط مبنا* و انرژی *دوره گزارش‌دهی*، در اثر بازیافت گرما، می‌توانست بسیار پایین‌تر باشد و کمتر گزارش شود.

ضروری است که اثر *انرژی* یک برنامه *صرفه‌جویی*، از اثرات دیگر تغییرات هم‌زمان که سیستم‌های انرژی‌بر را تحت تاثیر قرار می‌دهد، جداسازی شود. مقایسه مصرف *انرژی* یا دیماند قبل و بعد باید بر مبنای یک پایه استوار، با به‌کارگیری معادله کلی شماره ۱ بدست آید:

[۱۷] لغاتی که ایتالیک هستند، معنای خاصی دارند که در فصل ۹ تعریف شده اند.

(*مصرف* یا دیماند در *دوره زمانی گزارش‌دهی* - *مصرف* یا دیماند در دوره زمانی *خط مبنا انرژی*) = صرفه‌جویی‌ها ± تصحیحات (۱

اصطلاح "تصحیحات" در این معادله عمومی جهت بازگو کردنمصرف یا دیماند *دوره خط مبنا و گزارش‌دهی* تحت مجموعه شرایط مشترک استفاده می‌شود. این عبارت تصحیحات، متمایز کننده گزارشهای مناسب صرفه‌جویی از یک مقایسه ساده بین هزینه یا مصرف قبل و بعد از اجرای یک *راهکار صرفه‌جویی انرژی* (*ECM*) است. مقایسه ساده هزینه‌های انرژی بدون چنین تصحیحاتی، تنها تغییرات هزینه را گزارش می‌دهد و در ارائه گزارش عملکرد صحیح یک پروژه ناتوان است. برای گزارش‌دهی مناسب *صرفه‌جویی‌ها*، تصحیحات باید تفاوت شرایط بین دوره‌های خط مبنا و گزارش‌دهی را به حساب آورد.

خط مبنا در یک پروژه موجود، معمولاً عملکرد *تاسیسات* یا سیستم پیش از اجرای اصلاح است. این خط مبنا به طور فیزیکی وجود دارد و می‌تواند قبل از اعمال تغییرات اندازه‌گیری شود. در ساختمان جدید، خط مبنا معمولاً فرضی است و بر اساس کدها، مقررات و موارد متداول و یا عملکرد مستند شده از *سایتهای* مشابه تعیین می‌شود. در هر مورد، مدل خط مبنا باید توانایی ایجاد تغییرات مناسب در پارامترها و شرایط عملیاتی و اعمال تصحیحات را داشته باشد.

این بخش در مجموع روش‌های مقدماتی درباره فرآیندهای اندازه‌گیری و تصحیحات را تعریف می‌کند. اگر این روش‌ها تمامی موضوعات پیش آمده در پروژه شما را پوشش ندهد، می‌توانید از اصول M&V (در بخش ۳) برای راهنمایی بیشتر کمک بگیرید.

۲-۴ اصطلاحات انرژی، آب و دیماند

فرآیندهای تعیین *صرفه‌جویی* انرژی، برای کسانی که به دنبال تعیین صرفه‌جویی در آب و یا دیماند هستند هم قابل استفاده است. به منظور ساده‌تر کردن توضیحات این متن، معمولاً لغت ایتالیک *انرژی* برای مصرف انرژی و آب یا دیماند کاربرد دارد. هم‌چنین اصطلاح *راهکار صرفه‌جویی انرژی* (*ECM*) مشترکاً برای راهکارهای بهبود کارایی یا صرفه‌جویی انرژی یا آب یا مدیریت دیماند به کاربرده می‌شود.

۳-۴ فرآیند طراحی M&V و گزارش‌دهی

فرآیند طراحی *M&V* و گزارش‌دهی، طراحی *راهکار* و اجرای آن را هماهنگ می‌کند. مراحل *M&V* باید شامل گام‌های زیر باشد:

۱. باید نیازهای کاربرگزارش طراحی‌شده*M&V* را در نظر بگیرد. اگر کاربر روی کنترل هزینه‌های کل تمرکز دارد، روش‌های کل مایملک ممکن است مناسب‌ترین باشد. اگر تمرکز کاربر بر روی *راهکار* های خاص است، شیوه‌های جداسازی اصلاح ممکن است مناسب‌تر باشد (به بخش ۴-۴ مراجعه کنید).
۲. هنگام تدوین راهکار(ها)، گزینه‌ای از IPMVP (به بندهای ۴-۷ تا ۴-۱۱ مراجعه کنید) را انتخاب کنید که با راهکار(ها)، صحت مورد نیاز و بودجه برای M&V بهترین تناسب را داشته باشد. درخصوص این‌که آیا تصحیح همه مقادیر *انرژی* به شرایط *دوره گزارش‌دهی* اعمال شود یا به سری شرایط دیگر (به بند۴-۶ مراجعه کنید) تصمیم بگیرید. درباره طول *دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی* (بند ۵-۴) تصمیم بگیرید (این تصمیم‌گیری‌های اساسی ممکن است در مفاد *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* نوشته شوند).
۳. داده‌های مرتبط *انرژی* و عملیات را از *دوره زمانی* خط مبنا جمع‌آوری کرده و آن‌ها را به شیوه‌ای که در آینده قابل دسترس باشند ثبت کنید.
۴. یک *طرح M&V* (فصل ۵) که در برگیرنده نتایج گام‌های ۱ تا ۳ بالا باشد تهیه کنید. این طرح باید مراحل ۵ تا ۹ زیر را تعریف کند.

۵. طراحی، نصب، کالیبراسیون و راه‌اندازی هر دستگاه اندازه‌گیری خاص که در *طرح M&V* مورد نیاز است، بخشی از طراحی و نصب نهایی *راهکار* است.
۶. بعد از اجرای *راهکار* باید با به‌کارگیری صحه‌گذاری عملیاتی، نسبت به توان آن برای عملکرد و دست‌یابی به صرفه‌جویی مطمئن شد. این امر ممکن است شامل بازرسی تجهیزات نصب شده و بازنگری رویه‌های عملیاتی (در صورت نیاز) برای مطابقت با هدف طراحی *راهکار* باشد. این الزام ممکن است به عنوان قسمتی از پروژه به وسیله یک فرایند "راه‌اندازی" رسمی برآورده شود.

اثرات متقابل– مثال

در راهکاری که توان مورد نیاز چراغ‌های برقی را کاهش می‌دهد، *مرز اندازه‌گیری* باید در برگیرنده توان چراغ‌ها باشد. ولی کم کردن انرژی روشنایی، ممکن است موجب کاهش نیاز به خنک کننده مکانیکی و/یا افزایش مصرف گرم کننده‌ها شود. معمولاً این جریان انرژی سرمایش و گرمایش مربوط به چراغ‌ها را نمی‌توان به راحتی اندازه گرفت. این‌ها *اثرات متقابل* هستند که احتمالاً باید آنها را به جای قرار دادن در مرز اندازه‌گیری، برآورد کرد.

۷. داده‌های انرژی و عملیاتی *دوره گزارش‌دهی* را به صورتی که در *طرح M&V* تعریف شده، جمع‌آوری کنید.
۸. *صرفه‌جویی‌ها* را در واحدهای انرژی و پولی مندرج در *طرح M&V* محاسبه کنید.
۹. *صرفه‌جویی‌ها* را مطابق با طرح *M&V* گزارش کنید (به فصل ۶ مراجعه کنید).

زمانی که *گزارش صرفه‌جویی* مورد نیاز باشد مراحل ۷ تا ۹ به صورت دوره‌ای تکرار می‌شوند.

یک شخص ثالث می‌تواند انطباق*طرحM&V* با IPMVP و احتمالاً یک قرارداد مبتنی بر عملکرد را صحه‌گذاری کند. این شخص ثالث می‌تواند تطابق گزارش‌های *صرفه‌جویی* را نیز با طرح تایید شده M&V صحه‌گذاری کند (به بند ۸-۶ مراجعه کنید).

۴-۴ صحه‌گذاری عملیاتی

صحه‌گذاری عملیاتی باید به عنوان بخشی از برنامه M&V هر پروژه در دستور کار قرار گیرد. این به عنوان اولین قدم کم هزینه برای تشخیص پتانسیل صرفه‌جویی‌ها عمل کرده و باید قبل از فعالیت‌های صحه‌گذاری صرفه‌جویی انجام گیرد. طیف وسیعی از روش‌های *صحه‌گذاری عملیاتی* که می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند در جدول شماره ۲ به اختصار آمده‌اند. همان طور که ذکر شده انتخاب یک رویکرد در این میان به مشخصات راهکار بستگی دارد. ولی این می‌تواند تحت تأثیر رویکرد صحه‌گذاری صرفه‌جویی بکار رفته نیز قرار گیرد. فرضاً اگر گزینه B برای صحه گذاری صرفه‌جویی‌ها به کار رفته باشد، یک بازرسی ظاهری ساده‌تر ممکن است برای *صحه‌گذاری عملیاتی* کفایت کند. ولی اگر گزینه A به کار گرفته شود، در این صورت می‌بایست یک رویکرد کامل‌تر *صحه‌گذاری عملیاتی* استفاده شود تا صحه‌گذاری کند که کارکرد راهکار موردتأیید و تعیین مشخصات کامل است.

فعالیت‌های صحه‌گذاری عملیاتی، از طریق راه‌اندازی کلیه سیستم‌های تحت تاثیر انجام می‌شود و توسط فعالیت‌های مبتنی بر داده‌ها (مانند تعیین روند و بازبینی داده‌ها) کامل می‌شود. طرح M&V باید رویکرد *صحه‌گذاری عملیاتی* را علاوه بر روش‌های صحه گذاری صرفه‌جویی ذکر کند. *صحه‌گذاری عملیاتی* باید قبل از اجرای فعالیت‌های صحه‌گذاری صرفه‌جویی M&V تکمیل شود. این امر اطمینان می‌دهد که صرفه‌جویی‌های حاصل از اجرای راهکارها، روش‌های کنترل کارایی انرژی و بهبود عملیات کاملاً محقق شده است.

جدول ۱

رویکردهای صحه‌گذاری عملیاتی

رویکرد صحه‌گذاری عملیاتی	کاربرد راهکارهای متداول	فعالیت‌ها
بازرسی ظاهری	درصورتی که راهکار به خوبی اجرا شود به صورت پیش‌بینی شده عمل می‌کند، اندازه‌گیری مستقیم عملکرد راهکار ممکن نیست. مثال: عایق کردن دیوار، پنجره‌ها	دیدن و صحه‌گذاری ظاهری راهکار
اندازه‌گیری‌های نمونه‌ای نقطه‌ای	عملکرد به دست آمده از راهکار می‌تواند از منظر داده‌های منتشر شده براساس جزئیات نصب یا بار اجزا متنوع باشد . مثال: چراغ‌ها/ لامپ‌ها /بالاست‌ها، فن‌ها، پمپ‌ها	اندازه‌گیری یک یا چند پارامتر کلیدی مصرف انرژی برای یک نمونه نماینده از اجرای راهکار
آزمایش عملکرد کوتاه‌مدت	عملکرد بدست آمده از راهکار ممکن است بسته به بار واقعی، کنترل‌ها، و/یا ارتباط متقابل اجزا، متفاوت باشد. مثال: حسگرهای نور در روز و کنترل‌های تضعیف شدت نور(دیمر)، فن‌های دارای VSD و تهویه کنترل - دیماند	آزمایش برای کارکرد و کنترل مناسب. اندازه‌گیری پارامترهای کلیدی مصرف انرژی. ممکن است شامل انجام آزمون‌هایی برای برداشت از اجزا در کل دامنه عملیات یا گردآوری داده‌های عملکرد در دوره زمانی کافی برای تعیین مشخصات کل دامنه عملیات باشد.
تعیین روند داده‌ها و بررسی منطق کنترل	عملکرد راهکار ممکن است بسته به بار واقعی و کنترل‌ها متفاوت باشد. اجزاء یا سیستم از طریق BAS پایش و کنترل شده یا می‌تواند از طریق کنتورهای مستقل پایش شوند.	تنظیم روندها و مرور داده‌ها و یا بررسی منطق کنترل. دوره اندازه‌گیری ممکن است از چند روز تا چند هفته به طول بیانجامد که این امر به زمان مورد نیاز برای برداشت دامنه کامل عملکرد بستگی دارد.

فعالیت‌های *صحه‌گذاری عملیاتی* می‌تواند بعد از *دوره گزارش‌دهی* نیز اعمال شود تا از تداوم صرفه‌جویی‌های انرژی اطمینان حاصل کند. اگر این بخشی از اجرای رسمی فرآیند M&V باشد، برای سازمانی که کارایی انرژی خود را ارتقاء داده، مفید است. این کار ریسک تغییرات مخرب در عملکرد راهکارهایی که ممکن است بد عمل کنند، کم اثر شوند و یا کنار گذاشته شوند را کاهش می‌دهد.

۴-۵ صحه‌گذاری صرفه‌جویی‌ها

بخش‌های زیر جزئیاتی درباره چگونگی تعیین و گزارش دهی *صرفه‌جویی‌ها* را ارائه می‌دهد.

۴-۵-۱ مرز اندازه‌گیری

صرفه‌جویی‌ها ممکن است بسته به اهداف گزارش‌دهی، برای کل *مایملک* یا به صورت ساده‌تر برای بخشی از آن تعیین شوند.

- اگر هدف گزارش‌دهی تنها کمک به مدیریت تجهیزات متأثر از برنامه *صرفه‌جویی* باشد، *مرز اندازه‌گیری* باید دور آن تجهیز رسم شود. در این صورت تمامی نیازهای بارز *انرژی* تجهیز درون مرز می‌تواند تعیین شود[۱۸]. این رویکرد در گزینه‌های جداسازی اصلاح بند ۴-۸ استفاده شده است.
- اگر هدف گزارش‌دهی کمک به مدیریت عملکرد انرژی کل *مایملک* باشد، می‌توان از کنتورهایی که تامین انرژی کل *مایملک* را اندازه‌گیری می‌کنند، برای ارزیابی عملکرد و *صرفه‌جویی‌ها* استفاده کرد. *مرز اندازه‌گیری* در این مورد در برگیرنده تمامی *مایملک* است. گزینه C برای کل *مایملک* در بند ۴-۹ توضیح داده شده است.
- اگر داده‌های *دوره خط‌مبنا* و *دوره گزارش‌دهی* قابل اعتماد یا در دسترس نباشند، داده‌های *انرژی* بدست آمده از یک برنامه شبیه‌سازی کالیبره شده می‌تواند برای هر یک از بخش‌ها یا همه *سایت*، جایگزین داده‌های مفقوده باشد. در این صورت متناسباً می‌توان *مرز اندازه‌گیری را* رسم کرد. شبیه‌سازی کالیبره شده گزینه D در بند ۴-۱۰ توضیح داده شده است.

برخی از نیازهای انرژی دستگاه‌ها یا تجهیزات ممیزی شده ممکن است در خارج از *مرز اندازه‌گیری* عملی قرار گیرند. با این حال باید تمامی تأثیرات *انرژی* راهکار(ها) را در نظر گرفت. آن بخش از اثرات انرژی که بارز هستند باید از طریق اندازه‌گیری‌ها مشخص شوند، بقیه را باید تخمین زد یا از آن‌ها چشم‌پوشی کرد.

هرگونه اثرات انرژی که خارج از *مرز اندازه‌گیری* نظری رخ دهند، "اثرات متقابل" [۱۹]نامیده می‌شوند. به منظور تعیین صرفه‌جویی‌ها باید راهی برای تخمین اندازه این *اثرات متقابل* پیدا کرد. در صورتی که *طرح M&V* هر اثر و اهمیت احتمالی آن را تشریح کند، می‌توان از آنها چشم‌پوشی کرد.

۴-۵-۲ انتخاب دوره زمان اندازه‌گیری

در انتخاب دوره زمانی که به عنوان *دوره زمانی خط مبنا* و *دوره زمانی گزارش‌دهی* مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دقت به عمل آید. استراتژی‌ها برای هر کدام در زیر تشریح شده است.

دوره زمانی خط مبنا

دوره زمانی خط مبنا باید طوری تعیین شود که:

- بیانگر تمامی مدهای عملیاتی *سایت* باشد. این دوره زمانی باید یک چرخه عملیاتی کامل از حداکثر تا حداقل مصرف انرژی را در برگیرد.

• مصرف انرژی کل ساختمان می‌تواند به طور بارزی تحت تاثیر شرایط آب و هوایی باشد. معمولاً برای تعریف یک چرخه عملیاتی کامل، داده‌های خط مبنا برای کل یک سال مورد نیاز است. • مصرف انرژی سیستم هوای فشرده ممکن است تنها متاثر از میزان تولید کارخانه باشد که در یک چرخه هفتگی تغییر می کند. بنابراین داده‌های یک هفته ممکن است برای تعیین عملکرد خط مبنا کافی باشد.

- به طور مناسب همه شرایط عملیاتی یک چرخه عملیاتی معمول را ارائه دهد. به عنوان مثال اگر یک سال به عنوان دوره خط مبنا انتخاب شود، اگر در طی سال انتخاب شده، داده‌های یک ماه موجود نباشد، داده‌های قابل قیاس برای ماه مشابه

[۱۸] تعیین *انرژی* ممکن است از طریق اندازه‌گیری مستقیم جریان انرژی یا از طریق اندازه‌گیری مستقیم *جایگزین*‌های مصرف انرژی (که شاخص مستقیم مصرف انرژی هستند) باشد.

[۱۹] این *اثرات متقابل* گاهی اوقات " نشت" نامیده می‌شود.

در یک سال متفاوت باید بتواند به جای آن استفاده شود تا اطمینان حاصل شود که سابقه خط مبنا، دارای کاستی در خصوص نمایش شرایط عملیاتی ماه مفقود شده نیست.

- تنها دوره‌های زمانی را شامل شود که در آن همه عوامل ثابت و متغیر حاکم بر انرژی در مورد مایملک، شناخته شده باشند. در صورتی که دوره خط مبنا طولانی‌تر شود تا چندین چرخه‌ی عملیاتی قبلی را شامل شود، اطلاعات مشابه از همه عوامل حاکم بر انرژی در طول این دوره مورد نیاز خواهد بود تا بتوان تصحیحات معمول و غیر معمول بعد از نصب *راهکار را به طور مناسب تعیین کرد* (به بند ۴-۶ مراجعه کنید).
- با دوره زمانی بلافاصله قبل از تعهد به انجام اصلاح منطبق باشد. دوره‌هایی‌که خیلی به عقب برگردند نمی‌توانند شرایط قبل از اصلاح را منعکس کنند و بنابراین ممکن است که خط مبنای مناسبی برای اندازه‌گیری تأثیر مستقیم خود *راهکار* را ارائه ندهند.

برنامه‌ریزی اجرای *راهکار* ممکن است نیازمند مطالعه در دوره زمانی طولانی‌تری نسبت به *دوره خط مبنای* انتخاب شده باشد. دوره‌های مطالعه طولانی‌تر به طراح کمک می‌کند تا عملکرد *مایملک را درک کرده* و تعیین کند که طول چرخه معمولی واقعاً چقدر هست.

دوره گزارش‌دهی

کاربر گزارش‌های *صرفه‌جویی* باید طول *دوره گزارش‌دهی* را تعیین کند. برای مشخص کردن کامل تأثیر *صرفه‌جویی‌ها* در همه شیوه‌های عملکرد معمول، *دوره گزارش‌دهی* حداقل باید در برگیرنده یک چرخه عملکرد معمول تجهیزات یا *تأسیسات* باشد.

ممکن است در برخی از پروژه‌ها گزارش‌دهی *صرفه‌جویی‌ها* بعد از یک دوره معین "آزمون" که می‌تواند ازخواندن آنی تا یک یا دو سال متغیر باشد-، متوقف شود.

طول هر *دوره گزارش‌دهی* باید با در نظر گرفتن عمر *راهکار* و احتمال افت تدریجی *صرفه‌جویی‌های* اولیه بدست آمده تعیین شود.

صرف نظر از طول *دوره گزارش‌دهی*، وسیله اندازه‌گیری می‌تواند در محل باقی بماند تا بازخورد داده‌های عملیاتی را برای اهداف معمول مدیریتی و بخصوص شناسایی تغییرات مضر در عملکرد فراهم کند. بخش ۴-۹ این موضوع را مفصل‌تر توضیح می‌دهد.

ا در صورت کاهش تعداد اندازه‌گیریهای صرفه‌جویی‌ها بعد از اثبات ابتدایی عملکرد، سایر فعالیت‌های پایش می‌تواند تشدید شوند تا اطمینان حاصل گردد که صرفه‌جویی‌ها ثابت باقی می‌مانند.

صرفه‌جویی‌های منطبق با IPMVP تنها می‌توانند برای *دوره گزارش‌دهی* ارائه شوند که از رویه‌های منطبق باIPMVP استفاده می‌کنند. اگر صرفه‌جویی‌های منطبق با IPMVP به عنوان پایه‌ای برای پیش بینی *صرفه‌جویی‌های* آتی به کار برده شوند، گزارش‌های صرفه‌جویی‌های آتی منطبق با IPMVP نخواهند بود.

دوره‌های اندازه‌گیری نزدیک به هم (آزمایش روشن/خاموش)

وقتی که یک *راهکار* به راحتی بتواند به مدار وارد یا از آن خارج (روشن و خاموش) شود، *دوره‌های خط مبنا و گزارش‌دهی* ممکن است طوری انتخاب شود که از نظر زمانی به هم نزدیک باشند. تغییر در منطق کنترل نمونه‌ای از *راهکاری* است که می‌تواند به راحتی قطع و وصل شود بدون این‌که روی کل *مایملک* اثرگذار باشد.

این آزمایش‌های روشن/خاموش شامل اندازه‌گیری‌های انرژی پس از اجرای *راهکار* و سپس بلافاصله از مدار خارج کردن و *ایجاد حالتی است که* شرایط به قبل از اجرای *راهکار* (حالت *خط مبنا*) باز گردد. تفاوت مصرف انرژی بین دو دوره اندازه‌گیری نزدیک به هم، همان *صرفه‌جویی* ایجاد شده توسط *راهکار* است. اگر همه عوامل موثر بر انرژی در دو دوره نزدیک به هم مشابه باشند، معادله ۱) از بند ۴-۱ (بدون عبارت تصحیحات) می‌تواند برای محاسبه *صرفه‌جویی‌ها* به کار رود.

این شیوه می‌تواند برای هر دو گزینه‌ی جداسازی اصلاح و کل *مایملک* مورد استفاده قرار گیرد ولی *مرزهای اندازه‌گیری* باید طوری قرارگیرند که این امکان وجود داشته باشد که به راحتی بتوان هر اختلاف قابل توجه در مصرف انرژی اندازه‌گیری شده را وقتی سیستم یا تجهیزات خاموش و روشن هستند، شناسایی کرد.

دوره‌های زمانی نزدیک به هم که در آزمایش روشن/خاموش استفاده می‌شود باید به اندازه‌ای طولانی باشند تا عملیات پایداری را نشان دهند. دوره‌های زمانی باید دامنه عملیات معمول *سایت* را نیز پوشش دهد. برای پوشش دامنه معمول، آزمایش روشن/خاموش باید در مدهای عملیاتی مختلف هم چون فصول و یا نرخ تولید مختلف تکرار شود.

باید در نظر داشت در مورد *راهکار*هایی که می‌توانند برای چنین آزمایشاتی خاموش شوند، این خطر وجود دارد که به‌طور اتفاقی و یا عمدی زمانی که باید روشن باشند، خاموش شوند.

۴-۵-۳ اساس تصحیحات

عبارت تصحیحات که در معادله ۱) از بند ۴-۱ نشان داده شده است باید از طریق واقعیت‌های فیزیکی قابل تشخیص درباره خصوصیات موثر بر انرژی تجهیز، در *مرز اندازه‌گیری* محاسبه شود. دو نوع از تصحیحات ممکن است رخ دهند:

- **تصحیحات معمول** – برای عوامل موثر بر انرژی هم‌چون آب و هوا یا حجم تولید که انتظار می‌رود در طول *دوره گزارش‌دهی* به طور معمول تغییر کند، شیوه‌های متنوعی می‌تواند استفاده شود تا روش تصحیح تعریف شود. شیوه‌ها می‌توانند به سادگی یک مقدار ثابت (بدون تصحیح) یا به پیچیدگی چندین معادله غیر خطی چند پارامتری باشد که هر یک ارتباط انرژی را با یک یا چند متغیر مستقل وابسته نشان می‌دهد. برای آن که بتوان شیوه تصحیح هر طرح *M&V* را بدست آورد باید از روش‌های ریاضی معتبری استفاده شود. برای اطلاع از برخی راهنمایی‌ها در مورد ارزیابی اعتبار روش‌های ریاضی به پیوست **ب** مراجعه کنید.

و

- **تصحیحات غیر معمول**– برای آن دسته از عوامل حاکم بر انرژی که معمولاً انتظار نمی‌رود که تغییر کنند، مانند اندازه سایت، طراحی و عملیات تجهیزات نصب شده، تعداد شیفت‌های تولید هفتگی یا نوع اشغال فضاها. تغییر این *عوامل ثابت*[۲۰] باید در طول دوره گزارش‌دهی پایش شود. بخش ۸-۲ را برای بحث تصحیحات غیر معمول ببینید.

عوامل ثابت

نمونه‌هایی از عوامل ثابت که نیاز به تصحیحات غیر معمول دارند، عبارتند از تغییرات در:

- مقدار فضایی که گرم می‌شود یا تهویه مطبوع می‌شود،
- نوع محصولاتی که تولید می‌شود یا تعداد شیفتهای بخش تولید در روز،
- مشخصات پوسته ساختمان (عایق کاری جدید، پنجره‌ها، درها درزبندی هوا)،
- میزان، نوع یا استفاده از *مایملک* و تجهیزات کاربران،
- استاندارد زیست محیطی داخلی (مثل سطح روشنایی، دما، میزان تهویه) و
- نوع یا برنامه حضور ساکنین

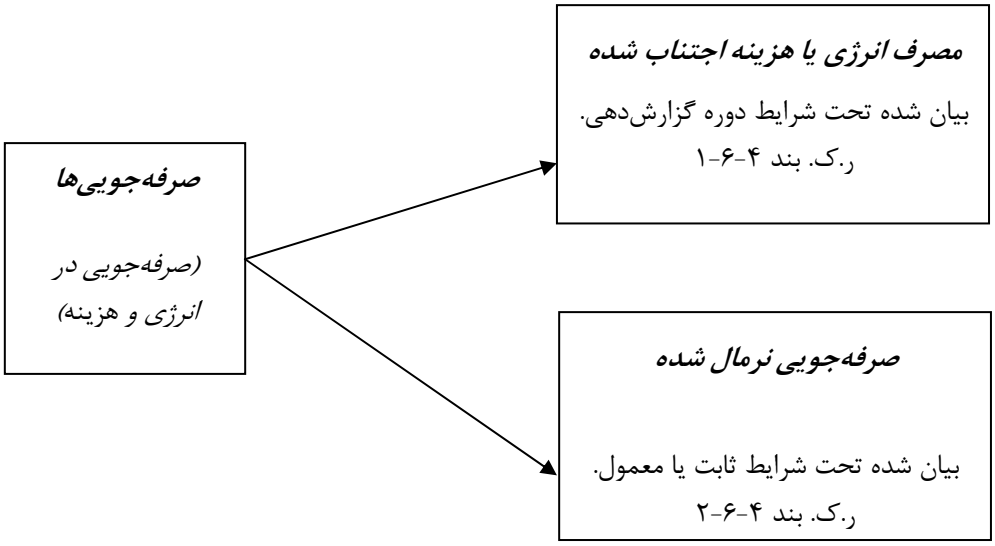
بنابراین معادله ۱) می‌تواند به صورت کامل‌تر به صورت زیر بیان شود:

[20] - Static Factors

(انرژی دوره گزارش‌دهی - انرژی خط مبنا)= صرفه‌جویی‌ها

۱ الف) *تصحیحات غیرمعمول* ± *تصحیحات معمول* ±

عبارت تصحیحات در معادله ۱الف) برای بیان هر دو بخش داده‌های انرژی اندازه‌گیری‌شده تحت شرایط مشابه استفاده می‌شود. ساز وکار تصحیحات به این بستگی دارد که آیا *صرفه‌جویی‌ها* بر اساس شرایط *دوره گزارش‌دهی* تهیه شده‌اند یا این که براساس برخی شرایط ثابت دیگر (که در زیر [۲۱] بحث می‌شود) نرمالیزه شده باشند.



اساس دوره گزارش‌دهی یا مصرف انرژی اجتناب شده

وقتی *صرفه‌جویی‌ها* تحت شرایط دوره گزارش‌دهی گزارش می‌شوند می‌توان آن‌ها را *مصرف انرژی اجتناب‌شده* در *دوره گزارش‌دهی* نامید. *مصرف انرژی اجتناب شده*، صرفه‌جویی‌ها را در *دوره گزارش‌دهی* نسبت به این‌که مصرف انرژی بدون اجرای *راهکار* چقدر می‌بود تعیین می‌کند.

در حالت محاسبه *صرفه‌جویی‌ها* در شرایط *دوره گزارش‌دهی*، *انرژی دوره خط مبنا* باید به شرایط *دوره گزارش‌دهی* تصحیح شود.

برای این روش رایج از گزارش‌دهی صرفه‌جویی‌ها معادله ۱الف) را می‌تواند به صورت زیر نوشت:

= مصرف انرژی اجتناب شده (یا صرفه‌جویی‌ها)

تصحیحات معمول دوره گزارش‌دهی ± انرژی خط مبنا)

انرژی دوره گزارش‌دهی - (تصحیحات غیرمعمول دوره گزارش‌دهی ±

این معادله معمولاً به صورت زیر ساده می‌شود:

[۲۱] روش‌های عمومی زیر می‌توانند برای گزینه‌های A، B، C که در ادامه فصل ۴ شرح داده شده کاربرد داشته باشد. گزینه D عموماً شامل تصحیحات در شبیه‌سازی است، با این حال شرایط برای تصحیحات باز هم باید انتخاب شود.

= مصرف انرژی اجتناب شده (یا صرفه‌جویی‌ها)

انرژی دوره گزارش‌دهی – انرژی خط‌مبنای تصحیح شده

۱ب) تصحیحات غیرمعمول انرژی خط مبنا نسبت به شرایط دوره گزارش‌دهی ±

که در آن انرژی *خط مبنای تصحیح شده* به عنوان *انرژی خط مبنا* به اضافه‌ی هر گونه *تصحیحات معمول* مورد نیاز برای تصحیح به شرایط *دوره گزارش‌دهی* تعریف می‌شود.

انرژی خط مبنای تصحیح شده معمولاً اول از طریق تدوین یک مدل ریاضی که داده‌های واقعی انرژی خط مبنا را با متغیرهای مستقل متناسب در دوره خط مبنا مرتبط می‌کند، به دست می‌آید. سپس *متغیر(های) مستقل دوره گزارش‌دهی* در این مدل ریاضی خط مبنا وارد می‌شود تا مصرف انرژی تصحیح شدهٔ خط مبنا را به دست دهد.

متغیرهای مستقل

یک متغیر مستقل، پارامتری است که انتظار می‌رود به طور منظم تغییرکند و اثری قابل اندازه‌گیری بر مصرف انرژی سیستم یا *مایملک* داشته باشد. به عنوان مثال، یک *متغیر مستقل* معمول که عموماً بر مصرف انرژی ساختمان مؤثر است، دمای محیط خارج است. هم‌چنین در یک کارخانه تولیدی، تعداد واحدهای تولید شده در یک دوره زمانی، معمولاً یک *متغیر مستقل* به شمار می‌رود که به طور بارز مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. *متغیر مستقل* رایج دیگر تعداد ثانیه‌ها، ساعت‌ها یا روزها در هر دوره اندازه‌گیری است. ر.ک. بخش ۴-۹-۳.

اساس شرایط ثابت یا صرفه‌جویی‌های نرمال شده

ممکن است به عنوان مبنای تصحیحات از شرایطی غیر از شرایط *دوره گزارش‌دهی* استفاده شود. این شرایط می‌تواند همان شرایط *دوره خط مبنا*، یا دوره انتخابی دیگر یا مجموعه شرایط رایج، میانگین یا معمول باشد.

تصحیح به یک مجموعه شرایط ثابت، شیوه‌ای از *صرفه‌جویی* را گزارش می‌دهد که می‌تواند "صرفه‌جویی نرمال شده" در دوره گزارش‌دهی نامیده شود. در این روش، *انرژی دوره گزارش‌دهی* و احتمالاً *دوره خط مبنا* از شرایط واقعی آن‌ها به شرایط انتخاب شده ثابت رایج (یا معمول) تصحیح می‌شود.

معادله ۱ج) صورت عمومی‌تری از معادله ۱ الف) را برای چنین گزارشات صرفه‌جویی نرمالیزه شده بازگو می‌کند:

صرفه‌جویی‌های نرمالیزه شده = (*انرژی خط مبنا* ± *تصحیحات معمول به شرایط ثابت*)

(انرژی دوره گزارش‌دهی- انرژی خط‌مبنای تصحیح شده ± تصحیحات معمول به شرایط ثابت ± تصحیحات غیر معمول به شرایط ثابت)

۱ ج)

محاسبه عبارت *تصحیحات معمول دوره گزارش‌دهی* معمولاً شامل توسعه یک مدل ریاضی پیشرفته مرتبط با انرژی *دوره گزارش‌دهی* با متغیرهای مستقل از *دوره گزارش‌دهی* است. سپس این مدل برای تصحیح انرژی *دوره گزارش‌دهی* به شرایط ثابت انتخابی، استفاده می‌شود. به علاوه اگر مجموعه شرایط ثابت با دوره خط مبنا منطبق نبود، یک مدل ریاضی از *انرژی خط مبنا* نیز استفاده می‌شود تا *انرژی خط مبنا* را به شرایط ثابت انتخاب شده تصحیح کند.

چه پایه‌ای برای تصحیحات، یا کدام نوع صرفه‌جویی‌ها؟

عواملی که باید درهنگام انتخاب *مصرف انرژی اجتناب شده* و صرفه‌جویی نرمالیزه شده در نظر گرفت:

روش صرفه‌جویی "*مصرف انرژی اجتناب شده*"(معادله ۱ب)):

- به شرایط عملیاتی *دوره گزارش‌دهی* بستگی دارد. گر چه *می توان صرفه‌جویی‌ها را* برای پدیده‌هایی مانند آب و هوا تصحیح کرد ولی میزان *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده به آب و هوای واقعی بستگی دارد.
- نمی‌توان آن را مستقیماً با *صرفه‌جویی‌های* پیش‌بینی شده تحت شرایط *خط مبنا* مقایسه کرد.

روش صرفه‌جویی "*صرفه‌جویی‌های نرمالیزه شده*" (معادله ۱ج):

- تحت تأثیر شرایط *دوره گزارش‌دهی* نیستند چون یک سری شرایط ثابت در ابتدا تعیین شده‌اند و تغییری نکرده‌اند.
- می‌توان آن‌ها را مستقیماً با *صرفه‌جویی‌های* پیش‌بینی شده در شرایط ثابت مشابه مقایسه کرد.
- تنها می‌توانند بعد از یک *چرخه* کامل مصرف انرژی در *دوره گزارش‌دهی* بدست آیند، بنابراین ارتباط ریاضی بین *انرژی دوره گزارش‌دهی* و شرایط عملیاتی می‌تواند از آن حاصل شود.

۴-۶ مرورکلی گزینه‌های IPMVP

مقادیر *انرژی* در شکل‌های مختلف معادله ۱) به کمک یک یا چند روش زیر قابل اندازه‌گیری است:

- صورت‌حساب تأمین‌کننده‌های سوخت یا حامل‌های انرژی یا قرائت کنتورهای مایملک و ایجاد تصحیحاتی برای قرائت‌ها مشابه آن‌چه که تأمین‌کننده‌های حامل‌های انرژی انجام می‌دهد.
- کنتورهای مخصوص برای جدا کردن یک *راهکار* یا بخشی از *مایملک* از کل آن. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند در طول *دوره های گزارش‌دهی و خط مبنا* به صورت دوره‌ای با فواصل کوتاه یا مستمر باشند.
- اندازه‌گیری‌های جداگانه پارامترهایی که در محاسبه مصرف *انرژی* استفاده می‌شوند. برای مثال پارامترهای عملیاتی تجهیزات شامل بار الکتریکی و ساعت‌های عملیاتی می‌توانند به صورت جداگانه اندازه‌گیری و درهم ضرب شود تا مصرف انرژی تجهیزات محاسبه شود.
- اندازه‌گیری *جایگزین‌های*[۲۲] معتبر برای مصرف انرژی. برای مثال اگر مصرف انرژی یک موتور وابسته به سیگنال خروجی درایو سرعت متغیر کنترل کننده موتور باشد، سیگنال خروجی می‌تواند یک *جایگزین* قطعی برای انرژی موتور باشد.
- شبیه‌سازی کامپیوتری که با برخی داده‌های عملکردی واقعی برای سیستم یا *مایملک* مدل شده کالیبره می‌شود. یک نمونه از شبیه‌سازی کامپیوتری تحلیل DOE-2 برای ساختمان‌ها است (تنها گزینه D).

اگر مقدار *انرژی* از قبل با صحت کافی شناخته شده باشد یا اگر اندازه‌گیری گران‌تر از تعیین توسط شرایط باشد، در این صورت اندازه‌گیری انرژی ممکن است لازم یا متناسب نباشد. در این موارد ممکن است در مورد برخی از پارامترهای *راهکار برآوردهایی* انجام شود، اما بقیه باید اندازه‌گیری شوند (تنها گزینه A).

IPMVP چهار گزینه برای تعیین *صرفه‌جویی* ارایه می‌دهد (A، B، C و D). گزینه‌ها ملاحظات زیادی را شامل محل *مرز اندازه‌گیری در بر می‌گیرند* (بند ۴-۴ را ببینید). اگر هدف، تعیین *صرفه‌جویی* در سطح *مایملک* باشد، گزینه C یا D ممکن است مطلوب باشد. ولی اگر فقط عملکرد *راهکار* به تنهایی مدنظر باشد، روش جداسازی اصلاح ممکن است مناسب‌تر باشد (گزینه A، B یا D).

جدول ۲ چهار گزینه‌ای را که در بندهای ۴-۸ تا ۴-۱۰ با ذکر جزئیات بیان شده خلاصه می‌کند. مثال‌هایی از کاربرد گزینه‌ها در پیوست الف آورده شده است. بند ۴- ۱۱ راهنمایی برای انتخاب گزینه مناسب برای هر نوع پروژه خاص را ارائه می‌دهد.

[22] - Proxy

جدول ۲

نمای کلی گزینه‌های IPMVP

گزینه IPMVP	چگونگی محاسبه صرفه‌جویی‌ها	کاربرد متداول
A. جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری پارامترکلیدی صرفه‌جویی‌ها توسط اندازه‌گیری میدانی پارامترهای کلیدی عملکرد که مشخص کننده مصرف انرژی سیستم‌های تحت تأثیر *راهکار* و/یا موفقیت پروژه هستند، تعیین می‌شوند. میزان تکرار اندازه‌گیری بسته به تغییرات مورد انتظار در پارامتر اندازه‌گیری شده و طول *دوره گزارش‌دهی*، از کوتاه مدت تا پیوسته می تواند باشد . پارامترهایی که برای اندازه‌گیری میدانی انتخاب نمی‌شوند، *برآورد* می‌شوند. *برآوردها* می‌تواند براساس سابقه داده‌ها، مشخصات اعلام شده توسط سازنده، یا قضاوت مهندسی انجام شوند. مستندسازی مرجع یا توجیه منطقی پارامتر *برآورد* شده ضروری است. خطای احتمالی ناشی از روش *برآورد* به جای اندازه‌گیری در تعیین میزان *صرفه‌جویی‌ها* ارزیابی می‌شود.	محاسبات مهندسی انرژی دوره *خط مبنا* و دوره گزارش‌دهی از طریق: ○ اندازه‌گیری‌های کوتاه‌مدت یا پیوسته پارامتر(های) عملیاتی کلیدی، و ○ مقادیر برآورد شده. تصحیحات معمول و غیر معمول به صورت مورد نیاز	اصلاح روشنایی وقتی که برداشت برق پارامترکلیدی عملکرد است که به صورت دوره ای اندازه‌گیری می‌شود. ساعت‌های عملیاتی چراغ‌ها براساس برنامه‌ی زمانی *مایملک* و رفتار ساکنین برآورد می شود.
B. جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری همه پارامترها صرفه‌جویی‌ها با اندازه‌گیری میدانی مصرف انرژی سیستم تحت تأثیر *راهکار* تعیین می‌شوند. میزان تکرار اندازه‌گیری بسته به تغییرات مورد انتظار در *صرفه‌جویی‌ها* و طول *دوره گزارش‌دهی* از کوتاه‌مدت تا پیوسته متغیر است.	اندازه‌گیری‌های کوتاه مدت یا پیوسته انرژی دوره های زمانی خط مبنا و گزارش‌دهی و/یا محاسبات مهندسی با استفاده از اندازه‌گیری جایگزینهای مصرف انرژی. تصحیحات معمول و غیر معمول به صورت مورد نیاز	کاربرد یک درایو سرعت متغیر و کنترل‌ها برای تصحیح جریان پمپ. اندازه‌گیری توان الکتریکی با نصب یک کیلووات شمار روی تأمین کننده توان الکتریکی موتور که در هر دقیقه یک بار توان را قرائت می‌کند. در *دوره خط مبنا*، این کنتور برای یک هفته نصب می‌شود تا بارگیری *پیوسته* را صحه گذاری کند. در *دوره گزارش‌دهی* کنتور نصب می‌شود تا تغییرات مصرف انرژی را ردگیری کند.

جدول ۲
نمای کلی گزینه‌های IPMVP

گزینه IPMVP	چگونگی محاسبه صرفه‌جویی‌ها	کاربرد متداول
C. کل مایملک صرفه‌جویی‌ها با اندازه‌گیری مصرف انرژی در سطح کل *مایملک* یا بخشی از آن تعیین می‌شوند. اندازه‌گیری‌های پیوسته مصرف انرژی کل *مایملک* در طول *دوره گزارش‌دهی* انجام می‌شود.	تحلیل داده‌های کنتور درکل *مایملک* در *دوره های* خط مبنا و *گزارش‌دهی*. تصحیحات معمول در صورت نیاز با استفاده از فنونی مانند مقایسه ساده یا تحلیل رگرسیون. تصحیحات غیرمعمول در صورت نیاز.	برنامه مدیریت انرژی چند وجهی که سیستم‌های زیادی را در *مایملک* تحت تاثیر قرار می‌دهد. اندازه‌گیری مصرف انرژی با کنتورهای برق و گاز برای *دوره خط مبنای* دوازده ماهه و نیز در طول *دوره گزارش‌دهی*.
D. شبیه‌سازی کالیبره شده *صرفه‌جویی‌ها* از طریق شبیه‌سازی مصرف انرژی کل *مایملک* و یا بخشی از آن تعیین می‌شوند. رویه‌های شبیه‌سازی‌ها برای مدل‌سازی مناسب اندازه‌گیری واقعی عملکرد انرژی در *مایملک*به کار می‌روند. این گزینه معمولاً نیازمند مهارت قابل توجه در شبیه‌سازی کالیبره شده دارد.	شبیه‌سازی مصرف انرژی که با اطلاعات قبوض ماهیانه یا ساعتی حامل‌های انرژی کالیبره شده. (ممکن است از اندازه‌گیری مصرف نهایی انرژی برای کمک به تصحیح داده‌های ورودی استفاده شود.)	برنامه مدیریت انرژی چند وجهی سیستم‌های متعددی را در مایملک تحت تاثیر قرار می‌دهد اما در جایی که کنتوری در *دوره خط مبنا* وجود نداشته باشد. اندازه‌گیری‌های مصرف انرژی بعد از نصب کنتورهای برق و گاز برای کالیبره کردن شبیه‌سازی به کار می رود. مصرف *انرژی خط مبنا* با استفاده از شبیه‌سازی کالیبره شده تعیین شده و با شبیه سازی مصرف انرژی *دوره گزارش‌دهی* مقایسه می‌شود.

۴-۷ گزینه‌های A و B: جداسازی اصلاح[۲۳]

بخش ۴-۴ مفهوم *مرز اندازه‌گیری را* که در بر گیرنده تجهیزات اصلاح شده است تعریف می‌کند. وقتی که اصلاحات تنها بخشی از *مایملک* را تحت تأثیر قرار دهند، جداسازی اصلاح این امکان را می‌دهد که برای کاهش عملیات لازم برای پایش *متغیرهای مستقل* و عوامل ثابت، *مرز اندازه‌گیری* کوچک شود. ولی معمولاً مرزهای کوچکتر از کل *مایملک* به کنتورهای اضافی در *مرز اندازه‌گیری* نیاز دارند. هم‌چنین در مورد *مرزهای اندازه‌گیری* کوچک امکان "نشت" از طریق *اثرات متقابل* اندازه‌گیری نشده وجود دارد.

در روش جداسازی اصلاح، از آن جایی که اندازه‌گیری در معیاری کوچکتر از کل *مایملک* صورت می‌گیرد، نتایج این فنون نمی‌تواند با مصرف انرژی کل که در قبوض نشان داده می شود ارتباط داده شود. تغییراتی که بیرون از *مرز اندازه‌گیری* در مایملک رخ می دهد و غیر مرتبط به *راهکار* است، به وسیله فنون جداسازی اصلاح گزارش نخواهند شد، اما در قبض مصرف یا دیماند اندازه‌گیری شده خواهد آمد.

برای جداسازی مصرف *انرژی* تجهیزات متأثر از یک *راهکار* از مصرف انرژی بقیه *مایملک* دو گزینه ارائه شده است:

- گزینه A. جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری پارامتر کلیدی (ر.ک. بخش ۴-۸-۱)

[23] - Retrofit Isolation

- گزینه B. جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری کل پارامترها (ر.ک. بخش ۴-۸-۲)

اندازه گیری روی *مرز اندازه‌گیری* بین دستگاهی که تحت تأثیر *راهکار* هست و دستگاهی که تحت تأثیر *راهکار* نیست انجام می‌گیرد.

مثال جداسازی اصلاح

یک دیگ بخار با دستگاهی با کارایی انرژی بالاتر جایگزین شده است. *مرز اندازه‌گیری* درست در اطراف دیگ بخار رسم شده، طوری که ارزیابی دیگ بخار جدید متأثر از تغییرات در بارگرمایی کل مایملک نیست.

همه چیزی که برای ارزیابی کارایی دو دیگ بخار در دامنه کل عملیات آن‌ها مورد نیاز است عبارتند از: اندازه گیری مصرف سوخت و خروجی گرمایی دیگ بخار. *صرفه‌جویی‌های ناشی از* اصلاح دیگ بخار از طریق اعمال بهبود کارایی مشاهده شده به بار سالیانه برآورد شده آن گزارش می‌شود. آزمایش کارایی دیگ بخار سالانه تکرار می‌شود.

هنگام رسم *مرز اندازه‌گیری*، باید دقت داشت که هر جریان انرژی متأثر از *راهکار* اما بیرون از مرز در نظر گرفته شود. باید روشی برای برآورد چنین *اثرات متقابلی* اتخاذ کرد (ر.ک. بخش ۴-۴). به عنوان مثال کاهش بار روشنایی اغلب مصرف انرژی سیستم HVAC را کم می‌کند، اما تنها *مرز اندازه‌گیری* معقول صرفاً در برگیرنده مصرف برق چراغ‌ها است نه اثرات آن‌ها بر انرژی گرمایشی و سرمایشی. در این مورد تأثیر *راهکار* بر نیاز انرژی HVAC یک *اثر متقابل* است که باید ارزیابی شود. اگر انتظار رود که *اثرات متقابل* بارز باشد می‌توان در مورد آن به عنوان بخشی از صرفه‌جویی‌های انرژی اندازه گیری شده برای روشنایی برآوردهای مهندسی انجام داد.

محاسبات سرمایش و گرمایش متداول باید برای تعیین مقادیر متناسب هر فصل استفاده شوند. ولی اگر *مرز اندازه‌گیری* بتواند طوری گسترش یابد تا اثرات متقابل را در بر گیرد، دیگر نیازی به برآورد آن‌ها نیست.

مرز اندازه‌گیری، جدای از *اثرات متقابل* کوچک برآورد شده، محل اندازه گیریها و دامنه هر گونه تصحیحات که ممکن است در شکل‌های مختلف معادله ۱) به کار رود را تعیین می‌کند. برای بدست آوردن عبارت(های) تصحیحات در معادله ۱) تنها تغییرات سیستم‌های *انرژی* و متغیرهای عملیاتی در *مرز اندازه‌گیری* باید پایش شود.

بند ۴-۵ عموماً دوره‌های اندازه‌گیری را شرح می‌دهد. پارامترها ممکن است به طور پیوسته یا به صورت دوره‌ای و برای دوره‌های کوتاه اندازه‌گیری شوند. مقادیر تغییرات مورد انتظار در پارامترها بر تصمیم‌گیری درباره این که اندازه‌گیری به صورت پیوسته صورت پذیرد یا دوره‌ای اثر دارد. وقتی که انتظار نمی‌رود که پارامتری تغییرکند، آن پارامتر را می توان بلافاصله بعد از اجرای *راهکار* اندازه‌گیری و گاه‌گاهی در طول *دوره گزارش‌دهی* چک کرد. میزان تکرار این چک کردن‌ها می‌تواند با اندازه‌گیریهای پراکنده شروع شود تا صحه‌گذاری شود که این پارامتر *ثابت* است. بعد از اثبات *ثابت* بودن یک پارامتر می‌توان دفعات تکرار اندازه‌گیریها را کاهش داد. برای حفظ *صرفه‌جویی‌ها* پس از کاهش تکرار اندازه‌گیریها، می توان بازرسی‌های بیشتر یا آزمایشات دیگری را به کار برد تا عملیات مناسب صحه‌گذاری شود .

اندازه‌گیری پیوسته قطعیت بیشتری در مورد *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده و داده‌های بیشتری از چگونگی عملیات تجهیزات فراهم می‌آورد. از این اطلاعات می‌توان برای بهبود یا بهینه‌سازی عملیات دستگاه در حین کارکرداستفاده کرد و در نتیجه منافع خود *راهکار را* بهبود بخشید. نتایج مطالعات متعدد نشان داده که درصورت استفاده دقیق از ثبت پیوسته داده‌ها، بین ۵ تا ۱۵ درصد *صرفه‌جویی*‌های انرژی سالیانه می‌تواند حاصل شود. (کلاریج و همکاران ۱۹۹۶-۱۹۹۴،هابرل و همکاران ۱۹۹۵).

اگر اندازه‌گیری پیوسته نباشد و کنتورها در فاصله‌های بین قرائت‌ها برداشته شوند، در *طرح M&V* باید محل اندازه‌گیری و مشخصات دستگاه‌های اندازه‌گیری و برنامه مورد استفاده برای کالیبره کردن کنتورها ذکر شود. وقتی که انتظار رود یک پارامتر ثابت باشد، مدت اندازه‌گیریها می‌تواند کوتاه و گاه به گاه باشد. موتورهای برقی یک کارخانه صنعتی (با فرض این‌که دارای بار *ثابت* باشند) نمونه‌ای معمول از جریان توان *ثابت* هستند. با این وجود دوره‌های عملیاتی موتور ممکن است بسته به نوع محصول تولیدی از روزی به روز دیگر متفاوت باشد. وقتی که ممکن باشد یک پارامتر به صورت دوره‌ای تغییر کند،

اندازه‌گیری‌های گاه به گاه پارامتر (دراین مثال ساعات کارکرد موتور) باید در زمان‌هایی که نماینده رفتار معمول سیستم است انجام شود.

اگر ممکن باشد پارامتری به صورت روزانه یا ساعتی تغییر کند، مثلاً در اغلب سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی ساختمان‌ها، اندازه‌گیری پیوسته می‌تواند ساده‌ترین روش باشد. برای بارهای وابسته به آب و هوا، اندازه‌گیری‌ها می‌تواند برای یک دوره به قدر کافی طولانی انجام شوند تا به طور مناسبی الگوی بار را در همه بخش‌های چرخه معمول سالیانه آن مشخص کند. (به عنوان مثال در هر فصل و روزهای کاری هفته/روز آخر هفته) و بنا به ضرورت در طول *دوره گزارش‌دهی* تکرار شود. مثال‌هایی از چنین نمودارهایی از نوع روزانه را می‌توان در کارهای کاتیپامولا و هابرل (۱۹۹۱)، اکبری و همکاران (۱۹۸۸)، هادلی و تامیچ (۱۹۸۶)، بو سعدا و هابرل (۱۹۹۵b و ۱۹۹۵a) و بو سعدا و همکاران (۱۹۹۶) یافت.

وقتی که انواع مختلف یک *راهکار* چند بار در یک در *مرز اندازه‌گیری* اجرا شده باشد، نمونه‌های آماری معتبر می‌تواند به عنوان اندازه‌گیری‌های معتبر از کل پارامتر استفاده شود. به عنوان مثال چنین شرایطی ممکن است در جایی دیده شود که توان مصرفی روشنایی کل به دلیل وجود بارهای غیر روشنایی دیگر روی همان پانل از روی پانل الکتریکی قابل خواندن نباشد. در عوض روی یک جامعه معنی دار آماری از چراغ‌ها، تغییر در توان مصرفی قبل و بعد از اصلاح اندازه‌گیری می‌شود. این داده‌های نمونه ممکن است به عنوان "اندازه‌گیری‌های" توان مصرفی روشنایی کل مورد استفاده قرار گیرد. پیوست ب-۳ پیرامون موارد آماری مورد کاربرد در نمونه‌برداری بحث می‌کند.

کنتورهای پرتابل فقط زمانی که ممکن است نیاز به اندازه‌گیری‌های کوتاه مدت باشد مورد استفاده قرار گیرند. هزینه‌های کنتورهای پرتابل می‌تواند در اهداف دیگر تقسیم شود. ولی کنتورهای دائم نصب شده بازخورد خوبی نیز برای پرسنل عملیاتی یا تجهیزات کنترل خودکار بهینه سازی سیستم‌ها فراهم می‌آورند.کنتورهای اضافه شده امکان صدور صورتحساب مجزا برای هر یک از مصرف کننده ها یا بخش‌ها در مایملک را نیز بوجود می‌آورند.

فنون جداسازی اصلاح در جایی بهترین کاربرد را دارد که :

- تنها عملکرد سیستم‌های تحت تأثیر *راهکار* یا ناشی از مسئولیت‌های محوله به طرف‌های موجود در قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی مدنظر باشد و یا این که *صرفه‌جویی‌های* حاصل از راهکار آن‌قدر کوچک باشد که در صورت به‌کارگیری گزینه C، تشخیص داده نشود.
- *اثرات متقابل راهکار* روی *مصرف انرژی* دیگر تجهیزات *مایملک* بتواند به طور قابل قبولی برآورد یا غیر بارز فرض شود.
- ارزیابی یا تشخیص تغییرات احتمالی خارج از *مرز اندازه‌گیری* در *مایملک*، مشکل باشد.
- پایش *متغیرهای مستقلی* که مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهند بیش از حد سخت یا گران نباشد.
- کنتورهای فرعی برای مجزا کردن مصرف انرژی سیستم‌ها از قبل وجود داشته‌اند.
- کنتورهای اضافه شده در *مرز اندازه‌گیری* را بتوان برای اهداف دیگری مانند بازخورد عملیاتی یا تهیه صورتحساب مستاجر، مورد استفاده قرار داد.
- اندازه‌گیری پارامترها بسیار ارزانتر از شبیه‌سازی با گزینه D یا تصحیحات غیر معمول درگزینه C باشد.
- امکان آزمایشات بلند مدت تضمین شده نباشد.
- نیازی به تطبیق مستقیم گزارشهای صرفه‌جویی با تغییرات در پرداختها به تأمین کننده‌های انرژی وجود نداشته باشد.

ویژگیهای منحصر به فرد هر یک فنون جداسازی اصلاح در بندهای بعدی ۴-۷-۱ و ۴-۷-۲ آمده است. نتایج اندازه‌گیری معمول مورد استفاده در فنون جداسازی اصلاح، در بند ۴-۸-۳ مطرح شده است.

۴-۷-۱ گزینه A: جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری پارامتر کلیدی

در گزینهA، جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری پارامتر کلیدی، مقادیر *انرژی* در معادله ۱) را می‌توان از طریق محاسبه و با بکاربردن ترکیبی از اندازه‌گیری‌های بعضی از پارامترها و برآورد پارامترهای دیگر بدست آورد. چنین *برآوردهایی* باید تنها جایی به کار روند که بتوان نشان داد که عدم قطعیت ناشی از ترکیب چنین *برآوردهایی*، تأثیر بارزی بر *صرفه‌جویی‌های* کلی گزارش شده ندارد. باید تصمیم گرفت که کدام پارامترها اندازه‌گیری شوند و کدام یک با در نظر گرفتن نقش هر پارامتر در عدم قطعیت

کلی *صرفه‌جویی‌های* گزارش‌شده، *برآورد* شود. مقادیر *برآورد شده* و تحلیل بارز بودن آن‌ها باید در *طرح M&V* لحاظ شود (فصل ۵). *برآوردها* ممکن است براساس داده‌های پیشین مانند ساعت‌های عملیاتی ثبت شده از *خط مبنا*، مقادیر اعلام شده توسط سازنده تجهیزات، تست‌های آزمایشگاهی یا اطلاعات آب و هوایی معمول باشد.

اگر یک پارامتر مثل ساعات استفاده، به عنوان یک پارامتر *ثابت* شناخته شود و انتظار نرود که به وسیله *راهکار* تحت تاثیر قرار گیرد، اندازه‌گیری آن در *دوره گزارش‌دهی* کفایت می‌کند. اندازه‌گیری چنین پارامتر ثابتی در *دوره گزارش‌دهی* می‌تواند به عنوان اندازه‌گیری *مقدار* آن در دوره *خط مبنا* نیز به حساب آید.

هر زمان پارامتری (که می‌دانیم به صورت مستقل تغییر می‌کند) در طول دوره‌های خط مبنا و گزارش‌دهی اندازه‌گیری نشود، آن را باید به عنوان یک برآورد در نظر گرفت. برای ارزیابی اهمیت خطاها در برآورد هر پارامتر در *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده می‌توان از محاسبات مهندسی یا مدل‌های ریاضی استفاده کرد. به عنوان مثال اگر ساعات کارکرد دستگاهی برآورد شود، اما احتمالاً دامنه آن بین ۲۱۰۰ تا ۲۳۰۰ ساعت در سال باشد، صرفه‌جویی‌های محاسبه شده در ۲۱۰۰ و ۲۳۰۰ ساعت باید محاسبه شود و اختلاف آن‌ها از نظر اهمیت در صرفه‌جویی‌های مورد انتظار باید ارزیابی شود. تأثیر ترکیبی همه *برآوردهای* ممکن باید قبل از تصمیم گیری در مورد کافی بودن اندازه‌گیری موجود ارزیابی شوند. ر.ک. پیوست ب-۵-۱.

چه چیز را باید اندازه گرفت؟

مثال پروژه روشنایی را در نظر بگیرید که توان مصرفی *دوره گزارش‌دهی* اندازه‌گیری، اما توان *خط‌مبنا* اندازه‌گیری نشده باشد. در این صورت در طراحی رویه گزینه A توان مصرفی باید به عنوان یک *برآورد* در نظر گرفته شود.

در نتیجه اگر رویه به گزینه A در IPMVP متکی است، ساعت‌های عملیاتی باید اندازه‌گیری شوند.

انتخاب این‌که چه عواملی باید اندازه‌گیری شوند، ممکن است به اهداف پروژه یا وظایف پیمانکاری که برخی ریسک‌های عملکرد راهکارها را می‌پذیرد، بستگی داشته باشد. چنان‌چه یک عامل در ارزیابی عملکرد مهم باشد، باید آن را اندازه گرفت. عوامل دیگری که خارج از کنترل پیمانکار است را می‌توان برآورد کرد.

اگر محاسبه *صرفه‌جویی* شامل تفریق یک پارامتر اندازه‌گیری شده از یک پارامتر *برآورد* شده باشد، نتیجه یک *برآورد* خواهد بود.

به عنوان مثال اگر یک پارامتر در دوره *گزارش‌دهی* اندازه‌گیری شده و از یک مقدار اندازه‌گیری نشده از همان پارامتر در *دوره خط مبنا* کسر شود، اختلاف حاصله تنها یک *برآورد* است.

مثالی از کاربرد گزینه A، *راهکاری* است که شامل نصب چراغ‌های با کارایی بالا، بدون تغییر دوره‌های روشنایی است. *صرفه‌جویی‌ها* با استفاده از گزینه A با اندازه‌گیری توان مصرفی مدار روشنایی قبل و بعد از اصلاح و برآورد دوره عملیاتی تعیین می‌شود. انواع دیگر از این نوع راهکار که در جدول ۲ نشان داده شده، شرایطی را که برآوردها به راهنمایی گزینه A متکی هستند نشان می‌دهد.

جدول ۲-
مثال روشنایی

موقعیت	استراتژی اندازه‌گیری در مقابل برآورد		انطباق با گزینه A؟
	ساعات عملیاتی	توان مصرفی	
راهکار ساعات عملیاتی را کاهش می‌دهد	اندازه‌گیری	*برآورد*	بله
	برآورد	اندازه‌گیری	خیر
راهکار توان مصرفی را کاهش می‌دهد	*برآورد*	اندازه‌گیری	بله
	اندازه‌گیری	برآورد	خیر
راهکار توان مصرفی و هم‌چنین ساعات عملیاتی را کاهش می‌دهد.			
توان خط مبنا نامشخص ، ساعت‌های عملیاتی معلوم است	*برآورد*	اندازه‌گیری	بله
	اندازه‌گیری	برآورد	خیر
توان معلوم اما ساعات عملیاتی نامعلوم	اندازه‌گیری	*برآورد*	بله
	برآورد	اندازه‌گیری	خیر
توان و ساعات عملیاتی به سختی معلوم هستند	اندازه‌گیری	برآورد	خیر- از گزینه B استفاده شود
	برآورد	اندازه‌گیری	

هنگام برنامه‌ریزی برای رویه گزینه A، قبل از تصمیم‌گیری در مورد این‌که کدام پارامتر(ها) اندازه‌گیری شوند به هر دو مورد میزان تغییرات در *انرژی خط‌مبنا* و اثر *راهکار* بر انرژی توجه می‌شود. سه مثالی که در زیر آورده شده دامنه‌ی سناریوهایی‌که می‌توانند ایجاد شوند را نشان می‌دهد.

- *راهکار*، بار *ثابت* را بدون تغییر در ساعات عملیاتی آن کاهش می‌دهد. مثال: چراغ‌های کارخانه صنعتی با نوع دیگری با کارایی بیشتر جایگزین می‌شود اما ساعات عملیاتی لامپ‌ها تغییر نمی‌کند. برای اندازه‌گیری منطقی تأثیر پروژه، میزان توان چراغ‌ها باید در *دوره‌های خط مبنا* و *گزارش‌دهی* اندازه‌گیری شوند، در حالی‌که ساعات عملیاتی در محاسبات انرژی برآورد می‌شوند.
- *راهکار*، ساعات عملیاتی را کاهش می‌دهد در حالی‌که بار بدون تغییر می‌ماند. مثال: کنترلهای خودکار، کمپرسورهای هوا را در دوره‌های بی بار خاموش می‌کنند. برای اندازه‌گیری منطقی تأثیر پروژه، زمان کارکرد کمپرسور باید در *دوره‌های خط مبنا* و *گزارش‌دهی* اندازه‌گیری شود، در حالی‌که در محاسبات انرژی می‌توان توان کمپرسور را برآورد کرد.
- *راهکار*، هم بار دستگاه و هم ساعات عملیاتی را کاهش می‌دهد. مثال: تنظیم مجدد دما روی یک سیستم تابشی آب گرم که تولید بیش از حد گرما را کاهش داده و موجب آن می شود که ساکنین پنجره‌ها را ببندند، در نتیجه بار دیگ بخار و دوره‌های عملیاتی کاهش می‌یابد. وقتی بار و دوره عملیاتی هر دو متغیر و نامعین هستند، گزینه A را نمی‌توان استفاده کرد.

به‌طور کلی شرایط بار متغیر یا ساعات عملیاتی متغیر به اندازه‌گیری و محاسبات سخت تری نیاز دارد.

گزینه A: محاسبات

معادله عمومی ۱) در بخش ۴-۱ برای همه محاسبات منطبق با IPMVP کاربرد دارد. ولی تحت گزینه A ممکن است نیازی به *تصحیحات* معمول یا غیر معمول نباشد. این امر بستگی به محل *مرز اندازه‌گیری*، ماهیت *مقادیر برآورد شده*، طول *دوره گزارش‌دهی*، یا مدت زمان بین اندازه‌گیری‌های *خط مبنا* و اندازه‌گیری‌های *دوره گزارش‌دهی* دارد.

به طور مشابه، اندازه‌گیری‌های *انرژی دوره‌های خط مبنا* یا *گزارش‌دهی* تنها شامل اندازه‌گیری یکی از پارامترها در گزینه A و برآورد دیگر پارامترها می‌شود. بنابراین معادله ۱) ممکن است به شکل زیر ساده شود:

پارامتر اندازه‌گیری شده در دوره *خط مبنا*)× مقدار *برآورد* شده= *صرفه‌جویی* گزینه A

۱د) (پارامتر اندازه‌گیری شده در *دوره گزارش‌دهی* -

گزینه A: صحه‌گذاری نصب

از آن‌جا که برخی مقادیر در گزینه A ممکن است *برآورد* شوند، دقت زیادی برای مرور طراحی مهندسی و نصب نیاز است تا اطمینان دهد که *برآوردها* واقع‌گرایانه، دست یافتنی و مبتنی بر دستگاهی است که واقعاً *صرفه‌جویی‌ها* را آن‌طور که مد نظر است تولید می‌کند.

در فاصله‌های زمانی معین در طول *دوره گزارش‌دهی*، نصب باید بازرسی مجدد شود تا وجود مستمر دستگاه، عملیات و نگهداری مناسب آن صحه‌گذاری شود. این بازرسی مجدد از تداوم پتانسیل تولید *صرفه‌جویی‌های* پیش‌بینی شده اطمینان می‌دهد و پارامترهای برآورد شده را تایید می‌کند. احتمال تغییرات عملکرد تکرار این بازرسی‌ها را تعیین می‌کند. این احتمال می‌تواند از طریق بازرسی‌های متناوب اولیه تا اثبات ثبات وجود تجهیزات و عملکرد آنها تعیین شوند.

یک مثال از وضعیتی که نیاز به بازرسی مجدد مرتب دارد، اصلاح روشنایی است. می‌توان *صرفه‌جویی‌ها* را با نمونه‌برداری از عملکرد چراغ‌ها و شمارش تعداد چراغ‌های در حال کار تعیین کرد. در این مورد، وجود پیوسته چراغ‌ها و کارکردن لامپ‌ها برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* بحرانی است. به طور مشابه، جایی که تنظیم کنترل‌ها پیش فرض شده‌اند ولی امکان دستکاری در آن‌ها نیز وجود دارد، ثبت منظم تنظیم کنترلها یا کارکرد واقعی تجهیزات می‌تواند عدم قطعیت *مقادیر برآورد شده* را محدود کند.

گزینه A: هزینه

تعیین *صرفه‌جوییها* با گزینه A می‌تواند خیلی کم هزینه‌تر از گزینه‌های دیگر باشد، زیرا اغلب هزینه *برآورد* یک پارامتر به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از هزینه‌ی اندازه‌گیری آن است. ولی در برخی مواقع که *برآورد* کردن تنها راه ممکن است، انجام یک *برآورد* خوب می‌تواند از اندازه‌گیری مستقیم (در صورت امکان) پرهزینه‌تر باشد. در برنامه‌ریزی هزینه برای گزینه‌ی A باید همه‌ی عناصر شامل: تحلیل، *برآورد*، نصب کنتور و هزینه‌های قرائت مداوم و ثبت داده‌ها را در نظر گرفت.

گزینه A: بهترین کاربردها

علاوه بر بهترین کاربردهای جداسازی اصلاح در بخش۴-۸ ، گزینه ی A بهترین کاربرد را در موارد زیر دارد:

- *برآورد* پارامترهای غیر کلیدی می‌تواند موجب اجتناب از تصحیحات غیر معمول احتمالاً دشوار در وقتی باشد که تغییرات آتی درون مرز *اندازه‌گیری* روی می‌دهد.
- عدم قطعیت به وجود آمده از *برآوردها* قابل قبول است.
- موثر بودن مستمر *راهکار* می‌تواند از طریق آزمودن مجدد ساده و معمول پارامترهای کلیدی ارزیابی شود.
- *برآورد* برخی پارامترها از اندازه‌گیری آن‌ها در گزینه B یا شبیه‌سازی آن‌ها در گزینه‌ی D کم هزینه‌تر است.
- پارامتر(های) کلیدی به کار رفته در محاسبه *صرفه‌جویی‌ها* را می‌توان به راحتی شناسایی کرد. پارامترهای کلیدی، پارامترهایی هستند که برای قضاوت در مورد عملکرد پروژه یا پیمانکار استفاده می‌شود.

۴-۷-۲ گزینه B: جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری کل پارامترها

گزینه B، جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری کل پارامترها، نیازمند اندازه‌گیری همه‌ی مقادیر انرژی معادله‌ی۱) یا همه پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه *انرژی* است.

صرفه‌جویی‌های حاصل از اغلب انواع *راهکارها* می‌تواند توسط گزینه‌ی B تعیین شوند. ولی درجه سختی و هزینه‌ها با توجه به افزایش پیچیدگی اندازه‌گیری افزایش می‌یابد. روش‌های گزینه‌ی B عموماً مشکل‌تر و پر هزینه‌تر از گزینه‌های A هستند. ولی گزینه‌ی B وقتی که بار و/یا الگوهای *صرفه جویی* متغیرند، نتایج قطعی‌تری تولید می‌کند. در صورتی که یک پیمانکار، مسئول تمامی عوامل موثر بر *صرفه‌جویی انرژی* باشد، این هزینه‌های اضافی می‌تواند قابل توجیه شود.

گزینه B :محاسبات

فرمول عمومی ۱) از بند ۴-۱ برای تمامی محاسبات منطبق با IPMVP استفاده می‌شود. ولی در گزینه B بسته به موقعیت *مرز اندازه‌گیری*، طول *دوره گزارش‌دهی* یا مقدار زمان بین اندازه‌گیری‌های *دوره های خط مبنا* و *گزارش‌دهی*، ممکن است نیازی به تصحیحات معمول و غیر معمول نباشد. بنابراین برای گزینه B، معادله ۱) ممکن است به صورت زیر ساده شود:

۱هـ) *صرفه‌جوییهای* گزینه B = *انرژی خط مبنا* – *انرژی دوره گزارش‌دهی*

گزینه B: بهترین کاربردها

علاوه بر روش‌های جداسازی اصلاح بند ۴-۸ ، گزینه B بهترین کاربرد را در موارد زیر دارد:

- کنتورهای اضافه شده برای اهداف جداسازی، برای اهداف دیگری چون بازخورد عملیاتی یا تهیه صورت‌حساب مستاجرین استفاده خواهد شد.
- اندازه‌گیری کلیه پارامترها از روش شبیه‌سازی در گزینه D کم هزینه‌تر است.
- *صرفه‌جویی‌ها* یا عملیات درون *مرز اندازه‌گیری* متغیرند.

۴-۷-۳ موضوعات اندازه‌گیری جداسازی اصلاح

جداسازی اصلاح معمولاً نیاز به افزودن کنتورهای مخصوصی برای اندازه‌گیری کوتاه مدت یا دائمی دارند. این کنتورها ممکن است طی ممیزی *انرژی* برای کمک به مشخص کردن مصرف *انرژی* قبل از طراحی یک راهکار یا برای اندازه‌گیری عملکرد *خط مبنا* برای *طرح M&V* نصب شوند.

می‌توان اندازه‌گیری دما، رطوبت، جریان، فشار، زمان کار دستگاه، انرژی گرمایی یا الکتریکی را برای مثال در *مرز اندازه‌گیری*، انجام داد. با پیروی از روش‌های اندازه‌گیری مناسب می توان محاسبات *صرفه‌جویی انرژی* را با صحت و تکرارپذیری قابل قبول انجام داد. روش‌های اندازه‌گیری با پیشرفت تجهیزات سنجش مرتباً در حال رشد هستند. بنابراین برای تایید *صرفه‌جویی*ها بهتر است از آخرین روش‌های اندازه‌گیری استفاده کرد (ر.ک. بند ۸-۱۱).

بخش‌های بعدی برخی از موضوعات کلیدی اندازه‌گیری که در زمان استفاده از فنون جداسازی اصلاح باید در نظر گرفت را تعریف می‌کند.

اندازه‌گیری‌های برق

برای اندازه‌گیری صحیح برق، کمیت‌های ولتاژ، آمپراژ و ضریب توان یا وات حقیقی rms[۲۴] با یک دستگاه واحد اندازه‌گیری می‌شوند. ولی تنها اندازه‌گیری آمپراژ و ولتاژ می‌تواند در بارهای مقاومتی خاص مانند لامپ‌های التهابی و هیترهای مقاومتی بدون موتورهای دمنده توان را تعریف کند. هنگام اندازه‌گیری توان، باید اطمینان حاصل کرد که شکل امواج الکتریکی یک بار مقاومتی با دستگاه‌های دیگر موجود در *تاسیسات* تغییر شکل نداده باشد.

[۲۴] مقادیر Rms (root mean squared) می‌تواند به وسیله دستگاههای دیجیتالی حالت جامد برای اندازه‌گیری مناسب توان خالص در زمانی‌که اعوجاج موج در مدار جریان متناوب وجود دارد، گزارش شوند.

دیماند برق را در زمان مشابه با آن‌چه که شرکت برق به عنوان اوج مصرف در صورت حساب‌هایش تعیین کرده، اندازه بگیرید. این اندازه‌گیری معمولاً نیاز به ثبت پیوسته دیماند در کنتور فرعی دارد. از این ثبت می‌توان دیماند کنتور فرعی را در زمانی که شرکت برق گزارش داده که اوج دیماند در کنتورش اتفاق افتاده، خواند. شرکت برق ممکن است زمان اوج دیماند را روی صورت بهای خود یا از طریق یک گزارش مجزا نشان دهد.

روش‌های اندازه‌گیری دیماند برق در بین شرکتهای تامین کننده برق متفاوت است. روش اندازه‌گیری دیماند برق روی یک کنتور فرعی باید هماهنگ با روشی باشد که شرکت برق برای حساب کردن قبض‌های مربوطه به کار می‌برد. به عنوان مثال اگر شرکت برق اوج مصرف را براساس استفاده از فاصله‌های زمانی ثابت ۱۵ دقیقه‌ای محاسبه می‌کند، پس کنتور ثبت هم باید طوری تنظیم شود که داده‌ها را برای همان فاصله‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای ثبت کند. چنان‌چه شرکت برق از یک فاصله زمانی متغیر برای ثبت اطلاعات دیماند برق استفاده می‌کند، ثبت کننده داده‌ها هم باید دارای قابلیت مشابهی باشد. این قابلیت فاصله زمانی متغیر می‌تواند با ثبت اطلاعات در فاصله زمانی ثابت یک دقیقه‌ای شبیه‌سازی شود و سپس فاصله‌های زمانی شرکت برق با استفاده از یک نرم‌افزار پردازش، مجدداً تولید شود. ولی باید با احتیاط اطمینان حاصل کرد که مایملک شامل ترکیبات غیر عادی از تجهیزاتی نیست که اوج بارهای زیاد یک دقیقه ای تولید کنند که در فاصله زمانی متغیر نسبت به آن چه در فاصله زمانی ثابت هستند، متفاوت باشد. بعد از پردازش داده‌ها در فاصله‌های زمانی شرکت برق، آن را برای بایگانی و تجزیه و تحلیلهای بعدی به داده‌های ساعتی تبدیل کنید.

کالیبراسیون

کنتورها باید براساس توصیه‌های سازنده تجهیزات و طبق رویه‌های مراجع ذی‌صلاح اندازه‌گیری کالیبره شوند. تا جای ممکن بهتر است از تجهیزات کالیبراسیون قابل ردیابی با استانداردهای اولیه و استانداردهایی که پایین‌تر از رده سوم نیستند استفاده کرد. سنسورها و تجهیزات سنجش باید تا حدودی براساس راحتی کالیبراسیون و توانایی حفظ کالیبراسیون انتخاب شوند. یک روش خوب، انتخاب تجهیزات خود-کالیبره است.

مراجع انتخاب شده کالیبراسیون در بند ۱۰-۳ آورده شده است.

۸-۴ گزینه C: کل مایملک

گزینه C: کل مایملک، شامل استفاده از کنتورهای تامین کنندگان حاملهای انرژی، کنتورهای کل *مایملک* یا کنتورهای فرعی برای ارزیابی عملکرد انرژی کل *مایملک* است. *مرز اندازه‌گیری* در برگیرنده کل *مایملک* و یا بخش عمده‌ای از آن خواهد بود. این گزینه تعیین‌کننده *صرفه‌جویی‌های* تجمعی همه *راهکارهای* به کار رفته در آن بخشی از *مایملک* است که توسط کنتور پایش می‌شود. هم‌چنین، از آن‌جا که کنتورهای کل *مایملک* استفاده شده‌اند، *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده تحت گزینه C، شامل اثرات مثبت یا منفی هر گونه تغییرات غیر مرتبط با *راهکارها* در *مایملک* هم می‌شود.

گزینه C برای پروژه‌هایی در نظر گرفته شده که *صرفه‌جویی‌های* مورد انتظار در مقایسه با تغییرات انرژی اتفاقی یا غیرقابل توضیح که در سطح کلی مایملک روی می‌دهد، زیاد است. اگر صرفه‌جویی‌ها در مقایسه با تغییرات غیرقابل توضیح در داده‌های *انرژی خط مبنا* زیاد باشد، تشخیص *صرفه‌جویی‌ها* آسان خواهد بود. هم‌چنین هر چه دوره تحلیل صرفه‌جویی‌ها بعد از اجرای *راهکارها* طولانی‌تر باشد، اهمیت اثر تغییرات[۲۵] غیرقابل توضیح کوتاه مدت کمتر می‌شود. معمولاً اگر انتظار دارید در زمانی با *دوره گزارش‌دهی* کوتاه‌تر از دو سال، صرفه‌جویی‌های حاصل را با اطمینان نسبت به داده‌های *خط‌مبنا* تمیز دهید، *صرفه‌جویی‌ها* باید بیش از ده درصد (۱۰٪) *انرژی خط مبنا* باشد.

[۲۵] ر.ک. پیوست ب-۵. ASHRAE(2002) روش‌های کمی برای بررسی اثر تغییرات در داده‌های *خط مبنا* را در صورت طولانیتر شدن *دوره گزارش‌دهی* فراهم کرده است.

اولین چالش مستتر در گزینه C تشخیص تغییراتی در *مایملک است* که نیاز به *تصحیحات غیر معمول* دارد، به ویژه زمانی که *صرفه‌جویی‌ها* برای دوره‌های طولانی پایش می‌شوند (درباره *تصحیحات غیر معمول خط مبنا* ر.ک. بخش ۸-۲). بنابراین باید در طول *دوره گزارش‌دهی* بازرسی‌های دوره‌ای از کلیه تجهیزات و عملیات در *مایملک* انجام دهید. این بازرسی‌ها، تغییرات در *عوامل ثابت را* نسبت به شرایط *خط مبنا* مشخص می‌کند. این بازرسی‌ها ممکن است بخشی از پایش منظمی باشند که برای اطمینان از دنبال شدن روش‌های عملیاتی مورد نظر انجام می‌شوند.

۴-۸-۱ گزینه C: موضوع‌های مربوط به داده‌های انرژی

وقتی که حامل‌های انرژی تنها در یک نقطه مرکزی از تعدادی از *تاسیسات* اندازه‌گیری می‌شود، وجود کنتورهای فرعی برای هر یک از *تاسیسات* یا گروه *تاسیسات* مورد نیاز است تا عملکرد هر یک از آن‌ها قابل شناسایی باشد.

برای اندازه‌گیری جریان یک نوع انرژی به *مایملک* ممکن است چندین کنتور استفاده شوند. اگر یک کنتور، انرژی سیستمی را تامین می‌کند که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم با سایر سیستم‌های انرژی برهمکنش دارد، داده‌های این کنتور باید در تعیین *صرفه‌جویی‌های* کل *مایملک* لحاظ شود.

کنتورهایی که بر سر راه جریان‌های انرژی قرار دارند که برهمکنشی ندارند و صرفه‌جویی برای آن‌ها تعیین نمی‌شوند را می‌توان نادیده گرفت. مدارهای روشنایی فضای بیرون که کنتور جداگانه دارد مثالی از این گونه موارد است.

برای هر کنتور یا کنتورهای فرعی یک *سایت، صرفه‌جویی‌ها* به طور جداگانه به گونه‌ای تعیین شود که بتوان تغییرات عملکرد بخش‌های جداگانه سنجش شده را ارزیابی کرد. ولی وقتی یک کنتور تنها کسر کوچکی از مصرف کل نوعی از *انرژی* را اندازه‌گیری می‌کند، می‌توان مقدار آن را با کنتورهای بزرگتر جمع کرد تا کار مدیریت داده‌ها کم شود. وقتی کنتورهای برق به این شکل ترکیب شوند، باید در نظر گرفته شود که کنتورهای مصارف کم اغلب داده‌های دیماند ندارند، بنابراین داده‌های تجمیعی مصرف، دیگر اطلاعات معنی‌داری را در خصوص ضریب بار فراهم نمی‌کند.

اگر چندکنتور مختلف در روزهای جداگانه قرائت شوند در این صورت هر کنتور دارای دوره قبض‌دهی منحصر به خود است که باید جداگانه تجزیه و تحلیل شود. در صورتی که تاریخ‌ها گزارش شده باشد، *صرفه‌جویی* برایند بعد از تحلیل هر کنتور، به صورت ترکیبی به دست می‌آید.

اگر هر یک از داده‌های انرژی در *دوره گزارش‌دهی* در دسترس نباشد، یک مدل ریاضی برای *دوره گزارش‌دهی* می‌توان به وجود آورد تا جای این داده‌هارا پر کند. ولی *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده برای این دوره باید نشان دهد که این *صرفه‌جویی‌ها* مربوط به "داده‌هایی که اطلاعات آن در دسترس نیست" هستند.

۴-۸-۲ گزینه C: موضوعات مربوط به صورت حساب‌های انرژی

داده‌های انرژی در گزینه C اغلب از راه قرائت مستقیم کنتورهای اصلی یا قبض‌های شرکتهای تامین کننده حامل‌های انرژی استخراج می‌شوند. وقتی قبوض حامل‌های انرژی منبع ارائه داده‌ها باشند، باید دانست که نیاز شرکتهای تامین کننده حامل‌های انرژی برای قرائت منظم کنتور معمولاً به اندازه نیاز *M&V* نیست. قبوض انرژی به ویژه برای اشتراک‌های کوچک گاهی اوقات شامل داده‌های بر آورده شده است. گاهی اوقات از روی خود قبض نمی‌توان فهمید که این داده‌ها نتیجه برآورد است یا از طریق قرائت واقعی کنتور به دست آمده اند. قرائت‌های بر آورده شده کنتور که گزارش نشده باشد، خطاهای ناشناخته ای را برای ماه(های) برآورد شده و نیز برای ماه بعدی که در آن قرائت کنتور واقعی است به وجود خواهد آورد. ولی اولین صورت‌حساب با یک قرائت واقعی بعد از یک یا چند برآورد، خطاهای قبلی مقادیر انرژی را تصحیح می‌کند. اگر بخشی از داده‌های شرکتهای تامین کننده انرژی برآورد است، این موضوع باید در گزارش‌های *صرفه‌جویی* ذکر شود.

اگر اداره برق قرائت یک کنتور را بر آورد کند، داده‌های معتبری برای دیماند برق در آن دوره وجود نخواهد داشت.

انرژی ممکن است به صورت غیر مستقیم از طریق تجهیزات ذخیره سازی در سایت، مثلاً برای نفت، پروپان، یا زغال سنگ به تاسیسات تامین شود. دراین حالتها، صورت‌حساب‌های تحویل تامین کننده انرژی، نشان دهنده مصرف واقعی سایت در طول

دوره بین دو تحویل نیست. در حالت ایده‌آل یک کنتور در پایین دست مخزن سایت، انرژی را اندازه‌گیری می‌کند. ولی اگر کنتور پایین دست موجود نباشد، تصحیحات میزان موجودی، برای هر دوره صورت حساب باید مکمل فاکتورها باشد.

۴-۸-۳ گزینه C: *متغیرهای مستقل*

پارامترهایی که به طور منظم تغییر می‌کنند و مصرف انرژی *مایملک* را تحت تاثیر قرار می‌دهند، *متغیرهای مستقل* نامیده می‌شوند (ر.ک. کادر در بخش ۴-۶-۱). *متغیرهای مستقل* رایج شامل: آب وهوا، میزان تولید و اشغال فضاها هستند. آب و هوا دارای جنبه های زیادی است، اما برای تحلیل کل *مایملک*، منظور از آب و هوا اغلب دمای حباب- خشک فضای بیرون است. تولید هم جنبه‌های زیادی دارد که به طبیعت فرایند صنعتی بستگی دارد. تولید معمولاً در واحدهای وزنی و یا حجمی هر محصول بیان می‌شود. میزان اشغال فضاها نیز از راه‌های مختلفی تعریف می‌شود، مانند اشغال اتاق‌های هتل، ساعت‌های اشغال ساختمان اداری، روزهای اشغال شده (روزهای هفته یا تعطیلات آخر هفته) یا فروش تعداد پرسهای غذای رستوران.

متغیرهای مستقل را به شرط این‌که دوره‌ای باشند می‌توان با مدل‌سازی ریاضی ارزیابی کرد. برای تعیین تعداد *متغیرهای مستقل* در داده‌های *خط مبنا* می‌توان از تحلیل رگرسیون و دیگر اشکال مدل‌سازی ریاضی استفاده کرد (ر.ک. پیوست ب-۲). وقتی که صرفه‌جویی‌ها[۲۶] با استفاده از فرمول‌های ۱الف)، ب) یا ج) تعیین می‌شوند، پارامترهایی که اثر بارزی بر مصرف انرژی *خط مبنا* دارند باید در *تصحیحات معمول* در نظر گرفته شوند.

متغیرهای مستقل باید هم‌زمان با داده‌های *انرژی* اندازه‌گیری و ثبت شوند. به عنوان مثال داده‌های آب و هوا باید روزانه ثبت شود تا بتوان آن‌ها را جمع زده و به دوره اندازه‌گیری انرژی دقیق ماهیانه (که ممکن است با ماه تقویمی متفاوت باشد) نسبت داد. استفاده از داده‌های ساده دمای میانگین ماهیانه برای دوره اندازه‌گیری انرژی در یک ماه غیر تقویمی باعث ایجاد خطای غیرضروری در تحلیل‌ها می‌شود.

۴-۸-۴ گزینه C: مدل‌های محاسباتی و ریاضیاتی

برای گزینه C، بخش *تصحیحات معمول* معادله ۱ الف) از طریق توسعه یک مدل ریاضی معتبر برای الگوی *مصرف انرژی* هر کنتور محاسبه می‌شود. مدل ممکن است به سادگی یک لیست منظم دوازده تایی از مقادیر اندازه‌گیری شده انرژی ماهیانه بدون هرگونه تصحیحات باشد. ولی یک مدل اغلب در برگیرنده ضرایبی است که از تحلیل رگرسیون استخراج می‌شوند و انرژی را با یک یا چند متغیر مستقل مانند دمای محیط خارج، روز- درجه، طول دوره اندازه‌گیری، تولید، سطح اشغال فضاها و/یا نوع عملیات مرتبط می‌کند. هم‌چنین مدل‌ها می‌توانند شامل مجموعه مختلفی از پارامترهای رگرسیون برای هر یک از دامنه شرایط، مانند تابستان یا زمستان در ساختمان‌ها با تغییرات فصلی مصرف انرژی باشند. به عنوان مثال در مدارس که *مصرف انرژی* ساختمان در سال تحصیلی و دوره تعطیلات متفاوت است، به مدل‌های رگرسیون جداگانه‌ای برای دوره‌های مصرف مختلف نیاز است (لاندمن وهابرل ۱۹۹۶a-۱۹۹۶b).

گزینه C باید از داده‌های پیوسته در طول *دوره خط مبنا* و داده‌های پیوسته در طول دوره گزارش‌دهی برای سال‌های کامل (۱۲، ۲۴ یا ۳۶ ماه) استفاده کند(فِلس ۱۹۸۶). مدل‌هایی که از تعداد ماه‌های دیگری (مثلاً ۹، ۱۰، ۱۳ ویا ۱۸ ماه) استفاده کنند، ممکن است با نمایش بیشتر یا کمتر از حد سبک‌های عملیاتی معمول، گرایش[۲۷] آماری ایجاد کنند.

داده‌های اندازه گیری ممکن است داده‌های ساعتی، روزانه یا ماهیانه کل مایملک باشند. داده‌های ساعتی باید در داده‌های روزانه ادغام شود تا بدون افزایش بارز عدم قطعیت در *صرفه‌جویی‌های* محاسبه شده ،تعداد *متغیرهای مستقل* مورد نیاز برای ایجاد یک مدل منطقی *خط‌مبنا* محدود شود (کاتیپامولا ۱۹۹۶، کیسوک و همکاران ۱۹۹۲). تغییر در داده‌های روزانه اغلب از چرخه هفتگی اکثر تاسیسات بدست می آید.

---

[۲۶] همه سایر پارامترهایی که مصرف انرژی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (یعنی "عوامل ثابت" ر.ک. کادر در فصل ۴-۶) باید اندازه‌گیری شده و در دوره‌های خط‌مبنا و گزارش‌دهی ثبت شوند، بنابراین تصحیحات غیر معمول می‌توانند در صورت نیاز ایجاد شوند (ر.ک. فصل ۸-۸).

[27] -Bias

مدل‌های ریاضی زیادی برای گزینه C مناسب هستند. برای انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها برای کاربرد، ضرایب ارزیابی آماری مانند R^2 و t را در نظر داشته باشید (ر.ک. پیوست ب-۲-۲)[۲۸]. پیوست ب-۲-۲ یا سایر مدارک آماری منتشر شده می‌تواند کمک کند تا اعتبار آماری مدل برگزیده خود را اثبات کنید.

۴-۸-۵ گزینه C: اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری‌های انرژی کل *مایملک* می‌توان از کنتورهای تامین کنندگان حاملهای انرژی استفاده کرد. داده‌های این کنتورها برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها*، ٪ ۱۰۰ صحیح در نظر گرفته می‌شود، زیرا این داده‌ها تعیین کننده میزان پرداخت برای انرژی است. داده‌های کنتورهای تامین کنندگان حاملهای انرژی معمولاً برای برآوردن قواعد تجاری صحت برای فروش کالاهای انرژی مورد نیاز است.

کنتور(های) تامین‌کننده(های) انرژی ممکن است طوری تجهیز یا اصلاح شوند که بتوانند پالس الکتریکی خروجی ایجاد کنند که توسط تجهیزات پایش ساختمان ثبت شود. ضریب انرژی در پالس فرستنده پالس باید توسط یک مرجع معتبر شناخته شده مانند داده‌های مشابه ثبت شده توسط کنتور تامین کننده حامل‌های انرژی، کالیبره شود.

کنتورهای مجزایی که توسط مالک نصب می‌شوند می‌توانند انرژی کل *مایملک* را اندازه‌گیری کند. صحت این کنتورها باید در *طرح M&V* همراه با روش مقایسه قرائت‌هایش با قرائت‌های کنتورهای اصلی در نظر گرفته شود.

۴-۸-۶ گزینه C: هزینه‌ها

هزینه‌های گزینه C به منبع داده‌های انرژی و میزان دشواری ردگیری *عوامل ثابت* درون *مرز اندازه‌گیری* برای ایجاد امکان انجام *تصحیحات غیر معمول* در طول *دوره گزارش‌دهی* بستگی دارد. داده‌های کنتور اصلی یا یک کنتور فرعی موجود وقتی بدرد می خورد که به درستی ثبت شوند. این انتخاب نیاز به هزینه اضافی برای اندازه‌گیری ندارد.

هزینه ردگیری تغییرات در *عوامل ثابت* به اندازه *مایملک*، احتمال تغییر *عامل ثابت*، دشواری تشخیص تغییرات و روش‌های نظارتی موجود بستگی دارد.

۴-۸-۷ گزینه C: بهترین کاربردها

گزینه C در موارد زیر بهترین کاربرد را دارد:

- عملکرد *انرژی* کل *مایملک بخواهد* ارزیابی شود، نه فقط *راهکارها*.
- انواع زیادی از *راهکارها* در یک *سایت* اجرا شده باشند.
- *راهکارها* شامل فعالیت‌هایی هستند که اندازه‌گیری مصرف *انرژی* تک تک آنها دشوار باشد (مثل آموزش اپراتور، بهبود دیوار یا پنجره).
- *صرفه‌جویی‌ها* در مقایسه با تغییرات در داده‌های *خط مبنا* در طول *دوره گزارش‌دهی* زیاد باشد (ر.ک. پیوست ب-۱-۲).
- وقتی که شیوه‌های جداسازی اصلاح (گزینه A یا B) بسیار پیچیده باشند. مثلاً اگر *اثرات متقابل* یا برهمکنش‌های بین *راهکارها* قابل توجه باشد.
- در طول *دوره گزارش‌دهی*، در *مایملک* انتظار تغییرات عمده بعدی نرود.
- یک سیستم ردگیری *عوامل ثابت* را بتوان برای امکان تصحیحات غیر معمول بعدی برقرار کرد.
- بتوان ارتباط منطقی بین مصرف *انرژی* و دیگر *متغیرهای مستقل* پیدا کرد.

---

[۲۸] اطلاعات اضافی مربوط به این رویه‌های انتخاب را می توان در رینولدز و فِلس (۱۹۸۸)، کیسوک و همکاران (۱۹۹۲، ۱۹۹۴) و فصل ۳۲ ASHRAE Handbook of Fundamentals(2005) یافت. ASHRAE(2002) هم چند آزمون آماری برای تایید مناسب بودن مدل‌های رگرسیون بدست آمده دارد.

۹-۴ گزینه D: شبیه‌سازی کالیبره شده

گزینه D، شبیه‌سازی کالیبره شده، شامل استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی کامپیوتری است که *انرژی مایملک* را برای یک یا هر دو عبارات معادله ۱) پیش‌بینی می‌کند. یک مدل شبیه‌سازی باید به گونه‌ای "کالیبره" شود که بتواند یک الگوی *انرژی* را پیش‌بینی کند که تقریباً با داده‌های اندازه‌گیری شده واقعی مطابقت داشته باشد.

گزینه D مثل گزینه C می‌تواند برای ارزیابی عملکرد کل *راهکارها* در یک *سایت* به کار رود. ولی ابزار شبیه‌سازی در گزینه D این امکان را به شما می‌دهد که *صرفه‌جویی‌های* منتسب به هر *راهکار* را در یک پروژه دارای چند راهکار برآورد کنید.

هم‌چنین گزینه D ممکن است همانند گزینه‌های A وB تنها برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های منفرد در یک *سایت* به کار برده شود. در این مورد همان‌طور که دربخش‌های ۴-۵-۱۴ و۴-۷ شرح داده شده، باید مصرف *انرژی* سیستم به وسیله کنتورهای مناسب از مصرف *انرژی* بقیه *سایت* جدا شود.

گزینه D در جایی مفید است که :

- داده‌های *انرژی خط مبنا* یا وجود ندارد یا غیر قابل دسترس است. چنین شرایطی ممکن است در موارد زیر پیش بیاید:
  - یک پروژه ساخت جدید
  - گسترش *مایملک* نیاز به ارزیابی جداگانه آن از بقیه *سایت داشته* باشد، یا
  - *مایملکی* که دارای کنتور مرکزی است و در آن در *دوره خط مبنا* هیچ کنتور جداگانه‌ای وجود ندارد، اما پس از اجرای *راهکارها* کنتور های مجزا موجود خواهند بود.
- داده‌های *انرژی دوره گزارش‌دهی* در دسترس نیستند یا توسط عواملی که کمی کردن آن‌ها دشوار است، مبهم شده‌اند. گاهی پیش‌بینی این که تغییرات درون *مایملک در آینده* چگونه مصرف *انرژی را* ممکن است تحت تاثیر قرار دهند بسیار مشکل است. تغییرات فرآیندهای صنعتی یا نصب تجهیزات جدید اغلب موجب می‌شود محاسبه *تصحیحات غیر معمول* چنان غیر صحیح گردد که گزینه‌های A و B یا C منجر به بروز خطای بیش از اندازه در تعیین *صرفه‌جویی‌ها* شود.
- تعیین *صرفه‌جویی‌های* وابسته به هر *راهکار* مد نظر باشد اما اندازه‌گیری‌ها با گزینه‌های A یا B بسیار مشکل و یا پرهزینه باشد.

اگر *انرژی دوره گزارش‌دهی* با نرم افزار شبیه‌سازی پیش‌بینی شود، *صرفه‌جویی‌های* تعیین شده تنها در صورتی دوام دارند که روش‌های عملیاتی شبیه‌سازی‌شده ادامه پیدا کنند. بازرسی‌های دوره‌ای، تغییرات نسبت به شرایط *خط‌مبنا* و عملکرد تجهیزات مدل شده را شناسایی می‌کند. (ر.ک. بند ۴-۷-۱ گزینه A صحه‌گذاری نصب). اجرای شبیه‌سازی‌ها باید متناسباً تصحیح شوند.

گزینه D رویکرد اولیه *M&V* برای ارزیابی شمول *کارایی انرژی* در طراحی *سایت* های جدید است. بخش ۱ جلد ۳ IPMVP با عنوان"مفاهیم و گزینه‌های تعیین صرفه‌جویی‌ها در بناهای جدید" راهنمایی در شیوه‌های مختلف *M&V* قابل استفاده در ساختمان‌های جدید ارائه می‌دهد.

در گزینه D، مدل‌سازی کامپیوتری و کالیبراسیون صحیح داده‌های *انرژی* اندازه‌گیری شده، چالش‌های بزرگی هستند. هنگام به‌کارگیری گزینه D برای کنترل هزینه‌ها همراه با حفظ صحت منطقی، نکات زیر را باید در نظر گرفت:

- تحلیل شبیه‌سازی باید توسط نفرات آموزش دیده ای انجام شود که تجربه کار با نرم افزار و فنون کالیبراسیون را داشته باشند.
- داده‌های ورودی باید نماینده بهترین اطلاعات در دسترس بوده داده‌های واقعی عملکرد مربوط به اجزای کلیدی سایت را تا حد امکان در بر گیرد.
- ورودی‌های شبیه‌سازی باید طوری تصحیح شوند که نتایج آن با داده‌های دیماند و مصرف به دست آمده از قبوض ماهیانه با تلرانس قابل قبول منطبق باشد (یعنی "کالیبره شود"). هماهنگی نزدیک بین مصرف *انرژی* کل واقعی و پیش‌بینی شده سال معمولاً برای اثبات این که شبیه‌سازی، رفتار انرژی ساختمان را مناسب پیش‌گویی می‌کند کافی نیست .

- گزینه D به مستندسازی دقیق نیازمند است. نتایج چاپی شبیه‌سازی‌ها، داده‌های نظارت و اندازه‌گیری یا پایش که برای تعریف مقادیر ورودی و کالیبراسیون مدل شبیه‌سازی استفاده می‌شوند، باید به صورت کاغذی و الکترونیکی نگهداری شوند. شماره ویرایش نرم افزاری که در دسترس عموم است باید اعلام شود تا شخص دیگری هم بتواند این محاسبات را مرور کند.
- برای تسهیل مدل سازی پروژه‌های جدید ساختمانی، می‌توان مدل‌ساز انرژی ساختمان را که مدل"as-designed" را ایجاد کرده حفظ کرد تا مدلهای کالیبره شده، "as-built" و خط‌مبنای تصحیح شده را ایجاد کند.

انواع ساختمان‌هایی که به راحتی شبیه‌سازی نمی‌شوند شامل موارد زیر هستند:

- آتریوم (atrium[۲۹]) بزرگ،
- بخش‌های زیاد فضای زیر زمینی یا متصل به زمین ،
- شکلهای خارجی غیر معمول،
- پیکربندیهای پیچیده سایه‌بان
- تعداد زیادی محوطه‌های مجزا از نظر کنترل دما (فضای کنترل نشده).

برخی *راهکارهای* ساختمانی بدون دشواری زیاد نمی‌توانند شبیه‌سازی شوند مانند:

- افزودن موانع تشعشعی در اتاق‌های زیر شیروانی و
- برخی تغییرات پیچیده در سیستم HVAC

۴-۹-۱ گزینه D: انواع برنامه‌های شبیه‌سازی

اطلاعاتی در مورد برنامه‌های متداول شبیه‌سازی ساختمان در جهان را می‌توان در پیوست ج یافت.

برنامه‌های شبیه‌سازی کل ساختمان معمولاً از فنون محاسبه ساعتی استفاده می‌کنند. ولی اگر اتلاف گرما، دریافت گرما، بارهای داخلی و سیستم‌های HVAC در ساختمان ساده باشند، از مدل‌های ساده شده سیستم HVAC هم می‌توان استفاده کرد. ممکن است برای شبیه‌سازی مصرف *انرژی* و عملیات دستگاه‌ها یا فرآیندهای صنعتی از انواع دیگر برنامه‌های خاص منظوره استفاده شود.

هر برنامه نرم افزاری که مورد استفاده قرار می‌گیرد باید توسط کاربر به خوبی درک و مستند شود. به دلیل تنوع روش‌های دردسترس، بهتر است قبل از شروع تحلیل از مالک و یا مدیر پروژه در مورد برنامه مدل‌سازی پیشنهادی تایید دریافت شود.

۴-۹-۲ گزینه D: کالیبراسیون

صرفه‌جویی‌های تعیین شده توسط گزینه D بر پایه یک یا چند برآورد پیچیده از مصرف *انرژی* است. صحت تعیین *صرفه‌جویی‌ها* به این بستگی دارد که شبیه‌سازی عملکرد واقعی تجهیزات و کالیبراسیون عملکرد *انرژی* اندازه‌گیری شده چقدر خوب انجام شده باشد.

کالیبراسیون از طریق صحه‌گذاری این موضوع که مدل شبیه‌سازی، الگوهای انرژی *مایملک* را در مقایسه با داده‌های کالیبراسیون تا چه حد منطقی پیش بینی می‌کند حاصل می‌شود. این داده‌های کالیبراسیون شامل داده‌های *انرژی* اندازه‌گیری شده، *متغیرهای مستقل* و *عامل ثابت* هستند.

کالیبراسیون شبیه‌سازی ساختمان معمولاً با قبوض۱۲ ماهه حامل‌های انرژی انجام می‌گیرد. این قبوض باید مربوط به یک دوره عملیات پایدار باشد. در یک ساختمان جدید، ممکن است چند ماه طول بکشد تا سکونت کامل شود و کارکنان بهترین روش استفاده از آن مجموعه را یاد بگیرند. داده‌های کالیبراسیون باید در *طرح M&V* به همراه ذکر منابع آن مستند شوند.

---

[۲۹] - محوطه ای در قسمت مرکزی ساختمان که به آسمان راه دارد.

داده‌های کامل عملیاتی *مایملک* به تدوین داده‌های کالیبراسیون کمک می‌کند. این داده‌ها ممکن است شامل ویژگیهای عملیاتی، میزان اشغال فضاها، آب و هوا، بار و کارایی تجهیزات باشد. برخی متغیرها ممکن است در فاصله‌های زمانی کوتاه (روز، هفته یا ماه) اندازه‌گیری یا از گزارشهای عملیاتی موجود استخراج شوند. برای اندازه‌گیری‌های حساس، صحت کنتورها باید صحه‌گذاری شود. اگر منابع اجازه دهند، تهویه و نفوذ هوا در ساختمان‌ها باید اندازه‌گیری شوند چون این کمیت‌ها اغلب به طور گسترده‌ای با حد انتظار متفاوت هستند. اندازه‌گیری‌هایی که تنها یک بار انجام می‌شود، بدون ایجاد هزینه اضافی بیشتر، صحت شبیه‌سازی را بهبود می‌بخشد. آزمون‌های روشن/خاموش می‌توانند روشنایی، بارهای مخزن و مراکز کنترل موتور را اندازه‌گیری کند. این آزمون‌ها، می‌توانند با استفاده از دستگاه ثبت داده‌ها یا سیستم اتوماسیون ساختمان در تعطیلات آخر هفته انجام شوند تا مصرف انرژی کل *مایملک* را در فاصله‌های زمانی معمولاً یک دقیقه‌ای ثبت کنند. بعضی اوقات، ثبت‌کننده‌های قابل حمل ارزان که با یک زمان مشترک هم‌زمان شده اند نیز برای اندازه‌گیریهای کوتاه مدت موثرند (بنتن و همکاران ۱۹۹۶، هوسِک و همکاران ۱۹۹۳، سوبارتو ۱۹۹۶).

پس از گردآوری داده‌های کالیبراسیون در حد امکان، مراحل کالیبراسیون شبیه‌سازی به صورتی است که در زیر فهرست شده است:

۱. فرض کردن سایر پارامترهای ورودی ضروری و مستند کردن آن‌ها.
۲. در صورت امکان، جمع‌آوری داده‌های آب و هوایی واقعی از دوره کالیبراسیون، به ویژه اگر شرایط آب و هوایی به طور بارزی نسبت به داده‌های آب و هوایی سال استاندارد که در شبیه‌سازی پایه بکار رفته، متفاوت باشد. ولی گردآوری و آماده کردن داده‌های آب و هوایی واقعی برای استفاده در شبیه‌سازی ممکن است زمان‌بر و گران‌قیمت باشد. اگر ایجاد یک فایل داده‌های آب و هوایی واقعی بسیار مشکل باشد، باید با استفاده از روش‌های آماری معتبر یک فایل آب و هوایی میانگین تنظیم شود تا مشابه اطلاعات آب و هوایی واقعی باشد.
۳. اجرای شبیه‌سازی و صحه‌گذاری این که پارامترهای عملیاتی مانند دما و رطوبت را پیش‌بینی می کند.
۴. مقایسه نتایج شبیه‌سازی *انرژی* با داده‌های *انرژی* اندازه‌گیری شده در دوره کالیبراسیون به صورت ساعتی یا ماهیانه ،
۵. ارزیابی الگوهای مربوط به تفاوت بین نتایج شبیه‌سازی و داده‌های کالیبراسیون. نمودارهای میله‌ای، نمودارهای زمانی بر اساس درصد تفاوت ماهیانه، و نمودار نقاط پراکنده x-y ماهیانه به شناسایی الگوهای خطا کمک می‌کنند. صحت کالیبراسیون باید در *طرح M&V* درج شود تا با بودجه *M&V* مطابقت داده شود.
۶. داده‌های ورودی مرحله ۱ را اصلاح کرده و مراحل ۳ و۴ آن‌قدر تکرار می‌شوند تا نتایج پیش‌بینی شده در محدوده مشخصات کالیبراسیون مرحله ۵ وارد شود. در صورت لزوم داده‌های عملیاتی واقعی‌تری از مایملک جمع‌آوری شوند تا مشخصات کالیبراسیون را برآورده کنند.

ایجاد و کالیبراسیون یک شبیه‌سازی زمان‌بر است. استفاده از داده‌های انرژی ماهیانه به جای ساعتی، به محدود کردن تلاشلازم برای انجام کالیبراسیون کمک می‌کند. ولی اگر گزینه D برای تعیین صرفه‌جویی‌ها در سطح راهکار مورد استفاده قرار گیرد، کالیبراسیون مصارف نهایی عمده، سیستم‌ها و/یا تجهیزات تحت تاثیر راهکارها توصیه می‌شود.

۴-۹-۳ گزینه D: محاسبات

صرفه‌جویی‌ها را می‌توان از طریق استفاده از نتایج شبیه‌سازی کالیبره شده که انرژی خط‌مبنا و/یا انرژی *دوره گزارش‌دهی* را نمایش می‌دهد، تعیین کرد. برای پروژه‌هایی با خط‌مبنای فیزیکی، دو مدل کالیبره شده، شامل یکی با *راهکارها* و دیگری بدون آن‌ها است. برای پروژه‌هایی با خط‌مبنای فرضی، مدل‌های کالیبره شده ممکن است شامل خط مبنای فرضی و شرایط as-built (*دوره گزارش‌دهی*) باشد، اما داده‌های اندازه‌گیری شده تنها برای کالیبراسیون تحت شرایط as-built در دسترس خواهند بود. در هر دو صورت، هر دو مدل و داده‌های اندازه‌گیری شده انرژی باید تحت شرایط عملیاتی یکسان باشند.

صرفه‌جویی‌ها با گزینه D می‌توانند با استفاده از دو شکل از معادله ۱)، معادله ۱-و و معادله ۱-ز[۳۰] بر آورد شوند. هر دو شکل ثابت می‌کنند که خطای کالیبراسیون به طور یکسان مدل‌های *دوره خط‌مبنا* و *دوره گزارش‌دهی* را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از هر دو معادله، صرفه‌جویی‌های یکسانی برای هر سری از داده‌ها و شبیه‌سازی‌های ارائه شده تعیین خواهند شد.

صرفه‌جویی = [*انرژی خط مبنا* از مدل کالیبره شده [فرضی یا بدون *راهکار ها*]

۱- و) [*انرژی دوره گزارش‌دهی* از مدل کالیبره شده [با *راهکار ها*]-

یکی از عبارات انرژی برگرفته از مدل در معادله ۱- و ، می‌تواند با *انرژی* اندازه‌گیری‌شده واقعی جایگزین شود. ولی برای خطای کالیبراسیون در هر ماه از دوره کالیبراسیون باید با استفاده از معادله ۱-ز) محاسبات را تصحیح کرد:

صرفه‌جویی‌ها = [*انرژی خط مبنا* از مدل کالیبره شده [فرضی یا بدون *راهکار ها*] - انرژی واقعی دوره کالیبراسیون

۱- ز) خطای کالیبراسیون در قرائت کالیبراسیون مربوطه +/-

احتمالاً درک معادله ۱ توسط افراد غیر فنی راحت‌تر انجام می شود، چون در محاسبات نهایی صرفه‌جویی از داده‌های اندازه‌گیری شده واقعی به جای نتایج مدل‌های شبیه‌سازی استفاده می‌کند.

۴-۹-۴ گزینه D: گزارش دهی مستمر صرفه‌جوییها

اگر ارزیابی عملکرد چند ساله مورد نیاز باشد، گزینه D ممکن است برای سال اول پس از اجرای *راهکارها* ، استفاده شود. در سال‌های بعدی، اگر داده‌های کنتور سال اول در عملیات پایدار پس از اجرا به عنوان *خط مبنا* استفاده شوند، گزینه C می تواند کم هزینه‌تر از گزینه D باشد. در این صورت از گزینه C استفاده می‌شود تا تعیین شود مصرف *انرژی* از سال اول عملیات پس از اجرای راهکار تغییر می‌کند یا خیر. در این حالت، مصرف انرژی عملیات پایدار سال اول استفاده خواهد شد تا: الف) مدل شبیه‌سازی گزینه D را کالیبره کند، و ب) یک خط مبنای گزینه C برای اندازه‌گیری *صرفه‌جویی‌های* اضافی (یا تلفات) در سال دوم و پس از آن برقرار کند.

۴-۹-۵ گزینه D: بهترین کاربردها

گزینه D معمولاً در جایی که گزینه‌های دیگر عملی نیستند، کاربرد دارد.

گزینه D بهترین کاربرد را در جایی دارد که:

- یکی از داده‌های *انرژی* خط‌مبنا یا داده‌های *انرژی دوره گزارش‌دهی*، اما نه هر دوی آن‌ها، در دسترس یا قابل اعتماد نیست.
- تعداد *راهکار*ها برای ارزیابی با استفاده از گزینه‌های A یا B ، بسیار زیاد است.
- *راهکار*ها شامل فعالیت‌های پراکنده‌ای هستند که نمی‌توانند از بقیه *مایملک* جداسازی شوند، مانند آموزش اپراتور یا بهبود دیوار و پنجره.
- عملکرد هر *راهکار* به تنهایی در یک پروژه با چند راهکار برآورد خواهد شد، اما هزینه‌های گزینه A وB بسیار زیاد است.
- برهمکنش بین *راهکارها* یا اثرات متقابل *راهکارها* آن‌چنان پیچیده است، که فنون جداسازی گزینه A وB را غیر عملی می‌کند.

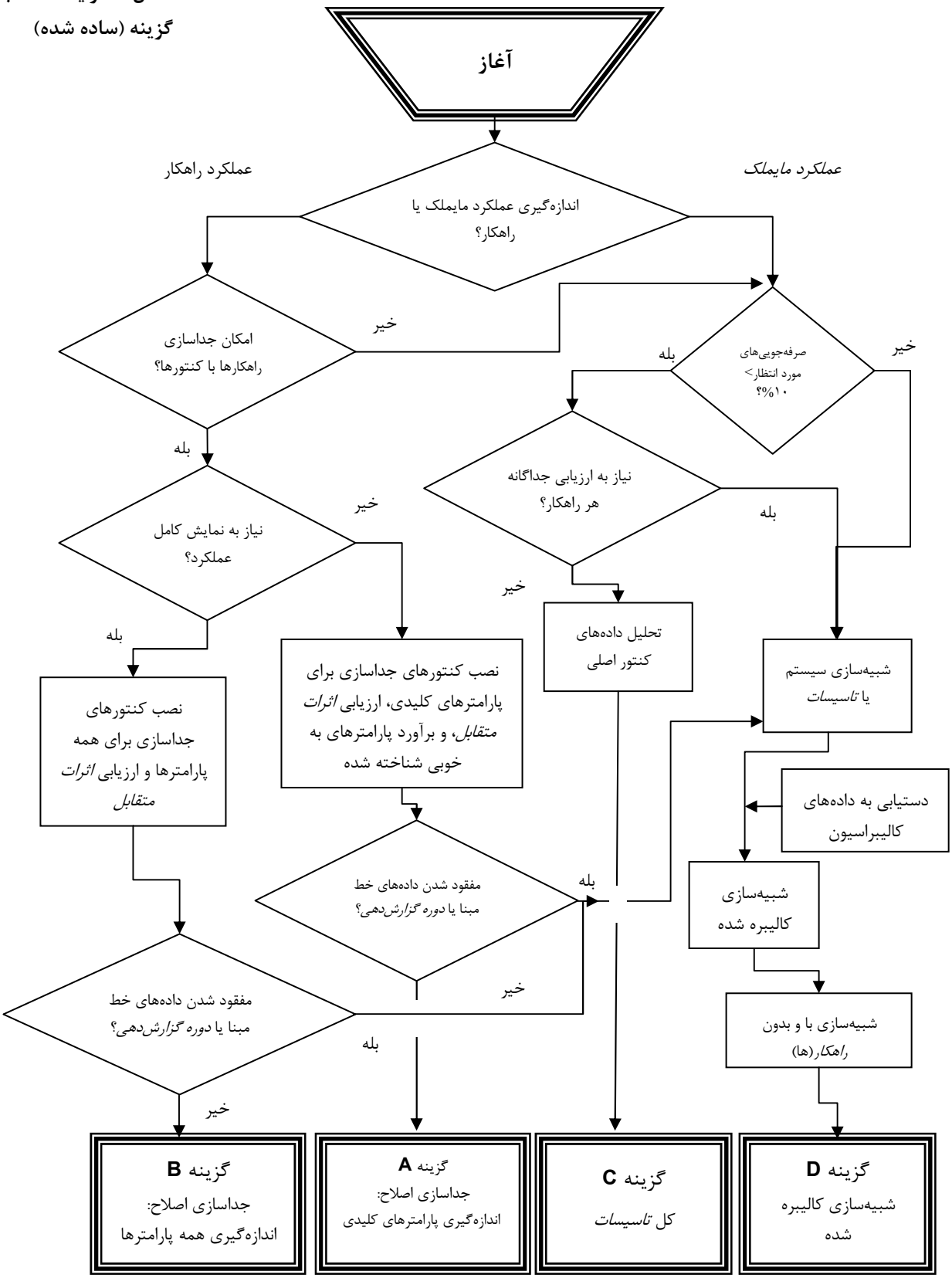
[۳۰] معادله‌های ۱- و) و ۱- ز) به ترتیب با روش‌های ۱ و ۲ موجود در بخش ۱جلد ۳ IPMVP یکسان است.

- انتظار تغییرات عمده بعدی در مایملک در طول *دوره گزارش‌دهی* می رود و بنابراین هیچ راهی برای ردگیری تغییرات و/یا محاسبه اثر آن‌ها بر مصرف *انرژی* وجود ندارد.
- یک متخصص شبیه‌سازی *انرژی* باتجربه بتواند داده‌های ورودی مناسب را برای کالیبراسیون مدل شبیه‌سازی جمع‌آوری کند.
- *مایملک* و *راهکارها*، بتوانند توسط یک نرم افزار شبیه‌سازی با مستند سازی خوب مدل شوند.
- نرم افزار شبیه‌سازی، داده‌های کالیبراسیون اندازه‌گیری شده را با صحت قابل قبولی پیش‌بینی کند.
- تنها عملکرد یک سال بلافاصله بعد از نصب و راه‌اندازی برنامه *مدیریت انرژی* اندازه‌گیری شود.

۴-۱۰ راهنمای انتخاب گزینه

انتخاب گزینه تصمیمی است که توسط طراح برنامه M&V برای هر پروژه، براساس مجموعه کامل شرایط پروژه، تحلیل، بودجه‌ها، و قضاوت تخصصی، گرفته می‌شود. شکل ۴ منطق معمول استفاده شده در انتخاب گزینه را خلاصه می‌کند.

شکل ۴ فرایند انتخاب گزینه (ساده شده)



تصمیم گیری عمومی در مورد بهترین گزینه IPMVP برای همه انواع موقعیتها غیر ممکن است. ولی بعضی از مشخصه‌های کلیدی پروژه، گزینه‌های مطلوب رایج را به طوری که در جدول ۳ زیر نشان داده شده، پیشنهاد می‌کند.

جدول ۳ گزینه‌های پیشنهادی (غیر منحصر به فرد)– با علامت X مشخص شده اند

مشخصات پروژه راهکار	گزینه پیشنهادی			
	A	B	C	D
به ارزیابی *راهکار*ها به طور مجزا نیاز است	X	X		X
فقط به ارزیابی عملکرد کلی مایملک نیاز است			X	X
صرفه‌جویی‌های مورد انتظار کمتر از ٪۱۰ اندازه‌گیری کنتورها است	X	X		X
اهمیت برخی از متغیرهای انرژی محور شفاف نیست		X	X	X
اثرات متقابل راهکار قابل توجه یا غیر قابل اندازه‌گیری‌اند			X	X
انتظار تغییرات بعدی زیادی درون *مرز اندازه‌گیری* می رود	X			X
ارزیابی عملکرد بلند مدت نیاز است	X		X	
اطلاعات خط‌مبنا در دسترس نیست				X
افراد غیر متخصص باید گزارشات را بفهمند	X	X	X	
مهارت‌های اندازه‌گیری در دسترس است	X	X		
مهارت‌های شبیه‌سازی کامپیوتری در دسترس است				X
تجربه قرائت قبوض تاسیسات و اجرای تحلیل رگرسیون در دسترس است.			X	

۴-۱۱ تداوم صرفه‌جویی‌ها

سازمانی که کارایی انرژی خود را ارتقاء بخشیده بیشتر در معرض خطر تغییرات زیان آور در عملکرد است، نه فقط به این دلیل که راهکارها ممکن است از نوعی باشند که عمل نکنند یا از بین بروند یا کنار گذاشته شوند، بلکه به این دلیل که سقف اضافی بودجه‌های انرژی، ممکن است باعث شود که تلفات قابل اجتناب انرژی بدون هیچ چالشی رخ دهد.

تداوم صرفه‌جویی‌های انرژی می‌تواند با پیگیری فعالیت‌هایی که M&V بر آن بنا شده، پس از دوره گزارش‌دهی M&V نیز ایجاد شود. یک رویکرد، «پایش و هدف‌گذاری»[31] (M&T) است که می‌تواند به صورت بی‌وقفه فرآیند M&V را دنبال کند. اگر گزینه‌های B و C (ر.ک بندهای ۴-۶) برای صحه‌گذاری صرفه‌جویی‌ها مورد استفاده قرار گیرند، پروژه برای اندازه‌گیری معمول مصرف، کنتور نصب شده خواهد داشت. مهمتر از آن، مدل‌هایی نیز توسعه پیدا کرده‌اند که مصرف انرژی را با عوامل موثری

[31] - Monitoring and Targeting

مانند آب و هوا مرتبط می‌کنند. همین مدل‌ها می‌توانند باز تنظیم شوند تا مصرف انرژی ناشی از اجرای راهکار را برآورد کنند. این روش، مقایسه‌ی دوره‌ای مصرف واقعی و مصرف مورد انتظار را ممکن می‌کند و به خوبی نشان دهنده و تعیین کننده میزان هرگونه تلفات اثرات راهکار (یا تلفات غیر مرتبط) است. این می‌تواند در مواردی که هزینه قابل اجتناب پیش‌بینی نشده مهم تلقی شود، اقدام اصلاحی فوری را ممکن سازد.

فصل ۵ محتوای طرح M&V

یک بخش موکد درتعیین *صرفه‌جویی‌ها* ، تهیه *طرح M&V* است. طراحی پیشرفته این مورد، این اطمینان را می‌دهد که بعد از اجرای *راهکار*(ها)، همه داده‌های مورد نیاز برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* با یک بودجه قابل قبول در دسترس خواهند بود.

داده‌های *خط مبنا* و جزئیات *راهکارها* ممکن است در طول زمان از دست بروند. بنابراین در مواردی که شرایط تغییر می‌کند و یا *راهکارها* شکست بخورند، ثبت آن‌ها برای مراجعات بعدی لازم است. مستندات باید به آسانی توسط صحه‌گذاران و سایرین قابل دسترس و درک باشند، چون ممکن است سال‌ها بگذرد و پس از آن این داده‌ها مورد نیاز باشند.

طرح M&V کامل باید شامل شرحی از ۱۳ عنوان زیر باشد:

۱. **مقاصد راهکار**: شرح *راهکار*، نتیجه مورد نظر آن و دستورالعمل‌های *صحه‌گذاری عملیاتی* که برای بررسی اجرای موفق هر *راهکار* استفاده خواهد شد. شناسایی هر گونه تغییرات پیش‌بینی شده نسبت به شرایط *خط مبنا*، مانند تنظیمات دمایی ساختمان‌ها در حالت خالی از سکنه.

۲. **گزینه IPMVP انتخاب شده و مرز اندازه‌گیری**: مشخص کردن این‌که کدام گزینه IPMVP (که در بندهای ۴-۸ تا ۴-۱۰ تعریف شده‌اند) برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* استفاده خواهد شد. این شناسایی باید شامل تاریخ انتشار با شماره ویرایش و شماره جلد ویرایش IPMVP استفاده شده باشد (برای مثال IPMVP جلد یک EVO10000-1:2012). *مرز اندازه‌گیری* برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* را مشخص کنید. این مرز ممکن است به باریکی جریان *انرژی* دریک لوله یا سیم یا به پهنای مصرف انرژی کلی یک یا چند ساختمان باشد. تشریح طبیعت هر نوع *اثرات متقابل* خارج از *مرز اندازه‌گیری* همراه با تاثیرات احتمالی آن‌ها (ر.ک. ۴-۴).

۳. **خط مبنا: دوره، انرژی و شرایط**- مستندسازی شرایط *خط مبنا* و داده‌های *انرژی مایملک* را در *مرز اندازه‌گیری*. (در *قراردادهای مبتنی بر عملکرد انرژی*، *انرژی خط مبنا* و شرایط *خط مبنا* ممکن است توسط مالک یا *ESCO* تعیین شود، مشروط بر این‌که به طرف دیگر فرصت کافی برای صحه‌گذاری آن‌ها داده شود).

برای تعیین اهداف برنامه *صرفه‌جویی* یا شرایط *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی*، از ممیزی انرژی استفاده می‌شود که معمولاً بیشتر مستندات مورد نیاز خط مبنا در *طرح M&V* را فراهم می‌کند. مستندات *خط مبنا* باید شامل:

أ) تعیین دوره خط مبنا (بند ۴-۵-۱)

ب) تمامی داده‌های مصرف انرژی و دیماند خط مبنا

ج) تمامی داده‌های *متغیر مستقل* مرتبط با داده‌های انرژی (مثل نرخ تولید، دمای محیط)

د) همه *عوامل ثابت* مرتبط با داده‌های انرژی شامل:

- نوع سکونت، تراکم و دوره‌ها
- شرایط عملیاتی برای هر دوره عملیات و فصل *خط مبنا*، علاوه *بر متغیرهای مستقل*. (به عنوان مثال، در یک فرایند صنعتی، شرایط عملیاتی در *خط مبنا* ممکن است شامل انواع محصول، نوع مواد اولیه و تعداد شیفت‌های تولید در روز و در یک ساختمان، شرایط عملیاتی در *خط مبنا* می‌تواند شامل سطح روشنایی، دما، رطوبت و سطح تهویه باشد. یک ارزیابی آسایش دمایی و/یا کیفیت هوای داخلی[۳۲] (IAQ) ممکن است در مواردی که سیستم جدید متفاوت از سیستم ناکارآمد قدیمی عمل می‌کند، مفید واقع شود. ر.ک. جلد دوم IPMVP)

[32] - Indoor Air Quality (IAQ)

- شرح هر شرایط *خط مبنا* که کمتر از شرایط موردنیاز بوده، به عنوان مثال، فضایی که در دوره خط مبنا کمتر از حد لازم گرم می‌شده، اما اجرای *راهکار*، دمای مطلوب را به آن بر خواهد گرداند. جزئیات کلیه تصحیحاتی که روی داده‌های *انرژی خط مبنا* ضروری است انجام شود تا بهبود مورد انتظار برنامه‌های مدیریت انرژی نسبت به شرایط *خط مبنا* را منعکس کند.
- اندازه، نوع و عایق‌بندی هر یک از اجزای مرتبط با پوسته ساختمان هم‌چون دیوارها، بام‌ها، درها و پنجره‌ها.
- فهرست تجهیزات، داده‌های پلاک‌های تجهیزات، محل، شرایط. عکس‌ها یا نوارهای ویدئویی راه‌های موثری برای ثبت شرایط تجهیزات هستند.
- شیوه‌های عملیاتی تجهیزات (برنامه‌های زمانی و نقاط تنظیم، دماها و فشارهای واقعی)
- مشکلات عمده تجهیزات یا قطع عملیات در طول *دوره خط مبنا*.

مستندسازی *خط‌مبنا* معمولاً نیاز به ممیزی، بررسی‌ها، بازرسی‌های خوب مستند شده و/یا فعالیت‌های اندازه‌گیری کوتاه مدت دارد. گستره این اطلاعات توسط *مرز اندازه‌گیری* انتخاب شده یا دامنه تعیین *صرفه‌جویی‌ها* تعیین می‌شود.

اگر روش‌های M&V کل *مایملک* به‌کار برده شده (بند ۹-۴ یا ۱۰-۴) کلیه تجهیزات *مایملک* و شرایط آنها باید مستند شود.

۴. **دوره گزارش‌دهی:** تعیین *دوره گزارش‌دهی*. این دوره می‌تواند به کوتاهی یک اندازه‌گیری فوری طی راه‌اندازی یک *راهکار* یا به اندازه زمان لازم برای برگرداندن هزینه سرمایه گذاری انجام شده در برنامه راهکار طولانی باشد (ر.ک. بند ۴-۵-۲).

۵. **اساس تصحیحات**: اعلام مجموعه شرایطی را که همه اندازه‌گیری‌های انرژی تصحیح خواهند شد. شرایط ممکن است همان شرایط *دوره گزارش‌دهی* یا مجموعه دیگری از شرایط ثابت باشد. همان طور که در بند ۴-۶ شرح داده شده، این انتخاب تعیین می‌کند که آیا *صرفه‌جویی‌ها* به عنوان مصرف *انرژی اجتناب شده* (۴-۶-۱) یا به عنوان *صرفه‌جویی‌های نرمال شده* (۴-۶-۲) گزارش شوند.

۶. **شیوه تحلیل: تعیین** رویه‌های دقیق تحلیل داده‌ها، الگوریتمها و فرضیات مورد استفاده در هر گزارش *صرفه‌جویی*. ارائه تمامی عبارات و دامنه *متغیرهای مستقلی* که در هر مدل ریاضی به کار رفته اعتبار دارد.

۷. **قیمت‌های انرژی:** تعیین قیمت‌های انرژی که برای ارزش‌گذاری *صرفه‌جویی‌ها* استفاده می‌شود و چگونگی تصحیح صرفه‌جویی‌ها در صورت تغییر آتی قیمتها (ر.ک. بند ۸-۱).

۸. **مشخصات کنتور**: تعیین نقاط اندازه‌گیری و دوره(ها) را (اگر اندازه‌گیری پیوسته نیست). برای کنتورهای غیراصلی: ذکر مشخصات کنتور، پروتکل قرائت و نظارت کنتور، شیوه راه‌اندازی کنتور، فرایند کالیبراسیون ادواری و روش برخورد با اطلاعات گمشده (ر.ک. بند ۸-۱۱-۱).

۹. **مسئولیت‌های پایش**: تعیین مسئولین تهیه گزارش، ثبت داده‌های انرژی، *متغیرهای مستقل* و *عوامل ثابت* درون *مرز اندازه‌گیری* در طول *دوره گزارش‌دهی*.

۱۰. **صحت مورد انتظار**: ارزیابی صحت مورد انتظار برای اندازه‌گیری، برداشت داده‌ها، نمونه‌برداری و تحلیل داده‌ها. این ارزیابی باید شامل اندازه‌های کیفی و همه اندازه‌های کمی قابل قبول از سطح عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها و تصحیحات باشد که باید در گزارش برنامه‌ریزی شده *صرفه‌جویی‌ها* استفاده شود (ر.ک. بند ۸-۳ و پیوست ب).

۱۱. **بودجه**: تعیین بودجه و منابع مورد نیاز برای تعیین *صرفه‌جویی*که هم شامل هزینه‌های نصب اولیه و هم هزینه‌های مستمر در طول *دوره گزارش‌دهی* باشد.

۱۲. **شکل ظاهری گزارش:** تعیین چگونگی گزارش و مستند سازی نتایج، (ر.ک. فصل ۶). یک نمونه از هر گزارش باید موجود باشد.

۱۳. **تضمین کیفیت: تعیین** روش‌های تضمین کیفیتی که در گزارشهای *صرفه‌جویی‌ها* استفاده خواهند شد و هرگونه مرحله میانی در تهیه گزارشها.

بسته به شرایط هر پروژه، برخی موضوعات خاص اضافی نیز در یک *طرح* کامل *M&V* مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند:

برای گزینه A:

- **توجیه برآوردها**: گزارش دهی مقادیری که برای تمامی *مقادیر برآورده شده*، استفاده خواهند شد. منبع این *مقادیر برآورد شده* باید توضیح داده شود. اهمیت کلی این *برآوردها* در *صرفه‌جویی‌های* کل مورد انتظار باید از طریق گزارش‌دهی دامنه صرفه‌جویی‌های ممکن در رابطه با دامنه مقادیر احتمالی *پارامترهای برآورد شده* نشان داده شود.
- **بازرسی‌های دوره‌ای**: تعیین بازرسی‌های دوره‌ای را که در *دوره گزارش‌دهی* انجام خواهند شد تا صحه‌گذاری شود که تجهیز هنوز در جای خود قرار دارد و کارکرد آن مطابق فرضیات انجام شده در زمان تعیین مقادیر بر آوردی، می‌باشد.

برای گزینه D:

- **نام نرم افزار**: درج نام و شماره نسخه نرم افزار شبیه‌سازی مورد استفاده.
- **داده‌های ورودی و خروجی**: ارائه یک نسخه کاغذی و الکترونیکی از فایل‌های ورودی، فایل‌های خروجی و فایل‌های آب و هوایی که برای شبیه‌سازی استفاده شده.
- **داده‌های اندازه‌گیری شده**: ذکر این که کدام یک از پارامترهای ورودی، اندازه‌گیری و کدام‌یک برآورد شده‌اند. شرح فرآیند دستیابی به هر یک از داده‌های اندازه‌گیری شده.
- **کالیبراسیون**: ذکر داده‌های *انرژی* و عملیات مورد استفاده برای کالیبراسیون. ذکر میزان صحتی که نتایج شبیه‌سازی با داده‌های انرژی کالیبره شده مطابقت دارند.

اگر ماهیت تغییرات بعدی بتواند پیش‌بینی شود، ذکر روش‌های انجام *تصحیحات غیر معمول* مرتبط لازم است.

الزامات زمان و بودجه (مورد ۱۱ در بالا) اغلب دست پایین تخمین زده می‌شود که این منجر به جمع‌آوری ناقص داده‌ها می‌شود. تعیین کم هزینه‌تر و با صحت پایین‌تر *صرفه‌جویی‌ها*، بهتر از تعیین ضعیف یا ناقصی است که از نظر تئوری صحت بالایی دارد ولی فاقد پشتوانه مالی است. بند ۸-۵ توازن هزینه / سود را نشان می‌دهد.

موضوعات برآمده در تدوین *طرح‌های M&V*، در قالب مثال‌هایی در پیوست الف تشریح شده اند. سایت سازمان ارزیابی کارایی (www.evo-world-org) شامل یک مجموعه انتخابی رو به رشد از نمونه *طرح‌های M&V* است.

فصل ۶ گزارش‌های M&V

گزارش‌های M&V باید همان‌طور که در *طرح M&V* تعریف شده، تهیه و ارائه شوند (فصل ۵).

گزارش‌های کامل *M&V* حداقل باید شامل موارد زیر باشند:

- داده‌های مشاهده شده از *دوره گزارش‌دهی*: نقاط آغاز و پایان دوره اندازه‌گیری در واحد زمان، داده‌های انرژی و مقادیر *متغیرهای مستقل*
- شرح و توجیه هرگونه تصحیحات بر داده‌های مشاهده شده
- برای گزینه A *مقادیر برآورد شده مورد* توافق
- جدول قیمت انرژی مورد استفاده
- جزئیات هر گونه *تصحیحات غیر معمول* اعمال شده بر خط مبنا. این جزئیات باید شامل توضیحاتی در مورد تغییر در شرایط از زمان *دوره خط مبنا*، کلیه وقایع و فرضیات مشاهده شده و محاسبات مهندسی منجر به تصحیحات باشد.
- *صرفه‌جویی‌های* محاسبه شده در واحدهای انرژی و پول.

گزارش‌های *M&V* باید در سطح درک خوانندگان آن‌ها نوشته شوند.

مدیران *انرژی* باید گزارشهای *M&V* را با پرسنل عملیاتی *مشتری* مرور کنند. این گونه مرورها ممکن است از اطلاعات مفید درباره چگونگی مصرف انرژی مشتری پرده بردارد، یا ممکن است پرسنل عملیات بتوانند از اطلاعات بیشتری در مورد ویژگی‌های مصرف انرژی سایت خود بهره ببرند.

فصل ۷ انطباق باIPMVP

IPMVP چارچوبی از تعاریف و روش‌ها برای ارزیابی مناسب *صرفه‌جویی‌ها* در مصرف انرژی، آب و یا دیماند است. این پروتکل کاربرها را در تدوین طرح‌های *M&V* برای پروژه‌های خاص، راهنمایی می‌کند. این پروتکل نوشته شده تا موجب حداکثر انعطاف پذیری در تدوین *طرح‌های M&V* در عین رعایت اصول صحت، کامل بودن، محافظه کاری، یک‌پارچگی، مرتبط بودن و شفافیت شود (فصل۳).

کاربرهایی که مدعی انطباق با IPMVP هستند باید:

۱. شخصی که مسئول تصویب *طرح M&V* خاص سایت و حصول اطمینان از دنبال کردن این *طرح M&V* در طی *دوره گزارش‌دهی است* معرفی کنند.

۲. یک طرح M&V کامل تدوین کنند که:

- به وضوح تاریخ انتشار یا شماره نسخه ویرایش IPMVP و شماره جلدی که از آن پیروی می‌شود را بیان کرده باشد،
- از اصطلاحات هماهنگ با تعاریف به کار رفته در نسخه ذکر شده این پروتکل استفاده کند،
- در برگیرنده کلیه اطلاعات ذکر شده در فصل *طرح M&V* باشد (فصل ۵ از ویرایش حاضر)،
- مورد توافق کلیه طرفهای علاقه‌مند انطباق باIPMVP باشد، و
- با اصول M&V مطرح شده در فصل ۳ هماهنگ باشد.

۳. از طرح *M&V* مصوب منطبق باIPMVP پیروی کند.

۴. گزارشهای M&V ای تهیه کنند که شامل اطلاعات ذکر شده در فصل گزارش‌دهی M&V باشد (فصل ۶).

کاربرانی که مایل به تعیین استفاده از این پروتکل در یک قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی یا تجارت انتشار آلایندگی هستند، می توانند از عبارتی مانند "تعیین صرفه‌جویی‌های واقعی انرژی و مالی، بهترین روش موجود را که در جلد ۱، IPMVP، EVO10000-1:2.R آمده دنبال می‌کند" استفاده کنند.

ویژگی‌ها ممکن است از این فراتر رفته و شامل این جمله باشند: "طرح M&V باید منطبق با جلد ۱ IPMVP، EVO10000-1:2012 باشد و توسط ..... تایید می‌شود" و هم‌چنین می‌توان، به شرط اطلاع در زمان تصویب قرارداد، عبارت"« پیرو گزینه .....IPMVP " را هم اضافه کرد.

فصل ۸ موضوعات متداول دیگر M&V

موضوعاتی ورای چارچوب اولیه توصیف شده در فصل ۴ وجود دارد که به طور معمول و صرف‌نظر از گزینه انتخاب شده به وجود می‌آید، هر کدام از این موضوعات در این فصل بحث شده است.

۸-۱ اعمال قیمت‌های انرژی

صرفه‌جویی‌های هزینه [۳۳] به وسیله اعمال جدول قیمت مناسب در معادله زیر تعیین می‌شوند:

$$\text{صرفه‌جویی درهزینه} = C_b - C_r \qquad (۲)$$

که در آن:

C_b = هزینه انرژی *خط مبنا* به علاوه هرگونه *تصحیحات* [۳۴]

C_r = هزینه انرژی *دوره گزارش‌دهی* به علاوه‌ی هرگونه *تصحیحات*

هزینه‌ها باید با اعمال جدول قیمتی مشابه درمحاسبه هر دو C_r و C_b تعیین شود.

وقتی‌که شرایط *دوره گزارش‌دهی* به عنوان پایه‌ی گزارش *صرفه‌جویی‌های* انرژی استفاده می‌شود (یعنی مصرف انرژی اجتناب شده در بخش ۴-۶-۱)، معمولاً جدول قیمتی *دوره گزارش‌دهی* برای محاسبه "هزینه اجتناب شده" استفاده می‌شود.

مثال‌های اعمال قیمت انرژی در مثال‌های پیوست الف آمده‌اند.

۸-۱-۱ جداول قیمت

جدول قیمت باید از تامین کننده انرژی گرفته شود. این جدول قیمت باید شامل همه عناصری باشد که تحت تاثیر مقادیر اندازه‌گیری شده قرار می‌گیرند مثل: نرخهای مصرف، نرخهای دیماند، اعتبارهای ترانسفورمر، ضریب توان، *نرخهای دیماند* [۳۵]، تصحیحات قیمت سوخت، تخفیف پرداخت زودهنگام و مالیات.

جداول قیمتی ممکن است در مقاطعی از زمان که با تاریخ قرائت کنتور تفاوت دارد تغییر کند. بنابراین C_r و C_b در معادله ۲) باید برای دوره‌هائی محاسبه شوند که دقیقاً هم راستا با تاریخ تغییر قیمت است. این هم‌راستایی ممکن است نیازمند تخصیص برآورد به کمیت‌ها در دوره‌های قبل و بعد از تاریخ تغییر قیمت باشد. روش برآورد باید مشابه حالتی باشد که به وسیله تامین کننده *انرژی* استفاده می‌شود.

جدول انتخابی قیمت ممکن است در تاریخ اجرای *راهکار* تثبیت شده باشد، یا در اثر تغییر قیمت‌ها تغییر کند (افزایش قیمت‌ها، دوره بازگشت سرمایه *راهکار* را کاهش خواهد داد. کاهش قیمت‌ها دوره بازگشت را طولانی‌تر می‌کند، هرچند که با کاهش قیمت‌ها هزینه‌های کل انرژی افت پیدا می‌کند). وقتی که شخص ثالثی در *مایملک* سرمایه‌گذاری می‌کند، معمولاً اجازه داده نمی‌شود که جدول قیمت برای گزارش‌دهی *صرفه‌جویی‌ها* کمتر از آن چیزی شود که در زمان تعهد به سرمایه‌گذاری حاکم بوده است.

---

[۳۳] برای تعریف "صرفه‌جویی‌ها"ر.ک. فصل ۹. هم چنین برای بحث تفاوت بین *صرفه‌جوییهای* انرژی و انرژی اجتناب شده یا صرفه‌جویی انرژی نرمال شده ر.ک. فصل ۴-۶. همان بحث برای تفاوت بین *صرفه‌جویی‌های* هزینه و اجتناب از هزینه یا صرفه‌جویی هزینه نرمال شده به کار می‌رود.

[۳۴] *تصحیحات* مناسب ترین قسمت تشریح شده در فصل ۴ هستند.

[35] Demand ratchets

۸-۱-۲ قیمت حدی [۳۶]

یک رویه جایگزین برای ارزیابی *صرفه‌جویی* شامل ضرب کردن واحد *انرژی صرفه‌جویی* شده در قیمت حدی *انرژی* است. باید دقت کرد تا مطمئن شد که *قیمت حدی* برای سطح مصرف و دیماند در هر دو *دوره خط مبنا و گزارش‌دهی* معتبر است.

قیمت‌های میانگین و یا مختلط که از تقسیم هزینه قبض بر مصرف مندرج در قبض تعیین می‌شوند، اغلب با *قیمت حدی* متفاوت است. در این صورت قیمت‌های میانگین، بیان ناصحیحی از *صرفه‌جویی‌های* هزینه ارائه می‌کند که نباید استفاده شود.

۸-۱-۳ تعویض سوخت و تغییرات جدول قیمت

اگر اجرای *راهکار* تغییری در نوع سوخت یا برنامه قیمت بین *دوره‌های خط مبنا* و *گزارش‌دهی* ایجاد کند، استراتژی عمومی بند ۸-۱ در به کار بردن برنامه قیمتی مشابه برای انرژی *دوره خط مبنا* و *دوره گزارش‌دهی* ملاحظات خاصی را بوجود خواهد آورد. چنین شرایطی مثلاً وقتی ایجاد می‌شود که یک *راهکار* شامل تغییر به سوخت ارزانتر یا تغییر الگوی استفاده انرژی باشد که موجب می‌شود *سایت* از یک برنامه قیمتی متفاوت استفاده کند.

در چنین موقعیت‌هایی باید از برنامه قیمت خط‌مبنای حامل انرژی برای تعیین C_b در معادله ۲) و از برنامه قیمت *دوره گزارش‌دهی* حامل انرژی در تعیین C_r استفاده شود. ولی برنامه قیمت هر دو حامل انرژی برای دوره زمانی یکسان و معمولاً برای *دوره گزارش‌دهی* خواهند بود.

برای مثال، منبع گرما از برق به گاز تغییر کرده و شما می‌خواهید از قیمت *دوره گزارش‌دهی* استفاده کنید. در این صورت C_b از جدول قیمت برق *دوره گزارش‌دهی* برای کل برق و C_r از برنامه قیمت گاز در *دوره گزارش‌دهی* برای بار جدید گاز و از برنامه قیمت برق *دوره گزارش‌دهی* برای بقیه مصرف برق استفاده می‌کند.

ولی اگر تغییر برنامه قیمت بخشی از راهکاری که بررسی می‌شود نباشد، این روش تغییر عمدی برنامه قیمت کاربرد ندارد. مثلاً اگر تامین کننده انرژی، ساختار قیمت خود را به دلیلی غیر مرتبط با راهکاری که بررسی می‌شود تغییر دهد، اصول کلی بند ۸-۱ در مورد استفاده از برنامه قیمت یکسان برای C_b و C_r هنوز کاربرد دارد.

۸-۲ تصحیحات خط مبنا (غیرمعمول)

شرایطی که به صورت قابل پیش‌بینی تغییر می‌کنند و برای مصرف *انرژی* درون *مرز اندازه‌گیری* مهم باشند، به طور عادی در مدل ریاضی برای تصحیحات معمول (که در بند ۴-۶ شرح داده شده) در نظر گرفته می‌شود. جائی که تغییرات غیر منتظره و یا یک باره در شرایط درون *مرز اندازه‌گیری* اتفاق می‌افتند (که در بقیه مواقع این شرایط ثابت هستند (*عوامل ثابت*))، تصحیحات غیرمعمول (که *تصحیحات* خط مبنا نیز نامیده می‌شود) باید ایجاد شود (ر.ک. بند ۴-۶).

اگر بعد از *دوره خط مبنا* تغییری در تجهیزات یا عملیات درون *مرز اندازه‌گیری* اتفاق افتد، *تصحیحات* غیرمعمول مورد نیاز خواهد بود. چنین تغییراتی برای *عوامل ثابت* اتفاق می‌افتد نه متغیرهای مستقل. مثلاً یک *راهکار* کارایی تعداد زیادی از چراغ‌ها را بهبود می‌دهد. اگر پس از اجرای *راهکار*، چراغ‌های بیشتری نصب شوند، تصحیحات غیرمعمول ایجاد شده است. *انرژی* برآورد شده از چراغ‌های اضافی به *انرژی خط مبنا* افزوده می‌شود، به طوری‌که *صرفه‌جویی‌های* واقعی *راهکار* را بتوان گزارش کرد.

معمولاً مقادیر *برآورد شده* برای استفاده در گزینه A طوری انتخاب می‌شود که اگر تغییراتی درون *مرز اندازه‌گیری* اتفاق افتاد، نیاز به تصحیحات نباشد (ر.ک. بخش ۴-۸-۱). بنابراین می‌توان با استفاده از گزینه A، از *تصحیحات غیر معمول* اجتناب کرد. برای مثال برای تعیین صرفه‌جویی‌های به وجود آمده از اجرای راهکار کارایی چیلر بر اساس گزینه A، بار سرمایشی چیلر به جای اندازه‌گیری، برآورد می‌شود. *افزودن به مایملک* پس از اجرای اصلاح، بار واقعی سرمایشی را درون مرز اندازه‌گیری افزایش

[36] - Mariginal Price

می‌دهد ولی چون گزینه A با استفاده از بار سرمایشی ثابت انتخاب شده، صرفه‌جویی‌های گزارش شده بدون تغییر باقی می‌ماند. استفاده از گزینه A، از نیاز به *تصحیحات غیر معمول* جلوگیری می‌کند.

شرایط *خط مبنا* باید در *طرح M&V* کاملاً مستند شود تا امکان شناسایی تغییرات در *عوامل ثابت* و ایجاد *تصحیحات غیر معمول* مناسب فراهم شود. داشتن روش ردگیری و گزارش دهی تغییرات این عوامل ثابت یکسان مهم است. این ردگیری شرایط ممکن است از طریق یک یا چند نفر از افراد زیر ارائه شود: مالک سایت، طرف عامل ایجاد صرفه‌جویی یا شخص صحه گذار شخص ثالث. در *طرح M&V* باید مشخص شود چه کسی مسئول ردگیری و گزارش هر عامل ثابت می‌باشد.

اگر نوع تغییرات آتی بتواند پیش بینی شوند، روش‌های ایجاد *تصحیحات غیر معمول* متناسب باید در *طرح M&V* ذکر شود.

تصحیحات غیر معمول از تغییرات فیزیکی واقعی یا مفروض در تجهیزات یا عملیات (عوامل ثابت) تعیین می‌شوند. گاهی اوقات ممکن است کمی کردن تاثیر تغییرات سخت باشد، مثلا اگر تغییرات متعدد باشند یا به خوبی مستند نشده باشند. اگر از ثبت مصرف انرژی *سایت* برای کمی کردن تاثیر چنین تغییراتی استفاده می شود، ابتدا باید توسط شیوه‌های گزینه B، تاثیر *راهکارها* بر مصرف انرژی *مایملک* حذف شود. اگر از کنتور *انرژی سایت* برای کمی کردن تاثیر تغییرات عوامل ثابت هم استفاده می‌شود، گزینه C نمی‌تواند برای تعیین صرفه‌جویی مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۸ نقش عدم قطعیت (صحت)

اندازه‌گیری هر کمیت فیزیکی شامل خطاهایی است چرا که هیچ دستگاه اندازه‌گیری ٪۱۰۰ صحیح نیست. خطاها ناشی از تفاوت بین مصرف انرژی مشاهده شده و واقعی هستند. در فرآیند تعیین *صرفه‌جویی‌ها*، خطاها مانع از تعیین دقیق *صرفه‌جویی‌ها* می‌شوند. معادله ۱) معمولاً شامل حداقل دو مورد از این خطاهای اندازه‌گیری (*انرژی دوره های خط مبنا و گزارش‌دهی*) و هر گونه خطای موجود در تصحیحات محاسبه شده می‌شود. برای اطمینان از این‌که برایند خطا (عدم قطعیت) برای کاربران گزارش *صرفه‌جویی* قابل قبول باشد، باید یقین داشت که هنگام تدوین و اجرای *طرح M&V* خطاهای ذاتی اندازه‌گیری و تحلیل مدیریت شوند.

ویژگی‌های فرآیند تعیین *صرفه‌جویی‌ها* که باید با دقت بررسی شوند تا صحت و عدم قطعیت مدیریت شود عبارتند از:

- دستگاه‌های اندازه گیری - خطای تجهیزات اندازه‌گیری ناشی از کالیبراسیون، اندازه‌گیری غیر دقیق، یا انتخاب، نصب یا عملیات نامناسب کنتور می‌باشد.
- مدل‌سازی – ناتوانی در پیدا کردن مدل ریاضی که به طور کامل همه تغییرات مصرف انرژی را به حساب آورد. خطای مدل‌سازی می‌تواند به دلیل شکل عملیاتی نامناسب، در نظرگرفتن متغیرهای نامرتبط، یا در نظر نگرفتن متغیرهای مربوط باشد.
- نمونه‌برداری – استفاده از یک نمونه به عنوان نماینده کل جمعیت بخش‌ها یا موارد یا وقایع برای نمایش کل جمعیت، در موارد زیر می‌تواند ایجاد خطا کند: تغییر در مقادیر درون جمعیت یا نمونه‌برداری جانب‌دارانه. نمونه برداری[۳۷] ممکن است به صورت فیزیکی (مثلا فقط ٪ ۲ چراغ‌ها اندازه‌گیری شوند) یا به صورت زمانی(اندازه‌گیری آنی فقط یک‌بار در ساعت) انجام شود.
- *اثرات متقابل* (بیرون *مرز اندازه‌گیری*) که به طور کامل در روش محاسبه *صرفه‌جویی‌ها* لحاظ نشده‌اند.
- *برآورد* پارامترها به جای اندازه‌گیری در گزینه A. می‌توان تفاوت بین مقدار *برآورد* شده پارامتر و مقدار واقعی آن را از طریق بازبینی دقیق طراحی *راهکار*، برآورد دقیق پارامتر و بازرسی دقیق *راهکار* پس از اجرا به حداقل رساند.

روش‌های تعیین مقدار، ارزیابی و کاهش برخی از این عدم قطعیت‌ها در پیوست ب تشریح شده است. پیوست ج برخی مراجع از مناطق مختلف را درباره کاربرد روش‌های استاندارد تحلیل خطا برای تعیین متداول صرفه‌جویی‌ها برمی‌شمارد. این ابزار

[۳۷] در این پروتکل نمونه برداری، نه به شیوه‌های آماری سخت‌گیرانه ، بلکه به بهترین شیوه‌ها مانند آن‌چه که در پیوست ب-۳ ذکر شده ، اشاره دارد.

تعیین مقدار فقط باید برای تدوین *طرح M&V* استفاده شوند تا عدم قطعیت ذاتی موجود در مشخصات برنامه *M&V* انتخابی آزموده شود.

در طول فرآیند *طراحی M&V* باید *صحت* مورد قبول کاربران در خصوص صرفه‌جویی‌ها تعیین شود. بند ۸-۵ برخی موضوعات مربوط به تعیین سطح درست عدم قطعیت را برای هر *راهکار* یا پروژه تشریح می‌کند. پیوست ب-۱-۲ تعیین می‌کند که *صرفه‌جویی‌ها* تا چه حد باید نسبت به تغییرات آماری در داده‌های خط مبنا بزرگ باشند تا گزارش‌های *M&V* معتبر باشند.

صحت هر مقدار اندازه‌گیری‌شده به صورت مناسب در قالب بازه‌ای نشان داده می‌شود که انتظار می رود مقدار واقعی با سطح معینی از اطمینان در آن قرار گیرد. مثلاً یک کنتور ممکن است مصرف را به صورت ۵۰۰۰ واحد با دقت ±۱۰۰ واحد و اطمینان ٪ ۹۵ اندازه‌گیری کند. این عبارت به این معناست که انتظار می‌رود ٪۹۵ قرائت‌های مقدار واقعی مشابه بین ۴۹۰۰ و ۵۱۰۰ واحد باشد.

در تعیین *صرفه‌جویی‌ها*، کمی کردن بسیاری عوامل عدم قطعیت و اغلب نه همه آن‌ها امکان پذیر است. بنابراین هنگام طراحی یک فرآیند *M&V*، هم عوامل عدم قطعیت قابل کمی شدن و هم عناصر کیفی عدم قطعیت گزارش می‌شوند. هدف، شناسایی و گزارش دهی کیفی یا کمی همه عوامل عدم قطعیت است.

وقتی *دقت*[38] *را* در هر گزارش *صرفه‌جویی* تشریح می‌کنید، *صرفه‌جویی‌ها* را با *ارقام بامعنی* بیشتر از حداقل تعداد *ارقام بامعنی* موجود در مقادیر اندازه‌گیری شده، برآورد شده یا ثابت استفاده شده در فرآیند کمی کردن، گزارش ندهید. ر.ک. بند ۸-۱۲.

۸-۴ هزینه

هزینه تعیین *صرفه‌جویی‌ها* به عوامل زیادی وابسته است مثل:

- گزینهIPMPV انتخاب شده،
- تعداد *راهکارها* و پیچیدگی و مقدار برهمکنش میان آن‌ها
- تعداد جریان‌های انرژی درون *مرز اندازه‌گیری* در گزینه‌هایA، B یا D وقتی که فقط به یک سیستم وارد می‌شود،
- مقدار جزئیات و تلاش مرتبط با تعیین *خط مبنای* موردنیاز برای گزینه انتخاب شده،
- تعداد و پیچیدگی تجهیزات اندازه‌گیری (طراحی، نصب، نگهداری، کالیبراسیون، قرائت، حذف)،
- میزان نمونه‌های استفاده شده به عنوان نماینده اندازه‌گیری تجهیزات ،
- میزان مهندسی مورد نیاز برای تعیین و پشتیبانی *برآوردهای* استفاده شده در گزینه‌های D یا A،
- تعداد و پیچیدگی *متغیرهای مستقلی* که در مدل‌های ریاضی به حساب می‌آیند،
- طول *دوره گزارش‌دهی*،
- الزامات صحت،
- الزامات گزارش‌های *صرفه‌جویی‌ها*،
- فرایند *بازبینی* یا *صحه‌گذاری صرفه‌جویی‌های* گزارش شده، و
- تجربه و مهارت فنی افراد مجری تعیین صرفه‌جویی‌ها.

هزینه‌های *M&V* باید متناسب با میزان *صرفه‌جویی‌های* مورد انتظار، طول دوره بازگشت سرمایه *راهکار* و علاقه‌مندی کاربر گزارش در خصوص صحت، تناوب و مدت فرایند گزارش‌دهی باشد. این هزینه‌ها اغلب می‌تواند در اهداف دیگر مثل کنترل درحین کارکرد، بازخورد عملیاتی، یا صدور قبوض فرعی برای مستاجر یا دپارتمان، تقسیم شود. تعیین صحیح *صرفه‌جویی‌های* ایجاد شده توسط راهکارهایی که تکرار می‌شوند در پروژه‌های نمونه یا پژوهشی ممکن است هزینه ای بیشتر از هزینه معمول *M&V* داشته باشند. با این‌حال این پروتکل برای ارائه روش‌های متعدد ممکن برای مستندسازی نتایج یک *راهکار* نوشته شده، بنابراین کاربران می‌توانند رویه‌های M&V کم‌هزینه‌ای را تدوین کنند که اطلاعات کافی را به دست دهد.

[38] - Precision

کلیت بخشیدن به هزینه‌ها برای گزینه‌های مختلف سخت است، چون هر پروژه بودجه مخصوص به خود را دارد. به هرحال M&V باید متناسب با بودجه کلی برای *راهکار ها باشد* و نباید برای فراهم کردن قطعیت و اثبات پذیری کافی در *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده، هزینه بیشتر از میزان مورد نیاز تحمیل کند.

جدول ۴ عناصرمنحصر به فرد موثر بر هزینه‌های *M&V*

گزینه A	تعداد نقاط اندازه‌گیری، پیچیدگی برآورد، تناوب بازرسی‌ها در *دوره گزارش‌دهی*
گزینه B	تعداد نقاط اندازه‌گیری، طول *دوره گزارش‌دهی*
گزینه C	تعداد *عوامل ثابتی* که در طول *دوره گزارش‌دهی* باید ردگیری شوند، تعداد *متغیرهای مستقل* که برای *تصحیحات معمول* استفاده می‌شود.
گزینه D	تعداد و پیچیدگی‌های سیستم‌های شبیه‌سازی شده، تعداد اندازه‌گیری‌های میدانی موردنیاز برای تهیه داده‌های ورودی برای شبیه‌سازی کالیبره شده، مهارت متخصص شبیه‌سازی برای انجام کالیبراسیون.

جدول ۴ بر عوامل کلیدی موثر بر هزینه منحصر به هر گزینه یا آن‌چه که در بالا ذکر نشده تاکید می‌کند.

چون گزینه A به طور معمول *برآوردها* را در برمی‌گیرد، به شرط این‌که هزینه *برآوردها* و بازرسی به طور غیرعادی زیاد نباشد، نقاط اندازه‌گیری کمتر و هزینه کمتری را شامل می‌شود. روش‌های گزینه A معمولاً هزینه کمتر و عدم قطعیت بالاتری نسبت به روش‌های گزینه B دارند.

چون گزینه‌های A یا B اغلب شامل استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری جدید هستند، ممکن است هزینه نگهداری این تجهیزات موجب شود گزینه C برای *دوره‌های گزارش‌دهی* طولانی کم‌هزینه‌تر شود. ولی هزینه‌های کنتورهای اضافی برای گزینه‌های A یا B را می‌توان با اهداف دیگر پایش یا تخصیص هزینه تقسیم کرد.

اگر چند *راهکار* در یک سایت اجرا شوند، ممکن است استفاده از گزینه‌های C یا D کم هزینه‌تر از جداسازی و اندازه‌گیری آنها با گزینه‌های A یا B باشد.

مدل شبیه‌سازی گزینه D اغلب زمان‌بر و پرهزینه است. ولی مدل ممکن است کاربردهای دیگری مثل طراحی خود *راهکار*ها یا طراحی یک *سایت* جدید داشته باشد.

انتظار می‌رود در شروع *دوره گزارش‌دهی* هزینه‌های *M&V* در بالاترین حد خود باشد. در این مرحله از پروژه، فرایندهای اندازه‌گیری تصحیح می‌شوند و پایش صحیح عملکرد به بهینه کردن استفاده از *راهکار* کمک می‌کند. هزینه تعیین هر صرفه‌جویی باید متناسب با *صرفه‌جویی* مورد انتظار و تغییرات صرفه‌جویی‌ها باشد (ر.ک. بند ۸-۵).

پیمانکار اغلب تنها برای برخی شاخصهای عملکرد مسئول است. ممکن است لازم نباشد دیگر شاخص‌ها برای اهداف قراردادی اندازه‌گیری شوند، در عین حال ممکن است مالک سایت به اندازه‌گیری تمام شاخصها تمایل داشته باشد. در این حالت، مالک و پیمانکار هزینه‌های اندازه‌گیری را تقسیم می‌کنند.

۸-۵ متعادل‌سازی عدم قطعیت و هزینه

سطح قابل قبول عدم قطعیت در یک گزارش *صرفه‌جویی* با هزینه کاهش عدم قطعیت تا سطح متناسب با مقدار مورد انتظار *صرفه‌جویی* مرتبط است. به طور معمول، میانگین هزینه سالیانه *M&V* کمتر از٪ ۱۰ میانگین سالیانه *صرفه‌جویی‌هایی* است که ارزیابی می‌شوند. نامعلوم بودن مقدار *صرفه‌جویی* محدودیتی در بودجه *M&V*، که به نوبه خود تعیین کننده مقدار عدم قطعیت قابل قبول است، ایجاد می‌کند.

برای مثال، پروژه‌ای با *صرفه‌جویی* مورد انتظار ۱۰۰ هزار دلار در سال و هزینه ۵ هزار دلار در سال برای یک ***M&V*** مقدماتی در نظر بگیرید که دقتی بهتر از ۲۵۰۰۰± دلار در سال با اطمینان ۹۰٪ ندارد. برای بهبود دقت تا ۷۰۰۰± دلار، افزایش مخارج ***M&V*** تا ۱۰،۰۰۰ دلار در سال (۱۰٪ صرفه‌جویی‌ها) منطقی است، اما به ۲۰،۰۰۰ دلار در سال (۲۰٪) منطقی نیست.

سطح قابل قبول عدم قطعیت در فرایند گزارش‌دهی *صرفه‌جویی* اغلب موضوعی شخصی است که سخت‌گیرانه بودن آن به تمایل خواننده گزارش وابسته است. ولی کاهش عدم قطعیت نیازمند داده‌های عملیاتی بیشتر یا بهتر است. بهبود داده‌های عملیاتی موجب تنظیم دقیق *صرفه‌جویی‌ها* و بهبود دیگر متغیرهای عملیاتی می‌شود. درضمن ممکن است داشتن اطلاعات عملیاتی بیشتر به انتخاب اندازه تجهیزات برای توسعه کارخانه یا جایگزینی تجهیزات قدیمی کمک کند.

از آن جایی که در یک *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی*، داده‌های اندازه‌گیری ناشی از ***M&V*** در مقایسه با مقادیر مفروض *صرفه‌جویی*ها (که باید محافظه‌کارانه باشد) بهبود بازخورد ایجاد می کند، پرداختهای بالاتر ممکن می‌شود.

سرمایه‌گذاری‌های اضافی برای دستیابی به عدم قطعیت کمتر نباید از مقدار مورد انتظار تجاوز کند. این موضوع به طور دقیق‌تری توسط Goldberg (۱۹۹۶ b) تشریح شده است.

البته، همه عدم قطعیت‌ها نمی‌توانند کمی شوند (ر.ک. بخش ۸-۳). بنابراین هر دو عبارت کمی و کیفی عدم قطعیت باید در زمان توجه به هزینه گزینه‌های ***M&V*** هر پروژه در نظر گرفته شوند.

برای هر پروژه، سایت یا مالک سایت، یک طرح ***M&V*** بهینه وجود دارد. طرح ***M&V*** بهینه باید شامل توجه مکرر به حساسیت عدم قطعیت *صرفه‌جویی‌ها* و هزینه ***M&V*** *برای* هر پارامتر طراحی ***M&V*** باشد. پیوست ب روش‌های کمی‌سازی عدم قطعیت را ارائه می‌دهد. پیوست‌های ب-۵-۱ و ب-۵-۲ روش‌های ترکیب اجزای متعدد عدم قطعیت و تعیین معیارها یا اهداف عدم قطعیت را ارائه می‌دهد.

نباید انتظار داشت که همه *راهکار*ها سطح یکسانی از عدم قطعیت ***M&V*** را به دست دهند، زیرا عدم قطعیت متناسب با پیچیدگی *راهکار* و تغییرات در عملیات در طول هر دو *دوره خط مبنا و گزارش‌دهی* است. برای مثال، روش‌های گزینه A ممکن است موجب شود *صرفه‌جویی‌های* اصلاح روشنایی کارخانه صنعتی با عدم قطعیت کمتری نسبت به صرفه‌جویی‌های ناشی از اصلاح چیلر تعیین شوند، چون پارامترهای *برآورد شده* روشنایی ممکن است عدم قطعیت کمتری نسبت به پارامترهای *برآورد شده* تجهیزات چیلر داشته باشند.

طرح ***M&V*** در تعیین میزان اندازه‌گیری و هزینه‌های مرتبط، باید به میزان تغییر در مصرف *انرژی* درون *مرز اندازه‌گیری* توجه کند. برای مثال، ممکن است روشنایی داخلی در تمام سال به میزان ثابتی از برق استفاده کند که این به طور نسبی تعیین صرفه‌جویی‌ها را ساده کند، در حالی‌که بار گرمایش و سرمایش به صورت فصلی تغییر می‌کند که تعیین *صرفه‌جویی‌ها* را مشکل‌تر می‌سازد. راهنماهای عمومی زیر را برای ایجاد تعادل بین هزینه و عدم قطعیت در یک فرایند ***M&V*** در نظر داشته باشید[۳۹].

۱. **تغییر کم *انرژی* و *راهکار* کم ارزش**- بر پایه‌ی قاعده ۱۰٪ صرفه‌جویی، معمولاً *راهکار*های کم ارزش نمی‌توانند هزینه های ***M&V*** زیادی را توجیه کنند، بخصوص اگر تغییرات کمی در داده‌های *انرژی* مورد اندازه‌گیری وجود داشته باشد. در چنین موقعیت‌های ترکیبی، تمایل به استفاده ازگزینه A و *دوره‌های گزارش‌دهی* کوتاه وجود خواهد داشت، مثال این مورد: موتور فن اگزوز با سرعت ثابت که تحت بار ثابت طبق برنامه زمان‌بندی مدون عمل می‌کند.

۲. **تغییر زیاد *انرژی* و *راهکار* کم ارزش**- همانند مورد بالا، معمولاً *راهکار*های کم ارزش نمی‌توانند ***M&V*** زیادی را تامین کنند. ولی با میزان بالای تغییرات در داده‌های انرژی ممکن است استفاده از روش‌های اندازه‌گیری کل پارامترها، گزینه B برای دستیابی به عدم قطعیت موردنظر لازم باشد. ممکن است روش‌های نمونه برداری قادر به کاهش هزینه‌های گزینه B

[۳۹] هم‌چنین ر.ک. FEMP (2002).

باشد. بر پایه دستورالعمل عمومی بند ۴-۹ (که در آن *صرفه‌جویی‌ها* برای قابل اندازه‌گیری بودن باید از ٪۱۰ مصرف اندازه‌گیری شده بیشتر باشد) ممکن است استفاده ازگزینه C مطلوب نباشد.

۳. **تغییر کم *انرژی* و *راهکار* پرارزش**- با تغییرات کم در مصرف *انرژی*، اغلب میزان عدم قطعیت کم است، بنابراین روش‌های گزینه A می‌تواند مطلوب‌ترین باشد ولی چون *صرفه‌جویی‌های* مورد انتظار زیاد است، اگر بتوان هزینه‌های *M&V* را متناسب با *صرفه‌جویی‌ها* حفظ کرد، بهبودهای کوچک در *دقت* می‌تواند به مزایای مالی به اندازه کافی بزرگی بیانجامد که ارزش اندازه‌گیری و تحلیل دقیق‌تر داده‌ها را داشته باشد. مثلاً اگر *صرفه‌جویی‌های* حاصل از *راهکار*، سالیانه ۱میلیون دلار باشد، می‌توان تصمیم گرفت که با افزایش *دقت* و داده‌های عملیاتی، هزینه سالیانه *M&V* را از ۵۰۰۰ دلار به ۲۰،۰۰۰ دلار افزایش داد. در عین حال یک *راهکار* پر ارزش ممکن است با گزینه C قابل اندازه‌گیری باشد. اگر برای پایش عوامل ثابت و شناسایی نیاز به *تصحیحات غیر معمول* از روشهای ساده استفاده شود،گزینه C می‌تواند هزینه *M&V* را پایین نگه دارد.

۴. **تغییر زیاد انرژی و راهکار پرارزش**- در این حالت کاهش مناسب عدم قطعیت از طریق جمع‌آوری و تحلیل گسترده داده‌ها با استفاده از گزینه‌های B,A یا D ممکن می‌شود. ولی احتمالاً *صرفه‌جویی‌ها* در سوابق مصرف انرژی نشان داده می‌شود، از این رو ممکن است روش‌های گزینه C همراه با پایش دقیق عوامل ثابت برای شناسایی نیاز به *تصحیحات غیرمعمول* استفاده شود. *دوره گزارش‌دهی* ممکن است چندین چرخه عادی از عملیات *سایت* را در بر بگیرد.

۸-۶ صحه‌گذاری توسط یک بازرس مستقل

وقتی پیمانکاری توسط مالک *سایت* به کارگرفته شود تا *صرفه‌جویی‌های انرژی* را ایجاد کرده و گزارش دهد، ممکن است مالک به یک بازرس مستقل برای بازبینی گزارش‌های *صرفه‌جویی* نیاز داشته باشد. این بازرس مستقل باید کار خود را با بازبینی *طرح M&V* در مرحله آماده سازی آن شروع کند تا اطمینان حاصل کند که گزارش‌های *صرفه‌جویی*، انتظارات مالک را در خصوص عدم قطعیت برآورده می‌کند.

بازبینی مستقل می‌تواند *تصحیحات غیرمعمول* را هم بررسی کند. ولی بازبینی کامل *تصحیحات غیر معمول* نیازمند شناخت خوب از *سایت مشتری*، عملیات آن و روش‌های محاسباتی مهندسی انرژی است. در این صورت مالک *سایت* باید خلاصه هایی از تغییرات در *عوامل ثابت* را فراهم کند، به‌طوری که بازرس بتواند بر محاسبات مهندسی *تصحیحات غیر معمول* تمرکز کند.

در یک *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* لازم است طرفین باور داشته باشند که پرداخت‌های عملکرد بر پایه‌ی اطلاعات معتبر خواهد بود. حضور یک بازرس مستقل ممکن است برای اطمینان از اعتبار اندازه‌گیری‌ها و جلوگیری از اختلافات مفید باشد. اگر در طول *دوره گزارش‌دهی* اختلافی ایجاد شود، بازرس مستقل می‌تواند به حل آن کمک کند.

بازرسان مستقل معمولاً مهندسین مشاوری هستند که در خصوص *راهکارها*، *M&V* و *قراردادهای مبتنی برعملکرد انرژی* با تجربه و مطلع هستند. اکثر آن‌ها اعضای جامعه متخصصین صنایع، یا متخصصین پایش و صحه‌گذاری دارای گواهی (CMVP®) هستند.[۴۰]

۸-۷ داده‌ها برای تجارت انتشار کربن

انطباق باIPMVP می‌تواند باعث افزایش اطمینان نسبت به گزارش‌های *صرفه‌جویی انرژی* شود، که اطمینان نسبت به گزارش‌های مربوط به فروش کاهش انتشار کربن را هم افزایش می‌دهد.

---

[۴۰] Certified Measurement and Verification Professional -برنامه CMVP® یک فعالیت مشترک بین سازمان ارزیابی کارایی و انجمن مهندسین انرژی (AEE) است. این برنامه از طریق سایت EVO در www.evo-world.org قابل دسترسی است.

استفاده از IPMVP در تهیه *طرح M&V* خاص هر پروژه، یک‌پارچگی گزارش‌ها را بالا می‌برد و اعتبارسنجی و صحه‌گذاری پروژه‌های *صرفه‌جویی انرژی* را امکان‌پذیر می‌کند. ولی برای صحه‌گذاری اعتبار کاهش انتشار کربن، این پروتکل و *طرح M&V* باید همراه با راهنماهای خاص برنامه تجارت انتشار کربن برای تبدیل *صرفه‌جویی‌های انرژی* به معادل کاهش انتشارات کربن مورد استفاده قرار گیرند.

اگر در طراحی فرایند تعیین مقدار انرژی صرفه‌جویی شده، روش‌های گزارش‌دهی انرژی زیر مورد توجه قرار گیرند، تجارت انتشار کربن آسانتر خواهد شد.

- وقتی پروژه شامل تجارت NO_X یا ترکیبات آلی فرار (VOC) شود، *صرفه‌جویی‌های* برق باید به دوره‌های اوج مصرف و دوره‌های غیر اوج و فصل ازنی و فصل غیر ازنی تفکیک شوند. این دوره‌ها توسط برنامه تجارت انتشار مربوطه تعریف می‌شوند.
- کاهش خرید از شبکه برق باید به بخش ناشی از کاهش بار و بخش ناشی از افزایش تولید برق داخلی در *مایملک* تقسیم شود.
- ممکن است *خط مبنای تصحیح شده‌ای* که برای محاسبه *صرفه‌جویی‌های* انرژی استفاده شده برای متناسب شدن با الزامات برنامه خاص تجارت انتشار، نیازمند تغییری باشد. برای تجارت انتشار، لازم است در*خط مبنای تصحیح شده* درنظر گرفته شود که آیا *راهکار*ها نسبت به رفتار عادی، "اضافی" یا "مازاد" هستند یا خیر. اگر *راهکار*ها ناشی از "کسب و کار عادی[41]" یا منطبق با مقررات موجود باشند، ممکن است برای تجارت انتشار مجاز نباشند. قواعد خط‌مبنا توسط برنامه تجارت انتشار آلایندگی مربوطه تعریف شده‌اند. برای مثال، وقتی استاندارد حداقل کارایی تجهیزات، حاکم بر بازار تجهیزات باشد، این استانداردها خطوط مبنا را برای تعیین مقادیر انتشار قابل فروش تعریف می‌کنند.
- اگر در یک پروژه خط‌مرز یک منبع توان را در بر گیرد یا اگر مقادیر انتشار بتوانند خارج بخش هم هوای تحت مطالعه باشند، صرفه‌جویی‌های انرژی را برحسب سایت جداسازی کنید.
- اگر نرخ‌های انتشار مختلف برای هر وسیله احتراقی به کار رود *صرفه‌جویی‌های* سوخت را بر حسب نوع سوخت یا بویلر تفکیک کنید.

معمولاً هر سیستم تجارت انتشار اصول خاص خود را پیرامون عوامل انتشار دارد که باید برای *صرفه‌جویی‌های* انرژی به کار رود. برای *صرفه‌جویی‌های* سوخت، اگر هیچ تجهیز اندازه‌گیری انتشار در محل وجود ندارد، نرخ انتشار پیش‌فرض می‌تواند به کار رود. برای صرفه‌جویی‌های برق هم می‌توان برای تعیین نرخ انتشار شبکه برق، مقادیر پیش فرض ارائه کرد. از سوی دیگر مصرف‌کنندگان هم ممکن است با پیروی از اصول شناخته شده‌ای همچون آن دسته اصولی که به عنوان بخشی از راهنماهای پروژه‌های برق متصل به شبکه (WRI 2007) چاپ شده اند، نرخ انتشار را برای صرفه‌جویی‌های برق تعیین کنند.

۸-۸ حداقل شرایط عملیاتی

برنامه کارایی انرژی نباید بدون توافق ساکنین ساختمان یا مدیران فرآیند صنعتی، مصرف *تاسیساتی را* که به آن اعمال می‌شود تحت تاثیر قرار دهد. پارامترهای کلیدی مصرف ممکن است شامل: سطح روشنایی، دما، میزان تهویه، فشار هوای فشرده، فشار و دمای بخار، دبی آب، میزان تولید و غیره باشد.

طرح M&V باید حداقل شرایط عملیاتی مورد توافق که حفظ خواهد شد را ثبت کند (ر.ک. فصل ۵).

جلد دوم IPMVP، مفاهیم و رویه‌های بهبود کیفیت محیط زیست داخلی، روش‌های پایش شرایط فضای داخلی را در یک برنامه کارایی انرژی پیشنهاد می‌کند.

[41] - Business as usual

۸-۹ داده‌های آب و هوایی

اگر از اندازه‌گیری‌های ماهیانه انرژی استفاده می‌شود، داده‌های آب و هوایی باید روزانه ثبت شوند، به این ترتیب این اندازه‌گیری‌ها می‌تواند با تاریخ واقعی قرائت کنتور انرژی تطبیق داده شود.

برای تحلیل روزانه یا ماهیانه، معمولاً داده‌های آب و هوایی منتشر شده توسط دولت صحیح‌تر و قابل تاییدتر هستند. ولی داده‌های آب و هوایی منابع دولتی ممکن است به اندازه داده‌های آب و هوایی پایش شده در سایت سریعاً قابل دسترس نباشند. اگر از تجهیزات پایش آب و هوا در سایت استفاده می‌کنید، باید مطمئن باشید که آن‌ها به صورت منظم و دقیق کالیبره باشند.

هنگام تجزیه و تحلیل پاسخ مصرف انرژی به شرایط آب و هوایی در مدل‌سازی ریاضی، داده‌های دمای میانگین روزانه یا *درجه‌روز*[۴۲] می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۱۰ استانداردهای حداقل انرژی

اگر به دلیل الزامات قانونی و یا استانداردهای کاربردی مالک *سایت*، مقدار معینی از کارایی مورد نیاز باشد، *صرفه‌جویی‌ها* ممکن است بر پایه تفاوت بین انرژی *دوره گزارش‌دهی* و آن استاندارد کمینه باشد. در این حالت ممکن است *انرژی دوره خط‌مبنا* برابر و یا کمتر از استانداردهای کمینه *انرژی* قابل کاربرد تعیین شود.

۸-۱۱ موارد مرتبط با اندازه‌گیری

استفاده مناسب از کنتورها برای کاربردهای خاص، خود یک علم است. مراجع بیشماری برای این منظور موجودند (ر.ک. بخش ۱۰-۲). وب سایت EVO شامل مراجع جاری مرتبط با روش‌های اندازه‌گیری است.

جدول ۵ در زیر، برخی انواع اصلی کنتورها را معرفی کرده است و نظریاتی از موضوعات *M&V* را برای برخی از آن‌ها ارائه کرده است. این جدول نباید کامل و قطعی در نظر گرفته شود.

۸-۱۱-۱ خطاهای جمع‌آوری داده‌ها و داده‌های از دست رفته

هیچ فرآیند جمع‌آوری داده ای بدون خطا نیست. روش‌های جمع آوری داده‌های *دوره گزارش‌دهی* بر حسب درجه سختی و در نتیجه مقدار داده‌های نادرست یا از دست رفته احتمالی متفاوت هستند. *طرح M&V* باید بالاترین میزان قابل قبول از دست دادن داده‌ها و چگونگی اندازه‌گیری آن‌ها را ایجاد کند. این مقدار باید بخشی از صحت کلی مورد نظر باشد. مقدار از دست دادن داده‌ها به صورت قابل ملاحظه‌ای هزینه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین طرح *M&V* باید روشی را تعیین کند که در آن داده‌های نادرست یا از دست رفته مربوط به *دوره گزارش‌دهی*، از طریق روش درون‌یابی[۴۳] برای تجزیه و تحلیل نهایی بازسازی شوند. در چنین مواردی برای درون‌یابی بین نقاط داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه *صرفه‌جویی‌های* هر دوره، به مدل‌های *دوره گزارش‌دهی* نیاز است.

باید توجه داشت که داده‌های *خط‌مبنا* شامل وقایع حقیقی درباره *انرژی* و *متغیرهای مستقلی* که در *دوره خط مبنا* وجود داشته اند، می‌باشد. بنابراین مگر زمانی‌که از گزینه D استفاده می‌شود، مشکلات داده‌های *خط مبنا* نباید با داده‌های مدل‌شده جایگزین شوند. اگر داده‌های *خط مبنا* از بین بروند و یا ناکافی باشند، باید به دنبال داده‌های واقعی دیگری برای جایگزین کردن آن‌ها بود یا دوره *خط مبنا* را طوری تغییر دادکه تنها حاوی داده‌های واقعی باشد. طرح M&V باید منبع تمامی داده‌های خط مبنا را ثبت کند.

---

[42] - Degree day

[43] - Interpolation

جدول ۵ انواع کنتورهای کلیدی– قسمت اول

کاربرد	رده کنتور	نوع کنتور	صحت معمول	هزینه نسبی	بهترین استفاده‌ها	موضوعات خاص M&V
جریان AC (آمپر)	ترانسفورمر جریان (CT)	توروئید صلب یا ترانسفورمر هسته شکافته	<۱٪			اگر فاکتور توان کمتر از ۱۰۰٪ باشد یا اعوجاج در موج سینوسی وجود داشته باشد، استفاده نمی‌شود
ولتاژ AC (ولت)	کابل‌های ولتاژ یا "ترانسفورمر پتانسیل" (PT)	توروئید صلب یا ترانسفورمر هسته شکافته				
توان الکتریکی AC (وات) یا انرژی AC (وات ساعت)	واتسنج rms واقعی یا واتساعت‌سنج	اندازه‌گیری وات (یا آمپر ولت و ضریب توان) و وات ساعت. استفاده از نمونه‌برداری دیجیتالی (IEEE 519-1992) برای اندازه گیری درست شکل موج معوج استفاده شود.				برای بارهای القایی (مانند موتورها، بالاست‌ها) یا مدارهایی با هارمونیک‌های ناشی از اجزایی مانند درایو سرعت متغیر، ضروری است.
زمان کارکرد (ساعت)	اندازه‌گیری و ثبت دوره‌های عملیاتی تجهیزات	کار با باتری		کم‌هزینه تر نسبت به ثبت واتساعت	ثبت دوره‌های روشنایی	برای تجهیزاتی که نرخ مصرف توان ثابتی در زمان روشن بودن دارند
دما (درجه)	آشکارساز دمای مقاومتی (RTD)		معقول	کم‌هزینه	هوا و آب	به طور وسیعی استفاده می‌شود. باید دقت کرد تا طول کابل‌های مختلف جبران شوند.
	ترموکوپل		بالا	بالا		محدوده باریک. مناسب برای اندازه‌گیری انرژی گرمایی. نیازمند تقویت کننده سیگنال

کاربرد	رده کنتور	نوع کنتور	صحت معمول	هزینه نسبی	بهترین استفاده ها	موضوعات خاص M&V
رطوبت (٪)						نیازمند تکرار منظم کالیبراسیون
جریان مایع (واحد بر ثانیه)	وارد شونده	اختلاف فشار	۱ تا ۵٪ از حداکثر			
		جابجایی مثبت	<۱٪			
		توربین، یا توربین جاسازی در حین عملیات[۴۴]	<۱٪		سیال پاک، لوله مستقیم	
		ریزش گردابی	بالا			
	غیر وارد شونده	مافوق صوت	<۱٪		لوله مستقیم	اندازه‌گیری نقطه‌ای جریان
		مغناطیسی		بالا		
		ظرف و زمان‌سنج		کم	بخار متراکم شده، لوله‌کشی فیکسچر خروجی	اندازه‌گیری لحظه‌ای جریان
فشار						
انرژی گرمایی	ثبت و محاسبه بسته جریان و دما	از سنسورهای صحیح دما و جریان استفاده می‌کند. برای بخار ممکن است نیازمند سنسورهای فشار و دما باشد	<۱٪	بالا		از سنسورهای مناسب برای اندازه‌گیری اختلاف دما استفاده شود. همه منابع احتمالی خطا به دقت مدیریت شوند.

[44]- Hot tap insertion turbine

۸-۱۱-۲ استفاده از سیستم کنترل در جمع‌آوری داده‌ها

یک سیستم کنترل کامپیوتری می‌تواند اکثر پایش‌های ضروری برای جمع‌آوری داده‌ها را تامین کند. گرچه سخت‌افزار و نرم‌افزار سیستم باید بدون کند شدن پردازش کامپیوتری، مصرف بیش از حد پهنای باند ارتباطی یا ذخیره‌سازی بیش از حد، قادر باشد تا کنترل و جمع‌آوری داده‌ها را به صورت هم‌زمان اجرا کند.

ممکن است برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده برای کنترل مفید نباشند: مثل اندازه‌گیری توان برق. ممکن است تعیین روند توان کم، روشنایی و مصرف توان ورودی اصلی در تعیین *صرفه‌جویی‌ها* با کیفیت بالا و بازخورهای عملیاتی بسیار سودمند باشد، اما برای کنترل هم‌زمان[۴۵] بی‌فایده باشد.

نرم‌افزار سیستم کنترل اغلب می‌تواند کارهای دیگری هم‌چون ثبت خودکار تغییرات نقاط تنظیم را انجام دهد تا به ردگیری تغییرات بوجود آمده در عوامل ثابت در *دوره گزارش‌دهی* کمک کند.

کارمندان *سایت* باید برای استفاده از این سیستم به طور مناسبی آموزش داده شوند تا به شرطی که سیستم ظرفیت اضافی برای تعیین روند را داشته باشد، بتوانند روندهای مورد نیاز خود را برای تشخیص مشکلات سیستم تعریف کنند. ولی اگر پیمانکار مسئول برخی عملیات تحت کنترل سیستم باشد، ترتیبات امنیتی باید اطمینان دهد که افراد تنها به فعالیتهایی دسترسی داشته باشند که برای آن دارای صلاحیت و مجوز باشند.

تیم طراحی و پایش سیستم کنترل ممکن است تنها یک ارتباط مستقیم **فقط خواندن**[۴۶] را از طریق ارتباط مودم با سیستم داشته باشد، به طوری که به راحتی بتواند روند داده‌ها را از دفتر خود بازرسی کند. ولی در این وضعیت باید ملاحظات برای حمله های احتمالی ویروسی و امنیت کامپیوتر در نظر گرفته شود.

سیستم‌های کنترل می‌توانند مصرف انرژی را با قابلیت تعیین روند خودشان ثبت کنند. ولی برخی سیستم‌ها رخ دادن "تغییر مقدار[۴۷]" (COV) را ثبت می‌کنند که بدون ردگیری فواصل زمانی بین تک‌تک رخ دادهای"تغییر مقدار" (COV)، به صورت مستقیم در محاسبه *صرفه‌جویی‌های* انرژی استفاده نمی‌شود (کلاریج و همکاران ۱۹۹۳، هاینه‌مه‌یر و اکبری ۱۹۹۳). برای راندن تعیین روند به سمت فواصل منظم‌تر، تنگ کردن حدود "تغییر مقدار" (COV) امکان پذیر است، اما این امر می‌تواند منجر به ایجاد بار اضافه برای سیستم‌هایی شود که برای چنین حجم داده‌ای طراحی نشده اند.

در موارد زیر باید مراقبت بیشتر به عمل آورد:

- دسترسی به کنترل و/یا تغییرات در ثبت روند سیستمی که داده‌های انرژی از آن استخراج می شوند.
- تدوین روالهای پس از پردازش برای تغییر هر گونه داده‌های کنترل- سیستم COV به داده‌های سری زمانی برای انجام تجزیه و تحلیل.
- دریافت موارد زیر از تامین کننده سیستم کنترل:
  - کالیبراسیونهای قابل ردیابی به استاندارد برای همه سنسورهایی که تامین می‌کند،
  - شواهد صحت الگوریتم اختصاصی که برای محاسبه و/یا جمع کردن پالس‌ها به کار می‌رود و واحدهای آن (در حال حاضر هیچ استاندارد صنعتی برای انجام این تحلیل وجود ندارد) (اسپارکس و همکاران ۱۹۹۲)، و
  - تعهد به کفایت ظرفیت پردازش و ذخیره برای اداره روند داده‌ها در هنگام پشتیبانی کارهای کنترل سیستم

---

[45] - Real- time

[46] - Read- Only

[47] - Change of Value (COV)

۸-۱۲ ارقام با معنی

در زمان اجرای هر محاسبه عددی، باید به صحت ذاتی داده‌های آن توجه شود طوری که نتایج، صحتی بالاتر از آن چه که قابل دفاع است، پیش فرض نکند. به این دلیل مهندسین، استانداردی را برای قواعد گردکردن اتخاذ کرده‌اند که تفکیک‌پذیری نتایج را به آن چه توسط داده‌ها پشتیبانی می‌شود، محدود می‌کند. بنابراین این پروتکل قواعد زیر را اتخاذ کرده تا اطمینان دهد که تمام محاسبات تحت این استاندارد با منطبق با استانداردهای سخت صحت انجام می‌شوند.

قاعده ارقام بامعنی از مفهوم " مشتق کامل" در حسابان آمده است.

به عنوان یک تابع دو متغیری، مشتق کامل به این صورت نشان داده می‌شود:

$$df(x,y)=\frac{\partial f}{\partial x}.dx+\frac{\partial f}{\partial y}.dy \qquad (۱-۳$$

اگر خطاهای مطلق Δy و Δx به جای تغییرات جزیی dx و dy قرار بگیرند، معادله زیر حاصل می‌شود:

$$df(x,y)=\frac{\partial f}{\partial x}.\Delta x+\frac{\partial f}{\partial y}.\Delta y \qquad (۲-۳$$

طبق معادله ۳-۲، می‌توان حدود خطاهای مطلق را محاسبه کرد. اگر خطای مطلق بزرگتر یا مساوی ۱± واحد از کوچکترین رقم بامعنی باشد، قواعد ارقام بامعنی با معادله ۳-۲ هماهنگ خواهد بود.

برای محاسبه ارقام بامعنی یک عدد، کافی است تعداد ارقام را با نادیده گرفتن هر صفر (بدون علامت اعشار) جلو یا انتهایی در ارقام یکان را شمرد. هر صفر انتهایی که در سمت چپ یا راست ممیز اعشار قرار دارد، بامعنی در نظر گرفته می‌شود.

عملیات ریاضی[۴۸]	قاعده
جمع / تفریق[۴۹] **X + Y**	گرد کردن (به بالا یا پایین بسته به تناسب) نتیجه در سمت راست ممیز (کوچکترین واحد) وقتی که همه اعداد دارای یک رقم مشترک هستند. تعداد ارقام بامعنی، کل ارقام نتیجه خواهد بود.
ضرب / تقسیم [۲۸] **X × Y**	تعداد ارقام بامعنی در نتیجه، برابر با کمترین تعداد ارقام بامعنی هر یک از اعداد ورودی است.
توان x^a	تعداد ارقام با معنی برابر با تعداد ارقام با معنی ورودی است.

۸-۱۲-۱ مثال‌ها

اعداد:

- ۰۰۱۲۳ ← ۳ رقم با معنی
- ۱۲۳۰۰ ← ۳ رقم با معنی (زیرا این‌گونه نمایش داده می‌شود ۱/۲۳ × ۱۰^۴).
- ۱۲۳۰۰/ ← ۵ رقم بامعنی (زیرا این‌گونه نمایش داده می‌شود ۱/۲۳۰۰ × ۱۰^۴).

[۴۸] قواعد اضافی برای توابع لگاریتمی و نمایی وجود دارد که در اینجا ذکر نشده است.

[۴۹] هندبوک استاندارد Mark برای مهندسین مکانیک، ویرایش ۸، صفحات ۲-۲ تا ۲-۳

- ۱۲۳۰۰/۰۰۰← ۸ رقم با معنی.
- ۱۲۳۰۰/۰۱۲ ← ۸ رقم با معنی.

جمع:

۰/۲۰۵۶
۲/۵۷۲
۱۴۴/۲۵
+ ۸۷۶/۱
۱۰۲۳/۱ تعداد ارقام بامعنی ۵ است.

ضرب:

- ۱۲/۳۴۵ ×۰/۰۳۶۹ = ۰/۴۵۶
- ۵۶/۰۰۰×۰/۰۰۷۸۵۲۱۲ = ۰/۴۳۹۷۲

توان:

- ۳/۰۰ $^{\pi}$ =۳۱/۵ (۳ رقم با معنی ورودی، ۳ رقم خروجی ایجاد می‌کند)

برای اطمینان از ثبات و تکرارپذیری، تمام محاسبات باید پیش از به کارگیری این قواعد به وسیله عملیات ریاضی انجام شوند. برای مثال اگر یک موتور با سرعت ثابت ۳۲/۱kW سالیانه ۴۵۶۴ ساعت کار کند، و نرخ برق آن ۰/۰۷۱۲ دلار به ازای هر kWh باشد. هزینه انرژی برق برابر **نیست** با

$$32.1kW \times 4564\ hrs = 146,504\ .kWh \rightarrow 147,000\ .kWh$$

$$147,000\ .kWh \times \frac{\$0.0712}{kWh} = \$10,466 \rightarrow \$10,500$$

در عوض محاسبه درست این است که همه ضرب و تقسیمها با هم انجام شوند.

$$32.1kW \times 4564\ hrs \times \frac{\$0.0712}{kWh} = \$10,431 \rightarrow \$10,400$$

باید به خاطر داشت که قواعد ارقام بامعنی به خوبی با هم مخلوط نمی‌شوند. پیش از انجام نوع عمل بعدی باید تمام محاسبات را با "عملیات ریاضی" انجام داد.

۸-۱۲-۲ موارد خاص

برخی اعداد حتی اگر بتوان با آن‌ها مثل یک عدد صحیح برخورد کرد، با ارقام بامعنی محدود نمایش داده می‌شوند. اعداد صحیح، ارقام با معنی نامحدودی دارند. نرخ برق می‌تواند مثالی از یک عدد صحیح باشد. اگر قیمت محلی برق یک شرکت ۰/۰۶$ به ازای هر kWh باشد و شرکت X طی یک ماه ۷۲۵۶۹۱/۰kWh برق مصرف کرده باشد، قبض برق با استفاده از قواعد ضرب بالا ۴۳۵۴۱/۴۶$ می‌شود نه ۴۰۰۰۰$. دلیل این امر این است که نرخ برق یک عدد صحیح است... به عبارتی می‌شود آن را به صورت$\overline{0.0600}$ به ازای هر کیلو وات ساعت نشان داد. هیچ خطای اندازه‌گیری در نرخ برق وجود ندارد.

مثال دیگر شامل متغیرهای زمانی است. اگر برای شرکت x صرفه‌جویی سالانه انرژی ۱/۱۵ میلیون دلار برای مدت ۳ سال ضمانت شده باشد، کل صرفه‌جویی آن ۳/۴۵ میلیون دلار می‌شود نه ۳ میلیون دلار. یک متغیر زمانی یک عدد صحیح است مگر آن‌که با ممیز نمایش داده شده باشد.

باید مراقب تشخیص این اعداد در محاسبات M&V باشیم در غیر این صورت دقت نتایج ممکن است به خطر بیافتد.

فصل ۹ تعاریف

ایتالیک بودن برخی اصطلاحات در متن به این معناست که آن‌ها دارای معانی زیر هستند:

اثرات متقابل: اثرات *انرژی* که به وسیله یک *راهکار* بوجود آمده اما درون *مرز اندازه‌گیری*، اندازه‌گیری نشده‌اند.

آمار t: ر.ک. پیوست ب-۲-۲-۳.

ارقام با معنی: ارقام غیر صفر، و صفرهایی که در سمت چپ خود ارقام غیر صفر دارند. باید توجه داشت که همه اعداد صحیح (اعدادی که ممیز ندارند) دارای ارقام بامعنی نامحدود هستند. تمام ارقامی که آخر آنها صفر است ارقام بامعنی نامشخص دارند (ر.ک. بند ۸-۱۲). هم‌چنین باید به خاطر داشت که هنگام جمع کردن اعداد، قاعده ارقام بامعنی به وسیله قاعده تعداد ارقام بعد از ممیز اعشار جایگزین می‌شود. تعداد چنین ارقامی در هر جمعی باید با با تعداد کمترین ارقام مطابقت داشته باشد.

انحراف استاندارد: ر.ک. پیوست ب-۱-۳.

اندازه‌گیری: جمع‌آوری داده‌های انرژی یک *سایت* در طول زمان با استفاده از وسایل اندازه‌گیری.

اندازه‌گیری و صحه‌گذاری (M&V): فرایند استفاده از اندازه‌گیری‌ها به منظور تعیین قابل اعتماد صرفه‌جویی‌های واقعی که به وسیله اجرای *برنامه مدیریت انرژی* در یک *مایملک* حاصل شده است. چون *صرفه‌جویی‌ها* عدم مصرف *انرژی* را نشان می‌دهند، نمی‌توانند مستقیماً اندازه‌گیری شوند. در عوض، *صرفه‌جویی‌ها* با مقایسه مصرف اندازه‌گیری شده قبل و بعد از اجرای یک پروژه به همراه اعمال تصحیحات مناسب برای تغییرات در شرایط، تعیین می‌شوند. هم‌چنین ر.ک. فصل ۲.

انرژی: مصرف انرژی یا آب یا دیماند.

انرژی خط‌مبنا: مصرف انرژی که در طول *دوره زمانی خط مبنا* بدون تصحیحات اتفاق می‌افتد.

انرژی خط‌مبنای تصحیح شده: مصرف *انرژی* در *دوره خط مبنا*، که به یک سری شرایط عملیاتی متفاوت تصحیح شده باشد.

برآورد: فرآیندی است که در *دوره‌های خط‌مبنا و گزارش‌دهی*، از طریق روش‌هایی به غیر از اندازه‌گیری برای تعیین یک پارامتر در محاسبه *صرفه‌جویی‌ها* استفاده می‌شود. این روش‌ها ممکن است از فرضیات اختیاری تا برآوردهای مهندسی که از تعیین نرخ عملکرد تجهیزات توسط سازنده استخراج شده اند، متغیر باشد. برای انطباق با IPMVP، اگر آزمون‌های عملکرد تجهیزات در طول دوره گزارش‌دهی انجام نشده باشند ، برآورد به حساب می آیند.

مایملک(Facility): یک ساختمان یا سایت صنعتی که شامل چندین سیستم انرژی بر است. شاخه یا بخشی از یک *سایت* بزرگتر اگر دارای کنتورهای جداگانه‌ای برای اندازه‌گیری کل *انرژی* خود به صورت مجزا باشد، می‌تواند به عنوان یک *مایملک* تلقی شود.

تحلیل رگرسیون: یک روش ریاضی که برای توصیف ارتباط *متغیرهای* اندازه‌گیری شده *مستقل* و متغیرهای وابسته(معمولاً داده‌های انرژی)، پارامترها را از مجموعه‌ای از داده‌ها استخراج می‌کند. ر.ک. پیوست ب-۲.

تصحیحات خط مبنا: *تصحیحات غیر معمول* (بند ۴-۶ و ۸-۲) که در *دوره گزارش‌دهی* از تغییرات در هر یک از ویژگی‌های موثر بر *انرژی مایملک* درون *مرز اندازه‌گیری* برمی‌آید، به جز *متغیرهای مستقل* که برای تصحیحات معمول استفاده می‌شوند.

تصحیحات غیر معمول(Non-Routine adjustments): محاسبات مهندسی مجزا در معادله ۱ الف) در فصل۴ برای به حساب آوردن تغییرات در عوامل ثابت داخل *مرز اندازه‌گیری* نسبت به *دوره زمانی خط مبنا*. اگر تصحیحات غیر معمول برای *انرژی خط مبنا* به کار رود، گاهی "تصحیحات خط مبنا" نامیده می‌شود. (ر.ک. بخش ۸-۲)

تصحیحات معمول: محاسبات معادله ۱الف) در فصل ۴ که به وسیله فرمولی در طرح M&V نشان داده شده تا تغییرات در *متغیرهای مستقل* انتخابی درون *مرز اندازه‌گیری* را نسبت به *دوره خط مبنا* را به حساب آورد.

ثابت: اصطلاحی برای توصیف یک پارامتر فیزیکی که طی دوره مورد نظر، تغییر نمی‌کند. ممکن است تغییرات کوچکی در این پارامتر مشاهده شود در حالی که هنوز ثابت توصیف می‌شود. مقدار تغییری که "جزیی"فرض می‌شود باید در *طرح M&V* تعیین شود.

جایگزین: یک پارامتر اندازه‌گیری شده که جایگزین اندازه‌گیری مستقیم یک پارامتر *انرژی* شود، اگر نسبتی بین آن دو در سایت اثبات شده باشد. برای مثال اگر نسبتی بین سیگنال خروجی از یک کنترل‌کننده درایو با سرعت متغیر و توان مورد نیاز فن کنترل شده وجود داشته باشد، این سیگنال خروجی جایگزینی برای توان فن است.

چرخه: دوره زمانی بین شروع پی‌درپی سبک‌های عملیاتی مشابه در *مایملک* یا قسمتی از تجهیزات که مصرف *انرژی* آن در پاسخ به رویه‌های عملیاتی یا *متغیرهای مستقل* تغییر می‌کند. برای مثال چرخه اکثر *ساختمانها* ۱۲ ماهه است، چون مصرف انرژی آن‌ها نسبت به آب و هوای محیط خارجی که به صورت سالانه تغییر می‌کند و عکس العمل نشان می‌دهد. مثالی دیگر، چرخه هفتگی در یک فرایند صنعتی است که در روزهای جمعه به صورت متفاوتی نسبت به بقیه هفته عمل می‌کند.

خطای استاندارد: ر.ک. پیوست ب-۱-۳.

خطای استاندارد برآورد: ر.ک. پیوست ب-۲-۲-۲.

خطای استاندارد ضریب: ر.ک. پیوست ب-۲-۲-۳.

خط مبنا: مربوط به *دوره خط مبنا* است.

خطای محتمل: به پیوست ب-۵ رجوع کنید.

خطای میانگین گرایش: به پیوست ب-۲-۲-۲ مراجعه کنید.

دوره خط مبنا: دوره‌ای زمانی که برای نشان دادن عملیات مایملک یا سیستم پیش از اجرای *راهکار* انتخاب شده است. این دوره ممکن زمانی به کوتاهی زمان لازم برای اندازه‌گیری لحظه‌ای یک *کمیت ثابت* یا به قدر کافی طولانی باشد تا عملیات یک چرخه کامل سیستم یا مایملک را با عملیات متغیر منعکس کند.

دقت(Precision): مقداری انحرافی است که انتظار می‌رود مقدار اندازه‌گیری شده از مقدار واقعی داشته باشد. دقت به صورت دامنه تغییرات "±" نشان داده می‌شود. هرگونه بیان دقت درباره یک مقدار اندازه‌گیری شده باید همراه با عبارت *اطمینان* باشد. به عنوان مثال دقت یک وسیله اندازه‌گیری ممکن است به وسیله سازنده آن به صورت٪ ۱۰± و با سطح اطمینان ۹۵٪ بیان شود. برای تعریف دقت *مطلق و دقت نسبی* به پیوست‌های ب-۱-۱ و ب-۱-۲ رجوع کنید.

دوره گزارش‌دهی: دوره‌ای زمانی پس از اجرای یک *راهکار* ، اگر گزارش‌های *صرفه‌جویی* با IPMVP منطبق باشند. این دوره ممکن است به کوتاهی اندازه‌گیری لحظه‌ای یک کمیت ثابت یا به طولانی بودن انعکاس تمام سبک‌های عملیاتی نرمال سیستم یا *مایملک* با عملیات متغیر، طول دوره بازگشت مالی برای یک سرمایه گذاری،؛ مدت دوره اندازه‌گیری عملکرد تحت یک *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی*، یا نامحدود باشد.

دیماند: نرخ مصرف انرژی است. بسیاری از تامین کنندگان انرژی، بخشی از قبوضشان را براساس بالاترین (یا اوج) دیماندی که طی هر دوره صورت‌حساب اندازه‌گیری کرده‌اند قرار می دهند. مقدار اوج دیماند گاهی به صورت ساده "دیماند" نامیده می‌شود. دیماند برق معمولاً بر حسب کیلو وات (kW) بیان می‌شود. جمع مقادیر ماهیانه kW قبض می‌تواند در واحد کیلووات-ماه بیان شود. به نرخهای دیماند نیز مراجعه کنید.

راه اندازی: فرآیندی برای دستیابی، صحه‌گذاری و مستند سازی عملکرد تجهیزات، برای برآوردن نیازهای عملیاتی *مایملک* در محدوده قابلیت‌های طراحی و نیز برای برآوردن مستندات طراحی و معیارهای عملکردی مالک که شامل آماده‌سازی پرسنل عملیاتی نیز می‌شود.

راهکار صرفه‌جویی انرژی (راهکار): فعالیت و یا مجموعه‌ای از فعالیت‌ها که برای افزایش کارایی *انرژی مایملک*، سیستم یا بخشی از تجهیزات طراحی شده‌اند. هم‌چنین ممکن است راهکارها بدون تغییر در کارایی، در *انرژی* صرفه‌جویی کند. ممکن است چندین راهکار هم زمان در یک *سایت* اجرا شود که هر یک اثر متفاوتی داشته باشند. یک راهکار ممکن است شامل یک یا چند تغییر فیزیکی در تجهیزات *سایت*، تجدید نظر در رویه‌های عملیات و نگهداری، تغییرات نرم افزاری یا روشهای جدید آموزشی یا مدیریت کاربران یک محیط یا کارمندان عملیات و نگهداری باشد. یک راهکار ممکن است به عنوان یک اصلاح در یک سیستم یا *سایت موجود*، یا به عنوان یک بهبود در طراحی پیش از ساخت یک سیستم یا *سایت* جدید به کار رود.

روز درجه (Degree Day): روز درجه ، اندازه بار سرمایشی یا گرمایشی یک *سایت* در اثر دمای محیط خارجی است. زمانی‌که میانگین دمای محیط خارجی برای یک روز ۱ درجه زیر دمای مرجع اعلام شده (مثلاً ۱۸ درجه سلسیوس) باشد، گفته می‌شود که یک روز درجه گرمایشی وجود دارد. اگر این تفاوت دمایی به مدت ۱۰ روز غالب باشد، ۱۰ روز درجه گرمایش برای کل دوره وجود خواهد داشت. اگر تفاوت دما به مدت ۱۰ روز ۱۲ درجه باشد، ۱۲۰ روز درجه گرمایش به حساب خواهد آمد. اگر دمای محیط زیر دمای مرجع باشد، این‌طور تعریف شود که روز درجه های گرمایش به حساب آمده است. اگر دمای محیط بالاتر از دمای مرجع باشد روز درجه های سرمایش به حساب می‌آید. دماهای مرجع برای ثبت روز درجه ها به‌کار می روند، ولی معمولاً دمای مرجع طوری انتخاب می‌شود که معرف دمایی باشد که یک ساختمان دیگر نیازی به گرمایش یا سرمایش نداشته باشد.

سطح اطمینان(Confidence Level): احتمال این‌که هر مقدار اندازه‌گیری شده درون یک محدوده اعلام شده از دقت قرار گیرد. ر.ک. پیوست ب-۱-۱.

شرکت خدمات انرژی (ESCO): شرکتی که خدماتی در خصوص طراحی و ساخت راهکارها را تحت یک *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* فراهم می‌کند.

صحه‌گذاری: فرآیند بررسی یک گزارش تهیه شده به وسیله دیگران برای نظر دادن در مورد تاسب آن با هدف مد نظر.

صحه‌گذاری عملیاتی: صحه‌گذاری این که راهکارها به درستی نصب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند و پتانسیل ایجاد صرفه‌جویی‌ها را دارند. *صحه‌گذاری عملیاتی* ممکن است شامل بازرسیها، آزمون عملکرد کارکردی و/یا تعیین روند داده‌ها با تجزیه و تحلیل باشد.

صرفه‌جویی‌ها: کاهش در مصرف یا هزینه *انرژی*. صرفه‌جویی‌های فیزیکی ممکن است به عنوان *مصرف انرژی اجتناب‌شده* یا *صرفه‌جویی‌های نرمال شده* بیان شود (به ترتیب ر.ک بند ۴-۶-۱ و ۴-۶-۲). صرفه‌جویی‌های مالی ممکن است به طور مشابه به عنوان "هزینه اجتناب شده" یا "صرفه‌جویی‌های هزینه نرمال شده" نشان داده شود (ر.ک. بند ۸-۱). صرفه‌جویی‌ها، به گونه‌ای که در IPMVP استفاده شده‌اند، اختلاف ساده بین قبوض انرژی یا کمیت‌های اندازه‌گیری شده دوره خط مبنا و گزارش‌دهی ***نیستند***. برای جزئیات این نکته به بند ۴-۱ مراجعه کنید.

صرفه‌جویی‌های نرمال شده: کاهش مصرف یا *هزینه* انرژی که در *دوره گزارش‌دهی* اتفاق می‌افتد، نسبت به آن‌چه که اگر *مایملک* تحت شرایط نرمال و با تجهیزات و عملیات خط مبنا کار می‌کرد اتفاق می‌افتاد. این شرایط نرمال ممکن است یک میانگین طولانی مدت یا هر دوره زمانی انتخاب شده دیگری غیر از *دوره گزارش‌دهی* باشد. شرایط نرمال ممکن است شرایط غالب طی *دوره خط مبنا* باشد، بخصوص اگر از آن‌ها به عنوان پایه‌ای برای پیش‌بینی *صرفه‌جویی‌ها* استفاده شود. (ر.ک. بند-۴-۶-۲). اگر شرایط همان شرایط *دوره گزارش‌دهی* باشد، از عبارت *مصرف انرژی اجتناب شده*(ر.ک. بند ۴-۶-۱)، یا فقط *صرفه‌جویی* به جای صرفه‌جویی‌های نرمال شده، استفاده می‌شود.

ضریب واریانس (cv): به پیوست ب-۳- ۱مراجعه کنید.

طرح M&V: سندی که در فصل ۵ تعریف شده است.

قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی: قراردادی بین دو یا چند طرف، در جائی که پرداخت بر اساس دست‌یابی به نتایجی خاص، هم‌چون کاهش هزینه‌های *انرژی* و یا بازپرداخت سرمایه‌گذاری طی یک دوره معین باشد.

عوامل ثابت: ویژگی‌هایی از *سایت* که مصرف *انرژی* را داخل *مرز اندازه‌گیری* انتخاب شده تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما به عنوان مبنای *تصحیحات معمول* مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. این خصوصیات شامل ویژگی‌های ثابت، محیطی، عملیاتی و نگهداری هستند. آن‌ها ممکن است ثابت یا متغیر باشند. (به ویژه به بندهای ۴-۶ و ۸-۲ رجوع کنید.)

قیمت حدی: هزینه یک واحد اضافی کالا که طبق یک جدول پیچیده نرخ، صورت حساب می‌شود.

متغیر مستقل: پارامتری که انتظار می‌رود به طور منظم تغییر کند و یک اثر قابل اندازه‌گیری در مصرف *انرژی* یک سیستم یا *مایملک* داشته باشد.

مجذور R (R^2): به پیوست ب-۲-۲-۱ مراجعه کنید.

مدل شبیه‌سازی: مجموعه ای از الگوریتم‌هایی که مصرف *انرژی* را برای یک *سایت* براساس معادلات مهندسی و پارامترهای تعریف شده توسط کاربر، محاسبه می‌کنند.

مرز اندازه‌گیری: مرز فرضی که اطراف تجهیزات و/یا سیستم‌ها کشیده شده تا آن‌هایی را که در تعیین *صرفه‌جویی‌ها* مرتبط می‌باشند را از آن‌هایی که مرتبط نیستند، جدا کند. کل مصرف *انرژی* تجهیزات یا سیستم‌ها درون این مرز باید اندازه‌گیری یا برآورد شوند، چه مصرف انرژی آن‌ها داخل مرز باشد و چه نباشد. ر.ک بخش ۴-۴.

مصرف انرژی اجتناب شده: کاهش مصرف انرژی در *دوره گزارش‌دهی* در مقایسه با آن چه که اگر *مایملک* مانند شرایط *دوره خط مبنا* ولی تحت شرایط عملیاتی دوره *گزارش دهی* تجهیز می‌شد و عمل می‌کرد ، اتفاق می‌افتاد. (ر.ک. بند ۴-۶-۱). "اجتناب از هزینه" معادل مالی "مصرف انرژی اجتناب‌شده" است. به طور عادی هر دوی آن‌ها صرفه‌جویی نامیده می‌شوند، *صرفه‌جویی نرمال شده*، نوع دیگری از *صرفه‌جویی* است.

میانگین: به پیوست ب-۱-۳ مراجعه کنید.

نرخهای دیماند: روشی که تامین‌کنندگان انرژی برای تعیین دیماندی که صورت‌حساب کرده‌اند اگر با دیماندی که اندازه‌گیری می‌کنند متفاوت باشد، استفاده می‌کنند. تامین‌کنندگان انرژی ممکن است بیشترین یا کمترین مقادیر فصلی، ضریب توان، یا مقادیر قراردادی را در نظر بگیرند تا دیماند را بر روی قبضها تعیین کنند (که به آن "دیماند قبض" می‌گویند).

واریانس: ر.ک. پیوست ب-۱-۳.

CV (RMSE): به پیوست ب-۲-۲-۲مراجعه کنید.

فصل ۱۰ منابع

توجه: هدف از ذکر مراجع زیر، ارائه منابعی به خواننده برای اطلاع بیشتر است. این منابع شامل نشریات، کتب درسی و گزارش‌هایی از آژانس‌های دولتی، دانشگاه‌ها و سازمان‌های تخصصی سایرمراجع رسمی شناخته شده هستند. در بیشتر موارد تلاش شده تا نام نشریه، ناشر یا منبعی که بتوان سند را از آن تهیه کرد ذکر شود.

1. Akbari, H., Heinemeier, K.E., LeConiac, P. and Flora, D.L. 1988. "An Algorithm to Disaggregate Commercial Whole-Facility Hourly Electrical Load Into End Uses", Proceedings of the ACEEE 1988 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 10, pp. 10.14-10.26.
2. ASHRAE Guideline 1-1996. The HVAC Commissioning Process. American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
3. ASHRAE Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings. American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
4. ASHRAE. 1989. An Annotated Guide to Models and Algorithms for Energy Calculations Relating to HVAC Equipment, American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
5. ASHRAE 2005. Handbook: Fundamentals, Chapter 32 - "Energy Estimating and Modeling Methods", Atlanta, Georgia.
6. ASTM 1992. Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization, American Society for Testing Materials, Philadelphia, Pennsylvania.
7. Baker, D. and Hurley, W. 1984. "On-Site Calibration of Flow Metering Systems Installed in Buildings", NBS Building Science Series Report No. 159, January.
8. Benedict, R. 1984. Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurement. John Wiley and Sons, New York, New York.
9. Benton, C., Chace, J., Huizenga, C., Hyderman, M. and Marcial, R. 1996. "Taking A Building's Vital Signs: A Lending Library of Handheld Instruments", Proceedings of the ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 4, pp. 4.11-4.21.
10. Bourdouxhe, J.P., Grodent, M., LeBrun, J. 1995. "HVAC01 Toolkit: A Toolkit for 20 Primary HVAC System Energy System Energy Calculations", Final report submitted to ASHRAE.
11. Bourdouxhe, J.P., Grodent, M., LeBrun, J. 1994a. "Toolkit for Primary HVAC System Energy Calculation - Part 1: Boiler Model", ASHRAE Transactions, Vol. 100, Pt. 2.
12. Bourdouxhe, J.P., Grodent, M., LeBrun, J. 1994b. "Toolkit for Primary HVAC System Energy Calculation - Part 2: Reciprocating Chiller Models", ASHRAE Transactions, Vol. 100, Pt. 2.
13. Bou Saada, T.E. and Haberl, J.S. 1995a. "A Weather-Daytyping Procedure for Disaggregating Hourly End-Use Loads in an Electrically Heated and Cooled Building from Whole-facility Hourly Data", 30th Intersociety Energy Conversion Energy Conference, July 30-August 4.
14. Bou Saada, T.E. and Haberl, J.S. 1995b. "An Improved Procedure for Developing Calibrated Hourly Simulated Models", Proceedings of Building Simulation, 1995: pp. 475-484.
15. Bou Saada, T.E., Haberl, J., Vajda, J. and Harris, L. 1996. "Total Utility Savings From the 37,000 Fixture Lighting Retrofit to the USDOE Forrestal Building", Proceedings of the 1996 ACEEE Summery Study, August.
16. Brandemuehl, M. 1993. HVAC02: Toolkit: Algorithms and Subroutines for Secondary HVAC Systems Energy Calculations, American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
17. Bryant, J. and O'Neal, D. 1992. "Calibration of Relative Humidity Transducers for use in the Texas LoanSTAR Program", Proceedings of the 1992 Hot and Humid Conference, Texas A&M University, Energy Systems Laboratory Report No. ESL-PA-92/02-15.
18. Claridge, D., Haberl, J., Bryant, J., Poyner, B. and McBride, J. 1993. "Use of Energy Management and Control Systems for Performance Monitoring of Retrofit Projects", Final Summary Report, USDOE Grant #DE-FG01- 90CE21003, Submitted to the USDOE Office of Conservation and Energy, Energy Systems Laboratory Report ESL-TR-91/09/02, Texas A&M University, March.

19. Claridge, D., Haberl, J., Liu, M., Houcek, J. and Aather, A. 1994. "Can You Achieve 150% of Predicted Retrofit Savings? Is it Time for Recommissioning?", Proceedings of the 1994 ACEEE Summer Study, pp. 5.73- 5.88, August.
20. Claridge, D., Haberl, J., Liu, M. and Athar, A. 1996. "Implementation of Continuous Commissioning in the Texas LoanSTAR Program: Can you Achieve 150% of Estimated Retrofit Savings: Revisited", Proceedings of the 1996 ACEEE Summery Study, August.
21. Cortina, V. (ed.) 1988. "Precision Humidity Analysis", EG&G Environmental Equipment, 151 Bear Hill Road, Waltham, Massachusetts, (IR sensors).
22. Doebelin, E. 1990. Measurement Systems. McGraw-Hill, New York, New York, ISBN 0-07-017338-9.
23. EEI 1981. Handbook for Electricity Metering, Edison Electric Institute, Washington, D.C., ISBN-0-931032-11-3.
24. EPRI 1993. "Fundamental Equations for Residential and Commercial End- Uses" (Rep. #EPRI TR-100984 V2). Palo Alto, California: Electric Power Research Institute.
25. Fels, M. (ed.)1986. "Special Issue Devoted to Measuring Energy Savings, The Princeton Scorekeeping Method (PRISM)", Energy and Buildings, Vol. 9, Nos. 1 and 2.
26. Fels, M., Kissock, K., Marean, M.A. and Reynolds, C. 1995. "Advanced PRISM User's Guide", Center for Energy and Environmental Studies Report, Princeton University, Princeton,New Jersey, January.
27. FEMP – Federal Energy Management Program of the U.S. Department of Energy, 2000. “M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects Version 2.2”
28. FEMP – Federal Energy Management Program of the U.S. Department of Energy, 2002. “Detailed Guidelines for FEMP M&V Option A”
29. Goldberg, M.L. 1996a. "The Value of Improved Measurements: Facing the Monsters That Won't Annihilate Each Other", Energy Services Journal, 2(1):43- 56.
30. Goldberg, M.L. 1996b. "Reasonable Doubts: Monitoring and Verification for Performance Contracting", Proceedings of the ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 4.133-4.143 Washington, D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.
31. Haberl, J., Bronson, D. and O'Neal, D. 1995. "Impact of Using Measured Weather Data vs. TMY Weather Data in a DOE-2 Simulation", ASHRAE Transactions, V. 105, Pt. 2, June.
32. Haberl, J., Reddy, A., Claridge, D., Turner, D., O'Neal, D. and Heffington, W. 1996. "Measuring Energy-Savings Retrofits: Experiences from the Texas LoanSTAR Program", Oak Ridge National Laboratory Report No. ORNL/Sub/93-SP090/1, February.
33. Haberl, J., Turner, W.D., Finstad, C., Scott, F. and Bryant, J. 1992. "Calibration of Flowmeters for use in HVAC Systems Monitoring", Proceedings of the 1992 ASME/JSES/KSES International Solar Energy Conference.
34. Hadley, D.L. and Tomich, S.D. 1986. "Multivariate Statistical Assessment or Meteorological Influences in Residence Space Heating", Proceedings of the ACEEE 1986 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 9, pp. 9.132-9.145.
35. Harding, J. (ed). 1982. "Recent Advances in Chilled Mirror Hygrometry", General Eastern Corporation Technical Bulletin, 50 Hunt Street, Watertown, Massachusetts.
36. Heinemeier, K. and Akbari, H. 1993. "Energy Management and Control Systems and Their Use for Performance Monitoring in the LoanSTAR Program", Lawrence Berkeley National Laboratory Report No. LBL-33114- UC-350, June, (prepared for the Texas State Energy Conservation Office).
37. Houcek, J., Liu, M., Claridge, D., Haberl, J., Katipamula, S. and Abbas, M. 1993. "Potential Operation and Maintenance (O&M) Savings at the State Capitol Complex", Energy Systems Lab Technical Report No. ESL-TR-93/01- 07, Texas A&M University, College Station, Texas.
38. Huang, P. 1991. "Humidity Measurements and Calibration Standards", ASHRAE Transactions, Vol. 97, p.3521.
39. Hurley, C.W. and Schooley, J.F. 1984. "Calibration of Temperature Measurement Systems Installed in Buildings", N.B.S. Building Science Series Report No. 153, January.

40. Hurley, W. 1985. "Measurement of Temperature, Humidity, and Fluid Flow", Field Data Acquisition for Building and Equipment Energy Use Monitoring, ORNL Publication No. CONF-8510218, March.
41. Hyland, R.W. and Hurley, C.W. 1983. "General Guidelines for the On-Site Calibration of Humidity and Moisture Control Systems in Buildings", N.B.S. Building Science Series 157, September.
42. IPCC 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland. pp 64.
43. Katipamula, S. 1996. "The Great Energy Predictor Shootout II: Modeling Energy Use in Large Commercial Buildings", ASHRAE Transactions, Vol. 102, Pt 2.
44. Katipamula, S. and Haberl, J. 1991. "A Methodology to Identify Diurnal Load Shapes for Non-Weather-Dependent Electric End-Uses", Proceedings of the 1991 ASME-JSES International Solar Energy Conference, ASME, New York, New York, pp. 457-467, March.
45. Kats, G., Kumar, S., and Rosenfeld, A. 1999. "The Role for an International Measurement & Verification Standard in Reducing Pollution", Proceedings of the ECEEE 1999 Summer Study, Vol. 1, Panel 1.
46. Kats, G., Rosenfeld, A., and McGaraghan, S. 1997. "Energy Efficiency as A Commodity: The Emergence of an Efficiency Secondary Market for Savings in Commercial Buildings", Proceedings of the ECEEE 1997 Summer Study, Vol. I, Panel 2.
47. Kissock, K., Claridge, D., Haberl, J. and Reddy, A. 1992. "Measuring Retrofit Savings For the Texas LoanSTAR Program: Preliminary Methodology and Results", Solar Engineering, 1992: Proceedings of the ASME-JSES-SSME International Solar Energy Conference, Maui, Hawaii, April.
48. Kissock, K., Wu, X., Sparks, R., Claridge, D., Mahoney, J. and Haberl, J. 1994. "EModel Version, 1.4d", Energy Systems Laboratory ESL-SW-94/12-01, Texas Engineering Experiment Station, Texas A&M University System, December.
49. Knebel, D.E. 1983. "Simplified Energy Analysis Using the Modified Bin Method", ASHRAE, Atlanta, Georgia, ISBN 0-910110-39-5.
50. Kulwicki, B. 1991. "Humidity Sensors", Journal of the American Ceramic Society, Vol. 74, pp. 697-707.
51. Landman, D. and Haberl, J. 1996a. "Monthly Variable-Based Degree Day Template: A Spreadsheet Procedure for Calculating 3-parameter Change-point Model for Residential or Commercial Buildings", Energy Systems Laboratory Report No. ESL-TR-96/09-02.
52. Landman, D. and Haberl, J. 1996b. "A Study of Diagnostic Pre-Screening Methods for Analyzing Energy Use of K-12 Public Schools", Energy Systems Laboratory Report No. ESL-TR-96/11-01, November.
53. Leider, M. 1990. A Solid State Amperometric Humidity Sensor, Journal of Applied Electrochemistry, Chapman and Hill: Vol. 20, pp. 964-8.
54. Liptak, B. 1995. Instrument Engineers' Handbook, 3rd Edition: Process Measurement and Analysis. Chilton Book Company, Radnor, Pennsylvania, ISBN 0-8019-8197-2.
55. Miller, R. 1989. Flow Measurement Handbook, McGraw Hill Publishing Company, New York, New York, ISBN 0-07-042046-7.
56. Morrissey, C.J. 1990. "Acoustic Humidity Sensor", NASA Tech Brief. Vol. 14, No. 19, April, (acoustic).

56a. ORNL (1999) “A Practical Guide for Commissioning Existing Buildings” Prepared by Portland Energy Coservation Inc., for Oak Ridge National Laboratory (ORNL/TM-1999/34) Available through http://eber.ed.ornl.gov/commercialproducts/retrocx.htm

57. Rabl, A. 1988. "Parameter Estimation in Buildings: Methods for Dynamic Analysis of Measured Energy Use", Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 110, pp. 52-66.
58. Rabl, A. and Riahle, A. 1992. "Energy Signature Model for Commercial Buildings: Test With Measured Data and Interpretation", Energy and Buildings, Vol. 19, pp.143-154.
59. Ramboz, J.D. and McAuliff, R.C. 1983. "A Calibration Service for Wattmeters and Watt-Hour Meters", N.B.S. Technical Note 1179.

60. Reddy, T. and Claridge, D. 2000. "Uncertainty of "Measured" Energy Savings From Statistical Baseline Models," ASHRAE HVAC&R Research, Vol 6, No 1, January 2000.
61. Reynolds, C. and Fels, M. 1988. "Reliability Criteria for Weather Adjustment of Energy Billing Data", Proceedings of ACEEE 1988 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 10, pp.10.237-10.241.
62. Robinson, J., Bryant, J., Haberl, J. and Turner, D. 1992. "Calibration of Tangential Paddlewheel Insertion Flowmeters", Proceedings of the 1992 Hot and Humid Conference, Texas A&M University, Energy Systems Laboratory Report No. ESL-PA-92/02-09.
63. Ross, I.J. and White, G.M. 1990. "Humidity", Instrumentation and Measurement for Environmental Sciences: Transactions of the ASAE, 2nd ed., p. 8-01.
64. Ruch, D. and Claridge, D. 1991. "A Four Parameter Change-Point Model for Predicting Energy Consumption in Commercial Buildings", Proceedings of the ASME-JSES-JSME.
65. SEL 1996. TRNSYS Version 14.2, and Engineering Equation Solver (EES). Solar Energy Laboratory, Mechanical Engineering Department, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
66. Soebarto, V. 1996. "Development of a Calibration Methodology for Hourly Building Energy Simulation Models Using Disaggregated Energy Use Data From Existing Buildings", Ph.D. Dissertation, Department of Architecture, Texas A&M University, August.
67. Sparks, R., Haberl, J., Bhattacharyya, S., Rayaprolu, M., Wang, J. and Vadlamani, S. 1992. "Testing of Data Acquisition Systems for Use in Monitoring Building Energy Conservation Systems", Proceedings of the Eighth Symposium on Improving Building Systems in Hot and Humid Climates, Dallas, Texas, pp.197-204, May.
68. Vine, E. and Sathaye, J. 1999. "Guidelines for the Monitoring, Evaluation, Reporting, Verification, and Certification of Energy-Efficiency Projects for Climate-Change Mitigation", LBNL Report # 41543.
69. Violette, D., Brakken, R., Schon, A. and Greef, J. 1993. "Statistically-Adjusted Engineering Estimate: What Can The Evaluation Analyst Do About The Engineering Side Of The Analysis?" Proceedings of the 1993 Energy Program Evaluation Conference, Chicago, Illinois.
70. Wiesman, S. (ed.) 1989. Measuring Humidity in Test Chambers, General Eastern Corporation, 50 Hunt Street, Watertown, Massachusetts.
71. Wise, J.A. 1976. "Liquid-In-Glass Thermometry", N.B.S. Monograph 150, January.
72. Wise, J.A. and Soulen, R.J. 1986. "Thermometer Calibration: A Model for State Calibration Laboratories", N.B.S. Monograph 174, January.
73. WRI (2007) Guidelines for Grid-Connected Electricity Projects of the GHG Protocol for Project Accounting, planned for 2007 publication by the World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), available at www.ghgprotocol.org.

۱۰-۱ سازمان‌های منابع

سازمان‌های امریکایی زیر اطلاعات مفید و مرتبطی را تامین می‌کنند. EVO تلاش می‌کند در وب سایت خود (www.evo-world.org) فهرست به روزی از این‌ها و سایر لینک‌های مذکور در این سند را قرار دهد:

1. Air Conditioning and Refrigeration Center, Mechanical Engineering, University of Illinois. TEL: 217-333-3115, http://acrc.me.uiuc.edu.
2. American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE), Washington, D.C. TEL: 202-429-8873, http://www.aceee.org.
3. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, Georgia. TEL: 404-636-8400, http://www.ashrae.org.
4. American Society of Mechanical Engineers (ASME), New Jersey. TEL: 800-843-2763. http://www.asme.org.
5. Association of Energy Engineers (AEE), Lilburn, GA. TEL: 404-925-9558, http://www.aeecenter.org.
6. Boiler Efficiency Institute, Department of Mechanical Engineering, Auburn University, Alabama. TEL: 334/821-3095, http://www.boilerinstitute.com.

7. Center for Energy and Environmental Studies (CEES), Princeton University, New Jersey. TEL: 609-452-5445, http://www.princeton.edu/~cees.
8. Edison Electric Institute (EEI). Washington, DC. TEL: 202-508-5000, http://www.eei.org/resources/pubcat.
9. Energy Systems Laboratory, College Station, Texas. TEL: 979-845-9213, http://www-esl.tamu.edu.
10. Florida Solar Energy Center, Cape Canaveral, Florida. TEL: (407) 638- 1000, http://www.fsec.ucf.edu.
11. IESNA Publications, New York, New York. TEL: 212-248-5000, http://www.iesna.org.
12. Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), Berkeley CA. TEL: 510- 486-6156, Email: EETDinfo@lbl.gov, http://eetd.lbl.gov.
13. National Association of Energy Service Companies (NAESCO), Washington, D.C. TEL: 202-822-0950, http://www.naesco.org.
14. Energy Information Administration (EIA), Department of Energy, Washington, D.C., TEL: 202-586-8800, http://www.eia.doe.gov.
15. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Boulder, Colorado, TEL: (303) 275-3000, http://www.nrel.gov.
16. National Technical Information Service (NTIS), U.S. Department of Commerce (This is repository for all publications by the Federal labs and contractors), Springfield Virginia. TEL: 703-605-6000, http://www.ntis.gov.
17. Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, Tennessee, Tel: (865) 574-5206, http://www.ornl.gov/ORNL/BTC.
18. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Richland, Washington, Tel: (509) 372-4217, http://www.pnl.gov/buildings/.

۱۰-۲ مراجع اندازه‌گیری

پیوست A ASHRAE (2002) شامل اطلاعات مفیدی در خصوص سنسورها، روش‌های کالیبراسیون، استانداردهای آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری و روش‌های آزمون چیلرها، فن‌ها، پمپ‌ها، موتورها، بویلرها، کوره‌ها، ذخیره گرمایی و سیستم‌های هواساز است. این مدرک شامل ملاحظات مفیدی برای خطا و هزینه است، گرچه اطلاعات هزینه دارای تاریخ است چون تحقیقاتی که این داده ها را ایجاد کرده است در سال ۱۹۹۴ انجام شده است.

استانداردهای تحت مقررات اروپایی 2004/22/EC مرتبط با ابزار اندازه گیری عبارتند از:

EN 1359: 1998 کنتورهای گاز –کنتورهای گاز دیافراگمی
EN 1359: 1998/A1:2006
EN 1434-1:2007 کنتورهای گرما – بخش ۱: الزامات عمومی
EN 1434-2:2007 کنتورهای گرما – بخش ۲: الزامات ساخت
EN 1434-4:2007 کنتورهای گرما – بخش ۴: آزمونهای تایید الگو
EN 1434-5:2007 کنتورهای گرما – بخش ۵: آزمون‌های صحه‌گذاری اولیه
EN12261:2002 کنتور گاز – کنتور گاز توربینی
EN 12261:2002/A1:2006

EN12405-1:2005: کنتورهای گاز – وسایل تبدیل - بخش ۱: تبدیل حجم
EN12405-1:2005/A1:2006
EN12480:2002 کنتورهای گاز – کنتورهای گاز جابجایی چرخشی
EN12480:2002/A1: 2006
EN14154-1:2005+A1:2007 کنتورهای آب - بخش ۱: الزامات عمومی
EN14154-2:2005+A1:2007 کنتورهای آب - بخش ۲: نصب و شرایط استفاده
EN14154-3:2005+A1:2007 کنتورهای آب - بخش ۳: روش‌ها و تجهیزات آزمون
EN 14236:2007 کنتورهای گاز اولتراسونیک خانگی
EN50470-1:2006 تجهیزات کنتور برق (a.c.) - بخش ۱: الزامات عمومی، آزمون‌ها و شرایط آزمون، تجهیزات اندازه‌گیری (شاخص‌های کلاس A، B و C)
EN50470-2:2006 تجهیزات برق (a.c.) - بخش ۲: الزامات خاص – کنتورهای الکترومکانیکی برای انرژی اکتیو (شاخص‌های کلاس A و B)
EN50470-3:2006 تجهیزات اندازه گیری برق (a.c.) - بخش ۳: الزامات خاص – کنتورهای استاتیک برای انرژی اکتیو (شاخص‌های کلاس A، B و C)

سایر استانداردهای بین المللی و اروپایی برای اندازه‌گیری و تفسیر داده‌ها عبارتند از:

EN ISO 4259 محصولات نفتی – تعیین و کاربرد داده‌های دقت در ارتباط با روش‌های آزمون
EN 24185 اندازه‌گیری جریان مایع در مجراهای بسته، روش توزین (ISO 4185: 1980)
EN 29104 اندازه‌گیری جریان سیال در مجراهای بسته – روش‌های ارزیابی عملکرد کنتورهای الکترومغناطیسی جریان برای مایعات
EN ISO 5167 اندازه‌گیری جریان سیال با دستگاه‌های بر مبنای اختلاف فشار - بخش ۱: صفحه‌های اریفیس، نازل‌ها و لوله‌های ونتوری وارد شده در مجراهای پر با مقطع دایروی
EN ISO 6817 اندازه‌گیری جریان مایع رسانا در مجراهای بسته- روش‌های استفاده از کنتورهای الکترومغناطیسی جریان (ISO 6817:1992)
EN ISO 9300 اندازه‌گیری جریان گاز بوسیله نازل‌های ونتوری جریان بحرانی
EURACHEM تعیین مقدار کمی عدم قطعیت در اندازه‌گیری تحلیلی
EUROLAB گزارش فنی "اندازه‌گیری عدم قطعیت- مجموعه‌ای برای مبتدیها"
ISO 11453 تعبیر آماری داده‌ها - آزمایشات و فواصل اطمینان مرتبط با تناسبها (۱۹۹۶)
ISO 16269-7 تعبیر آماری داده‌ها - بخش ۷: میانه – برآورد و فاصله اطمینان (۲۰۰۱)
ISO 3534 آمار- لغات و نمادها

ISO 5479 تعبیر آماری داده‌ها - آزمایش انحراف از توزیع نرمال (۱۹۹۷)
ISO 5725 صحت (دقت و درستی) روش‌ها و نتایج اندازه‌گیری
ISO/TR5168 اندازه‌گیری جریان سیال – ارزیابی عدم قطعیتها
ISO/TR7066-1 ارزیابی عدم قطعیت در کالیبراسیون و استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان - بخش ۱: روابط کالیبراسیون خطی

هم‌چنین برای استانداردهای خاص اندازه‌گیری در مناطق مختلف جهان پیوست ج را هم ببینید .

۱۰-۳ مراجع کالیبراسیون

مراجع کالیبراسیون در فهرست انتشارات امریکایی فصل ۱۰ شامل موارد زیر هستند:

ASTM (1992)، Baker and Hurley (1984)، Benedict (1984)، Bryant and O'Neal (1992)، Cortina (1988)، Doebelin (1990)، EEI (1981)، Haberl et al. (1992)، Harding (1982)، Huang (1991)، Hurley and Liptak، Leider (1990)، Kulwicki (1991)، Hyland and Hurley (1983)، Hurley (1985)، Schooley (1984)، Ross ، Robinson et al. (1992)،Ramboz and McAuliff (1983)، Morrissey (1990)، Miller (1989)، (1995) and White (1990)، Sparks (1992)، Wiesman (1989)، Wise (1976)، Wise and Soulen (1986).

۱۰-۴ استانداردهای اروپایی و بین‌المللی در مورد کارایی انرژی در ساختمان‌ها

ارزیابی عملکرد انرژی در ساختمان‌ها بر پایه‌ی انرژی مصرفی اندازه گیری شده:

- EN 15603
- EN 15251
- CEN CR 1752
- ISO/DIS 16814
- ISO 7730

تعاریف و الزامات مرتبط با خدمات انرژی:

- EN 15900

عملکرد اقتصادی:

- ISO 15686-5، بخش ۵
- EN 1549

کل ساختمان:

- PrEN 15203 (ارزیابی انرژی تحویل داده شده مورد استفاده درساختمان‌ها)
- PrEN 15603 (مصرف انرژی کلی ، انرژی اولیه و انتشار دی‌اکسیدکربن)
- PrEN 15232 (روش‌های محاسبه بهبود کارایی انرژی به وسیله کاربرد سیستم یک‌پارچه اتوماسیون ساختمان)
- سری EN 15316 (روش محاسبه الزامات انرژی سیستم و کارایی سیستم برای گرمایش و آب گرم خانگی)
- ISO 13790 (عملکرد گرمایش ساختمان – محاسبه مصرف انرژی برای گرمایش فضا)

محاسبه گرمایش و سرمایش و روش‌های بازرسی:

- EPBD WI 014
- سری EN 14335
- EN 14243

- ISO 13790
- ISO 16814
- EN 13465
- EN 13779
- EN 15240
- EN 15242

محاسبات شرایط داخل ساختمان وخارج ساختمان و ارائه داده‌های آب و هوا

- ISO 15927-1
- ISO 15927-2
- ISO 15927-4
- ISO 15927-5
- ISO 15927-6

پیوست الف مثال‌ها

الف-۱ مقدمه

این پیوست، تنوعی از انواع پروژه‌ها را ارائه کرده و موضوعات کلیدی طراحی *M&V* را در موقعیت‌های توصیف شده تشریح می‌کند. اگرچه تعداد زیادی از طراحی‌های احتمالی برای هر پروژه وجود دارد ولی هر نمونه فقط یک طراحی *M&V* منطبق با IPMVP را ارائه می‌دهد.

این مثال‌ها ۱۲ سناریوی مختلف را در برمی‌گیرد:

- بهبود کارایی موتور/پمپ (الف-۲)
- تغییر دیماند موتور/پمپ (الف-۲-۱)
- کارایی روشنائی (الف-۳)
- کنترل عملیاتی روشنائی (الف-۳-۱)
- کارایی و تضعیف نور روشنائی خیابان (الف-۳-۲)
- مدیریت نشت هوای فشرده (الف-۴)
- بهبود مجموعه توربین – ژنراتور (الف-۵)
- بهبود کارایی دیگ (الف-۶)
- اجرای چند *راهکار* با داده‌های خط مبنای اندازه‌گیری شده (الف-۷)
- محاسبه انرژی کل ساختمان متناسب با بودجه (الف-۷-۱)
- اجرای چند *راهکار* در ساختمان بدون کنتورهای انرژی در دوره‌ی خط مبنا (الف-۸)
- ساختمان جدید طراحی شده بهتر از کد (الف-۹)

این مثال‌ها به منظور تاکید بر ویژگی‌های مختلف رویکردهای معمول M&V، میزان مختلفی از جزییات را ارائه می‌کنند و هیچ کدام از آن‌ها جامع نیستند. خوانندگان می‌توانند برای مشاهده *طرح‌های* کامل‌تر *M&V* و نمونه گزارش‌های *صرفه‌جوئی* به وب‌سایت EVO، (www.evo.world.org) مراجعه کنند که برای مشترکین EVO قابل دسترس است. هم‌چنین جلد ۳ IPMVP دربرگیرنده نمونه کاربرد *M&V* برای پروژه‌های ساختمان‌های جدید و انرژی تجدیدپذیر است.

این مثال‌ها از واحدهای فنی و پولی از سراسر جهان در مصرف معمول محلی استفاده می‌کنند. جدول زیر تبدیل اندازه مقادیر فنی را در واحدهای تقریبی متفاوت بیان می‌کند.

ضرب:		در:	برای بدست آوردن:
گاز طبیعی	m^3	۳۵	ft^3
	mcf	۱۰۰۰	ft^3
بخار	پوند	۰/۴۵	کیلوگرم بخار
نفت	لیتر	۰/۲۶	گالن (آمریکا)

مشترکین EVO می‌توانند مثالهای خود را برای گنجاندن احتمالی در کتابخانه وب‌سایت ارائه دهند (ارسال پست الکترونیکی به ipmvprev@evo.world.org).

الف- ۲ افزایش کارائی موتور/پمپ - گزینه A

وضعیت: ده دستگاه پمپ، آبیاری اطراف زمین‌های کشاورزی آفریقای جنوبی برای پمپ کردن آب از چاه‌های زیرزمینی توزیع شده‌اند. عملیات پمپ‌ها معمولاً در طول ۶ ماه فصل خشک سال پیوسته است با این حال، در صورت نیاز، پمپ‌ها به شکل دستی روشن و خاموش می‌شوند. اداره برق محلی، یارانه‌ای جزئی برای جایگزین کردن این پمپ‌ها با پمپ‌ها و موتورهای جدید با کارایی بالا ارائه کرده است. اداره برق برای پرداخت نهائی این یارانه‌ها، خواسته که مصرف انرژی اجتناب شده به صورت کوتاه‌مدت به صورتی که منطبق با IPMVP باشد، نشان داده شود. مالک علاقه‌مند به جایگزین کردن پمپ‌های قدیمی خود و کاهش هزینه انرژی است ، بنابراین، مابه‌التفاوت هزینه‌های نصب را پرداخت کرد و با ارائه داده‌ها به اداره برق پس از اصلاح موافقت کرد.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی M&V: اندازه‌گیری برق پمپ‌ها به وسیله ۵ کنتور مصرف متعلق به اداره برق صورت می‌گیرد. این کنتورها تنها به ۱۰ این پمپ سرویس می‌دهند. قبل از اجرای پروژه، این احتمال در نظر گرفته می‌شود که پمپ‌های جدید ممکن است نرخ پمپاژ را در برخی چاه‌ها افزایش دهند، در نتیجه ساعت‌های کار پمپها می‌تواند کاهش یابد. مالک و اداره برق می‌دانند که ساعت‌های عملیاتی و در نتیجه *صرفه‌جویی‌ها*، تحت اثر شرایط رشد زراعت و بارندگی هر سال خواهند بود. هیچ کدام از طرفین بر روی این متغیرهای حاکم بر انرژی کنترلی ندارند.

مالک به دنبال پایین‌ترین هزینه احتمالی برای جمع‌آوری و گزارش‌دهی اطلاعات به اداره برق است. مالک، پیمانکاری را برای انتخاب و نصب پمپ‌ها به خدمت گرفته که مشخصات مورد نظر خود و اداره برق را برآورده می کند.

جریان پمپ در زمان عملیات ثابت است چرا که هیچ شیر محدودکننده‌ای سر راه آن وجود ندارد و عمق چاه به حد زیادی به وسیله پمپاژ تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد.

طرح M&V: *طرح M&V* مشترکاً توسط مالک و اداره برق، و با دنبال کردن مدلی که توسط اداره برق ارائه شده، تدوین شده است. گزینه A جلد یک پروتکل IPMVP EVO 10000-1:2012، انتخاب شد تا هزینه‌های *M&V* به حداقل برسد. روش مورد توافق در گزینه A، مذاکره برای برآورد ساعت‌های عملیاتی سالیانه پمپ برای یک سال عادی و ضرب این مقدار در کاهش توان اندازه‌گیری شده است.

توافق شده که تجهیزات اندازه‌گیری پیمانکار نصب برای نیازمندیهای اندازه‌گیری توان موتور به قدر کافی صحیح است. پیمانکار توان مصرفی هر یک از موتورهای قدیمی را قبل از جابجایی و پس از کارکرد حداقل ۳ ساعته آنها اندازه‌گیری کرد. اداره برق حق نظارت بر انجام این اندازه‌گیری‌ها را داشت. چون پمپ‌ها دارای جریان ثابتی هستند، میانگین ساعت‌های کارکرد سالیانه از تقسیم کردن مصرف کیلو وات ساعت برق قبوض در سال گذشته بر کیلووات توان مصرفی موتورهای پمپ قدیمی استخراج می‌شود. این محاسبات نشان داد که قبل از اصلاح، پمپ‌ها در سال خشک به طور میانگین ۴،۳۲۱ ساعت کار کرده‌اند. داده‌های بدست آمده توسط اداره برق مشخص می‌کند که کل بارش در طول آن فصل خشک ۹/۰٪ کمتر از وضعیت عادی بوده است. بنابراین مالک و اداره برق توافق کردند که ساعات کارکرد پمپ در طول آن سال ۹/۰٪ طولانی‌تر از حد عادی بوده است. آن‌ها توافق کردند که ساعت‌های عادی ۹۱/۰٪ از ۴،۳۲۱ و یا ۳،۹۳۲[۵۰] ساعت در سال بوده است.

نتایج: *صرفه‌جویی* انرژی با استفاده از گزینه A پروتکل IPMVP، معادله ۱د) به صورت زیر تعیین شده است:

[۵۰] توجه داشته باشید که این عدد ۳،۹۳۲ باید تنها سه رقم با معنی را نشان دهد، چون ۹۱/۰٪ تنها سه رقم بامعنی دارد. آن باید به طور دقیق تر به صورت $۳/۹۳\times۱۰^{۳}$ نشان داده شود. ولی شکل رایج استفاده شده است.

کل بار همه پمپ‌ها قبل از اصلاح: ۱۳۲ kW

کل بار همه پمپ‌ها بعد از اصلاح: ۹۸/۲ kW

کاهش بار خالص: ۳۳/۸ kw[۵۱]

صرفه‌جویی انرژی = ۳۴ kW × ۳،۹۳۲ hours/year = ۱۳۰،۰۰۰ kWh/year[۵۲]

پرداخت نهائی یارانه اداره برق بر اساس ۱۳۰،۰۰۰ kWh *صرفه‌جویی* انرژی است.

با استفاده از همان دوره عملیاتی *برآورد شده*، *صرفه‌جوئی برآورد شده* مالک تحت شرایط بارش عادی و با قیمت‌های جاری برق برابر با: ۳۴۰۰۰[۵۳] R/year = ۰/۲۵۶۶ R/ kWh × ۳۹۳۲[۵۴] hr × ۳۴ kW . هزینه خدمات و شارژ شبکه اداره برق بدون تغییر بوده است.

الف-۲-۱ تغییر دیماند پمپ / موتور- گزینه B

وضعیت: اگر پمپ‌های سیستم آبیاری مذکور در پیوست الف-۲ در طول ساعات اوج مصرف ۷ تا ۱۰ صبح و ۱۸ تا ۲۰ بعد از ظهر در کل روزهای هفته که تعطیلات رسمی نیستند، خاموش نگه داشته شوند، باز هم واجد شرایط اساسی برای دریافت مشوق از سوی اداره برق است. مالک یک سیستم کنترل مجهز به سیگنال رادیوئی نصب کرده تا از راه دور و به صورت خودکار پمپ‌ها را کنترل کند تا این استراتژی جابه‌جایی بار را اجرا کند. مالک، کنترل پمپ را به صورت سالیانه و طبق برنامه تعطیلات عمومی هر سال تنظیم مجدد می‌کند.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی M&V : مالک معتقد است که کاهش کار پمپاژ تا حداکثر ۲۵ ساعت در هر هفته (۱۵٪) در فصول خشک برای عملیات او بحرانی نخواهد بود. (او انتظار ازکار افتادگی کمتری را در پمپ‌های جدید دارد، بنابراین در فصل خشک عواقب زیادی بر روی رشد زراعت او وجود نخواهد داشت)

از آن جایی که اداره برق تشخیص داده که مالک می‌تواند بر اساس نیاز خود در مورد خاموش کردن پمپ‌ها تصمیم گیری کند، انطباق با گزینه B پروتکل IPMVP در جلد ۱، 2012 :1 -10000 EVO الزام کرد تا قبل از پرداخت مشوق، عملکرد هر سال اثبات شود.

از آن جایی که مالک احساس می کرد که دوره بازگشت مالی برای تجهیزات کنترل و پایش به قدر کافی طولانی است، نمی‌خواست بخش‌مالی قابل توجّهی از مشوق را برای تامین شواهد مورد نیاز اداره برق صرف کند.

طرح M&V- اداره برق و مالک توافق کردند که ثبت مداوم یک متغیر *جایگزین*، شواهد مستمری را در مورد خاموش بودن پمپ‌ها در طول هر دوره اوج کل سال ارائه می‌دهد. این متغیر *جایگزین*، وجود جریان الکتریکی (علاوه بر ۵۰۰ mA مورد نیاز تجهیزات کنترل) گذرنده از هر یک از ۵ ورودی برق به ۱۰ پمپ است. سنسورهای کالیبره نشده کوچک و ثبت کننده‌های داده‌های جریان در هر خط توان نزدیک به ۵ کنتور بسته شدند این سنسورها و ثبت کننده‌ها دارای سیستم پشتیبان باتری‌های قابل شارژ هستند.

---

[۵۱] با عدد محاسبه شده واقعی ۳۳/۸ باید به صورت دارای دو رقم بامعنی رفتار کرد. این موضوع به این دلیل ایجاد می‌شود که تفریقی که به ۳۳/۸ می‌انجامد نباید ارقام بیشتری در سمت راست اعشار نسبت به عدد با کمترین اعشار در سمت راست را نشان دهد (۱۳۲ هیچ اعشاری ندارد، ۳۴ نیز اعشار ندارد).

[۵۲] ضرب ۳۴ و ۳۹۳۲ فقط دارای دو رقم بامعنی است. اگرچه نتیجه ۱۳۳،۶۸۸ است ولی عبارت مناسب ضرب آن‌ها $۱/۳\times۱۰^{۵}$ یا ۱۳۰،۰۰۰ است.

[۵۳] همان‌طور که در مشاهدات بالا درباره حداقل تعداد ارقام بامعنی بیان شد این مقدار می‌تواند در کمتر از دو رقم بامعنی نشان داده شود. مقدار واقعی محاسبه شده برابر است با ۳۴،۱۰۳ R است و بهتر است به صورت $۳/۴ \times ۱۰^{۴}$ R نشان داده شود، هر چند ۳۴۰۰۰ در قالب واحد پول متداول است.

[۵۴] ۱۳۳،۶۸۸ عدد واقعی محاسبه شده قبل از گرد کردن ارقام با معنی است.

مالک، تأمین‌کننده ابزارکنترل و پایش را به خدمت گرفته است تا سالانه داده‌ها را قرائت و تنظیمات ساعت را چک کند و گزارش تاریخ‌ها و زمان‌های عملیات در طول هر دوره اوج روزهای هفته را به اداره برق ارائه دهد.

نتایج: در سال اوّل پس از راه‌اندازی سیستم کنترل و پایش، پیمانکار پایش به اداره برق گزارش کرد که توان بین ساعت ۱۸:۰۰ و ساعت ۲۰:۰۰ در ۵ روز کاری مشخص در هفته مصرف شده است. اداره برق تأیید کرد که این روزها همگی تعطیلات عمومی بوده‌اند، بنابراین هیچ عملیاتی در طول دوره های اوج تعریف شده وجود نداشته است. جابه جایی دیماند با اندازه‌گیری پمپ‌های جدید ۹۸/۲ kW تعیین شد (ر.ک. پیوست الف-۲). مشوق‌های سالیانه اداره برق بر اساس این تغییر دیماند ثبت شده ۹۸/۲ kW با گزینه B محاسبه و پرداخت شد.

الف-۳ کارایی روشنائی - گزینه A

وضعیت: در یک مدرسه کانادایی در حالی که میزان روشنائی حفظ شده است، به جای چراغ‌های موجود چراغ‌های روشنائی کارآمدتر نصب شده‌اند. این پروژه بخشی از برنامه وسیع‌تر هیئت مدیره مدرسه بود تا پیمانکاری را به خدمت بگیرد تا تغییرات بسیاری را در تعدادی از مدارس، طراحی، نصب، و تامین مالی کند. پرداختهای این قرارداد، بر اساس *صرفه‌جویی‌های* انجام شده در قیمت‌های جاری برق در زمان امضاء قرارداد است. *صرفه‌جویی‌ها*، طبق یک *طرح M&V* منطبق با IPMVP، بلافاصله بعد از راه‌اندازی راهکار نشان داده می‌شوند. از آن جایی که کنترل کارکرد چراغها در اختیار مالک است، قرارداد مشخص می‌سازد که *طرح M&V* از گزینه A پروتکل IPMVP جلد یک EVO10000-1:2012 با استفاده از *برآورد* ساعات کارکرد پیروی می‌کند. جزییات *طرح M&V* باید پس از امضاء قرارداد تهیه می‌شد.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی M&V: در تدوین *طرح M&V* موارد زیر مورد توجه هستند:

- همه چراغ‌ها از یک سیستم مشترک ۳۴۷ ولت مختص به روشنائی، تغذیه می‌شوند. این وضعیت، اندازه‌گیری توان را ساده می‌سازد.
- کارکرد چراغ‌ها به شکل قابل توجهی نیاز به انرژی گرمایشی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بنابراین لازم است تا اثرات متقابل برآورد شود.
- کارکرد چراغ‌ها به صورت قابل توجهی نیاز سرمایش مکانیکی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با این حال چون مدارس بسیار کمی به صورت مکانیکی سرد می‌شود و معمولاً در طول هوای گرم‌تر خالی از سکنه هستند، این *اثرات متقابل* سرمایشی نادیده گرفته می‌شود.
- مقامات هیات مدیره مدرسه با پذیرفتن یک فرض اختیاری درباره دوره کارکرد چراغ‌ها مشکل داشتند. آن‌ها موافقت کردند تا هزینه ابزار ثبت دقیق الگوی روشنائی را در یک مدرسه برای یک دوره دوماهه پرداخت کنند. این آزمایش، *برآورد* ساعت‌های کارکرد که برای همه مدارس توافق می‌شد را اثبات می‌کرد.

طرح M&V: *مرز اندازه‌گیری* این *راهکار* طوری ترسیم می‌شود که چراغ‌های متصل به سیستم تغذیه ولتاژ ۳۴۷ را دربرگیرد.

- با محاسبات مهندسی تعیین شد که *اثرات متقابل* گرمایشی به صورت افزایش ٪۶/۰ در نیاز انرژی خروجی بویلر، برای دوره زمانی نوامبر تا مارس باشد. کارائی بویلر در زمستان تحت شرایط معمول زمستانی، ٪ ۷۹ برآورد شد.
- *عوامل ثابت* ثبت شده در *خط مبنا*، شامل یک بررسی روشنایی بود که شرح، محل، میزان نور، تعداد بالاست‌ها و چراغ‌های با لامپ‌های سوخته و در حال کار بود.
- ۳۰ ثبت کننده روشنائی به مدت دو ماه به شکل تصادفی در کلاس‌های درس، راهروها و رختکن‌ها و دفاتر و هم‌چنین در سالن ورزش و تالار کنفرانس قرار گرفتند. این دوره شامل تعطیلات یک هفته‌ای بهار و دو روز تعطیل رسمی بود. جدول الف-۳-۱ داده‌های بدست آمده را خلاصه کرده است.

جدول الف-۳-۱ بررسی دوره عملیات

موقعیت	نسبت از بار روشنائی	متوسط ساعات هفتگی	
		زمان مدرسه	زمان تعطیلات
رختکن‌ها	۵٪	۱۰۶/	۲۲/
دفاتر	۵٪	۸۳/	۲۱/
کلاس‌های درس	۶۱٪	۴۸/	۵/
سالن کنفرانس	۱۰٪	۳۱/	۱۱/
ورزشگاه	۱۰٪	۸۲/	۲۵/
راهروها	۹٪	۱۶۸/	۱۶۸/

از آن‌جائی‌که کلاس‌های درس بیشترین بار هستند، قبل از این که مقامات هیات مدیره مدرسه بتوانند با مقادیر *برآوردشده* موافقت کنند، *دقت نسبی* اندازه‌گیری‌های دوره کارکرد در کلاس درس ارزیابی شد. برای ۱۹ ثبت کننده کلاس درس، *انحراف استاندارد* میان قرائت ۶ هفته ثبت شده مدرسه به صورت ۱۵ ساعت در هر هفته بدست آمد. با ۱۱۴= ۶ × ۱۹ قرائت، *انحراف استاندارد* در مقادیر *میانگین* برابر با ۱/۴ ساعت در هر هفته (معادله ب-۴) محاسبه شد. با *اطمینان* ٪۹۵، مقدار t برای تعداد زیادی از این مشاهدات ۱/۹۶ (جدول ب-۱) است. بنابراین، با استفاده از معادله ب-۹، تعیین شد که با ٪۹۵ اطمینان، *دقت نسبی* ساعات کارکرد اندازه‌گیری شده کلاس درس برابر است با:

$$= \frac{1.96 \times 1.4}{48} = 5.7\%$$

هیات مدیره مدرسه این *دقت* اندازه‌گیری را کافی دانست.

قبل از برآورد این مقادیر برای همه مدارس، تصمیم‌گیری شد که به علت درنظر داشتن افزایش کلاس‌های شبانه، ۶ ساعت در هر هفته به ساعات کلاس درس اضافه شود. با در نظر داشتن وجود ۳۹ هفته حضور در مدرسه و ۱۳/۲ هفته تعطیلات در یک سال معمول (همراه با سال کبیسه)، ساعات کارکرد سالیانه برآورد شده توافق شد که به صورت زیر باشد:

جدول الف-۳-۲ ساعات عملکرد برآورد شده

موقعیت	نسبت بار روشنائی	ساعت‌های هفتگی برآوردشده		ساعت‌های سالیانه برآوردشده
		۳۹/۰ هفته حضور در مدرسه	۱۳/۲ هفته تعطیل	
رختکن‌ها	۵/۰۰٪	۱۰۶	۲۲	۴۴۲۰
دفاتر	۵/۰۰٪	۸۳	۲۱	۳۴۸۰
کلاس‌های درس	۶۱/۰۰٪	۵۴	۵	۲۱۷۰
سالن کنفرانس	۱۰/۰۰٪	۳۱	۱۱	۱۳۵۰
ورزشگاه	۱۰/۰۰٪	۸۲	۲۵	۳۵۳۰
راهروها	۹/۰۰٪	۱۶۸	۱۶۸	۸۷۷۰

از آنجا که اصلاح روشنائی به طور یکسان برای همه چراغ‌ها انجام شده، *برآورد* میانگین موزون با بار ساعات کارکرد سالیانه در این مدرسه ۲۹۶۶، یا ۳۰۰۰ (گرد شده تا سه رقم بامعنی) تعیین شد (نمایش بهتر این نتیجه $۳/۰۰ \times ۱۰^{۳}$است).

- اندازه‌گیری‌های توان *خط مبنا* با یک وات سنج تازه کالیبره شده برای rms صحیح از توان مصرفی سه فاز مدار روشنایی ۳۴۷ ولتی مدار روشنایی انجام شد. با یک اندازه‌گیری ۳۰ ثانیه‌ای از سمت ورودی دو ترانسفورمر روشنائی، دریافت شد که با روشن شدن همه چراغ‌ها، توان مصرفی کل ۲۸۸ kW بوده است. ۷۰ لامپ (=۳ kW یا ۱٪) در زمان انجام آزمایش سوخته بوده‌اند. تصمیم‌گیری شد که تعداد لامپ سوخته شده در زمان این اندازه‌گیری عادی بوده است.
- چون اوج بار روشنایی برق زمانی است که همه چراغ‌ها روشن باشند، برآورد می‌شود که *صرفه‌جویی‌های* دیماند برق با کاهش بار اندازه‌گیری شده در مدار روشنائی یکی باشد. قبوض برق در طول تعطیلات تابستان دیماند کمتری را نشان داد و در طول این ماه‌ها استفاده از مدرسه نیز حداقل بوده است. درضمن با توجه به دیگر تجهیزات مورد استفاده در طول تابستان، فرض شد دیماند مدار روشنائی ماه ژوئیه و اوت تنها ۵۰٪ اوج بار اندازه‌گیری شده در مدار است.
- هزینه‌های حدی انرژی در زمان امضا قرارداد CDN$0.063/kWh، CDN$10.85/kW-month برای برق و CDN$0.255/m3 برای گاز بود.

نتایج: پس از اجرای *راهکار*، توان مدار روشنائی مانند آزمون خط مبنا، دوباره اندازه‌گیری شد. توان مصرفی در صورتی که همه چراغ‌ها روشن باشند و هیچ چراغ سوخته‌ای وجود نداشته باشد، ۱۶۲ kW بود. با همان نرخ ۱٪ سوختن لامپ‌ها در سال مبنا، حداکثر توان پس از دوره اصلاح (۰/۹۹۰ × ۱۶۲=) ۱۶۰/ kW می‌شود. بنابراین کاهش توان ۱۲۸ kW = ۱۶۰/ - ۲۸۸/ است.

صرفه‌جویی‌های انرژی (با استفاده از معادله ۱د) بدون هیچ تصحیحاتی برابر است با:

$$۱۲۸\ kW \times ۳/۰۰ \times ۱۰^{۳}\ hrs/year = ۳۸۴،۰۰۰\ kWh/year$$

صرفه‌جویی‌های دیماند برای ۱۰/۰ ماه ۱۲۸kW و برای ۲/۰ ماه ۶۴ kW است در نتیجه مقدار کلی آن برابر ۱۴۱۰ kW در ماه است.

مقدار *صرفه‌جویی‌های* برق که تحت گزینه A پروتکل IPMVP برآورد شده برابر است با:

$$(۳۸۴،۰۰۰\ kWh \times \$۰/۰۶۳۰) + (۱۴۱۰ \times \$۱۰/۸۵) = CDN\$۳۹،۵۰۰$$

با این فرض که *صرفه‌جویی‌های* روشنایی طی دوره ۱۰ ماه به طور یکنواخت بدست آیند، صرفه‌جویی‌های متداول ماهیانه برق در زمستان برابر است با ۳۸،۴۰۰ kWh/month = ۳۸۴،۰۰۰/۱۰. افزایش مربوطه بار بویلر برابر ۶/۰٪ این *صرفه‌جویی‌های* برق در ماه نوامبر تا ماه مارس است، به این ترتیب که:

$$=۶/۰٪ \times ۳۸،۴۰۰\ kWh/month \times ۵/۰\ months = ۱۲،۰۰۰\ kWh$$

انرژی ورودی اضافی بویلر برابر است با:

$$= ۱۲۰۰۰\ kWh / ۷۹٪ = ۶/۰٪ \times ۳۸،۴۰۰\ kW/month \times ۵/۰\ months / ۷۹٪ = ۱۵،۰۰۰\ kWh$$

که واحد معادل با سوخت ورودی است.

گاز مصرفی در بویلر دارای ظرفیت انرژی $۱۰/۴۹۹\ kWh/m^3$ است، بنابراین مقدار گاز مصرفی اضافی برابر با $۱۴۰۰m^3$ = ۱۰/۴۹۹ / ۱۵،۰۰۰ است.

بهای گاز اضافی مصرفی در زمستان برابر با CDN$۳۶۰ = $۰/۲۵۵ × ۱۴۰۰ است. بنابراین کل *صرفه‌جویی‌های* خالص برابر است با CDN$۳۹،۱۰۰ = $۳۶۰ - $۳۹،۵۰۰.

الف-۳-۱ کنترل عملیات روشنائی- گزینه A

وضعیت: یک کارگاه بافندگی در جنوب هند معمولا به صورت ۲ شیفت در روز کار می‌کند. دستورات اکیدی برای سرپرستان برای خاموش کردن همه چراغ‌ها در همه محوطه‌ها در پایان شیفت کاری دوّم وجود دارد. ۷۰ کلید چراغ موجود است. سرپرستان به طور منظم بین شیفت‌های کاری اوّل و دوّم تغییر می‌کنند. آن‌ها معمولاً وظیفه خود برای خاموش کردن چراغ‌ها فراموش را می‌کردند.

مدیر کارخانه، پروژه‌ای را به عهده گرفت تا روشنایی را به گونه‌ای اصلاح کند که حسگرهای حضور، چراغ‌ها را روشن و خاموش کنند. او می‌خواست که نتایج مستند شوند تا به سرپرستان نشان دهد که چقدر از کلیدهای روشنایی بد استفاده می‌کردند.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی *M&V* : هیچ کدام از بخشهای تولید دارای پنجره یا پنجره‌های سقفی نیستند. سیستم گرمایشی یا سرمایشی نیز نداشتند. مدارهای روشنائی با دیگر بارهای برق ترکیب می‌شوند، به این ترتیب مصرف روشنایی را نمی‌توان به راحتی از دیگر مصارف برق جدا کرد.

مدیر کارخانه تمایلی به پرداخت زیاد برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* نداشت ولی نیازمند ارائه معتبر *صرفه‌جویی‌ها* بود.

قیمت برق برای کاربران تجاری با اندازه متوسط برابر با ۴۵۰ p/kWh است.

طرح M&V : برای به حداقل‌رساندن هزینه *M&V* تصمیم گرفته شد تا اندازه‌گیری‌های *صرفه‌جوئی* تنها برای دوره نمونه کوتاهی انجام شود و از گزینه A پروتکل IPMPV جلد ۱ 1:2012 – EVO10000 استفاده شود. چون هدف اصلی اصلاح، کنترل ساعات روشنایی محوطه تولید بود، روشی بر پایه نمونه‌برداری تدوین شد تا تغییرات در ساعت‌های کارکرد را اندازه‌گیری کند. توان روشنائی (برای استفاده در معادله ۱ د) با استفاده از توان نامی سازنده برابر با ۲۲۳ kW *برآورد* شد.

ثبت کننده‌های روشنائی، به شکل تصادفی در اطراف محوطه تولید قرار داده شدند تا ساعات عملیاتی محوطه های روشنایی که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند را ثبت کنند. تعداد ثبت کننده‌ها به صورت زیر انتخاب شد تا *دقت* کلی در برآورد دوره عملیاتی برابر ٪۱۰ ±، با اطمینان ٪۹۰ به دست آید. انتظار می‌رفت که *متوسط* ساعت‌های کارکرد قبل از نصب حسگرهای حضور ۱۲۵ ساعت در هر *هفته و انحراف استاندارد* در قرائت‌ها ۲۵ باشد. بنابراین، *cv* برآورد شده اولیه ۰/۲۰ است و تعداد نمونه‌های لازم (با z برابر ۱/۹۶) برابر ۱۵ است (معادله ب-۱۶). از آن‌جائی که تنها ۷۰ منطقه وجود دارد، تنظیم محدود تعداد، ثبت کننده‌های مورد نیاز را به ۱۲ عدد کاهش می‌دهد (معادله ب-۱۷). فرض شده که بعد از نصب حسگرهای حضور، *cv* بسیارکمتر خواهد شد بنابراین۱۲ ثبت کننده کافی خواهند بود.

هیچ *اثر متقابلی* از این اصلاح بر دیگر بارهای ساختمان وجود ندارد چون کارخانه گرم یا تهویه نمی‌شود. انتظار می‌رود کاهش زمان استفاده از روشنائی در شب ، ساختمان را از نظر گرمائی در شروع شیفت صبح مطلوب‌تر سازد.

نتایج: پس از یک دوره یک ماهه، داده‌ها از ثبت کننده‌ها جمع‌آوری و میانگین ساعت‌های کارکرد هفتگی در ۱۲ منطقه محاسبه شد. مقدار *میانگین* ۱۱۵ و *انحراف استاندارد* آن ۲۹ بود. بنابراین *cv* برابر(۲۹/۱۱۵ =) ۰/۲۴بود، که بیش از مقادیر مورد انتظار و بدتر از شرایط مورد نیاز برای برآوردن الزامات دقت است. بنابراین ماه دیگری برای ثبت شدن سپری شد. در نتیجه آن *میانگین* ۸ هفته از مقادیر هفتگی میانگین ۱۱۸، و *انحراف استاندارد* ۲۴ (*cv* = ۰/۲۰) شد. فرض شده که در دوره خط مبنا بدون وجود حسگر حضور اندازه‌گیری کافی از ساعت‌های کارکرد انجام شده است.

بعد از آزمون خط مبنای فوق، کنترل‌های حسگر حضور نصب شدند. ساعت‌های کارکرد مجدداً در وضعیت‌های یکسان برای یک ماه ثبت شد. *میانگین* برابر با ۸۲ ساعت در هفته بدست آمد و *انحراف استاندارد* ۳ ساعت بود. در این وضعیت، *cv* برابر ۰/۰۴ است که به خوبی در میان محدوده ۰/۲ مورد نیاز است، بنابراین قرائت‌های یک ماهه، مورد قبول واقع شد. هیچ تغییری در مصرف و اشغال سکنه در کارخانه اتفاق نیفتاده بود، بنابراین نیازی به هیچ گونه *تصحیحات غیر معمول* بر داده‌های *خط مبنا* وجود نداشت.

کاهش ساعت‌های کارکرد ۳۶ = ۸۲ – ۱۱۸ ساعت در هفته بود. *صرفه‌جویی‌ها* با استفاده از معادله ۱د) به این‌صورت محاسبه شدند:

۲۲۳ kW × ۳۶ hours/week = ۸۰۰۰ یا ۸/۰ × ۱۰^{۳} kWh/week

با عملیات ۴۸ هفته در هر سال، مقدار سالیانه *صرفه‌جویی‌های* مصرف برابر است با:

= (۸/۰ × ۱۰^{۳})× ۴۸ × ۴۵۰ /۱۰۰ = ۱/۷ میلیون روپیه

صرفه‌جویی دیماندی وجود ندارد چون اصلاح، تنها مصرف توان کم باری را تحت تاثیر قرار داده است.

بنابراین، با پیروی از گزینه A پروتکل IPMVP، می‌توان با *اطمینان* ٪۹۰ اعلام کرد که *صرفه‌جویی‌ها*، در ماه بعد از نصب حسگر حضور، با برآورد بار روشنایی نصب شده، برابر ٪۱۰ ±۱۰^{۵} x ۱۷ روپیه بود.

الف-۳-۲ کارایی و تضعیف نور روشنائی خیابان – گزینه B

وضعیت: سیستم روشنایی عمومی شهری در کرواسی نیازمند تعمیرات و به روزرسانی اساسی بود. یک سیستم روشنایی جدید که دارای چراغ‌های با کارایی بالا و یک سیستم تضعیف نور است و توان روشنایی را در کم رفت و آمدترین ساعات بیش از ٪۵۰ کم می‌کند، بر روی کابل کشی‌های قبلی نصب شد. روشنایی در سراسر شهر توزیع شده و دارای ۲۳ نقطه اندازه‌گیری است. اصلاح شامل افزودن کنترل مرکزی تضعیف نور است. شهرداری پیمانکار موجود در نگهداری روشنایی را برای طراحی، نصب و نگهداری سیستم، به کار گرفت. شهرداری یک تضمین عملکرد *صرفه‌جویی* از پیمانکار گرفت و از وی خواست تا به طور پیوسته دستیابی به *صرفه‌جویی‌های* تضمین شده را نشان دهد.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی *M&V*: سطوح روشنایی *خط‌مبنا* ناهماهنگ است زیرا ٪۲۰ چراغ‌ها سوخته بودند. شهرداری تمایل دارد تا سطح روشنایی یکنواخت‌تری را حفظ کند. بنابراین، قرارداد نگهداری روشنایی عمومی خود را به صورتی به روز کرد تا در آن در هر زمانی لامپ‌های سوخته بیش از ٪۳/۰ نباشد.

چون تضعیف نور به شدت بر *صرفه‌جویی* موثر است، ثبت مداوم مصرف انرژی مورد نیاز است. ۲۳ کنتور برق به طور پیوسته مصرف انرژی را اندازه می‌گیرند. ولی اگر تضعیف‌کننده عمل نکند یا به صورت تصادفی تغییر کند، این کنتورها نمی‌توانند بازخورد عملیاتی سریعی را که لازم است تا از تلفات قابل توجه انرژی اجتناب شود، فراهم آورند. بنابراین، امکان ثبت انرژی به سیستم مرکزی کنترل تضعیف‌کننده افزوده شد تا از راه دور مصرف انرژی در ایستگاه کنترل مرکزی شهر را ثبت کند. سیستم علاوه بر یک گزارش‌دهی انرژی ساده، مصرف واقعی ساعتی انرژی در هر مدار را با یک پروفایل ساعتی مورد انتظار مقایسه می‌کند. انحراف از این هدف برای کشف محل سوختن لامپ‌ها و عمل نکردن سیستم تضعیف نور به‌کار می‌رود.

طرح *M&V*: برق خط‌مبنای سال گذشته بر روی کل ۲۳ کنتور برق از روی قبوض برابر با ۱،۷۵۳،۰۰۰ kWh بدست آمده است. تعداد و محل همه چراغ‌ها در دوره خط مبنا همراه با نقاط تنظیم شده عملیاتی سیستم کنترل روشنایی، به عنوان بخشی از طرح *M&V* ثبت شده است.

برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها*، با استفاده از معادله ۱ ب)گزینه B پروتکل IPMVP جلد یک، EVO10000 – 1:2012، انرژی سالیانه با جمع مقادیر ثبت شده هر قبض برای همان اشتراکها بدست خواهد آمد. تنها تصحیحاتی که برای مصرف انرژی دوره *خط مبنا* یا گزارش‌دهی انجام خواهد شد، مربوط به افزایش به یا حذف از سیستم و برای لامپ‌های سوخته‌ای بیش از ٪۳ است که در هر زمان کشف شوند.

تصحیحات غیر معمول بلافاصله بر روی اشتراک برق ایجاد می‌شود تا میزان سوختن لامپ‌ها را از ٪ ۲۰ دوره خط مبنا به مقدار هدف ٪۳/۰ دوره گزارش‌دهی کاهش دهد. بنابراین انرژی خط مبنا به (۰/۸۰۰ /۰/۹۷۰ ×۱،۷۵۳،۰۰۰ =) kWh ۲،۱۳۰،۰۰۰ تصحیح خواهد شد.

کارکنان شهرداری میزان سوختن لامپ‌ها را به صورت ماهانه پایش خواهند کرد. اگر مقدار سوختن بیش از ٪۳/۰ باشد، *تصحیحات غیر معمول* انجام خواهد شد تا داده‌های دوره گزارش دهی را تا میزان سوختن ۳/۰ ٪مذکور در قرارداد برساند.

صرفه‌جویی‌ها برای طول دوره تضمین ۱۰ ساله با استفاده از قیمت واحد ۰/۶۰۰ kuna/kWh گزارش خواهد شد.

نتایج: *صرفه‌جویی‌ها* بدون تصحیحات برای سه سال اول بعد از اصلاح گزارش شدند زیرا نرخ سوختن لامپ‌ها بالاتر از ۳/۰ ٪ باقی ماند.

در سال چهارم، نرخ سوختن لامپ‌ها به مدت ۷ ماه برابر ۰/۵٪ بود. صرفه‌جویی‌های سال چهارم به شکل ذیل محاسبه شده است:

انرژی خط مبنا: ۲،۱۳۰،۰۰۰ kWh

انرژی اندازه‌گیری شده سال چهارم = ۱،۲۴۳،۰۰۰ kWh

تصحیحات سوختن لامپ‌ها برابر است با:

$$\left(\frac{0.970}{0.950}-1.000\right)\times\frac{7.0}{12}\times 1{,}243{,}000 = \quad 15{,}000\ kWh$$

انرژی تصحیح شده سال چهارم = ۱،۲۴۳،۰۰۰ + ۱۵۰۰۰ = ۱،۲۵۸،۰۰۰kWh

صرفه‌جویی (انرژی اجتناب‌شده) = ۲،۱۳۰،۰۰۰ – ۱،۲۵۸،۰۰۰ = ۸۷۰،۰۰۰kWh

هزینه اجتناب‌شده = ۸۷۰،۰۰۰ kWh × ۰/۶۰۰ = ۵۲۰،۰۰۰Kn

الف-۴ مدیریت نشت هوای فشرده- گزینه B

وضعیت: بخش مهندسی یک کارخانه تولید خودرو در برزیل برآورد کرده که در هر سال R$۲۰۰،۰۰۰ از طریق نشت هوای فشرده ناشی از نگهداری ضعیف اتلاف شود. مهندس کارخانه، مدیران کارخانه را متقاعد کردند که بخش نگهداری باید برای دو ماه یک نفر را تخصیص دهد تا همه نشتی‌ها را رفع کند. بخش مهندسی توافق کرد تا پایش مداومی بر روی نرخ نشت و صرفه‌جویی‌ها انجام دهد تا کارکنان نگهداری را به بررسی منظم نشتی ترغیب کند.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی *M&V*: بودجه بسیار کمی برای هر گونه فعالیت *M&V* وجود دارد. هم چنین بخش مهندسی علاقه‌مند به روش اندازه‌گیری *صرفه‌جوئی* هستند که حداکثر خطای قابل سنجش ٪۵± با سطح *اطمینان* ٪۹۵ در هر گزارش *صرفه‌جوئی* داشته باشند.

کارخانه در ۲ شیفت کاری در روز، ۱۰ شیفت در هفته و ۴۴۲ شیفت در هر سال کار می‌کند. در زمان کار، استفاده از هوای فشرده ثابت است. گرمای ناشی از کمپرسور بدون اثرگذاری بر روی هر سیستم انرژی‌بر کارخانه به صورت مستقیم به خارج از اتاق کمپرسور فرستاده می‌شود.

نرخ مصرف برق محلی (که با عنوان "نرخ سبز" شناخته شده است) برای مشترکین تجاری با ضریب بار کم بالای ۰/۵ MW در جدول الف-۴-۱ نشان داده شده است.

جدول الف-۴-۱ قیمت‌های مصرف برق

	ماه‌های خشک (مه تا سپتامبر)	ماه‌های بارانی (اکتبرتا آوریل)
دوره اوج (ساعت ۱۷:۳۰-۲۰:۳۰ روزهای کاری از دوشنبه تا جمعه)	R$0.957/kWh	R$0.934/kWh
دوره خارج از اوج	R$0.143/kWh	R$0.129/kWh

مجموع مالیات٪ ۴۲/۹ به این نرخ‌ها افزوده می‌شود.

فرض شده است که اثر بر روی دیماند برق کارخانه حداقل است زیرا احتمال هیچ تغییری در حداکثر تعداد کمپرسورهایی که در طول عملیات کارخانه کار می‌کنند، وجود ندارد.

طرح M&V : یک طرح کامل *M&V* در بخش مشترکین وب سایت EVO (www.evo-world.Org) نشان داده شده است. این طرح از گزینه B جلد یک پروتکل IPMVP، EVO10000-1:2012 از اندازه‌گیری پیوسته *صرفه‌جویی‌ها* برای شناسایی تغییرات در نرخ نشت هوای فشرده استفاده می‌کند. معادله ۱ ب) این پروتکل برای تصحیح انرژی خط‌مبنا به شرایط دوره *گزارش‌دهی* استفاده شده است. طرح *M&V* با هدف به حداقل رساندن هزینه اندازه‌گیری‌های اضافی تدوین شده و درنتیجه یک وات متر rms حقیقی سه فاز ساده به تغذیه برق در مرکز کنترل موتور که همه تجهیزات را در اتاق کمپرسور تغذیه می‌کند، اضافه شده است. این *مرز اندازه‌گیری* در برگیرنده ۶ کمپرسور، ۳ خشک کننده هوای فشرده و همه دیگر سیستم‌های کمکی کوچک موجود در اتاق کمپرسور است. گرمای ایجاد شده در اتاق کمپرسور، یک *اثر متقابل* نیست چون سایر مصارف انرژی را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. به کارکنان کارخانه دستور داده شده چه کارخانه در حالت عملیاتی باشد و چه نباشد، کنتور را در پایان هر شیفت کاری (یعنی سه بار در روز) قرائت کنند. این کنتور سه ماه پیش از آغاز فعالیت‌های مدیریت نشت نصب شده است.

عوامل ثابت مرتبط با طراحی و عملیات دستگاه، به عنوان مرجعی برای هر گونه *تصحیحات غیر معمول* آتی فهرست شده‌اند. این عوامل شامل تعداد، ظرفیت و الگوی استفاده از همه تجهیزات مصرف‌کننده هوای فشرده، سرعت خط تولید دستگاه و مدل‌های خودروی تولید شده، می‌شود.

مصرف برق دوره *خط مبنا* برای شیفت‌های عملیاتی و غیرعملیاتی کاملاً متفاوت است. هم‌چنین در هر نوع شیفت تغییر اندکی در مصرف انرژی وجود دارد. هیچ *متغیر مستقلی* نمی‌تواند باعث ایجاد تغییرات شناخته شود. تصمیم‌گرفته شد از *میانگین* مصرف انرژی هر نوع از شیفت‌ها در خط مبنا و برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* استفاده شود. معیاری برای تشخیص کفایت زمان قرائت‌های انرژی خط مبنا در هر شیفت تعریف شد تا بتوان به هدف عدم قطعیت ۹۵/۵ برای هر گزارش *صرفه‌جویی* دست یافت.

نتایج: مجموعه کاملی از نتایج *صرفه‌جویی‌ها* در بخش مشترکین وب‌سایت EVO قرار داده شده است. معلوم شده که برای رسیدن به معیار عدم قطعیت ۹۵/۵، در طول خط مبنا نیاز به قرائت‌ها در یک دوره ۷ هفته‌ای قبل از اصلاح برای شناسایی تغییرات در انرژی شیفت‌ها وجود دارد. در نتیجه مقادیر خط‌مبنا با میانگین گیری مصرف برق ۷ هفته‌ای شیفت‌های عملیاتی و غیرعملیاتی تعیین می‌شوند.

ملاحظه شد که پس از تکمیل فعالیت‌های رفع نشت، تغییر کمتری در مصرف انرژی *دوره گزارش‌دهی* در هر شیفت وجود دارد. بنابراین با گزارش‌های ماهیانه *صرفه‌جویی‌ها* می‌توان هدف عدم قطعیت را برآورده کرد.

صرفه‌جویی‌های انرژی از تفاوت بین مصرف انرژی واقعی هر ماه و انرژی *خط مبنا تصحیح شده* بدست می‌آید و این تصحیح با ضرب تعداد شیفت‌های واقعی ماه در مصرف انرژی متوسط خط‌مبنا برای هر نوع از شیفت‌ها تعیین می‌شود.

با این فرض که نرخ "دوره اوج" برق فقط برای۳ ساعت در شیفت دوم اعمال شود، قیمت متناسب برق برای محاسبه *صرفه‌جویی‌های* مصرف اعمال شد. هیچ گونه *صرفه‌جوئی* دیماندی محاسبه نشد.

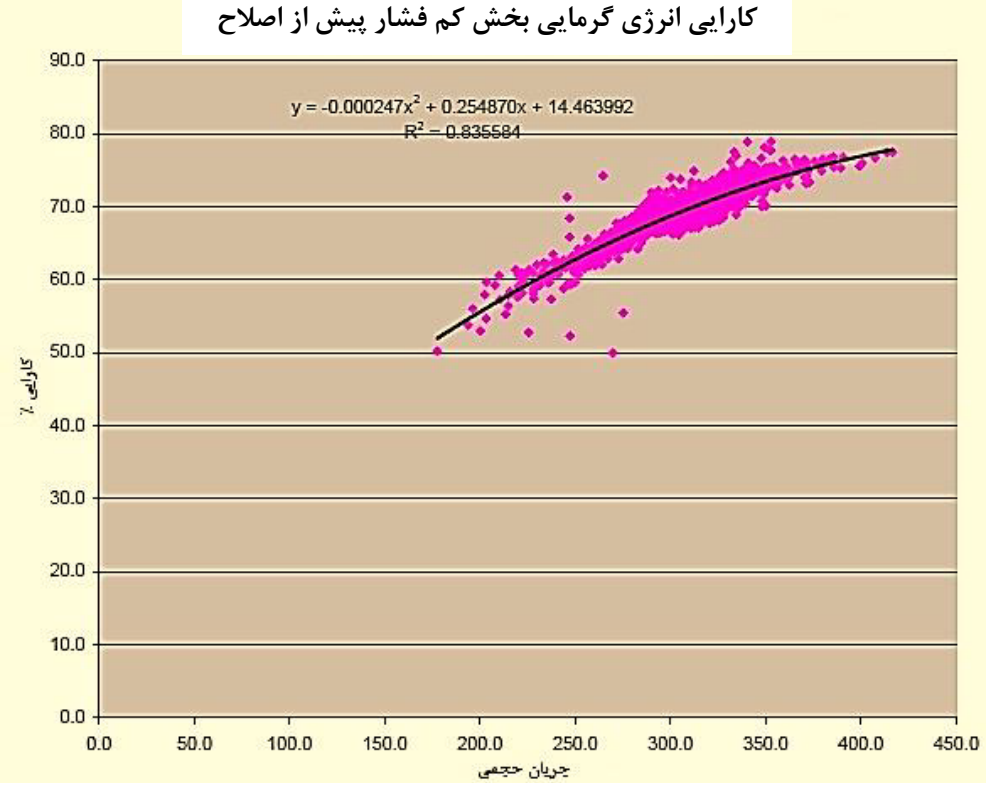
این اندازه‌گیری‌ها به عنوان بخشی از عملیات معمولی کارخانه ادامه یافت. بخش مهندسی کارخانه، *انرژی خط‌مبنا* را در نتیجه تغییرات *عوامل ثابت* به صورت دوره‌ای تصحیح کرد. کارکنان عملیاتی قرائت‌های انرژی شیفت را انجام و بخش مهندسی هر ماه *صرفه‌جویی‌ها* را گزارش دادند. تغییرات حاصل شده از الگوهای *صرفه‌جوئی* قبلی برای ارزیابی عملیات نگهداری سیستم هوای فشرده مورد تمرکز واقع شد.

الف-۵ بهبود مجموعه توربین/ ژنراتور - گزینه B

وضعیت: یک کارخانه آسیاب نیشکر از یک توربین بخار برای تولید مقدار زیادی از برق خود استفاده می‌کند. اخیراً تغییرات فرآیند، بخار قابل دسترس برای واحد توربین-ژنراتور (TG) را نسبت به میزان طراحی اصلی آن کاهش داده است. در نتیجه، خروجی برق و کارائی گرمائی در واحد TG کاهش یافته است. کارخانه، روتور کارآمدتری که برای جریان بخار کمتری طراحی شده را نصب کرد. به منظور تعیین واجد شرایط بودن برای دریافت پرداخت تشویقی از سوی اداره برق، فرآیند اندازه‌گیری برای ارزیابی افزایش خروجی برق انجام شد.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی *M&V*: هدف از *M&V* گزارش دهی بهبودهای ایجاد شده در زمینه برق است. کارخانه آسیاب می دانست که برداشت انرژی بیشتر توسط توربین، انرژی بخار کمتری را برای فرآیند باقی می‌گذارد یا به انرژی بیشتری از دیگ بخار نیاز دارد تا همان مقدار بخار را به فرآیند تحویل دهد. این *اثرات متقابل* بخشی از این تجزیه و تحلیل برای اداره برق نبود. سیستم تشویقی اداره برق کاملاً بر اساس افزایش تولید برق بود.

طرح *M&V*: کارخانه و اداره برق توافق کردند تا از گزینه B پروتکلIPMVP جلد یکEVO 10000-1:2012 برای تعیین افزایش خروجی برق در دوره یک ساله استفاده شود. از وسایل اندازه‌گیری موجود کارخانه برای تعیین کارایی روتور قدیمی به صورت نشان داده شده در شکل الف-۵-۱ استفاده شد.



شکل الف-۵-۱ عملکرد روتور قدیمی

مدل ریاضی که کارایی واحد خط مبنا را توصیف می‌کند از طریق تجزیه و تحلیل رگرسیون یافت شد که به صورت زیر است:

کارایی (٪) = (-۰/۰۰۰۲۴۷× جریان^{۲}) + (۰/۲۵۵ × جریان) + ۱۴/۵

این مدل کارایی، با شرایط بخار در یک دوره یک ساله گزارش‌دهی استفاده خواهد شد تا تعیین کند تولید برق با روتور قدیمی چه می‌توانست باشد. تولید برق افزایش یافته تحت شرایط دوره گزارش‌دهی با استفاده از معادله ۱ب) گزارش خواهد شد.

کنتورهای موجود کارخانه به عنوان بخشی از عملیات نگهداری کارخانه به طور منظم کالیبره می‌شوند. این کنتورها برای اهداف اداره برق مناسب تشخیص داده شدند.

نتایج: برای یک سال پس از اصلاح، شرایط بخار در هر دقیقه بر مدل ریاضی کارآیی روتور قدیمی اعمال شد تا عبارت *انرژی خط مبنا تصحیح شده* مورد استفاده در معادله ۱ب) محاسبه شود. این مقدار با تولید برق واقعی اندازه‌گیری شده در دوره مشابه مقایسه شد تا افزایش برق خروجی تعیین شود.

هیچ تغییری در ارتباط با واحد TG در طول این سال اتفاق نیفتاد، بنابراین، *تصحیحات غیر معمول* ضروری نبود.

الف-۶ بهبود کارائی بویلر - گزینه A

وضعیت: یک پیمان‌کار بویلر، بویلر موجود در یک ساختمان اداری در آلمان را با یک بویلر کارآمدتر جایگزین کرده است. پیمان‌کار با این‌فرض که بارهای بویلر مشابه آن چه باشد که در دوره *خط‌مبنا* اندازه‌گیری کرده بود، *صرفه‌جویی‌های* سوخت سالیانه حداقل ۲۵۰۰۰ یورو را تضمین کرد. سفارش خرید مالک مشخص کرده که پرداخت تنها زمانی انجام خواهد شد که پیمان‌کار یک گزارش صرفه‌جویی منطبق با پروتکلIPMVP جلد یک EVO 10000- 1: 2012 ارائه دهد. هم‌چنین ذکر شده که مالک و پیمان‌کار بر سر طرح ***M&V*** به عنوان بخشی از برنامه‌های طراحی نهائی اصلاحات توافق می‌کنند.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی *M&V*: تغییرات متعددی در زمان تغییر بویلر کارخانه در ساختمان در حال انجام بود، بنابراین انتظار می‌رفت که بارهای بویلر تغییر کند. پیمان کار تنها مسئول بهبود کارایی بویلر است نه تغییرات در بار آن. بویلر تنها تجهیزی در ساختمان است که از سوخت استفاده می‌کند. قیمت سوختی که برای اثبات تضمین عملکرد استفاده می‌شد برابر ۰/۷۰ یورو در لیتر بود.

طرح *M&V*: گزینه A پروتکل IPMVP جلد ۱ EVO 10000-1: 2012 برای جداسازی بویلر از تغییرات در حال انجام در باقیمانده ساختمان، انتخاب شد. *مرز اندازه‌گیری* طوری ترسیم شده که تنها شامل بویلر، اندازه‌گیری مصرف سوخت و انرژی گرمائی خالص تحویل داده شده به ساختمان باشد. این مرز مصرف برق مشعل و دمنده بویلر را شامل نمی‌شود. تغییرات این *اثرات متقابل* برقی ناچیز در نظرگرفته می‌شوند و ارزش گنجاندن در *مرز اندازه‌گیری* یا حتی برآورد مجزا را ندارند.

تضمین پیمان‌کار نسبت به مصرف سال قبل از ارائه طرح پیشنهادی او اعلام شده است. در طول آن دوره، مالک ۲۴۱،۳۰۰ لیتر سوخت گرمایشی را برای بویلر خریداری کرده است. ۲۱۰۰ لیتر افزایش در موجودی سوخت بین ابتدا و انتهای آن سال وجود دارد. بنابراین مصرف واقعی ۲۳۹،۲۰۰ لیتر است. بار انرژی در بویلر از این داده‌های مصرف سوخت پس از آن که کارآئی بویلر قدیمی ثابت شد، تعیین خواهد شد. مقدار۲۳۹،۲۰۰ لیتر به صورت *برآورد*، در معادله ۱ د) استفاده می‌شود. این *برآورد* خطایی ندارد، چون بیشتر آن[۵۵] از داده‌های تحویل سوخت آمده که مرجع آن فاقد خطا است.

پارامتر اندازه‌گیری شده در معادله ۱ د) کارائی بویلر خواهد بود. آزمونهای کارایی برای دوره‌ای از شرایط معمول زمستانی قبل از برداشتن بویلر قدیمی، برنامه‌ریزی شده است. شرایط زمستانی طوری انتخاب شده که بار کافی برای ارزیابی کارایی تحت گستره کامل بار بویلر وجود داشته باشد. پیمانکار یک وسیله اندازه گیری انرژی گرمائی تازه کالیبره شده را بر روی خطوط رفت و برگشت آب ورودی و یک وسیله اندازه گیری تازه کالیبره شده سوخت بر روی ورودی سوخت به بویلر نصب کرد. هر دو کنتور سوخت و وسیله اندازه گیری انرژی گرمائی و ثبت کننده داده‌ها دارای دقت تعیین شده توسط سازنده به میزان ٪۲± برای گستره مورد کاربرد در این پروژه هستند.

آزمونهای کارایی *خط‌مبنا* در سه دوره‌ی یک هفته‌ای مجزا و در زمانی اجرا شدکه میانگین دمای محیط روزانه در محدوده ۵ + درجه سلسیوس تا ۵- درجه سلسیوس قرار داشت. همان آزمون‌ها برای دوره اول پس از راه‌اندازی بویلر جدید زمانی که دمای محیط مجدداً در محدوده ۵ + درجه سلسیوس تا ۵- درجه سلسیوس است، با استفاده از سوخت مشابه و وسیله اندازه گیری انرژی گرمایی که از زمان آزمون کارایی خط‌مبنا در محل قرار گرفته، برنامه‌ریزی شد. چون انتظار می رود که این سه آزمایش

[۵۵] سطوح موجودی سوخت از یک گیج غیر کالیبره با صحت نامشخص در روی تانکر خوانده می‌شود.چون میزان تصحیحات موجودی سوخت نسبت به تحویلهای اندازه‌گیری شده در سال کوچک است، هر گونه خطا در موجودی سوخت ناچیز درنظر گرفته می‌شود.

یک هفته‌ای مجزا نماینده طیفی از بار بویلر از کم تا زیاد باشد، این گونه توافق شد که نتایج آزمون، بهبود سالیانه‌ای که مالک انتظار دارد را به خوبی ارائه می دهد.

قرائت‌های کنتورهای انرژی گرمایی و سوخت در ماه‌های زمستان به صورت روزانه توسط کارکنان نگهداری ساختمان انجام می‌شود تا این‌که سه هفته معتبر آزمون برای بویلر قدیمی به دست آید. همان فرایند برای بویلر جدید نیز دنبال خواهد شد. قرائت‌ها در اتاقک بویلر ثبت شده و برای هر گونه بازرسی در دسترس هستند. سیستم خودکار ساختمان، دمای محیط را در هفته‌های معتبر اندازه‌گیری و ثبت می‌کند.

قرارداد دیگری با مبلغ ۵۱۰۰ یورو توسط مالک برای تامین، نصب و راه اندازی کنتورهای سوخت و انرژی گرمایی و محاسبه و گزارش‌دهی *صرفه‌جویی‌ها* امضا شد. توجه به الزام برای اثبات عملکرد در کل سال انجام شد. با این حال، پیمان‌کار اعلام کرد که برای کالیبراسیون کنتور و تجزیه و تحلیل داده‌ها هزینه اضافی ۳۰۰۰ یورو به مبالغ اضافه می‌کند. مالک نیز یک دوره‌ی آزمون کوتاه‌مدت ۳ هفته‌ی نمونه را کافی دانست. هم‌چنین وی تصمیم گرفت که پس از قرارداد خود نگهداری و کالیبراسیون کنتورهای سوخت و انرژی گرمایی و محاسبات سالیانه را برای کارایی بویلر انجام دهد.

نتایج: داده‌های انرژی گرمایی و سوخت *خط‌مبنا* به شکل مداوم در طول یک دوره پنج هفته‌ای جمع‌آوری شدند تا این‌که سه موردی که متوسط دمای محیط آنها در محدوده خاص ۵+ تا ۵- درجه سلسیوس قرار گیرد، یافت شود. با تقسیم انرژی گرمایی خالص تحویل شده بر مصرف سوخت، میانگین قرائت‌های کارایی در بویلر قدیمی در طول سه دوره یک هفته‌ای ۶۵/۲٪ به دست می‌آید.

پس از نصب و راه‌اندازی بویلر، دوره گزارش‌دهی سه هفته‌ای، بار دیگر با میانگین دمای محیط در محدوده ۵- تا ۵+ درجه سلسیوس مشخص می‌شود. نتایج آزمون کارایی بویلر به صورت میانگین ۸۰/۶ ٪ است.

هیچ تغییر دیگری در بویلر بین زمان آزمون‌های دوره *خط مبنا* و *دوره گزارش‌دهی* وجود ندارد. بنابراین *تصحیحات غیر معمول* مورد نیاز نمی‌باشد.

با استفاده ازمعادله ۱د) IPMVP، *صرفه‌جویی‌های* سالیانه با استفاده از ۲۳۹،۲۰۰ لیتر به عنوان مصرف سوخت سالیانه برآورد شده از دوره خط‌مبنا عبارت است از:

صرفه‌جوئی سوخت = ۲۳۹،۲۰۰ لیتر × (۱/۰۰۰ -۰/۶۵۲ / ۰/۸۰۶)

= ۴۵،۷۰۰ لیتر

ارزش *صرفه‌جویی‌ها* برابر با ۳۱۹۰۰[۵۶]€= ۴۵،۷۰۰ × ۰/۷۰€ می‌شود.

این *صرفه‌جوئیهای* سالیانه برآورد شده از آزمون کوتاه مدت تائید می‌کند که پیمان‌کار تضمین عملکرد خود را برآورده کرده است.

الف-۷ راهکارهای چندگانه با داده‌های خط‌مبنای اندازه‌گیری‌شده – گزینه C

وضعیت: یک پروژه‌کارایی انرژی در دبیرستانی در شمال ایالات متحده راه‌اندازی شده است. این پروژه دارای ده راهکار شامل روشنائی، HVAC، گرمایش استخر، آموزش اپراتورها و اقدامات آگاه سازی ساکنین است. هدف پروژه کاهش هزینه‌های انرژی بود.

[۵۶] *صرفه‌جویی‌های* سالیانه سوخت و پول به صورت محافظه کارانه‌ای با سه رقم بامعنی نشان داده شده است که این همان کمترین تعداد ارقام استفاده شده در محاسبات است که در آزمون‌های کارایی یافت شده است.

عوامل تأثیرگذار بر طراحی *M&V* : مالک تمایل داشت تا کاهش هزینه‌های سالیانه را نسبت به شرایط و نرخ مصرف انرژی سال ۲۰۰۵ به عنوان خط‌مبنا ثبت کند. مدرسه دارای استخر و کافه‌تریا بود. مدرسه در طول سال قابل استفاده و در کل سال به مدت ۵ هفته بین دوره‌های تحصیلی بسته است . اکثر غروبها ساختمان توسط مجامع محلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نیازهای انرژی ساختمان به طور قابل توجهی تحت تأثیر دمای محیط است. داده‌های دمایی می‌تواند به راحتی از یک دفتر دولتی هواشناسی نزدیک به دست آید. امکان کمی کردن هیچ متغیر مهم دیگری که موثر بر انرژی باشد وجود ندارد.

تنها دفاتر اداری دارای تجهیزات مکانیکی تهویه هوا هستند که به مدت ۳ ماه در سال کار می‌کنند.

صرفه‌جوئی سالیانه مورد انتظار در کنتور گاز ۲۸۰۰ mcf و در کنتور اصلی برق ۳۸۰،۰۰۰ kWh است.

طرح *M&V*: طرح *M&V* طوری تدوین شد که نشان دهد گزینه C پروتکل IPMVP جلد ۱ 2012 :1 -EVO 10000 برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا تمرکز بر روی هزینه کل انرژی ساختمان بود. هم‌چنین،گزینه C انتخاب شد چرا که راهکارهای زیادی اجرا شده بودند که برخی از آن‌ها نمی‌توانستند مستقیماً اندازه‌گیری شوند.

از آن جا که *صرفه‌جویی‌ها* تحت شرایط دوره گزارش‌دهی به شکل "هزینه اجتناب شده" گزارش می‌شوند، معادله ۱ب) استفاده خواهد شد.

نمای کلی عناصر کلیدی طرح *M&V* در ذیل نشان داده شده است. جزئیات، داده‌ها، و تجزیه و تحلیل در بخش مشترکین وب‌سایت EVO (www.evo-world.org) ارائه شده است.

- *مرز اندازه‌گیری* در تعیین این *صرفه‌جویی‌ها* به شکل ذیل تعریف می‌شود:
  - اشتراک برق شامل دیماند در ساختمان اصلی،
  - اشتراک برق کمکی بدون دیماند، جهت روشنایی تالار سر پوشیده
  - اشتراک گاز طبیعی برای ساختمان اصلی
- شرایط *خط مبنای* سال ۲۰۰۵ ثبت شده است که شامل استراتژی برای بخش مهندسی است تا به سادگی اطلاعات مربوط به تغییرات آینده را برداشت کند.
- داده‌های انرژی *دوره خط مبنا* و داده‌های آب و هوا ثبت شده و توسط رگرسیون خطی ساده مصرف انرژی ماهیانه و دیماند انرژی *روز –درجه ها* مورد تجزیه و تحلیل واقع می‌شود. داده‌های *روز - درجه* بر اساس دمای مبنایی بوده اند که از میان تعداد تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی که بر روی دماهای مبنای محتمل انجام می‌شود، به بهترین R^2 می‌انجامد.
- تجزیه و تحلیل مقدماتی، رابطه شفافی را بین آب و هوا و مصرف گاز و مصرف برق زمستان در کنتور اصلی یافت. هم‌چنین این تجزیه و تحلیل نشان داد که آب و هوا ارتباط قابل توجهی با دیماند برق، مصرف گاز یا برق تابستان ندارد. تصمیم گرفته شد که رگرسیون تنها بر روی دوره‌های قبوض با *روز درجه گرمایشی* (HDD) بیشتر از ۵۰ انجام شود و هم چنین تصمیم بر آن شد که برای *دوره گزارش‌دهی* با *روز درجه گرمایشی* ۵۰ یا کمتر، مقادیر *خط مبنای تصحیح شده*، مستقیماً از ماه *خط مبنای* متناظر استخراج شود و تنها برای تعداد روزهای این دوره تصحیح شود.

ارتباط انرژی /HDD برای فصل گرمایش برای هر سه اشتراک، همراه با آمار کلیدی رگرسیون و ضرایبی که ارتباط بارزی را نشان می دهند، در جدول الف-۷-۱ نشان داده شده است.

آمار رگرسیون برای مصارف گاز و برق اصلی نشان دهنده رابطه قابل قبولی با HDD است، به طوری‌که به وسیله R^2 بالا، و آمار t *روز درجه گرمایشی* به خوبی بالای مقادیر بحرانی جدول ب-۱ IPMVP، ۱/۸۹ برای ۸ نقطه داده‌ها و اطمینان ۹۰٪ داده شده است. این مشاهدات منطقی هستند چرا که مصرف اصلی گاز برای گرمایش ساختمان است. هم‌چنین مقدار قابل توجهی از گرمای ناشی از برق در ساختمان اصلی است.

اشتراک تالار سرپوشیده آمار t و R^2 ضعیفی را نشان می‌دهد. ساختمان هیچ تاسیسات گرمایشی ندارد اما باید در ماه‌های با روشنایی روز کمتر، که ماه‌های سردتر نیز هستند، مدت طولانی‌تری از روشنایی استفاده کند. می‌توان انتظار داشت که مصرف

برق ماهیانه از الگوی سالیانه منظم قابل قبولی نسبت به ساعات روشنایی روز و حضور ساکنین پیروی کند و ارتباطی با دمای محیط نداشته باشد. بنابراین این حداقل بستگی کنتور با HDD نادیده گرفته می‌شود و هیچ تصحیحات آب و هوایی برای آن انجام نمی‌پذیرد. در عوض، هر گزارش صرفه‌جویی ماهیانه، *انرژی خط مبنای* خود را از *مصرف ماه خط مبنای* متناظر می‌گیرد و برای تعداد روزهای *دوره گزارش‌دهی* تصحیح می‌شود.

کنتور اصلی دیماند برق نشان از وابستگی ضعیفی به آب و هوای سردترین روز نشان می‌دهد. بنابراین گزارش صرفه‌جویی هر ماه، دیماند *خط مبنای* خود را بدون هیچ تصحیحی از دیماند واقعی ماه *خط مبنای* متناظر می‌گیرد.

جدول الف-۷-۱- تجزیه و تحلیل رگرسیون

	گاز	برق		
		ساختمان اصلی		تالار سرپوشیده
		مصرف	دیماند	مصرف
واحد	mcf	kWh	kW	kWh
تعداد ماه‌ها با بیشتر از ۵۰ HDD	۸	۸	۸	۹
مبنای HDD	۶۰ °F	۶۲ °F	۶۲ °F	۶۸ °F
آمار رگرسیون:				
R^2	۰/۹۳	۰/۸۱	۰/۵۱	۰/۲۹
خطای استاندارد برآورد	۹۱	۱۵،۹۳۳		
آمار t ضریب HDD	۸/۷	۵/۰	۲/۵	۱/۷
ارزیابی تجزیه و تحلیل رگرسیون	خوب	خوب	خوب	حدی
ضرایب رگرسیون (در جایی‌که مورد قبول است):				
عرض از مبداء	۴۴۶/۷۳	۱۰۲،۴۲۵		
ضریب HDD	۱/۹۷۸۸	۱۷۹/۳۹۱۶		

- اثرات بلند مدت این آمار رگرسیون بر روی گزارش‌های *صرفه‌جویی‌های* تحلیل شد. دقت نسبی در گزارشهای *صرفه جوئی* زمستان برای اشتراک گاز کمتر از ۱۰٪± و برای اشتراک برق اصلی کمتر از ۲۰٪± است. *صرفه‌جویی* مورد انتظار در ماههای زمستان از نظر آماری قابل توجه است زیرا به بیش از دو برابر *خطای استاندارد* فرمول *خط‌مبنا* می‌رسد (ر.ک. معیار پیوست ب-۱-۲). مدیران مدرسه از این *دقت* کمّی مورد انتظار و خطاهای احتمالی غیر قابل سنجش مربوط به تصحیحات مدتهای دوره اندازه‌گیری در ماه‌های با HDD برابر یا کمتر از ۵۰ راضی بودند.
- در این صورت نرخ حامل‌های انرژی که برای ارزش‌گذاری *صرفه‌جویی‌ها* استفاده می شود، جدول کامل قیمت جاری برای هر اشتراک خواهد بود.

نتایج: داده‌های *دوره گزارش‌دهی* در سال اول مستقیماً و بدون تصحیح از قبوض و از گزارشهای دولتی هواشناسی به دست می‌آید. این داده‌ها و محاسبات برای *صرفه‌جویی‌ها* در واحدهای انرژی و دیماند با استفاده از معادله ۱ب)، در وب‌سایت EVO ارائه داده شده است.

برای محاسبه صرفه‌جویی‌ها، نرخ جاری حامل‌های انرژی هر ماه بر روی انرژی *خط‌مبنای تصحیح شده* و و انرژی *دوره گزارش‌دهی* هر اشتراک اعمال شده است. از آن جا که نرخ گاز در ماه ۹ و نرخ برق در ماه ۷ تغییر کرد، در طول گزارش صرفه‌جویی‌های ۱۲ ماهه از دو جدول قیمت متفاوت برای هر حامل انرژی استفاده شده است. در ضمن این محاسبات با جزییات در وب‌سایت EVO آمده است.

الف-۷-۱ محاسبه انرژی کل سایت نسبت به بودجه

وضعیت: از مدیر انرژی یک هتل زنجیره‌ای در خواست شد که سالیانه بودجه انرژی تهیه کند و به طور دوره ای انحرافات از بودجه را حساب کند.

عوامل تاثیرگذاربر طراحی *M&V* : میزان اشغال اتاقها توسط میهمانان هتل، استفاده از سالن همایش و آب و هوا تاثیرات قابل توجهی بر مصرف انرژی دارند. مدیر انرژی متوجه شد که برای محاسبه مصرف انرژی و تصحیح این عوامل بارز نیاز به استفاده از روش‌های از نوع *M&V* دارد.

طرح *M&V*: مدیر انرژی از گزینه C پروتکل IPMVP جلد ۱، EVO10000-1:2012 پیروی کرد زیرا نیاز داشت تا انحرافات از بودجه را در گزارشهای حسابداری برای مدیریت شرح دهد. او همیشه بودجه انرژی خود را تحت شرایط میانگین آب‌وهوایی بلند مدت و میزان اشغال سال قبل بیان می‌کرد.

نتایج: به منظور حساب کردن تغییرات بودجه، به محض این‌که یک سال کامل شد، مدیر انرژی یک مدل رگرسیون مصرف با استفاده از ضرایب واقعی آب و هوایی و میزان اشغال سکنه آن سال برای هر اشتراک حامل انرژی آماده کرد. سپس در طی سه مرحله به صورت مجزا اثرات اولیه آب و هوا، اشغال سکنه و نرخ حامل‌های انرژی را تعیین کرد.

- آب و هوا: او آمار آب و هوای معمول را در مدل‌های سال آخر وارد کرد. او با استفاده از نرخ واقعی حامل‌های انرژی در سال تعیین کرد اگر آب و هوا عادی باشد مقدار انرژی (و هزینه) چقدر خواهد بود. (هم‌چنین مقدار تغییر *روز درجه* های سرمایش و گرمایش از حد عادی، و از سال گذشته را برای هر شعبه ثبت کرد.)
- اشغال ساکنین : او ضرایب اشغال ساکنین سال قبل را در مدل‌های سال آخر وارد کرد. سپس با استفاده از نرخ واقعی حامل‌های انرژی برای سال آخر تعیین کرد که اگر اشغال ساکنین مشابه سال قبل بود، مقدار انرژی (و هزینه) چقدر بود. (او هم چنین تغییرات اشغال ساکنین را از سالی به سال دیگر در هر محل ثبت کرد.)
- نرخ حامل‌های انرژی: او از نرخ حامل‌های انرژی (و دیماند) سال قبل را بر مصرف سال آخر اعمال کرد تا تعیین کند چقدر از انحرافات بودجه در ارتباط با تغییرات نرخ حامل‌های انرژی در هر شعبه مربوط بوده است.

با اعمال تاثیر این سه متغیر شناخته شده، مدیر انرژی باز هم نیاز به حساب کردن انحرافات باقیمانده دارد. بنابراین ضرایب آب و هوا و اشغال ساکنین سال آخر را در مدل‌های ریاضی سال قبل وارد کرد و با استفاده از نرخ کنونی حامل‌های انرژی در الگوی سال قبل، گزارش اجتناب از هزینه را تهیه کرد. سپس این اجتناب از هزینه نسبت به تغییرات در *عوامل ثابت* ثبت شده نسبت به سابقه سال قبل در هر شعبه ، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همه انحرافات باقیمانده به شکل واقعاً تصادفی و یا پدیده ناشناخته گزارش شدند.

این فرآیند تجزیه و تحلیل نه تنها به مدیر انرژی امکان محاسبه انحرافات بودجه را داد، بلکه او را از جائی که باید تلاش‌هایش را در آن متمرکز کند، مطلع ساخت تا انحرافات در نظر گرفته نشده را مدیریت کند. علاوه بر این به او امکان داد تا بودجه‌های آگاهانه‌تری را برای سالهای بعد برنامه‌ریزی کند.

الف-۸ *راهکار* های چندگانه در ساختمانی بدون کنتور انرژی در دوره‌ی *خط مبنا* - گزینه D

وضعیت: یک پروژه کارایی انرژی با هفت *راهکار* که شامل روشنایی، HVAC، آموزش اپراتورها و تلاش برای آگاه ساختن ساکنین بود، در یکی از ساختمانهای کتابخانه دانشگاه آمریکا راه‌اندازی شد. این ساختمان بخشی از یک محوطه چند ساختمانی بدون کنتور مجزا است. هدف این پروژه کاهش هزینه‌های انرژی در کتابخانه است.

عوامل تاثیر گذار بر طراحی *M&V*: از آن جائی که پروژه کتابخانه، نسبت به کل محوطه دانشگاه بسیار کوچک است، اثرات آن نمی‌تواند با استفاده از کنتور تاسیسات اصلی دانشگاه اندازه‌گیری شود.

با وجود این که سوابق انرژی در *خط‌مبنا* ناقص بود، دانشگاه مایل بود *صرفه‌جویی‌های* پس از اصلاح را سریعتر به دست آورد.

صرفه‌جویی‌ها باید تا حد امکان بلافاصله پس از اصلاح و به صورت مداوم و با استفاده از نرخهای انرژی آن زمان گزارش شوند.

طرح M&V: تصمیم بر این شد که برای ارزش‌گذاری انرژی قبل از اجرای راهکارها منتظر بدست آوردن داده‌های انرژی یک سال از کنتورهای جدید نمانند. در عوض از معادله ۱ و) گزینه D پروتکل IPMVP جلد ۱، 1:2012 – EVO 10000، برای شبیه‌سازی عملکرد قبل از اصلاح استفاده شود. بنابراین به عنوان بخشی از برنامه مدیریت انرژی، کنتورهای بخار، برق و دیماند برق بر روی خطوط اصلی تامین کننده کتابخانه نصب شدند.

مرز اندازه‌گیری این پروژه، همه سیستم‌های انرژی‌بر کتابخانه تعریف شد. ولی اثر مهم *انرژی* در کنتورهای اصلی دیده می شد. برای تبدیل *انرژی* اندازه‌گیری شده در کتابخانه به اثر واقعی آن در قبوض انرژی کل، فرضیات ذیل انجام شد:

- یک پوند بخار آب در کتابخانه نیازمند ft^3 ۱/۵ گاز طبیعی در کنتور گاز سیستم گرمایش اصلی است. اجزای ثابتی در مصرف گاز سیستمهای مرکزی وجود دارد که ناشی از اتلاف دائم از سیستم بخار است. عامل ft^3 ۱/۵، میانگین سالیانه مصرف گاز برای هر پوند بخار آب تولید شده، سهم بر پایه بار این جزء ثابت را به کتابخانه تخصیص می‌دهد.
- مصرف برق در کتابخانه به علت اتلاف برآورد شده ترانسفورماتور محوطه دانشگاه و شبکه توزیع، نیازمند ۳٪ برق بیشتر در کنتور برق اصلی محوطه دانشگاه است.
- فرض می‌شود که اوج دیماند برق در کتابخانه منطبق با زمان اوج دیماند در کنتور محوطه دانشگاه باشد.

صرفه‌جویی‌های مورد انتظار از *راهکارها* به وسیله شبیه‌سازی رایانه‌ای با نرم افزار عمومی DOE2.1 پیش‌بینی شده است. برای جمع آوری همه داده‌های ورودی، بررسی کامل سیستم و میزان اشغال فضاهای ساختمان مورد نیاز است. توان مورد نیاز پنج سیستم هواساز با حجم متغیر هوا در یک هفته ثبت شد تا برخی داده‌های ورودی برای این طرح‌ریزی شبیه‌سازی را تعریف کند.

شبیه‌سازی، از شرایط جوی معمولی بلندمدت و میزان اشغال ساکنین و دیگر مشخصات ساختمان که در زمان پیش‌بینی غالب است، استفاده کرد. تصمیم گرفته شد که *صرفه‌جوییهای* واقعی تحت شرایط مشابه گزارش شوند.

قرارداد تأمین گاز دانشگاه دارای قیمت واحد حدی ۶/۲۵ دلار آمریکا به ازای هر میلیون فوت مکعب است. این قرارداد هم‌چنین دارای حداقل میزان مصرفی است که تنها ۵۳۰۰ mcf پایین‌تر از مصرف واقعی گاز طبیعی در طول *دوره خط‌مبنا* است. اگر مصرف به زیر ۵۳۰۰ mcf کاهش پیدا کند، دانشگاه حداقل مقدار قرارداد را پرداخت خواهد کرد. قرارداد بر اساس نتایج بدست آمده از این پروژه کتابخانه دوباره بازنگری خواهد شد. قیمت حدی برق در کنتور محوطه دانشگاه برابر $۰/۱۸/kWh در دوره اوج مصرف و $۰/۰۵/ kWh در دوره کم باری است و دیماند $۱۰/۲۵/ kW در ماه قیمت‌گذاری شده است.

پس از سال اول، داده‌های کنتور در اولین سال به عنوان *خط مبنای* گزینه جدید C برای این ساختمان استفاده خواهد شد.

نتایج: مراحل ذیل برای محاسبه مقدار *صرفه‌جویی* طی شد:

۱. کنتورهای جدید کالیبره و نصب شدند. کارکنان عملیاتی مقدار انرژی و دیماند را به صورت ماهیانه برای ۱۲ ماه در کل اولین سال پس از راه‌اندازی راهکار ثبت کردند.
۲. سپس *مدل شبیه‌سازی* برنامه‌ریزی اولیه برای هماهنگی با اجرای *راهکارها*، آب و هوا، میزان اشغال ساکنین و پروفیل‌های عملیاتی *دوره گزارش‌دهی* تصحیح می‌شود. شبیه‌سازی دما و رطوبت فضای محیطی بدست آمده مورد بررسی قرار گرفتند تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها به صورت منطقی، در محدوده معمول شرایط داخلی طی روزهای پر و خالی از سکنه قرار دارند. در ابتدا، نتایج شبیه‌سازی با مصرف انرژی واقعی خیلی خوب منطبق نبود، بنابراین تیم *M&V* سایت را بیشتر بررسی کردند. تیم در طول این بررسی‌های اضافی متوجه شد که در دوره‌های شب خالی از سکنه، تغییرات دمایی داخلی خیلی کمی ایجاد می شود. بنابراین، آن‌ها مشخصات جرم- گرمایی را در مدل رایانه‌ای تغییر دادند. پس از این تصحیح، نتایج ماهیانه مدل‌سازی با داده‌های کالیبراسیون ماهیانه مقایسه شد. بیشترین مقدار CV(RMSE) این تفاوتها ۱۲٪ روی کنتور دیماند برق بود. نظر دانشگاه این بود که چون این مقادیر CV(RMSE) مشخصات ASHRAE (2002) را برآورده کرده ، می‌تواند *اطمینان* منطقی به نتایج نسبی دو اجرای مدل داشته باشد. بنابراین این

"مدل As-built کالیبره شده " با هر دو کپی الکترونیکی و پرینت شده از داده‌های ورودی، گزارش‌های تشخیصی و داده‌های خروجی بایگانی شد.

۳. سپس مدل As-built کالیبره شده مجدداً با فایل داده‌های آب و هوای مربوط به سال عادی اجرا شد. آمار اشغال ساکنین و *عوامل ثابت* نیز براساس آن چه که در طول *دوره خط‌مبنا* مشاهده شده ، تنظیم دوباره شد. این **"مدل شرایط نرمال پس از اصلاح"** با کپی الکترونیکی و پرینت شده از داده‌های ورودی، گزارش‌های تشخیصی و داده‌های خروجی بایگانی شد.

۴. سپس مدل شرایط عادی پس از اصلاح تصحیح شد تا راهکار ها را حذف کند. این **"مدل شرایط عادی *خط مبنا*"** با کپی های الکترونیکی و پرینت شده از داده‌های ورودی، گزارش‌های تشخیصی و داده‌های خروجی بایگانی شدند.

۵. سپس مصرف انرژی دو مدل عادی با استفاده از معادله ۱ و) مقایسه شد تا *صرفه‌جویی‌های* انرژی جدول الف-۸-۱ بدست آیند.

الف-۸-۱- شبیه‌سازی *صرفه‌جویی‌های* کتابخانه تحت شرایط عادی

	مدل شرایط عادی *خط مبنا*	مدل شرایط عادی پس از اصلاح	*صرفه‌جویی‌ها*
مصرف برق دوره اوج بار (kWh)	۱،۰۰۳،۰۰۰	۶۵۶،۰۰۰	۳۴۷،۰۰۰
مصرف برق دوره کم باری (kWh)	۲،۲۵۰،۰۰۰	۱،۶۱۰،۰۰۰	۶۴۰،۰۰۰
دیماند برق (ماه – kW)	۷۲۴۱	۶۲۲۴	۱۰۱۷
بخار (هزار پوند)	۱۲،۲۲۲	۵۹۴۲	۶۲۸۰

۶. مقدار *صرفه‌جویی‌ها* در کنتور اصلی محوطه دانشگاه به گونه‌ای که در جدول الف-۸-۲ نشان داده شده، محاسبه می‌شود، که در آن تلفات تبدیل و انتقال و حداقل مقدار گاز قرارداد در نظرگرفته شده است.

الف-۸-۲ صرفه‌جویی‌های محوطه

	صرفه‌جویی‌های انرژی کتابخانه	*صرفه‌جویی‌های* انرژی محوطه	*صرفه‌جویی‌های* انرژی قبوض	صرفه‌جویی‌های هزینه (دلار آمریکا)
مصرف برق دوره اوج بار (kWh)	۳۴۷،۰۰۰	۳۵۷،۴۰۰	۳۵۷،۴۰۰	۶۴،۳۳۰
مصرف برق دوره کم باری (kWh)	۶۴۰،۰۰۰	۶۵۹،۲۰۰	۶۵۹،۲۰۰	۳۳،۰۰۰
دیماند برق(ماه – kW)	۱۰۱۷	۱۰۴۸	۱۰۴۸	۱۰،۷۴۰
بخار یا گاز	۶،۲۸۰،۰۰۰ پوند بخار	۹۴۲۰ mcf گاز	۵۳۰۰ mcf گاز	۳۳،۰۰۰
			جمع	$۱۴۱،۰۰۰[۵۷]

صرفه‌جویی کل برای سال قبل از اصلاحیه قرارداد حداقل گاز نشان داده شده است.

[۵۷] عدد نهائی *صرفه‌جویی‌ها*، به علت قواعد ارقام با معنی در بخش ۸-۱۲ با استفاده از سه رقم بامعنی بیان شده است.

الف-۹ ساختمان جدید طراحی‌شده بهتر از کد - گزینه D

وضعیت: یک ساختمان جدید طوری طراحی شده تا انرژی کمتری نسبت به آن‌چه که استاندارد محلی ساختمان‌ها الزام کرده، مصرف کند. به منظور ارزیابی برای پرداخت تشویقی دولتی، مالک نیاز دارد تا نشان دهد که مصرف انرژی ساختمان در طول سال اول عملیات بعد از راه اندازی و تکمیل ساکنین آن کمتر از ٪۶۰ میزان مصرف ساختمان ساخته شده بر اساس استاندارد است.

عوامل تأثیر گذار بر طراحی *M&V*: شبیه‌سازی کامپیوتری در فرآیند طراحی کل ساختمان به طور گسترده‌ای استفاده شده تا به تحقق اهداف مصرف انرژی معادل ٪۵۰ الزام استاندارد کمک کند.

ساختمان به عنوان دفاتر مرکزی شرکتهای گروه وابسته به یک شرکت بزرگ بود. انتظار می‌رفت که ساختمان بلافاصله پس از افتتاح به صورت کامل از سکنه پر شود.

مالک تمایل داشت تا از همان محاسبات *صرفه‌جویی* انرژی استفاده کند که به دولت ارائه شد تا نمایش دهد که با سرمایه‌گذاری بیشتر در یک ساختمان کارآمد چه مقدار در هزینه صرفه‌جویی خواهد شد. او هم‌چنین تمایل داشت به صورت سالیانه تفاوتهای حاصل شده نسبت به عملکرد انرژی اولیه خود را مرور کند.

طرح M&V: برای نشان دادن *صرفه‌جویی‌های* ساختمان جدید در مقایسه با ساخت ساختمان مشابه طبق استانداردهای کد ساختمان از گزینه D پروتکل IPMVP جلد ۱، 1:2012 – EVO10000 استفاده خواهد شد. می توان از معادله ۱ و) برای مقایسه دو مورد شبیه‌سازی شده، یا معادله ۱ ز) برای مقایسه *انرژی خط‌مبنای* شبیه‌سازی شده و *انرژی* واقعی اندازه‌گیری شده بعد از تصحیح برای خطای کالیبراسیون، استفاده کرد. برنامه تشویقی مشخص نکرده که کدام روش باید استفاده شود. نظر مجری این مدل این بود که استفاده از معادله ۱ و) صحیح‌تر خواهد بود. با این حال، مالک تمایل داشت تا از داده‌های واقعی مصرف حامل‌های انرژی در اعلام نهایی *صرفه‌جویی‌هایش* استفاده کند، بنابراین او نیاز داشت تا از معادله۱ ز) استفاده کند.[۵۸]

پس از اولین سال عملیات کامل ("سال اول")، انرژی و داده‌های عملیاتی سال اول به عنوان خط‌مبنای رویکرد گزینه C پروتکل IPMVP جلد ۱، 1:2012 – EVO10000 خواهد شد تا عملکرد در حال اجرا را گزارش دهد.

نتایج: یک سال پس از راه‌اندازی و اشغال کامل، داده‌های ورودی دوره شبیه‌سازی اولیه طراحی به روز می‌شود تا تجهیزات موجود و میزان اشغال کنونی را منعکس کند. یک فایل داده‌های آب و هوا از فایل‌های موجود آب و هوا برای مکان مشابه ساختمان و براساس شباهت در *روز درجه* سرمایش و گرمایش با *روز درجه* اندازه‌گیری شده در سال اول، انتخاب شد. این فایل مشابه متناسباً با *درجه-روز* سرمایش و گرمایش ماهیانه واقعی سال اول تصحیح شد. داده‌های ورودی بازنگری شده برای اجرای مجدد شبیه‌سازی استفاده شد.

داده‌های مصرف انرژی سال اول با این مدل شبیه‌سازی مقایسه شد. پس از برخی بازنگری‌های بیشتر در داده‌های ورودی شبیه‌سازی، فرض شد که شبیه‌سازی به صورت معقولی ساختمان کنونی را مدل‌سازی کرده است. این شبیه‌سازی کالیبره شده"مدل As-Built" نامیده می‌شود.

خطای کالیبراسیون در مدل" As-Built" نسبت به داده‌های واقعی قبوض در جدول الف-۹-۱ نشان داده شده است.

سپس داده‌های ورودی برای مدل As-Built طوری تغییر کرد تا یک ساختمان با اشغال ساکنین و مکان مشابه و منطبق برکدهای استاندارد ساختمان را توصیف کند. این "مدل استاندارد" خوانده شد.

مصرف انرژی پیش‌بینی شده ماهیانه مدل استاندارد، به وسیله خطاهای کالیبراسیون ماهیانه در جدول الف-۹-۱ تصحیح شدند تا به **"مدل استاندارد تصحیح شده"** منجر شود. سپس داده‌های اندازه‌گیری شده واقعی برای سال اول از مدل

[۵۸] این روش مشابه روش ۲، گزینه D پروتکل IPMVP جلد ۳ بخش ۱ ساختمان جدید (۲۰۰۶) است.

استاندارد تصحیح شده کسر می‌شود تا به *صرفه‌جویی‌های* ماهیانه بیانجامد. درصد *صرفه‌جویی‌ها* محاسبه شد تا صلاحیت برای تشویق‌های دولتی را ثابت کند.

صرفه‌جویی‌های مالی ماهیانه مالک با اعمال نرخهای جاری انرژی آن زمان که به مقادیر پیش‌بینی‌شده تصحیح شده ماهیانه مدل استاندارد ، تعیین شد. این مقدار کل با پرداختهای قبوض انرژی کلی برای سال اول مورد مقایسه قرار گرفت.

داده‌های انرژی سال اول، پایه‌ای برای یک رویکرد گزینه C در سال‌های بعدی خواهد شد.

جدول الف-۹-۱ خطای کالیبراسیون ماهیانه

	گاز	مصرف برق (kWh)		دیماند برق (kW)
		اوج مصرف	کم‌باری	
ژانویه	+۱٪	-۲٪	+۱٪	+۶٪
فوریه	-۳٪	+۱٪	۰٪	-۲٪
مارس	۰٪	-۲٪	-۱٪	-۵٪
آوریل	+۲٪	+۳٪	+۱٪	-۳٪
مه	-۲٪	+۵٪	+۲٪	+۶٪
ژوئن	+۷٪	-۶٪	-۲٪	-۹٪
ژوئیه	-۶٪	+۲٪	۰٪	+۸٪
اوت	+۱٪	-۸٪	-۱٪	+۵٪
سپتامبر	-۳٪	+۷٪	+۱٪	-۶٪
اکتبر	-۱٪	-۲٪	-۱٪	+۵٪
نوامبر	+۳٪	-۲٪	-۱٪	-۹٪
دسامبر	+۱٪	+۴٪	+۱٪	+۴٪

پیوست ب عدم قطعیت

ب-۱ مقدمه

هدف *M&V* تعیین قابل اعتماد *صرفه‌جویی‌های انرژی* است. به منظور این که این گزارش‌های *صرفه‌جویی* قابل اعتماد باشد باید میزان قابل قبولی از عدم قطعیت را داشته باشند. عدم قطعیت در گزارش *صرفه‌جویی* می‌تواند به وسیله کنترل خطاهای تصادفی و گرایش[۵۹] داده‌ها مدیریت شود. خطاهای تصادفی تحت تاثیر کیفیت تجهیزات اندازه‌گیری، فنون اندازه‌گیری و طراحی شیوه‌های نمونه‌برداری است. گرایش داده‌ها تحت تأثیر کیفیت داده‌های اندازه‌گیری، فرضیات و تحلیل‌ها است. معمولاً کاهش خطاها هزینه *M&V* را افزایش می‌دهد بنابراین نیاز به بهبود عدم قطعیت باید با ارزش بهبود اطلاعات توجیه شود (ر.ک. بند ۸-۵).

محاسبات *صرفه‌جویی انرژی* شامل مقایسه داده‌های *انرژی* و محاسبه "تصحیحات" است تا هر دو *اندازه‌گیری* را به شرایط عملیاتی یکسانی ببرد (ر.ک. بند ۴-۱، معادله ۱). اندازه‌گیری‌ها و تصحیحات، هر دو خطا ایجاد می‌کنند. خطاها مثلاً ممکن است ناشی از عدم صحت کنتور، شیوه‌های نمونه‌برداری یا روش تصحیحات باشند. این فرآیندها، "برآوردهای" آماری به اندازه گزارش شده یا مورد انتظار و مقداری تغییرات ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر، از مقادیر واقعی اطلاعی در دست نیست و تنها می توان آنها را با میزانی از عدم قطعیت برآورد کرد. همه اندازه‌گیری‌های فیزیکی و تحلیل‌های آماری براساس برآوردهای میل به مرکز مانند مقادیر متوسط و تعیین تغییراتی هم‌چون محدوده، *انحراف استاندارد*، *خطای استاندارد* و *واریانس* هستند.

آمار شامل روش‌های ریاضی است که می‌توانند روی داده‌ها اعمال شوند تا در مواجهه با عدم قطعیت به تصمیم‌گیری کمک کند. مثلاً آمار می‌تواند راه‌هایی برای بررسی نتایج ایجاد کند تا بررسی شود که *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده "معنی دار" هستند یعنی بیشتر تأثیر واقعی راهکار هستند تا رفتار تصادفی.

خطاها به سه طریق اتفاق می‌افتد: مدل سازی، نمونه برداری و اندازه‌گیری:

- مدل‌سازی- خطاها در مدل‌سازی ریاضی به دلیل انتخاب شکل تابع نامتناسب، در بر گرفتن متغیرهای غیرمرتبط، در نظر نگرفتن متغیرهای مرتبط و غیره است. ر.ک. به پیوست ب-۲.
- نمونه‌برداری- خطاهای نمونه برداری از زمانی بر می‌آید که تنها بخشی از جمعیت مقادیر واقعی اندازه‌گیری می‌شود یا روش‌های نمونه‌برداری استفاده شده دارای گرایش هستند. نمایندگی بخش کوچکی از جمعیت ممکن است در مفهوم فیزیکی (مثلاً اندازه‌گیری فقط ۲۰ مورد از ۱۰۰۰ چراغ روشنایی) یا در مفهوم زمانی (اندازه‌گیری تنها ۱۰ دقیقه از هر ساعت) رخ دهد. ر.ک. به پیوست ب-۳.
- اندازه‌گیری- خطاهای اندازه‌گیری ناشی از صحت حسگرها، خطاهای ردیابی داده‌ها، انحراف از کالیبراسیون و اندازه‌گیری‌های اشتباه و غیره است. اندازه چنین خطاهایی تا حد زیادی به وسیله سازنده تجهیزات اندازه‌گیری داده و به وسیله کالیبراسیون مجدد دوره‌ای ، مدیریت می‌شود. ر.ک. به پیوست ب-۴ و بند ۴-۸-۳ و ۸-۱۱.

این پیوست، دستورالعملی برای کمی‌کردن عدم قطعیت‌های ناشی از این سه شکل خطا را به دست می‌دهد. پیوست ب-۵ روش‌های ترکیب عناصر کمی شده عدم قطعیت را تشریح می‌کند.

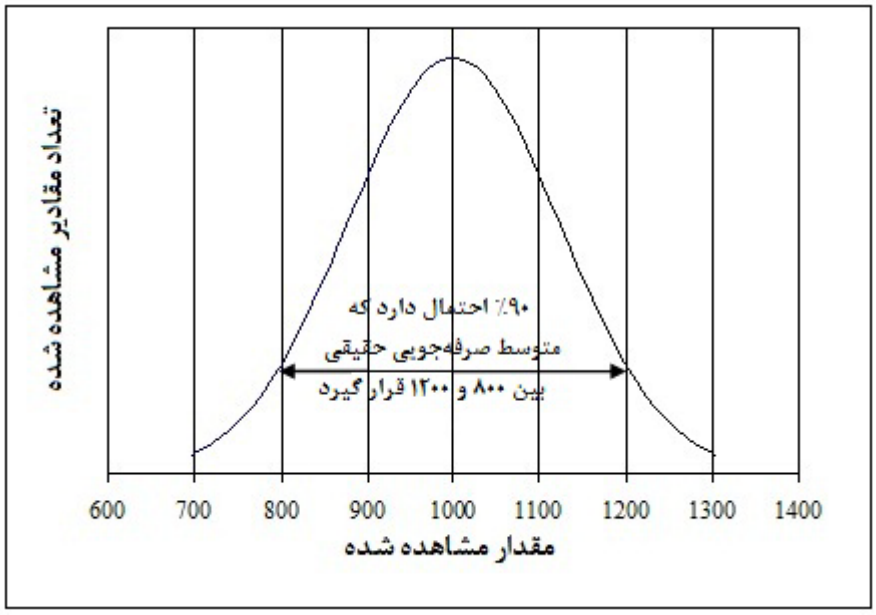
برخی منابع خطاها، ناشناخته و غیرقابل سنجش هستند. مثال‌های چنین منابعی عبارت است از: انتخاب یا جای‌گذاری ضعیف کنتور، *برآوردهای* غیرصحیح در گزینه A یا برآورد اشتباه از *اثرات متقابل* در گزینه‌های A و B. عدم قطعیت‌های ناشناخته یا غیر قابل سنجش، تنها می‌تواند با دنبال کردن بهترین تجارب صنعتی مدیریت شود.

[59] -Bias

یک نمونه استفاده از تحلیل عدم قطعیت در پیوست ب-۶ داده شده است. همچنین برخی از نمونه‌های پیوست الف: الف-۳، الف-۳-۲، الف-۴ و الف-۷ محاسبات عدم قطعیت را نشان می‌دهد. بخش مشترکین وب‌سایت EVO (www.evo.world.org) شامل جزئیات محاسبات عدم قطعیت در الف-۴ و الف-۷ است.

ب-۱-۱ بیان عدم قطعیت

به منظور بیان *صرفه‌جویی‌ها* در یک شیوه آماری معتبر، *صرفه‌جویی‌ها* باید همراه با میزان *اطمینان* و دقت مرتبط بیان شوند. *اطمینان* به این احتمال برمی‌گردد که *صرفه‌جویی‌های* برآورد شده در محدوده دقت[۶۰] قرار گیرند. ممکن است فرآیند برآورد *صرفه‌جویی*‌ها منجر به اعلام مثلا این عبارت شود: "بهترین برآورد صرفه‌جویی سالیانه ۱۰۰۰ kWh (برآورد نقطه‌ای) با احتمال ۹۰٪ (*اطمینان*) آن است که میانگین واقعی مقدار صرفه‌جویی‌ها درون محدوده ٪ ۲۰± از ۱۰۰۰ بیافتد". ارائه گرافیکی این رابطه در شکل ب-۱ نشان داده شده است.



شکل ب-۱ توزیع نرمال جمعیت

بیان آماری *دقت* (بخش ٪۲۰±) بدون تعیین سطح *اطمینان* (بخش ٪۹۰) بی‌معنی است. فرآیند *M&V* ممکن است به *دقت* فوق‌العاده زیادی با *اطمینان* کم منجر شود. مثلاً صرفه‌جویی‌ها ممکن است با *دقت* ٪۱± بیان شود، اما سطح *اطمینان* مربوط به آن ممکن است از٪۹۵ به ٪۳۵ افت کند.

ب-۱-۲ عدم قطعیت قابل قبول

اگر *صرفه‌جویی‌ها* نسبت به تغییرات آماری زیاد باشند، از نظر آماری معتبر در نظر گرفته می‌شوند. مشخصاً لازم است تا *صرفه‌جویی‌ها* بیش از دو برابر *خطای استاندارد* (ر.ک. به تعریف پیوست ب-۱-۳) مقدار *خط مبنا* باشند. اگر *واریانس* داده‌های *خط مبنا* بسیار زیاد باشد، رفتار تصادفی غیر قابل توضیح در مصرف *انرژی تاسیسات* یا سیستم بالا بوده و هرگونه تعیین منفرد *صرفه‌جویی* غیر قابل اتکاست.

وقتی که نمی‌توانید این معیار را برآورده کنید، به استفاده از موارد زیر توجه کنید:

- تجهیزات اندازه‌گیری دقیق‌تر،
- *متغیرهای مستقل* بیشتر در هر مدل ریاضی،

[۶۰] عبارات آماری ایتالیک تایپ شده در این پیوست در پیوست ب-۱-۳ تعریف شده اند.

- نمونه‌برداری‌های بیشتر، یا
- یک گزینه IPMVP که کمتر تحت تأثیر متغیرهای ناشناخته باشد.

ب-۱-۳ تعریف اصطلاحات آماری

میانگین نمونه: ($\bar{Y}$) : گسترده‌ترین مقدار استفاده شده در مورد میل به مرکز تعدادی از مشاهدات. *میانگین نمونه* از طریق تقسیم کردن مجموع داده‌های مجزا (Y_i) بر تعداد کلی این داده‌ها (n) به شکل ذیل تعیین می‌شود:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \qquad \text{ب-۱}$$

واریانس نمونه (S^2): *واریانس نمونه*، میزان تفاوت مقادیر مشاهده شده از یکدیگر را اندازه می‌گیرد، یعنی تغییرپذیری یا پراکندگی را نشان می دهد. هر چه تغییرپذیری بیشتر باشد عدم قطعیت در *میانگین* بیشتر است. *واریانس نمونه* که مهمترین اندازه‌گیری تغییرپذیری است از طریق میانگین گیری مربع انحرافهای مجزا از مقدار متوسط بدست می‌آید. علت این‌که این انحراف از *متوسط*، مربع می‌شود فقط حذف مقادیر منفی است (وقتی یک مقدار کمتر از متوسط است)، بنابراین(وقتی یک مقدار بیش از متوسط است) باعث از بین رفتن مقادیر مثبت نمی‌شود. *واریانس نمونه* به شکل ذیل محاسبه می‌شود:

$$S^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} \qquad \text{ب-۲}$$

انحراف استاندارد نمونه (s): این ریشه مربع *واریانس نمونه* است. این کار، مقدار تغییرپذیری را به واحد داده‌ها باز می‌گرداند (برای مثال اگر واحدهای واریانس $(kWh)^2$ باشد، واحدهای انحراف استاندارد kWh خواهد بود).

$$s = \sqrt{S^2} \qquad \text{ب-۳}$$

خطای استاندارد نمونه (SE): این *انحراف استاندارد نمونه* تقسیم بر $\sqrt{n}$ است. این مقدار در برآورد *دقت* یک *میانگین نمونه* استفاده می‌شود. در بسیاری از کتاب‌های درسی آمار آن را به صورت $\bar{s}$ یا به صورت "انحراف استاندارد نمونه از متوسط" نیز نمایش می‌دهند.

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}} \qquad \text{ب-۴}$$

انحراف استاندارد نمونه از کل (s_{tot}): در بسیاری از اوقات ما به خواص آماری یک کل بیش از مقدار *میانگین* علاقه‌مند هستیم. *انحراف استاندارد نمونه* از کل برای تعریف *دقت* درباره یک نمونه کل مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شکل به صورت ریشه مربع مقدار نمونه، $\sqrt{n}$، ضرب در انحراف استاندارد نمونه تعریف می‌شود:

$$s_{tot} = \sqrt{n} \cdot s \qquad \text{ب-۵}$$

ضریب تغییر[۶۱] (cv): ضریب تغییر به طور ساده برابر انحراف استاندارد یک توزیع است که به صورت درصدی از میانگین بیان می‌شود. برای مثال، cv یک نمونه کلی برابر با [sample total] ÷ [s_{tot}] خواهد بود، cv یک میانگین نمونه برابر با [$SE_{\bar{Y}}$] ÷ [sample mean] خواهد بود و غیره . فرمول عمومی عبارت است از:

$$cv = \frac{s}{\bar{Y}} \qquad \text{ب-۶}$$

[61] -Coefficient of variation (cv)

دقت(Precision): *دقت* عبارت است از اندازه محدوده مطلق یا نسبی که انتظار می‌رود مقدار واقعی با سطح مشخصی از *اطمینان* درون آن باشد. سطح *اطمینان* اشاره به احتمالی دارد که محدوده مورد نظر شامل پارامتر برآورد شده باشد.

دقت مطلق از *خطای استاندارد نمونه* با استفاده از مقدار "t" از "توزیع t" جدول ب-۱ محاسبه می‌شود:

$$t \times SE_{\bar{y}} \qquad \text{ب-۷}$$

جدول ب-۱
جدول t

درجه آزادی DF	سطح اطمینان				درجه آزادی DF	سطح اطمینان			
	۹۵٪	۹۰٪	۸۰٪	۵۰٪		۹۵٪	۹۰٪	۸۰٪	۵۰٪
۱	۱۲/۷۱	۶/۳۱	۳/۰۸	۱/۰۰	۱۶	۲/۱۲	۱/۷۵	۱/۳۴	۰/۶۹
۲	۴/۳۰	۲/۹۲	۱/۸۹	۰/۸۲	۱۷	۲/۱۱	۱/۷۴	۱/۳۳	۰/۶۹
۳	۳/۱۸	۲/۳۵	۱/۶۴	۰/۷۶	۱۸	۲/۱۰	۱/۷۳	۱/۳۳	۰/۶۹
۴	۲/۷۸	۲/۱۳	۱/۵۳	۰/۷۴	۱۹	۲/۰۹	۱/۷۳	۱/۳۳	۰/۶۹
۵	۲/۵۷	۲/۰۲	۱/۴۸	۰/۷۳	۲۱	۲/۰۸	۱/۷۲	۱/۳۲	۰/۶۹
۶	۲/۴۵	۱/۹۴	۱/۴۴	۰/۷۲	۲۳	۲/۰۷	۱/۷۱	۱/۳۲	۰/۶۹
۷	۲/۳۶	۱/۸۹	۱/۴۱	۰/۷۱	۲۵	۲/۰۶	۱/۷۱	۱/۳۲	۰/۶۸
۸	۲/۳۱	۱/۸۶	۱/۴۰	۰/۷۱	۲۷	۲/۰۵	۱/۷۰	۱/۳۱	۰/۶۸
۹	۲/۲۶	۱/۸۳	۱/۳۸	۰/۷۰	۳۱	۲/۰۴	۱/۷۰	۱/۳۱	۰/۶۸
۱۰	۲/۲۳	۱/۸۱	۱/۳۷	۰/۷۰	۳۵	۲/۰۳	۱/۶۹	۱/۳۱	۰/۶۸
۱۱	۲/۲۰	۱/۸۰	۱/۳۶	۰/۷۰	۴۱	۲/۰۲	۱/۶۸	۱/۳۰	۰/۶۸
۱۲	۲/۱۸	۱/۷۸	۱/۳۶	۰/۷۰	۴۹	۲/۰۱	۱/۶۸	۱/۳۰	۰/۶۸
۱۳	۲/۱۶	۱/۷۷	۱/۳۵	۰/۶۹	۶۰	۲/۰۰	۱/۶۷	۱/۳۰	۰/۶۸
۱۴	۲/۱۴	۱/۷۶	۱/۳۵	۰/۶۹	۱۲۰	۱/۹۸	۱/۶۶	۱/۲۹	۰/۶۸
۱۵	۲/۱۳	۱/۷۵	۱/۳۴	۰/۶۹	∞	۱/۹۶	۱/۶۴	۱/۲۸	۰/۶۷

یادآوری: DF با استفاده از موارد ذیل محاسبه می شود:

- **DF = n - 1** (برای یک توزیع نمونه)
- **DF = n - p – 1** (برای یک مدل رگرسیون)

که در آن:

n= تعداد نمونه

p = تعداد متغیرهای مدل رگرسیون

به طور کلی از مقدار واقعی هر برآورد آماری، با یک سطح *اطمینان* معین انتظار می‌رود تا درمحدوده‌ای قرار گیرد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{محدوده} = \text{برآورد} \pm \textit{دقت مطلق} \qquad \text{ب-۸}$$

که "برآورد" برابر هر مقدار استخراج شده تجربی از یک پارامتر مورد نظر است (مانند مصرف کلی، تعداد میانگین واحدهای تولید شده).

دقت نسبی برابر *دقت مطلق* تقسیم بر برآورد است:

$$\frac{t * SE}{Estimate}$$

ب-۹

یک نمونه استفاده از *دقت نسبی* را در پیوست الف-۳ مشاهده کنید. به عنوان مثالی از استفاده از این اصطلاحات، به داده‌های جدول ب-۲ از قرائت‌های ۱۲ ماهه یک کنتور و تحلیل مرتبط با تفاوت بین هر قرائت و *متوسط* قرائت‌ها (۱۰۰۰) توجه کنید:

جدول ب-۲ نمونه داده‌ها و تحلیل

	واقعی	تفاوت‌ها ی محاسبه شده از میانگین	
	قرائت	خام	مربع
۱	۹۵۰	-۵۰	۲۵۰۰
۲	۱۰۹۰	۹۰	۸۱۰۰
۳	۸۵۰	-۱۵۰	۲۲،۵۰۰
۴	۹۲۰	-۸۰	۶۴۰۰
۵	۱۱۲۰	۱۲۰	۱۴،۴۰۰
۶	۸۲۰	-۱۸۰	۳۲،۴۰۰
۷	۷۶۰	-۲۴۰	۵۷،۶۰۰
۸	۱۲۱۰	۲۱۰	۴۴،۱۰۰
۹	۱۰۴۰	۴۰	۱۶۰۰
۱۰	۹۳۰	-۷۰	۴۹۰۰
۱۱	۱۱۱۰	۱۱۰	۱۲،۱۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۲۰۰	۴۰،۰۰۰
مجموع	۱۲،۰۰۰		۲۴۶،۶۰۰

مقدار *میانگین* برابر است با: $\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{12{,}000}{12} = 1{,}000$

واریانس (S^2) برابر است با: $S^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = \frac{246{,}600}{12-1} = 22{,}418$

انحراف استاندارد (S) برابر است با: $s = \sqrt{S^2} = \sqrt{22{,}418} = 150$

خطای استاندارد برابر است با: $SE = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{150}{\sqrt{12}} = 43$

جدول ب-۱ نشان می‌دهد که برای ۱۲ نقطه داده (DF= ۱۱) و سطح اطمینان ۹۰٪، "t" برابر ۱/۸۰ است. بنابراین:

دقت مطلق برابر است با: $t \times SE = 1.80 \times 43 = 77$ و

دقت نسبی برابر است با: $\frac{t \times SE}{estimate} = \frac{77}{1{,}000} = 7.7\%$

بنابراین ۹۰٪ *اطمینان* وجود دارد که مصرف *میانگین* ماهیانه واقعی در محدوده بین ۹۲۳ و ۱۰۷۷ کیلووات ساعت قرار گیرد. می‌توان چنین بیان کرد که با ٪۹۰ اطمینان مقدار *میانگین* ۱۲ مشاهده برابر ۷/۷ ٪± ۱۰۰۰ است. به صورت مشابه می‌توان گفت:

- با ۹۵٪ *اطمینان*، مقدار *میانگین* ۱۲ مشاهده برابر باشد با۹/۵٪ ± ۱۰۰۰، یا
- با ۸۰٪ *اطمینان*، مقدار *میانگین* ۱۲ مشاهده برابر است با ۵/۸٪ ± ۱۰۰۰، یا
- با۵۰٪ *طمینان*، مقدار *میانگین* ۱۲ مشاهده برابراست با ۰/۳٪±۱۰۰۰.

ب-۲ مدل‌سازی

در *M&V* از مدل‌سازی ریاضی برای تعیین عبارت *تصحیحات معمول* در انواع مختلف معادله ۱ در فصل ۴ استفاده می‌شود. مدل‌سازی شامل یافتن یک ارتباط ریاضی بین *متغیرهای وابسته و مستقل* است. متغیر وابسته که معمولاً انرژی است با این فرض مدل‌سازی می شود که تابع یک یا چند *متغیر(های) مستقل* X_i (به عنوان متغیرهای "توضیح دهنده" نیز شناخته می‌شود) است. این نوع مدل‌سازی *تحلیل رگرسیون* نامیده می‌شود.

در تحلیل رگرسیون، مدل باید تغییرات در *انرژی* که ناشی از تغییرات در *متغیرهای مستقل* مجزا (X_i) است را "توضیح" دهد. برای مثال اگر یکی از X ها سطح تولید باشد، مدل به ارزیابی این می‌پردازد که آیا انحراف *انرژی* از *میانگین* آن، ناشی از تغییرات در سطح تولید است. این مدل علتها را کمی می‌کند. برای مثال، زمانی که تولید به اندازه یک واحد افزایش می‌یابد، مصرف *انرژی* به اندازه "b" واحد افزایش می‌یابد، که "b"ضریب رگرسیون نامیده می‌شود.

رایج‌ترین مدل‌ها، رگرسیون خطی به این شکل است:

$$Y = b_o + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots\ldots + b_pX_p + e$$

که در آن:

- Y متغیر وابسته‌ای است که معمولاً به شکل مصرف *انرژی* در طول یک دوره زمانی مشخص است (برای مثال ۳۰ روز، ۱ هفته، ۱ روز، ۱ ساعت و غیره).
- X_{it} (i = 1, 2, 3, … p) نماینده p *متغیر مستقل* هم‌چون آب و هوا، تولید، اشغال ساکنین، طول دوره اندازه‌گیری و غیره است.
- b_i (i = 0, 1, 2, … p) نماینده ضرایبی است که برای هر *متغیر مستقل* بدست آمده و یک ضریب ثابت (b_0) است که به *متغیرهای مستقل* مرتبط نیست.
- e نماینده خطای باقی مانده‌ای است که پس از محاسبه اثرات *متغیرهای مستقل* مختلف به شکل توضیح داده نشده باقی می‌ماند. تحلیل *رگرسیون* مجموعه ای از مقادیر bi را می‌یابد که مجموع عبارات مربع خطای باقیمانده را به حداقل می‌رساند (بنابراین مدلهای رگرسیون، مدلهای حداقل مربعات نامیده می‌شوند).

یک نمونه از مدل بالا برای مصرف *انرژی* ساختمان عبارت است از:

مصرف انرژی ماهیانه =۳۴۲،۰۰۰ + (۶۳×HDD) + (۱۰۳ ×CDD) + (۲۲۲× اشغال ساکنین)

HDD و CDD به ترتیب *روز- درجه* سرمایش و گرمایش هستند. اشغال ساکنین، میزان درصد ساکنین در ساختمان است. در این مدل ۳۴۲،۰۰۰ یک برآورد از بار اولیه در واحد kWh، عدد ۶۳ تغییر در مصرف برای یک HDD اضافی، عدد ۱۰۳ تغییر مصرف برای یک CDD اضافی، و عدد ۲۲۲ تغییر مصرف به ازای ٪۱ تغییر در اشغال ساکنین را اندازه‌گیری می‌کند.

پیوست ب-۶ نمونه‌ای از گزارش *تحلیل رگرسیون* را برای یک *متغیر مستقل* با استفاده از یک نرم افزار صفحه گسترده معمول ارائه می‌دهد.

ب-۲-۱ خطاهای مدل سازی:

در زمان استفاده از مدلهای رگرسیون که در بالا نیز توضیح داده شد چندین نوع خطا ممکن است ایجاد شود که در زیر فهرست شده اند:

۱. مدل براساس مقادیری ایجاد شود که خارج از حوزه محتمل متغیرهایی است که باید استفاده شوند. یک مدل ریاضی باید با استفاده از مقادیر منطقی *متغیرهای وابسته و مستقل* ساخته شود.
۲. مدل ریاضی نباید شامل *متغیرهای مستقل* مرتبطی شود که احتمال ایجاد ارتباطات دارای گرایش را ایجاد کند (گرایش متغیر حذف شده).
۳. مدل ممکن است شامل برخی متغیرهای بی‌ربط باشد.
۴. مدل ممکن است از شکل تابع نامتناسب استفاده کند.
۵. مدل ممکن است براساس داده‌های ناکافی یا داده‌هایی باشد که نشان دهنده رفتار مصرفی نباشند.

هرکدام از این انواع خطاهای مدل‌سازی در ذیل تشریح شده‌اند.

ب-۲-۱-۱ استفاده از داده‌های خارج از محدوده

اگر مدل بر اساس داده‌هایی ساخته شده باشد که *رفتار انرژی* معمول *مایملک* را نشان ندهد، در این صورت پیش‌بینی‌ها ممکن است قابل اتکا نباشد. این امر ممکن است شامل گنجاندن مقادیری خارج از محدوده منطقی باشد. قبل از ایجاد مدل، داده‌ها باید غربال شوند.

ب-۲-۱-۲ حذف متغیرهای مرتبط

در*M&V*، از *تحلیل رگرسیونی* استفاده می‌شود تا تغییرات در مصرف *انرژی* را به حساب بیاورد. پیچیده‌ترین سیستم‌های انرژی‌بر تحت تأثیر *متغیرهای مستقل* بی‌شماری هستند. انتظار نمی‌رود که مدلهای رگرسیون همه *متغیرهای مستقل* را در بربگیرند. حتی اگر این کار ممکن باشد، مدل پیچیده‌تر از آن خواهد شد که مفید باشد و نیاز به جمع‌آوری بیش از حد داده‌ها دارد. روش عملی تنها شامل *متغیر(های) مستقلی* است که تصور می‌شود اثر قابل توجهی بر *انرژی* دارند.

حذف *متغیر مستقل* مرتبط می تواند یک خطای مهم باشد. مدل نمونه در پیوست ب-۲ تلاش می‌کند تا تغییرات در مصرف انرژی ماهیانه را با استفاده از چندین متغیر X تشریح کند. اگر یک *متغیر مستقل* مرتبط حذف شده باشد (مثل HDD)، در این صورت مدل برای به حساب آوردن بخش قابل توجهی از تغییرات *انرژی* شکست خواهد خورد. هم‌چنین مدل ناکارامد برخی تغییراتی که ناشی از متغیرهای حذف شده هستند را به متغیر(ها)یی نسبت می‌دهد که در مدل وجود دارند. اثر این کار یک مدل با صحت کمتر خواهد بود.

هیچ شاخص مشخصی در مورد این مشکل در آزمون‌های آماری استاندارد وجود ندارد (به جز شاید یک R^2 کم، ر.ک. به ب-۲-۱-۱). تجربه و دانش مهندسی از سیستمی که عملکرد آن اندازه‌گیری می‌شود، در اینجا ارزشمندترین عامل است.

ممکن است مواردی وجود داشته باشد که وجود وابستگی به متغیرهای ثبت شده در طول دوره خط‌مبنا شناخته شده باشد. ولی به دلیل فقدان بودجه برای جمع آوری داده‌های آن ، این متغیر در دوره گزارش‌دهی در مدل گنجانده نشده باشد. چنین موارد حذف یک متغیر مرتبط باید در طرح *M&V* ذکر و توجیه شود.

ب-۲-۱-۳ گنجاندن متغیرهای غیر مرتبط

برخی اوقات مدل‌ها شامل *متغیرهای مستقل* غیر مرتبط هستند. اگر متغیر غیرمرتبط هیچ ارتباطی (همبستگی) با متغیرهای مرتبط موجود نداشته باشد، اثر کمی بر روی مدل خواهد داشت. ولی اگر متغیر غیرمرتبط، همبسته با متغیرهای مرتبط دیگر در مدل باشد، ممکن است برای ضرایب متغیرهای مرتبط گرایش ایجاد کند.

باید در افزودن متغیرهای مستقل بیشتر به تحلیل رگرسیون فقط به دلیل در دسترس بودن آن‌ها، احتیاط کرد. برای قضاوت درخصوص ارتباط متغیرهای مستقل هم به تجربه و هم به شم مهندسی نیاز است. به هرحال، آمار t مربوطه (ر.ک. ب-۲-۲-۳) یکی از راه‌های تایید ارتباط هر یک از *متغیرهای مستقل* گنجانده شده در مدل است. برای تعیین ارتباط متغیرهای مستقل، تجربه در تحلیل *انرژی* برای برنامه *M&V* مربوط به هر نوع *سایت* لازم است.

ب-۲-۱-۴ شکل تابع

احتمال دارد که مدل‌سازی یک ارتباط با استفاده از شکل تابع نادرستی انجام شود. مثلاً ممکن است در مدل سازی یک ارتباط فیزیکی (که غیرخطی است) از یک رابطه خطی به صورت غیر صحیح استفاده شود. برای مثال، مصرف برق و دمای محیط در دوره یک ساله ، با دمای خارجی ساختمان‌هایی که به صورت برقی گرم و سرد می‌شوند ارتباطی غیرخطی (اغلب "U" شکل) دارند. (مصرف برق در هر دو دمای پایین و بالای محیط بالا است در حالی‌که در اواسط فصول نسبتاً کم است.) مدل‌سازی این ارتباط غیرخطی با یک مدل خطی به ایجاد خطای بیش از حد معمول می‌انجامد. در عوض در هرفصل باید مدل‌های خطی جداگانه بدست آورد.

هم چنین ممکن است مناسب باشد ارتباطهای با درجه توان بالاترمثل $Y = f(X, X^2, X^3)$ امتحان شود.

مجریان مدل‌سازی نیاز دارند تا توابع با شکلهای متفاوتی را ارزیابی و مناسب‌ترین آن‌ها را با استفاده از اقدامات ارزیابی پیوست ب-۲-۲ انتخاب کنند.

ب-۲-۱-۵ کمبود داده‌ها

خطاها ممکن است در اثر داده‌های ناکافی چه از نظر کمیت (یعنی تعداد داده‌های بسیار کم) یا از نظر زمان (مثلاً استفاده از ماههای تابستان در مدل و تلاش برای برون یابی آن به ماه‌های زمستان) اتفاق بیافتد. داده‌های به کار رفته در مدل‌سازی باید نماینده طیفی از عملیات *مایملک* باشد. دوره زمانی تحت پوشش مدل نیازمند گنجاندن چندین فصل ممکن، انواع مصرف و غیره است. این کار ممکن است موجب افزایش دوره زمانی به کار رفته یا افزایش تعداد نمونه‌ها شود.

ب-۲-۲ ارزیابی مدل‌های رگرسیون

به منظور ارزیابی این‌که یک مدل رگرسیون خاص تا چه میزان ارتباط بین مصرف *انرژی* و *متغیر(های) مستقل* را خوب تشریح می‌کند، سه آزمون که در ادامه توضیح داده شده اند انجام می‌شود. پیوست ب-۶ ارزیابی یک نمونه مدل رگرسیون را ارائه می‌کند.

ب-۲-۲-۱ ضریب تعیین[۶۲] (R^2)

گام اول در ارزیابی صحت یک مدل، بررسی ضریب تعیین ،R^2، است که مقیاسی است از میزانی که تغییرات *متغیر وابسته* Y نسبت به مقدار *میانگین* آن توسط مدل رگرسیون توصیف می‌شود. به لحاظ ریاضی، R^2 برابر است با:

$$R^2 = \frac{\text{تغییرات توضیح داده شده در Y}}{\text{تغییرات کل Y}}$$

[62] - Coefficient of determinetion

و یا به شکل واضح‌تر:

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \qquad \text{ب-۱۰}$$

که در آن:

- $\hat{Y}_i$ = مقدار انرژی پیش‌بینی شده مدل برای یک داده خاص است که از مقدار اندازه‌گیری شده *متغیر مستقل* استفاده می‌کند (یعنی از طریق گنجاندن مقادیر X به مدل رگرسیونی به دست آمده است)
- $\bar{Y}$ = میانگین n مقدار انرژی اندازه‌گیری شده که با استفاده از معادله ب-۱بدست می‌آید
- *Yi* = مقدار واقعی مشاهده شده انرژی (مثلاً با استفاده از یک کنتور)

همه بسته‌های آماری و ابزار تحلیل رگرسیونی در صفحه گسترده، مقدار R^2 را محاسبه می‌کنند.

گستره مقادیر ممکن R^2 بین ۰/۰ تا ۱/۰ است. R^2 برابر ۰/۰ به این معنی است که هیچ تغییری توسط مدل توضیح داده نمی‌شود، بنابراین مدل هیچ راهنمایی را برای درک تغییرات در Y فراهم نمی‌کند (یعنی *متغیر(های) مستقل* انتخاب شده هیچ توضیحی از این دلائل تغییرات مشاهده شده در Y را به دست نمی‌دهند). از سوی دیگر، R^2 برابر با ۱/۰ به این معنی است که مدل ٪۱۰۰ تغییرات در Y را توضیح می‌دهد، (یعنی این مدل Y را با اطمینان کامل برای هرگونه مقادیر *متغیر(های) مستقل* داده شده پیش‌بینی می‌کند). هیچ کدام از این مقادیر حدی R^2 به داده‌های واقعی نزدیک نیستند.

به طور کلی، هرچه ضریب تعیین بزرگتر باشد، مدل، ارتباط *متغیرهای مستقل* و متغیر وابسته را بهتر توصیف می‌کند. با این که هیچ استاندارد جهانی برای حداقل مقدار قابل قبول R^2 وجود ندارد ولی اغلب مقدار ۰/۷۵ به عنوان شاخص منطقی برای ارتباط تقریبی مناسب بین *انرژی* و *متغیرهای مستقل* در نظر گرفته می‌شود.

آزمون با R^2 باید تنها به عنوان یک بررسی اولیه استفاده شود. مدل‌ها نباید تنها بر اساس R^2 رد یا قبول شود. در نهایت، یک R^2 کوچک نشان می‌دهد که برخی از متغیر(های) مرتبط گنجانده نشده‌اند یا این که شکل تابعی مدل (مثلاً خطی) مناسب نیست. در این وضعیت، بررسی تعداد *متغیرهای مستقل* بیشتر یا یک شکل تابعی متفاوت، منطقی خواهد بود.

ب-۲-۲-۲ خطای استاندارد برآورد

وقتی از مدلی استفاده می‌شود تا یک مقدار *انرژی* (Y) برای *متغیر(های) مستقل* داده شده پیش‌بینی کند، صحت پیش‌بینی توسط *خطای استاندارد* برآورد ($SE_{\hat{Y}}$) اندازه‌گیری می‌شود. این معیار صحت توسط همه بسته‌ها و صفحات گسترده استاندارد رگرسیون در دسترس است.

وقتی که مقدار(های) *متغیر(های) مستقل* در مدل رگرسیون قرار داده می شود تا مقدار انرژی ($\hat{Y}$) را برآورد کند، تقریبی از گستره مقادیر محتمل $\hat{Y}$ می‌تواند با استفاده از معادله ب-۸ به صورت زیرمحاسبه شود:

$$\hat{Y} \pm t \times SE_{\hat{Y}}$$

که در آن:

- $\hat{Y}$ مقدار پیش‌بینی شده انرژی (Y) از مدل رگرسیون
- t مقدار حاصل شده از جدول t (ر.ک. جدول ب-۱)

- $SE_{\hat{Y}}$ *خطای استاندارد برآورد* (پیش‌بینی) است. که به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$SE_{\hat{Y}} = \sqrt{\frac{\sum(\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n-p-1}} \qquad \text{ب-۱۱}$$

که در آن p تعداد *متغیرهای مستقل* در معادله رگرسیون است.

این آمار اغلب اشاره به ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) دارد.

با تقسیم RMSE بر مصرف *انرژی* میانگین، ضریب تغییر RMSE، یا CV(RMSE) بدست می‌آید.

$$CV(RMSE) = \frac{SE_{\hat{Y}}}{\overline{Y}} \qquad \text{ب-۱۲}$$

معیار مشابه این مقدار، خطای میانگین گرایش[۶۳] (*MBE*) است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$MBE = \frac{\sum(\hat{Y}_i - Y_i)}{n} \qquad \text{ب-۱۳}$$

MBE یک شاخص مناسب برای گرایش کلی در برآورد رگرسیون است. *MBE* مثبت مشخص می‌کند که برآوردهای رگرسیون تمایل به بیشتر کردن مقادیر واقعی دارد. گرایش کلی مثبت تمایل به خنثی‌کردن گرایش منفی دارد. *RMSE* از این مشکل خنثی‌کردن زیانی نمی‌بیند.

هر سه این شاخصها ممکن است برای ارزیابی کالیبراسیون مدل‌های شبیه‌سازی در گزینه D استفاده شود.

ب-۲-۲-۳ آمار t

چون ضرایب مدل رگرسیون (b_k)، تقریبهای آماری از ارتباط واقعی بین یک متغیر X و Y هستند، در معرض تغییرات می باشند. صحت برآورد توسط *خطای استاندارد ضریب* و مقدار متناظر *آمار t* اندازه‌گیری می‌شود. *آمار t* یک آزمون آماری برای تعیین این است که یک برآورد معنای آماری داشته باشد. هنگامی‌که یک مقدار با استفاده از این آزمون برآورد شده باشد، می‌توان آن را با مقادیر بحرانی t در جدول- t (جدول ب-۱) مقایسه کرد.

خطای استاندارد هر *ضریب* با نرم افزار رگرسیون محاسبه می‌شود. معادله زیر برای حالتی با یک متغیر مستقل به کار گرفته می‌شود.

$$SE_b = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \hat{Y})^2/(n-2)}{\sum(X_i - \bar{X})^2}} \qquad \text{ب-۱۴}$$

[63] -Mean bias error

برای مواردی با بیش از یک *متغیر مستقل*، اگر متغیرهای مستقل واقعا مستقل باشند (یعنی وابسته نباشند)، معادله، تقریب منطقی را ارائه می‌دهد. در غیر این صورت معادله بسیار پیچیده شده و بهتر است تحلیلگر ***M&V*** برای محاسبه *خطای استاندارد* ضرایب از یک بسته نرم افزاری استفاده کند.

دامنه‌ای که مقدار واقعی ضریب b در آن قرار می‌گیرد با استفاده از معادله ب-۸ به صورت زیر بدست می آید:

$$b \pm t \times SE_b$$

خطای استاندارد ضریب، b هم منجر به محاسبه آمار t می‌شود. این آزمون نهایتاً تعیین می‌کند که ضریب محاسبه شده به لحاظ آماری بامعنی است یا خیر. آمار t با نرم افزار آماری با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{t آمار} = \frac{b}{SE_b} \qquad \text{ب-۱۵}$$

اگر آمار t برآورد شود، می‌توان آن را با مقدار t بحرانی از جدول ب-۱مقایسه کرد. اگر مقدار مطلق آمار t از مقدار مربوطه در جدول ب-۱تجاوز کند، باید نتیجه گرفت که برآورد به لحاظ آماری معتبر است.

یک قانون کلی بیان می‌کند که مقدار مطلق نتیجه آمار t برابر ۲ یا بیشتر حاکی از آن است که ضریب برآورد شده نسبت به *خطای استانداردش* با معنی می‌باشد و بنابراین ارتباطی بین Y و X خاص مرتبط به ضریب وجود دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که b برآورد شده صفر نیست. ولی با آمار t حدود ۲، *دقت* مقدار ضریب در حدود ۱۰۰٪± است و برای مقدار b *اطمینان* زیادی موجود نیست. برای بدست آوردن *دقت* بهتر مثلا ۱۰٪±، مقادیر آمار t باید در حدود ۲۰ باشد یا *خطای استاندارد* b نباید به بیش از ۰/۱ خود b برسد.

برای بهبود نتیجه آمار t باید:

- *متغیر(های) مستقلی* انتخاب شود که بیشترین رابطه را با *انرژی دارند* ،
- *متغیرهای مستقلی* انتخاب شوند که مقدار آن در وسیع‌ترین گستره ممکن قرار دارد (اگر X در کل مدل رگرسیون تغییر نکند، b نمی‌تواند برآورد شود و آمار t ضعیف خواهد بود)،
- برای توسعه مدل، داده های بیشتر جمع‌آوری و استفاده شوند ، یا
- یک شکل تابع متفاوت برای مدل انتخاب شود ، برای مثال در یک ساختمان که به طور قابل توجهی تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی فصلی است ، تابعی که ضرایب را به صورت جداگانه برای هر فصل تعیین کند.

ب-۳ نمونه برداری

نمونه‌برداری خطاهایی را به وجود می‌آورد زیرا همه واحدهای تحت مطالعه اندازه‌گیری نمی‌شوند. ساده‌ترین وضعیت نمونه‌برداری این است که به صورت تصادفی، n واحد را از جمعیت کلی N انتخاب کند. در یک نمونه تصادفی، هر واحد دارای احتمال یکسان $\left(n/N\right)$ برای گنجانده شدن در نمونه را دارد.

به طور کلی *خطای استاندارد*، رابطه معکوس با $\sqrt{n}$ دارد. پس افزایش تعداد نمونه با یک ضریب "f" باعث کاهش *خطای استاندارد* (بهبود *دقت* برآورد) با یک ضریب $\sqrt{f}$ می‌شود.

ب-۳-۱ تعیین تعداد نمونه

شما می‌توانید خطای نمونه‌برداری را از طریق افزایش کسر جمعیتی که نمونه‌برداری می‌شود، $\left(n/N\right)$، به حداقل برسانید. البته افزایش تعداد نمونه، هزینه را افزایش می‌دهد. موضوعات مختلفی در بهینه کردن تعداد نمونه‌ها اهمیت بحرانی دارند. باید گامهای زیر برای تعیین تعداد نمونه برداشته شوند.

۱. **انتخاب یک جمعیت همگن**: به منظور این‌که نمونه‌برداری مقرون به صرفه باشد، واحدهای اندازه‌گیری شده باید مشابه با جمعیت کل باشد. اگر دو نوع مختلف واحد در جمعیت وجود داشته باشند، آن‌ها باید گروه‌بندی شده و به صورت جداگانه نمونه‌برداری شوند. به عنوان مثال، اگر یک برنامه نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری دوره‌های عملیاتی روشنایی یک اتاق تحت کنترل حسگرهای حضور، طراحی می‌شود، اتاق‌هایی که کمابیش به صورت پیوسته پر و خالی از سکنه می‌شوند (مثلاً دفاتر چند کاربره) باید جدای از اتاق‌هایی که گاهی اوقات مورد استفاده قرار می‌گیرند (مانند اتاق‌های جلسات) نمونه‌برداری شوند.

۲. **تعیین سطوح *دقت* و *اطمینان* مطلوب** برای برآوردی که گزارش خواهد شد(به عنوان مثال، ساعت استفاده). *دقت* به محدوده خطایی که پیرامون برآورد واقعی (یعنی محدوده x٪± پیرامون برآورد) وجود دارد اشاره می‌کند. *دقت* بیشتر نیاز به تعداد نمونه بیشتر دارد. *اطمینان* به این احتمال اشاره دارد که برآورد داخل محدودهٔ دقت قرار بگیرد (یعنی احتمال آن که برآورد در محدوده x٪± تعریف شده توسط تعیین *دقت* قرار بگیرد). احتمالات بیشتر به نمونه‌هایی بیشتری نیاز دارند. به عنوان مثال اگر ۹۰٪ *اطمینان* و ۱۰٪± *دقت* بخواهید، منظورتان این است که محدوده تعریف شده برای برآورد (۱۰٪±) شامل مقدار واقعی کل گروه (که مشاهده نشده) با احتمال ۹۰ ٪خواهد بود. به عنوان مثال در برآورد ساعت‌های روشنایی یک *سایت* تصمیم گرفته شد تا از نمونه‌گیری استفاده شود، چون اندازه‌گیری ساعات کارکرد کل مدارهای روشنایی بسیار گران بود. اندازه‌گیری یک نمونه از مدارها، برآوردی از ساعات عملیات واقعی را ارائه کرد. برای برآورده شدن معیار عدم قطعیت ۹۰/۱۰ (*دقت و اطمینان*)، تعداد نمونه به گونه‌ای تعیین شد که وقتی که ساعات عملیاتی توسط نمونه‌گیری برآورد می‌شوند، محدوده‌ی برآورد نمونه (۱۰ ٪±) باید ۹۰٪ شانس برداشت کردن ساعات واقعی مصرف را داشته باشد.

روش متداول، طراحی نمونه‌برداری برای دستیابی به ۹۰٪ سطح *اطمینان* و ۱۰٪± *دقت* است. ولی طرح ***M&V*** نیاز دارد تا به محدودیت‌های بودجه (به بخش ۸-۵ رجوع کنید) نیز توجه کند. بهبود دقت از ۲۰٪± به ۱۰٪± اندازه‌های نمونه را چهار برابر افزایش خواهد داد، در حالی که بهبود آن به ۲٪± اندازه نمونه را ۱۰۰ برابر افزایش خواهد داد. (این در نتیجه خطای نمونه است که نسبت معکوس با $\sqrt{n}$ دارد.) انتخاب معیار مناسب نمونه‌برداری نیاز به تعادل الزامات دقت با هزینه‌های ***M&V*** دارد.

۳. **تصمیم‌گیری در مورد سطح پراکندگی**. باید تعیین کرد که آیا معیار سطح *دقت* و *اطمینان* باید برای اندازه‌گیری تمام اجزا ، یا فقط برای زیرگروه‌های مختلف اجزا به کار روند. ر.ک. به پیوست ب-۵-۲. معیارهای *دقت* و *اطمینان* انتخاب شده در مورد ۲ مرور شوند.

۴. **محاسبه تعداد اولیه‌ی نمونه**. بر اساس اطلاعات بالا، یک برآورد اولیه از تعداد کلی نمونه می‌تواند با استفاده از معادله زیر تعیین شود:

$$n_0 = \frac{z^2 * cv^2}{e^2} \qquad \text{ب-۱۶}$$

که در آن:

- n_o برآورد اولیه از تعداد نمونه مورد نیاز، قبل از شروع نمونه‌برداری ،
- cv *ضریب واریانس* است که به صورت *انحراف استاندارد* قرائت‌ها تقسیم بر *میانگین* تعریف شده است. تا وقتی که *میانگین* واقعی و *انحراف استاندارد* از جمعیت بتواند از نمونه‌های واقعی برآورد شود، ۰/۵ می‌تواند به عنوان یک برآورد اولیه از cv استفاده شود.
- e سطح مطلوب *دقت* است.
- z مقدار توزیع نرمال استاندارد از جدول ب-۱، با تعداد نامحدود قرائت‌ها و برای سطح *اطمینان* مورد نظر است. به عنوان مثال z برای ۹۵٪ سطح *اطمینان* برابر ۱/۹۶ (۱/۶۴ برای ۹۰٪، ۱/۲۸ برای ۸۰٪، و ۰/۶۷ برای ۵۰٪ *اطمینان*) است.

به عنوان مثال: برای ۹۰٪ اطمینان با ۱۰٪ دقت و *cv* برابر با ۰/۵، برآورد ابتدایی از تعداد مورد نیاز نمونه (n_o) برابر است با

$$n_o = \frac{1.64^2 \times 0.5^2}{0.1^2} = 67$$

در بعضی موارد (مانند اندازه‌گیری ساعات روشنایی یا مصرف)، ممکن است نمونه برداری کم فقط به هدف برآورد مقدار *cv* برای کمک به طراحی برنامه نمونه‌برداری، مطلوب باشد. هم‌چنین مقادیر به دست آمده از تجربیات قبلی *M&V* ممکن است به عنوان برآوردهای اولیه‌ی مناسب *cv* استفاده شوند.

۵. **تصحیح برآورد تعداد نمونه اولیه برای جمعیت‌های کم**. اگر جمعیت نمونه برداری شده بیشتر از ۲۰ برابر تعداد نمونه نباشد، تعداد نمونه لازم می‌تواند کاهش پیدا کند. برای مثال اگر جمعیتی که نمونه‌گیری شده(N) تنها برابر ۲۰۰ و تعداد اولیه نمونه (n_o=۶۷) باشد، جمعیت N فقط سه برابر تعداد نمونه است. بنابراین "تصحیحات جامعه محدود"، می‌تواند به کار رود. این تصحیح، تعداد نمونه (n) را به صورت زیر کاهش می‌دهد:

$$n = \frac{n_0 N}{n_0 + N} \qquad \text{ب-۱۷}$$

به کارگیری این تصحیح جامعه محدود در مثال بالا، تعداد نمونه (n) برای برآوردن معیار ۱۰٪± و ۹۰٪ را تا ۵۰ کاهش می‌دهد مثالی از کاربرد این تصحیح را در پیوست الف-۳-۱ مشاهده کنید.

۶. **نهایی کردن تعداد نمونه**. چون تعداد اولیه نمونه (n_o) با استفاده از یک *cv* مفروض تعیین شده ، ضروری است به یاد داشت که *cv* واقعی جمعیت مورد نمونه‌گیری ممکن است تفاوت داشته باشد. بنابراین ممکن است برای برآوردن معیار *دقت*، تعداد واقعی نمونه متفاوت لازم باشد. اگر *cv* واقعی کمتر از فرض اولیه در مرحله ۴ شود، برای دستیابی به اهداف *دقت* ، تعداد نمونه مورد نیاز بیش از حد لازم زیاد می‌شود. اگر *cv* واقعی بزرگتر از میزان مفروض شود، هدف *دقت* برآورده نخواهد مگر در صورتی که تعداد نمونه به بیشتر از میزان محاسبه شده توسط معادلات ب-۱۶ و ب-۱۷ تبدیل شود.

با ادامه نمونه‌برداری، *میانگین* و *انحراف استاندارد* قرائت‌ها باید محاسبه شود. *cv* واقعی و تعداد نمونه موردنیاز (معادلات ب-۱۶ و ب-۱۷) باید مجدداً محاسبه شوند. این محاسبه مجدد ممکن است منجر به انقطاع زودهنگام فرآیند نمونه‌برداری شود. هم‌چنین ممکن است منجر به نیاز به انجام نمونه‌گیری بیشتر نسبت به برنامه‌ی طراحی شده اصلی شود. برای حفظ هزینه‌های *M&V* در بودجه پیش‌بینی شده، ممکن است لازم باشد بیشترین تعداد نمونه تعیین شود. اگر این تعداد بیشینه پس از محاسبات مجدد بالا واقعاً به دست آید، گزارش(های) *صرفه‌جویی* باید به *دقت* واقعی بدست آمده از نمونه‌برداری اشاره کند.

ب-۴ اندازه‌گیری

کمیت‌های *انرژی* و *متغیرهای مستقل*، اغلب به عنوان بخشی از برنامه‌ی *M&V* با استفاده از کنتورها اندازه‌گیری می‌شوند. اگرچه کنتورهای پیچیده‌تر ممکن است میزان صحت را به سمت ۱۰۰٪ افزایش دهد ولی هیچ کنتوری ۱۰۰٪ صحیح نیست. صحت کنتور انتخاب شده توسط شرکت تولید کننده آن پس از انجام تست‌های آزمایشگاهی اعلام می‌شود. تعیین اندازه مناسب کنتور، برای گستره کمیت‌های محتملی که اندازه‌گیری خواهند کرد، تضمین می‌کند که داده‌های گردآوری شده در محدوده‌ی شناخته‌شده و قابل قبول خطا (یا *دقت*) قرار می‌گیرند.

سازندگان معمولا *دقت* را به صورت کسری از قرائت‌های کنونی یا به صورت کسری از حداکثر قرائت بر روی مقیاس کنتور درجه‌بندی می‌کنند. در مورد دوم، قبل از محاسبه *دقت* قرائت‌های معمول، توجه به جائی که قرائت‌های معمول در مقیاس کنتور قرار می‌گیرد، اهمیت دارد.

در مورد کنتورهایی که *دقت* آن‌ها نسبت به حداکثر قرائت تعیین شده، انتخاب کنتورهای بزرگتر از نیاز *دقت* اندازه‌گیری واقعی را به صورت قابل توجهی کاهش خواهد داد.

قرائت‌های بسیاری از سیستم‌های کنتور با گذشت زمان به دلیل فرسایش مکانیکی، مختل خواهد شد. برای تصحیح این اختلال، لازم است کنتور در مقایسه با یک استاندارد شناخته شده به صورت دوره‌ای مورد کالیبراسیون مجدد قرار گیرد. حفظ *دقت* کنتورها ازطریق تعمیر و نگهداری معمول و کالیبراسیون طبق استانداردهای شناخته شده مهم است.

علاوه بر دقت خود کنتور، اثرات ناشناخته احتمالی دیگر نیز می‌توانند *دقت* سیستم کنتور را کاهش دهند:

- نصب نامناسب کنتور، به طوری که نتواند نمایش درستی از کمیتی که برای اندازه‌گیری آن در نظر گرفته شده را به دست دهد. (مثلاً نزدیکی به یک زانویی در لوله، قرائت‌های کنتور جریان آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد)
- خطاهای قرائت از راه دور داده‌ها که در آن به صورت تصادفی یا سیستماتیک داده‌های کنتور قطع شود.

در نتیجه این خطاهای غیر قابل سنجش در اندازه‌گیری، درک این نکته با اهمیت است *که دقت* ذکر شده توسط سازنده احتمالاً بیشتر از *دقت* واقعی در قرائت‌های میدانی است. ولی هیچ راهی برای تعیین کمیت این اثرات دیگر وجود ندارد.

اعلام *دقت* توسط سازنده باید منطبق با استاندارد صنعتی مربوطه برای محصولاتشان باشد. برای تعیین سطح *اطمینان* استفاده شده در ذکر *دقت* کنتور باید احتیاط کافی به‌کار بست. به جز مواردی که خلاف آن ذکر شود، *محتمل است که اطمینان* ۹۵٪ باشد.

هنگامی که برای محاسبه‌ی *صرفه‌جویی‌ها* تنها از یک اندازه‌گیری به جای *میانگین* چندین اندازه‌گیری استفاده می‌شود، روش‌های پیوست ب-۵ برای ترکیب کردن عدم قطعیت چندین جزء به کار می‌روند. *خطای استاندارد* مقدار اندازه‌گیری شده برابر است با:

$$SE = \frac{\text{مقدار اندازه گیری شده X دقت نسبی کنتور}}{t} \qquad \text{ب-۱۸}$$

که t بر اساس نمونه‌گیری زیاد انجام شده توسط سازنده کنتور در زمان اعلام *دقت* نسبی است. بنابراین مقادیر t در جدول ب-۱ باید برای تعداد نمونه نامحدود باشند.

هنگامی که چندین قرائت با یک کنتور انجام می‌شود، مقادیر مشاهده شده شامل خطای کنتور و تغییرات در پدیده مورد اندازه‌گیری است. *میانگین* قرائت‌ها هم شامل هر دو اثر است. *خطای استاندارد* مقدار *متوسط* برآورد شده اندازه‌گیری‌ها با استفاده از معادله ب-۴ به دست می‌آید.

بندهای ۴-۸-۳ و ۸-۱۱، اندازه‌گیری را بیشتر تشریح کرده و مراجعی را برای دیگر قرائت‌های مفید در مورد اندازه‌گیری فراهم می‌آورد.

ب-۵ ترکیب اجزاء عدم قطعیت

هر دو جزء اندازه‌گیری و تصحیح معادله‌ی ۱ فصل ۴ می‌توانند در گزارش *صرفه‌جویی‌ها* عدم قطعیت وارد کنند. عدم قطعیت‌ها در هر یک از اجزای می‌توانند با یکدیگر ترکیب شوند تا مقدار کلی عدم قطعیت *صرفه‌جویی‌ها* را ایجاد کنند. این ترکیب می‌تواند با بیان عدم قطعیت هر جز به صورت *خطای استاندارد* خودش ایجاد شود.

اجزاء باید مستقل باشند تا بتوان از روش‌های زیر برای ترکیب عدم قطعیت‌ها استفاده کرد. استقلال به این معنی است که خطای تصادفی که یکی از اجزاء را تحت تاثیر قرار داده با خطاهایی که دیگر اجزاء را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بی‌ارتباط باشد.

اگر *صرفه‌جویی‌های* گزارش‌شده، جمع یا تفریق چندین جز مستقل تعیین شده(C) باشند (یعنی $C_{صرفه‌جویی} = C_1 \pm C_2 \pm \ldots \pm C_p$) ، خطای استاندارد *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده می‌تواند بدین صورت برآورد شود:

$$SE(\text{صرفه‌جویی}) = \sqrt{SE(C_1)^2 + SE(C_2)^2 + ... + SE(C_p)^2} \qquad \text{ب-۱۹}$$

به عنوان مثال اگر *صرفه‌جویی‌ها* با استفاده از معادله‌ی ۱ب) فصل ۴ به صورت تفاوت بین انرژی *خط‌مبنای تصحیح شده* و انرژی اندازه‌گیری شده *دوره گزارش‌دهی* ، محاسبه شوند، *خطای استاندارد* تفاوت (*صرفه‌جویی‌ها*) بدین صورت محاسبه می‌شود :

$$SE(\text{صرفه‌جویی‌ها}) = \sqrt{SE(adjusted\ baseline)^2 + SE(reporting\ \ period\ energy)^2}$$

(*خط مبنای تصحیح شده*) SE از *خطای استاندارد* برآورد می‌آید که از معادله ب-۱۱ بدست آمده است. (*انرژی دوره گزارش‌دهی*)SE با استفاده از معادله ب-۱۸ از صحت کنتور بدست می‌آید.

اگر برآورد *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده حاصل‌ضرب چند جزء تعیین شده به صورت مستقل (C_i) باشد، (یعنی C_p x ... C_1xC_2x= *صرفه‌جویی*)، در این صورت *خطای* نسبی *استاندارد صرفه‌جویی‌ها* تقریبا به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{SE(Savings)}{Savings} \approx \sqrt{\left(\frac{SE(C_1)}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{SE(C_2)}{C_2}\right)^2 + ... + \left(\frac{SE(C_p)}{C_p}\right)^2} \qquad \text{ب-۲۰}$$

مثال خوبی از این وضعیت تعیین *صرفه‌جویی‌های* روشنایی بدین صورت است:

صرفه‌جویی = Δ وات × ساعت

اگر طرح *M&V* نیازمند اندازه‌گیری ساعات مصرف باشد، در این‌صورت "ساعات" مقداری با *خطای استاندارد* خواهد بود. اگر طرح*M&V* شامل اندازه‌گیری تغییر در وات هم باشد، در این‌صورت Δwatt هم مقداری با یک *خطای استاندارد* خواهد بود. *خطای* نسبی *استاندارد صرفه‌جویی‌ها* با استفاده از فرمول بالا به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\frac{SE\,(Savings\ )}{Savings} = \sqrt{\left(\frac{SE\,(\Delta Watts\ )}{\Delta Watts}\right)^2 + \left(\frac{SE\,(Hours\ )}{Hours}\right)^2}$$

اگر نتایج تعدادی از صرفه‌جوییها با هم جمع شده باشند و همه آنها *خطای استاندارد* مشابه داشته باشند، معادله‌ی ب-۵ یا ب-۱۹می‌تواند برای پیدا کردن *خطای استاندارد* برآورد شده‌ی کل مورد استفاده قرار گیرد.

$$SE(\text{صرفه‌جویی}) \text{ کل} = \sqrt{SE(savings_1)^2 + SE(savings_2)^2 + ... + SE(savings_N)^2}$$

$$= \sqrt{N} \times SE(Savings)$$

که N تعداد نتایج *صرفه‌جویی‌ها* با *خطای استاندارد* مشابه است که با یکدیگر جمع شده‌اند.

اگر *خطای استاندارد صرفه‌جویی‌ها* از روش‌های بالا تعیین شده باشد، بیان نتیجه‌گیری مناسب درباره میزان نسبی عدم قطعیت ذاتی در *صرفه‌جویی‌ها*، با استفاده از ریاضیات نمودار توزیع نرمال استاندارد، شکل ب-۱، یا داده‌های جدول ب-۱ ممکن است. به عنوان مثال، می‌توان سه مقدار زیر را محاسبه کرد:

۱. *دقت* مطلق یا نسبی *صرفه‌جویی‌های* کل، برای یک میزان *اطمینان* مشخص (به عنوان مثال ۹۰ ٪)، با استفاده از مقدار مرتبط t به ترتیب از جدول ب-۱ و معادله‌ی ب-۷ یا ب-۹محاسبه می‌شود.

۲. خطای محتمل (PE) با ٪۵۰ دامنه *اطمینان* تعریف شده است. *خطای محتمل*، محتمل‌ترین میزان خطا را ارائه می‌کند. این بدان معنا است که احتمال یکسانی وجود دارد که خطا بزرگتر یا کوچکتر از PE باشد (ASHRAE، ۱۹۹۷). جدول ب-۱ نشان می‌دهد که ٪۵۰ سطح *اطمینان* برای تعداد نمونه‌های بیش از ۱۲۰ در t = ۰/۶۷ یا ۰/۶۷ *خطاهای استاندارد* از مقدار *میانگین* به دست آمده است. بنابراین، محدوده‌ی خطای محتمل در *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده با استفاده از معادله ب-۸ برابر (صرفه‌جویی)SE× ۰/۶۷± است.

۳. حد *اطمینان* (*CL*) ٪۹۰ به صورت دامنه‌ای تعریف شده که ما در آن ٪۹۰ مطمئن هستیم که تفاوت مشاهده شده را اثرات تصادفی تولید نکرده‌اند. برای تعداد نمونه بیش از ۱۲۰، CL از جدول ب-۱ و با استفاده از معادله‌ی ب-۸، برابر با (صرفه‌جویی) SE × ۱/۶۴± است.

ب-۵-۱ ارزیابی برهمکنش‌های عدم قطعیت چندین جزء

معادله ب-۱۹ و ب-۲۰ می‌تواند برای ترکیب عدم قطعیت اجزاء و برآورد آن‌که چگونه خطاهای یک جزء، صحت کل گزارش *صرفه‌جویی* را تحت تاثیر قرار خواهد داد، مورد استفاده قرار گیرد. در این صورت منابع *M&V* می‌توانند برای کاهش مقرون به‌صرفه خطای *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده، طراحی شوند. این ملاحظات طراحی، هزینه‌ها و آثار *دقت صرفه‌جویی* بهبودهای احتمالی را در *دقت* هر جزء به حساب می آورند.

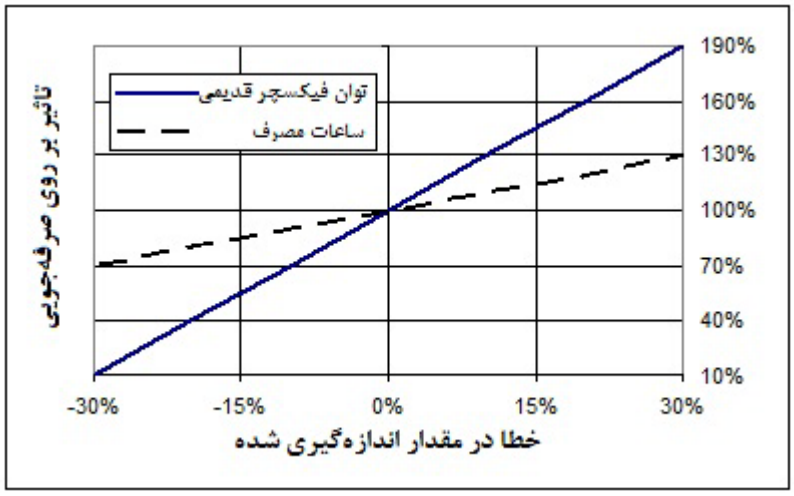
برنامه های نرم‌افزاری کاربردی نوشته شده برای صفحه گسترده‌های رایج امکان ارزیابی آسان خطاهای خالص مرتبط با ترکیب عدم قطعیت چند جزء را با استفاده از فنون مونت‌کارلو امکان‌پذیر می‌کنند. تحلیل مونت‌کارلو امکان ارزیابی سناریوهای مختلف "شرط و جزا[۶۴]" را با دامنه‌ای از خروجی‌های ممکن، احتمال وقوع آن‌ها و این‌که کدام جزء دارای بیشترین اثر بر روی خروجی نهایی است ، فراهم می‌کند. چنین تحلیل‌هایی تشخیص می‌دهند که برای کنترل خطا کجا نیاز است که منابعی اختصاص داده شوند.

یک مثال ساده از تجزیه و تحلیل"شرط و جزا "برای اصلاح روشنایی در زیر ارائه شده است. یک چراغ با توان نامی ۹۶ وات با یک چراغ با توان نامی ۶۴ وات جایگزین شده است .اگر این چراغ روزانه ۱۰ ساعت مورد استفاده قرار گیرد صرفه‌جویی‌های سالیانه به این صورت محاسبه می‌شود:

توان چراغ جدید ۶۴ واتی ثابت بوده و به راحتی با صحت اندازه‌گیری می‌شود. ولی تنوع بسیاری در میان توان چراغ‌های قدیمی و در میان ساعات مصرفی در مکان‌های متفاوت وجود دارد. مقدار توان چراغ قدیمی و ساعات مصرف با قطعیت و به راحتی قابل اندازه‌گیری نیست. بنابراین *صرفه‌جویی‌ها* نیز با قطعیت شناسایی نخواهند شد. اگر اندازه‌گیری هر یک از این مقادیر غیر قطعی دارای مقادیر قابل قبول خطا باشد، چالش طراحی *M&V* در تعیین اثرات بر روی *صرفه‌جویی‌های* گزارش شده است.

شکل ب۲ آنالیز حساسیت *صرفه‌جویی‌ها* را برای دو پارامتر: توان چراغ‌های قدیمی بر حسب وات و ساعت مصرف نشان می‌دهد. هر یک تا ٪۳۰ تغییر کرده و اثر آن بر روی صرفه‌جویی‌ها نشان داده شده است.می‌توان دید که *صرفه‌جویی‌ها* به طور قابل توجهی نسبت به تغییر توان چراغ قدیمی حساستر از ساعات مصرف است خطای مقدار وات ٪۳۰ باعث ایجاد ۹۰ ٪خطای *صرفه‌جویی* می‌شود، در حالی که ٪۳۰ خطا در ساعت‌های عملیاتی تنها ٪۳۰ خطای صرفه‌جویی ایجاد می‌کند.

[64] - What if



شکل ب-۲ مثال آنالیز حساسیت-صرفه‌جویی‌های روشنایی

اگر روش*M&V* پیشنهادی به قرائت‌های توان چراغ‌های قدیمی با محدوده عدم قطعیت ٪۵± بیانجامد، محدوده عدم قطعیت *صرفه‌جویی* ٪۱۵± خواهد بود. به عبارت دیگر، اگر توان چراغ‌های قدیمی بین ۹۱ تا ۱۰۱ وات باشد، *صرفه‌جویی‌های* سالیانه می‌تواند بین ۹۹ تا ۱۳۵ کیلو وات ساعت قرار گیرد. دامنه عدم قطعیت بر روی *صرفه‌جویی* kWh ۳۶ (۹۹-۱۳۵) است. اگر قیمت حدی برق ۱۰ سنت به ازای هر kWh باشد، دامنه عدم قطعیت آن حدود سالیانه ۳/۶۰ دلار در سال است. اگر توان چراغ قدیمی بتواند با *دقت* بیشتر برای کمتر از ۳/۶۰ دلار برآورد شود، در این صورت ممکن است بسته به تعداد سال‌هایی که *صرفه‌جویی‌ها* مورد توجه قرار می‌گیرند، تلاش برای افزایش اندازه‌گیری ارزش پیدا می کند.

نمودار ب-۲ نشان می‌دهد که عبارت ساعت مصرف اثر کمتری در *صرفه‌جویی* نهایی در این مثال دارد (خط ساعت مصرف دارای شیب کمتر است که حساسیت کمتر را مشخص می‌کند). ممکن است که خطا در اندازه‌گیری ساعت عملیات ٪۲۰± باشد، بنابراین دامنه عدم قطعیت صرفه‌جویی‌های انرژی نیز ٪۲۰± یا ٪۲۳± کیلو وات ساعت (برابر با ٪۲۰ از ۱۱۷ کیلووات ساعت) خواهد بود. دامنه *صرفه‌جویی‌ها* در حدود ۴۶ کیلو وات ساعت (برابر ۲۳×۲ کیلووات ساعت) با ارزش ۴/۶۰ دلار در سال خواهد بود. این‌جا هم بسته به تعداد سال‌هایی که *صرفه‌جویی‌ها* مورد توجه قرار می‌گیرند، صرفه‌جویی اگر بتواند با مقدار بسیار کمتر از ۴/۶۰دلار انجام شود ممکن است با افزایش صحت اندازه‌گیری ساعات مصرف تضمین شود.

دامنه خطای محتمل *صرفه‌جویی* ناشی از خطاهای اندازه‌گیری ساعت عملکرد (۴۶ kWh) بالاتر از آن چیزی است که در اثر خطاهای اندازه‌گیری توان چراغ قدیمی بدست می آید (۳۶ kWh). این خلاف آن اثری است که انتظار می‌رود چون همان‌طور که در شکل ب۲ مشاهده شد، حساسیت صرفه‌جویی به توان نسبت به حساسیت آن به ساعت مصرف بیشتر است. دلیل این تفاوت این است که خطای ممکن در اندازه‌گیری ساعت عملکرد (٪۲۰±) بسیار بیشتر از خطای ممکن در اندازه‌گیری مقدار توان چراغ قدیمی (٪۵±) است.

آنالیز حساسیت فوق، می‌تواند به روش‌های مختلفی صورت گیرد. مثال ساده قبل استفاده شد تا اصول آن را نشان دهد. شبیه‌سازی مونت‌کارلو، امکان توجه پیچیده به بسیاری از پارامترهای متفاوت را می‌دهد و این در جاهایی بیشترین که نیاز به بهبود صحت گزارش‌های *صرفه‌جویی* هست، به طرح *M&V* امکان تمرکز بر روی هزینه‌ها را می‌دهد.

ب-۵-۲ تعیین اهداف برای عدم قطعیت قابل سنجش صرفه‌جوییها

همان‌طور که در پیوست ب-۱ تشریح شده است، همه عدم قطعیت‌ها نمی‌توانند کمی شوند. ولی آن‌هایی که قابل اندازه‌گیری هستند، راهنمایی‌هایی را در طراحی *M&V* فراهم می‌کنند. با توجه به هزینه‌های*M&V برای* برخوردهای انتخابی گوناگون با عدم قطعیت، برنامهM&V می‌تواند نوعی اطلاعات تولید کند که برای تمام خوانندگان گزارش‌های صرفه‌جویی قابل قبول باشد، این شامل افرادی است که باید هزینه گزارش‌هایM&V را پرداخت کنند. نهایتاً، هر طرح *M&V* باید سطح پیش‌بینی شده عدم قطعیت قابل سنجش را گزارش کند (ر.ک. فصل ۵).

برای تعیین *صرفه‌جویی انرژی* به جای اندازه‌گیری ساده خود مقادیر انرژی، نیاز به برآورد تفاوت مقادیر *انرژی* است. عموماً محاسبه تفاوت برای دستیابی به یک معیار *دقت* نسبی هدف، *نیازمند دقت مطلق* بهتر در اندازه‌گیری اجزاء است تا دقت مطلق مورد نیاز در تفاوت. برای مثال فرض کنید بار *متوسط* حدود۵۰۰ kW است و *صرفه‌جویی* پیش‌بینی شده حدود ۱۰۰ kW است. یک معیار خطای ۱۰٪± با *اطمینان* ۹۰٪ ("۹۰/۱۰") می‌تواند به دو روش استفاده شود:

- اگر برای اندازه‌گیری‌های بار استفاده شود، *دقت مطلق* باید۵۰ kW (۱۰٪ از ۵۰۰ kW) در سطح *اطمینان* ۹۰٪ باشد.
- اگر برای *صرفه‌جویی‌های گزارش شده* استفاده شود، *دقت مطلق* در *صرفه‌جویی‌ها* باید ۱۰kWh (۱۰٪ از ۱۰۰kW) در همان سطح *اطمینان*۹۰٪ باشد. برای دستیابی به این دقت مطلق ۱۰ kW در *صرفه‌جویی‌های گزارش‌شده* نیازمند دقت مطلق ۷ kW برای اندازه‌گیری اجزا هستیم (اگر هر دو جزء *دقت* یکسانی دارند، از معادله ب-۱۹ استفاده کنید).

به طور آشکار، به کارگیری معیار ۹۰/۱۰ *دقت/ اطمینان* در سطح *صرفه‌جویی* نیازمند دقت بیشتری در اندازه‌گیری بار نسبت به الزام ۹۰/۱۰ در سطح بار است.

معیار *دقت* نه تنها در *صرفه‌جویی‌های انرژی* ، بلکه در پارامترهایی که *صرفه‌جویی‌ها* را تعیین می‌کنند نیز می تواند به کار رود. برای مثال فرض کنید مقدار *صرفه‌جویی*، حاصل‌ضرب تعداد (N) واحدها، ساعت‌های (H) عملیات، و تغییر (C) وات برابراست با: N ×H ×C = صرفه‌جویی‌ها. معیار ۹۰/۱۰ می‌تواند به صورت جداگانه در هر یک از این پارامترها مورد استفاده قرار گیرد. ولی دستیابی به دقت ۹۰/۱۰ در هر یک از این پارامترها، دلالت بر این ندارد که ۹۰/۱۰ برای صرفه‌جویی‌ها که پارامتر نهایی مورد توجه است ، به دست آمده باشد. در واقع با استفاده از معادله ب-۲۰، *دقت* در ۹۰٪ *اطمینان* فقط ۱۷ ٪± خواهد بود. از سوی دیگر اگر فرض شود که تعداد واحدها و تغییر وات‌ها بدون خطا شناخته شوند، *دقت* ۹۰/۱۰ برای ساعت‌ها دلالت بر دقت ۹۰/۱۰ برای *صرفه‌جویی‌ها* دارد.

استاندارد *دقت* می‌تواند در سطوح مختلف اعمال شود .انتخاب سطح جداسازی، به صورت چشمگیری بر روی طراحی*M&V* و هزینه‌های مرتبط تاثیر می‌گذارد. در کل اگر الزامات *دقت* بر روی هر جزء اعمال شود، نیاز به جمع آوری داده‌ها افزایش می‌یابد. اگر هدف اولیه، کنترل *دقت صرفه‌جویی‌ها* برای تمامی یک پروژه باشد، نیازی نیست که الزامات *دقت* مشابهی را در هر جزء اعمال کرد.

ب-۶ مثال تحلیل عدم قطعیت

برای توضیح استفاده از ابزار آماری گوناگون در تحلیل عدم قطعیت، جدول ب-۳ مثالی از خروجی مدل رگرسیون صفحه گسترده را نشان می‌دهد. این مثال، رگرسیونی از مقدار کنتور مصرف برق ۱۲ماهه یک ساختمان و روز درجه سرمایش (CDD) در طول یک دوره یک ساله است.این تنها یک خروجی جزیی از صفحه گسترده است.مقادیر خاص مورد توجه به صورت ایتالیک مشخص شده اند.

جدول ب-۳ نمونه خروجی صفحه گسترده تحلیل رگرسیون

خلاصه خروجی	
آمارهای رگرسیون	
R چندگانه	۰/۹۷
مربع R	۰/۹۳
مربع R تصحیح شده	۰/۹۲
خطای استاندارد	*۳۶۷/۵۰*
مشاهدات	۱۲/۰۰

	ضرایب	*خطای* استاندارد	*آمار T*	*۹۵٪ پایینی*	*۹۵٪ بالایی*
عرض از مبدا	*۵۶۳۴/۱۵*	۱۵۱/۹۶	۳۷/۰۸	۵۲۹۵/۵۶	۵۹۷۲/۷۴
CDD	*۷/۹۴*	*۰/۶۸*	*۱۱/۶۴*	*۶/۴۲*	*۹/۴۵*

برای خط مبنای کیلو وات ساعت ۱۲ ماهه و نقاط داده‌های CDD، مدل رگرسیون استخراج شده برابر است با:

مصرف برق ماهیانه = ۵۶۳۴/۱۵ + (۷/۹۴×CDD)

ضریب تعیین،R^2، (که در جدول ب-۳ به صورت "مجذورR" نشان داده شده است) کاملاً بالا و ۰/۹۳ است، این مشخص می‌کند که ۹۳٪ تغییر در ۱۲ نقطه داده‌های انرژی به وسیله مدلی توضیح داده شده که از داده‌های CDD استفاده کرده است. این واقعیت بر یک ارتباط قوی و این موضوع دلالت دارد که این مدل ممکن است در برآورد عبارات تصحیحات در شکل مرتبط با معادله ۱ فصل ۴ استفاده شود.

ضریب برآورد شده ۷/۹۴ kWh به ازای هر CDD دارای *خطای استاندارد* ۰/۶۸ است. این SE به آمار t (به صورت "آمار T" در جدول ب-۳ نشان داده شده است) برابر با ۱۱/۶۴ می‌انجامد. این آمار t در نهایت با مقدار t بحرانی متناظر در جدول ب-۱ مقایسه می شود (برای ۱۲ نقطه داده‌ها و با ٪۹۵ اطمینان، t=۲/۲ است).

به دلیل آن‌که ۱۱/۶۴ از ۲/۲ تجاوز می‌کند، CDD یک *متغیر مستقل* بسیار قابل توجه است. هم‌چنین صفحه گسترده نشان می‌دهد که دامنه ضریب در سطح *اطمینان* ٪۹۵ برابر ۶/۴۲ تا ۹/۴۵ است و بر دقت نسبی (۷/۹۴ / (۶/۴۲-۷/۹۴) =) ٪۱۹± دلالت می‌کند. به عبارت دیگر، ما ٪۹۵*اطمینان* داریم که هر CDD اضافی، مصرف kWh را بین ۶/۴۲ تا ۹/۴۵ کیلووات ساعت افزایش می‌دهد.

خطای استاندارد برآورد با استفاده از فرمول رگرسیون برابر با ۳۶۷/۵ است. میانگین CDD ها به ازای هر ماه ۱۶۲ است (که در خروجی نشان داده نشده است). به منظور پیش‌بینی این که مصرف برق تحت شرایط سرمایش متوسط چه مقدار خواهد بود، برای مثال، این مقدار CDD وارد مدل رگرسیون شده است:

مصرف پیش‌بینی شده =۵۶۳۴ + (۷/۹۴×۱۶۲)

به ازای میانگین *روز درجه* سرمایش در هر ماه =۶۹۲۰ kWh

با استفاده از مقدار t جدول ب-۱، مقدار ۲/۲ برای ۱۲ نقطه داده و سطح *اطمینان* ٪۹۵، محدوده پیش‌بینی ممکن عبارت است از:

محدوده پیش‌بینی = ۶۹۲۰ ± (۲/۲×۳۶۷/۵) = ۶۱۱۲ تا ۷۷۲۹ kWh

دقت مطلق تقریباً برابر ۸۰۹ kWh ± (۲/۲× ۳۶۷/۵ =) و *دقت نسبی* برابر ٪۱۲± (۸۰۹/۶۹۲۰=) است. صفحه گسترده مقدار توصیف شده برای *خطای استاندارد برآورد* را با در اختیار داشتن اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه *دقت نسبی* مورد انتظار با استفاده از مدل رگرسیون برای هر ماه را فراهم می‌کند، که در این مورد ٪۱۲ است.

اگر مصرف دوره گزارش‌دهی ۴۳۰۰ kWh باشد، محاسبه *صرفه‌جویی‌ها* با استفاده از معادله ۱ب) فصل ۴ به صورت زیر خواهد بود:

صرفه‌جویی‌ها = ۶۹۲۰-۴۳۰۰ =۲۶۰۰ kWh

چون از کنتور اصلی برق برای به دست آوردن مقدار برق *دوره گزارش‌دهی* استفاده شده بود، مقدار گزارش شده آن ممکن به صورت ۱۰۰ ٪صحیح (۰٪= SE) رفتار کند، زیرا کنتور برق مقدار پرداخت شده را صرفنظر از خطای کنتور بیان می‌کند. SE عدد *صرفه‌جویی* برابر خواهد بود با:

$$SE(monthly\ savings) = \sqrt{SE(adjusted\ baseline)^2 + SE(reporting\ period\ consumption)^2}$$

$$= \sqrt{367.5^2 + 0^2} = ۳۶۷/۵$$

با استفاده از t برابر با ۲/۲، محدوده *صرفه‌جویی‌های* ماهیانه ممکن برابر است با:

محدوده *صرفه‌جویی‌ها* = ۲۶۲۰ ± (۲/۲×۳۶۷/۵)

=۲۶۲۰± -۸۱۰ = ۱۸۱۰ تا ۳۴۳۰

برای تعیین *دقت* کل سال از *صرفه‌جویی‌های* ماهیانه، فرض شده است که *خطای استاندارد صرفه‌جویی‌های* هر ماه یکسان باشد. در این صورت *صرفه‌جویی* سالیانه گزارش شده دارای *خطای استانداردی* برابر با:

$$SE \text{ (صرفه‌جویی سالیانه)} = \sqrt{12 \times 367.5^2} = ۱۲۷۳ \text{ kWh}$$

خواهد بود. از آن جا که t از مدل *خط مبنا* استخراج شده است، در مقدار ۲/۲ استفاده شده در بالا باقی می‌ماند. بنابراین *دقت* مطلق در *صرفه‌جویی‌های* سالیانه برابر ۲۸۰۱ kWh = ۲/۲×۱۲۷۳ است.

با فرض صرفه‌جویی‌های ماهیانه یکسان ۲۶۲۰ kWh، *صرفه‌جویی‌های* سالیانه برابر با ۳۱،۴۴۰ kWh و *دقت نسبی* گزارش *صرفه‌جویی* سالیانه برابر٪ ۹ (۱۰۰× (۳۱،۴۴۰/ ۲۸۰۱) =) است.

پیوست ج: موارد خاص منطقه‌ای

این پیوست شامل موارد منحصر به مناطق مختلف جهانی است که EVO از سوی آن‌ها همکاری قابل توجهی دریافت کرده است. نتایج این همکاریها ممکن است به صورت جدا از باقیمانده این جلد، به روز رسانی شده باشند، بنابراین تاریخ انتشار برای هر بخش نشان داده شده است. سازمان ارزیابی کارایی همه مناطق جهان را تشویق می‌کند تا مواردی را که جنبه‌های منحصر به M&V در حوزه آن‌ها را منعکس می کند را ارائه دهند.

ج-۱ ایالات متحده آمریکا آوریل ۲۰۰۷، به روز شده در اکتبر ۲۰۱۱

الحاقیه به بخش ۱-۳ "ارتباط IPMVP با دیگر راهنماهای M&V"

- ASHRAE، راهنمای ۲۰۰۲-۱۴ اندازه‌گیری صرفه‌جویی‌های انرژی و دیماند (ر.ک. مرجع ۳ در فصل ۱۰). این سند انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا، جزئیات مکملی را برای این پروتکل فراهم می‌کند. تعداد زیادی از مولفین اصلی راهنمای ۱۴ با مولفین این پروتکل مشترک هستند. اگرچه در راهنمای ۱۴ جزئیات فنی وجود دارد که از بسیاری از مفاهیم مشابه پیروی می‌کنند، اما از نام‌های مشابه گزینه‌ها در این پروتکل استفاده نمی‌کند. راهنمای ۱۴منبع منحصر به فرد و مفیدی برای متخصصین *M&V* در گوشه و کنار جهان است و برای خرید از طریق کتابفروشی ASHRAE در http://resourcecenter.ashrae.org/store/ashrae/ در دسترس است.
- راهنماهای M&V: پایش و صحه‌گذاری برای پروژه‌های فدرال انرژی، نسخه ۲/۲-۲۰۰۲ (به مرجع ۲۷ در فصل ۱۰ رجوع کنید). برنامه فدرال مدیریت انرژی وزارت انرژی آمریکا (FEMP) تا حدودی مستقر شده تا هزینه‌های انرژی عملیاتی تاسیسات فدرال دولتی آمریکا را کاهش دهد. راهنمای M&V در FEMP اولین بار در سال ۱۹۹۶ با مشارکت بسیاری از مولفین مشترک با IPMVP منتشر شد. این سند راهنمایی دقیقی از روش‌های *M&V* خاص را برای انواع راهکار ها فراهم می‌کند. راهنمای FEMP به طور عمومی با چهارچوب این پروتکل سازگار است به جز این که این سند برای دو راهکار خاص نیازی به اندازه‌گیری میدانی مصرف انرژی ندارد. وبسایت آزمایشگاه ملی لارنس برکلی (http://ateam.lbl.gov/mv/) در برگیرنده راهنمای M&V مربوط به FEMP و تعدادی از دیگر اسناد مرجع شامل یکی برآوردهای مورد استفاده در گزینه A و یک چک‌لیست است.
- پروتکلهای ارزیابی کارایی انرژی کالیفرنیا مربوط به کمیسیون تاسیسات عمومی کالیفرنیای ایالات متحده آمریکا: الزامات فنی، روشی و گزارش‌دهی را برای متخصصین ارزیابی (آوریل ۲۰۰۹) فراهم می‌کند. این سند، راهنمایی را برای ارزیابی برنامه‌های کارایی که توسط یک تامین کننده انرژی اجرا شده، فراهم می‌کند. این سند نقش IPMVP را در اندازه گیری و صحه گذاری هر سایت نشان می‌دهد. این پروتکل می‌تواند در وبسایت شورای مشورتی اندازه‌گیری کالیفرنیا (CALMAC) http://www.calmac.org یافت شود.
- پروتکل گازهای گلخانه‌ای در حسابداری پروژه (۲۰۰۵)، به طور مشترک توسط موسسه منابع جهانی و شورای بازرگانی جهانی برای توسعه پایدار، تدوین شده است. کمیته فنی IPMVP در کمیته مشورتی این سند حضور داشته است که روش گزارش‌دهی اثرات گازهای گلخانه‌ای را در کاهش انتشار کربن و پروژه‌های محبوس کردن کربن تعریف می‌کند. رجوع کنید به www.ghgprotocol.org.

الحاقیه به بخش‌های ۱-۲، پیوست د-۶ و د-۷

برنامه‌ای که به طور گسترده‌ای برای رده بندی پایداری طراحی‌ها و عملیات ساختمان، مرجع قرار گرفته ، راهبری در طراحی انرژی و محیط زیست (LEED™)[۶۵] از شورای ساختمان‌های سبز ایالات متحده[۶۶] است.

[65] -Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

الحاقیه به بخش ۴-۳، مورد ۶.

آزمایشگاه ملی اوک ریج (ORNL) (۱۹۹۹) و راهنمای ASHRAE ۱۹۹۶-۱ روش مناسبی در راه اندازی بسیاری از اصلاحات ساختمان‌ها را تعریف می‌کند.

الحاقیه به بخش ۴-۷، بندآخر.

ASHARE (۲۰۰۲) جزئیات فنی‌تری در خصوص روش مشابه جداسازی اصلاح فراهم می‌کند.

الحاقیه به بخش ۴-۷

کاربردهای خاص روش‌های جداسازی اصلاح با *راهکار* های معمول انتخاب شده توسط وزارت انرژی ایالت متحده در بخش سه FEMP (۲۰۰۰) ارائه شده است. باید توجه داشت که کاربردهای LE-A-01، LC-A-01 و CH-A-01 با این پروتکل سازگار نیستند زیرا آن‌ها نیازی به هیچ اندازه‌گیری ندارند.

ASHRAE (۲۰۰۲) مشخصات دقیق‌تری را برای یک روش مشابه فراهم می‌کند.

الحاقیه به بخش ۴-۸-۱

بخش ۲-۲-۱ از FEMP (۲۰۰۰) وظایف معمولی که به عهده طرفین قرارداد *مبتنی بر* عملکرد انرژی است را خلاصه می‌کند. هم چنین برنامه مدیریت انرژی فدرال ایالات متحده راهنماهای دقیقی برای گزینه M&V A درFEMP (۲۰۰۲) را منتشر کرده که راهنمایی بیشتری درباره موضوعات برآورد کردن که نهادهای فدرال ایالات متحده با آنها مواجه هستند را به دست می‌دهد. (توجه: راهنماهای FEMP مقادیر برآورد شده را "پیش فرض"[۶۷] می‌نامد.)

الحاقیه به بخش ۴-۹

منابعی که روش‌های دقیقی را برای تعریف خط مبناهای ساختمانهای جدید ارائه می‌کنند، عبارتند از: استاندارد ASHRAE ۹۰-۱ پیوست G- روش ارزیابی عملکرد،راهنماها و رویه‌های مدل‌سازی انرژی ساختمان تجاری COMNET و کتابچه ۲۴ محاسبه جایگزین است. به علاوه، این موضوع که برنامه‌های شبیه‌سازی قابل دسترس در بازار، توانایی تولید خودکار یک ساختمان خط مبنای با حداقل سازگاری را بر پایه یک مدل ساختمان منطبق با طراحی را به ازای روش‌های مختلف رده‌بندی داشته باشند، در حال عادی شدن است.

ASHRAE (۲۰۰۲) جزئیات فنی‌تری را به روشی مشابه و بر اساس کالیبراسیون مدل‌های شبیه‌سازی با قبوض حامل‌های انرژی فراهم می‌کند.

الحاقیه به بخش ۴-۹-۱

اطلاعات برنامه‌های شبیه‌سازی ساختمان با مصرف معمول در قسمت‌های مختلف جهان می‌تواند در بخش ۶-۳ (۲۰۰۲) ASHRAE یافت شود.

الحاقیه به بخش ۴-۹-۲، مورد ۵

بخش ۶-۳ ASHRAE (۲۰۰۲)، اطلاعات بیشتری درباره صحت کالیبراسیون به دست می‌دهد.

---

[66] - US Green Building Council

[67] -Stipulation

الحاقیه به بخش ۴-۹-۱

اطلاعات انواع مختلف از مدل‌های شبیه‌سازی ساختمان را می‌توان در فصل ۳۲ کتابچه ASHRAE (۲۰۰۵) یافت. وزارت انرژی ایالات متحده (DOE) نیز فهرست جاری خود از نرم افزار حوزه عمومی و برنامه‌های شبیه‌سازی انرژی ساختمان اختصاصی را در www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory نگهداری می‌کند. رویه ساده شده تحلیل انرژی ASHRAE نیز در صورتی ممکن است استفاده شود که اتلاف گرما و گرمای دریافت شده ، بارهای داخلی و سیستم‌های HVAC ساختمان ساده باشند.

انواع دیگر برنامه‌های خاص منظوره برای شبیه‌سازی مصرف *انرژی* اجزای HVAC می توانند استفاده شوند. به جعبه ابزار ASHRAE's HVAC02 (Brandemuehl ۱۹۹۳)، و برای تجهیزات بویلر/چیلر به جعبه ابزار HVAC01 (۱۹۹۵، ۱۹۹۴b، Bourdouxhe ۱۹۹۴a) مراجعه شود. مدل‌های HVAC سمت هوا با اجزای ساده، نیز در یک گزارش توسط Knebel (۱۹۸۳) در دسترس است. معادلات تعداد زیادی از مدل‌های دیگر نیز شناخته شده است (۱۹۹۶ SEL، ۱۹۸۹ ASHRAE).

الحاقیه به بخش ۴-۹-۲ مورد ۲

فرآیند بدست آوردن و آماده سازی داده‌های واقعی آب و هوای به شکل مفصل در اخبار کاربران جلد ۲۰ شماره ۱، نشریه آزمایشگاه ملی لارنس برکلی توصیف شده که می‌تواند در سایت http://gundog.lbl.gov تحت عنوان خبرنامه یافت شود. داده‌های واقعی آب و هوا توسط وزارت انرژی امریکا به صورت رایگان در سایت http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weatherdata/weather_request.cfm در دسترس است. داده‌های واقعی آب و هوا را می‌توان خریداری هم کرد. یکی از منابع این کار مرکز داده‌های آب و هوایی ملی ایالات متحده در سایت http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climatedata.html. است.

یک روش معتبر برای تصحیح یک فایل متوسط آب و هوا برایمشابه کردن با داده‌های آب و هوای واقعی در برنامه تاسیساتی WeatherMaker یافت می‌شود که بخشی از بسته نرم افزاری آزمایشگاه انرژی تجدیدپذیر ملی ایالت متحده Energy-10 است که در http://www.nrel.gov/buildings/energy10/. در دسترس است.

الحاقیه به بخش۸-۳

روش‌های کمی‌کردن، ارزیابی و کاهش برخی از این عدم قطعیت‌ها در پیوست ب این سند و ASHRAE (۲۰۰۲) بند ۵-۲-۱۱ تشریح شده است.[۶۸] هم‌چنین رجوع شود به Reddy و Claridgs (۲۰۰۰) که روش‌های تحلیل خطای استاندارد را برای تعیین *صرفه‌جویی‌ها* معمول به کار می‌برد.

الحاقیه به بخش ۸-۱۰

برنامه استانداردها و راهنماهای انرژی ساختمان (BSGP) وزارت انرژی ایالات متحده، که در سایت www.eren.doe.gov/buildings/codes_standards/buildings در دسترس است، اطلاعاتی را درباره کدهای ساختمان مسکونی، تجاری و فدرال ایالت متحده فراهم می‌کند.

ج-۲ فرانسه ژوئیه ۲۰۰۹

Dans tout *Plan de M&V*, l'identification de l'option choisie doit se faire au moyen de la date de publication ou du numéro de version, ainsi que de la référence du Volume de l'IPMVP, dans l'édition nationale correspondante. Exemple : IPMVP Volume I EVO10000-1:2012:F

[۶۸] لازم به ذکر است که برخلاف راهنمای۱۴ ASHRAE، IPMVP نیازی به گنجاندن گزارش عدم قطعیت در گزارش‌های صرفه‌جویی ندارد.

Chapitre 1.4

1.4A1 Benchmarks, certificats et tests régionaux

HQE : www.assohqe.org

Chapitre 4.9 Option D

4.9A1: Information relative aux différents types de modèles de simulation dans le Bâtiment

Liste des logiciels conseillés par l'ADEME (en cours d'établissement) : http://194.117.223.129

4.9A2 : Modèles de composants applicables

Liste des logiciels conseillés par l'ADEME (en cours d'établissement) : http://194.117.223.129

4.9A3 : Modèles et sources de données météorologiques applicables

Metéo-France : https://espacepro.meteofrance.com/espace_service/visite

COSTIC : http://www.costic.com/dju/presentation.html

4.9A4 : Méthodes de calibration applicables

Compléments méthodologiques : voir ASHRAE 2002, 1051RP

4.9A5 : Niveaux de précision minimaux recommandés

ASHRAE 2002

ج-۳ اسپانیا- ۲۰۰۹

En el desarrollo del IPMVP en España, aunque no existe una normativa específica para la Medida y verificación de proyectos eficientes existen particularidades y utilidades propias de su legislación y normativa que conviene conocer.

Por ello, se anexa información específica de España:

Anexos al Capítulo 4.9.1

Para la obtención de la escala de calificación energética de edificios, en España, se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad. Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 "Energy performance of buildings: Methods for expresing energy preformance and for energy certification of buildings".

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

- La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático; y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.
- La opción general se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007. Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado Calener, promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

Este programa cuenta con dos versiones:

- Calener_VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- Calener_GT, para grandes edificios del sector terciario.

La utilización de programas informáticos distintos a los de referencia está sujeta a la aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establece en el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a Líder y Calener.

El Programa informatico Calener es una herramienta promovida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE , y por el Ministerio de Vivienda, que permite determinar el nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio. El programa consta de dos herramientas informaticas para una utilización mas fácil por el usuarioNT.

Se puede encontrar en la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx

El programa LIDER es una aplicación que permite verificar el cumplimiento de la exigencia "Limitación de la demanda energética" regulada en el DB-HE1 del nuevo Código Técnico de Edificación.

Dicho programa está incluido dentro el CALENER – VYP que se encuentra en la referencia anterior, aunque se puede obtener independientemente en la web http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33

Anexos al Capítulo 4.9.2. Item 2

Los datos meteorológicos en tiempo real están disponibles en la web de la Agencia Estatal de Meteorología, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en la web http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/ultimosdatos?k=mad

Para la obtención de datos meteorológicos históricos igualmente en la Agencia Estatal de Meteorología, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en la web http://www.aemet.es/es/elclima/datosclimatologicos/resumenes

Anexos al Capítulo 8.10

La normativa y legislación española referente al Código Técnico de la Edificación (CTE) se encuentra en la web del Ministerio de Vivienda en http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=552&Itemid=226

Respecto al Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) están disponibles en la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx.

ج-۳-۱ کاتالونیا- ۲۰۱۰

Pel desenvolupament de l'IPMVP a Catalunya es podrà utilitzar tota la informació específica a la que es fa referència a l'apartat C-3 d'Espanya.

A més de la normativa europea, per fer possible la transició cap a un model energètic més sostenible s'hauran de tenir presents les normatives i decrets específics per a Catalunya, tant les que fan referència a la totalitat de les empreses com les que fan referència als edificis públics:

- Directiva 2006/32/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 5 d'abril de 2006 sobre l'eficiència de l'ús final de l'energia i els serveis energètics, la qual deroga la Directiva 93/76/CEE del Consell.

- Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. (Decret d'Ecoeficiència)
- Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2002, relativa a l'eficiència energètica dels edificis.

Annex al capítol 4.9.2

Per a l'obtenció de dades meteorològiques, històriques o del any en curs, a més de la Delegació Territorial a Catalunya de l'Agència Estatal de Meteorologia (http://www.aemet.es) tel.: 93.221.14.72, es recomana consultar el servei meteorològic català: http://www.meteocat.cat

ج-۴ رومانی - ژوئیه ۲۰۱۰

الحاقیه به بخش ۱-۳، " نسبت IPMVP با دیگر دستورالعمل‌های M&V"

سند مفید دیگر برای خوانندگان پروتکل حاضر، راهنمای تشریحی تراز ملی انرژی رومانی است. این راهنمای ملی روش انجام تراز انرژی، ممیزی انرژی و چگونگی انجام اندازه‌گیری را تشریح می‌کند.

الحاقیه به بخش ۴-۷، "کالیبراسیون"

وسایل بر اساس مرجع شناخته شده، موسسه‌ی ملی مترولوژی که ماموریت اصلی آن تدارک مبانی علمی برای یکنواختی و صحت اندازه‌گیری در رومانی است، کالیبره شده اند. بنابراین، عمل کالیبراسیون باید با قوانین ممیزی شده آن منطبق باشد.

الحاقیه به بخش ۱۰-۲، "منابع اندازه‌گیری"

اندازه‌گیری‌ها بر اساس قوانین اندازه‌گیری‌های انرژی برق و قوانین اندازه‌گیری‌های انرژی حرارتی، تدوین شده توسط ANRE (مرجع قانون‌گزاری انرژی رومانی) و با استفاده از کد مربوط به اندازه‌گیری انرژی برق که به وسیله ANRE تدوین شده، انجام می‌شوند.

برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی، قوانین مطابق هستند با:

CEI 660044-1 ترانسفورماتورهای جریان CEI 60186 ترانسفورماتورهای ولتاژ CEI 60044-2 ترانسفورماتورهای القایی ولتاژ
CEI 60687 وات-ساعت سنج استاتیک جریان تناوبی برای انرژی اکتیو کلاس‌های ۰/۲S و۰/۵ S CEI 61036 وات-ساعت سنج استاتیک جریان تناوبی برای انرژی اکتیو کلاس‌های۱ و ۲ CEI 61268 وات-ساعت سنج استاتیک جریان تناوبی برای انرژی راکتیو کلاس‌های ۲ و ۳ CEI 60521 وات-ساعت سنج جریان متناوب کلاس ۰/۵، ۱ و ۲ CEI 60870-2 -1 سیستم‌ها و تجهیزات کنترل از راه دور. بخش۲: شرایط عملیاتی فصل۱: تامین توان و سازگاری الکترومغناطیسی CEI 60870 - 4 سیستم‌ها و تجهیزات کنترل از راه دور. بخش۴: الزامات عملکرد. CEI 60870 - 5 سیستم‌ها و تجهیزات کنترل از راه دور. بخش ۵: پروتکل‌های انتقال
CEI 61107 تبادل داده برای قرائت کنتور، تعرفه و کنترل بار. تبادل مستقیم داده‌های محلی. CEI 61334-4 اتوماسیون توزیع با استفاده از سیستم‌های حامل خط توزیع. بخش ۴: پروتکل‌های ارتباط داده‌ها CEI 62056-61 اندازه‌گیری الکتریسیته – تبادل داده‌ها مربوط به قرائت کنتور، تعرفه و کنترل بار، بخش۶۱: سیستم شناسایی هدف (OBIS) CEI 62056-61 اندازه‌گیری الکتریسیته – تبادل داده‌ها مربوط به قرائت کنتور، تعرفه و کنترل بار، بخش۶۲: کلاس‌های رابط

CEI 62056-46 اندازه‌گیری الکتریسیته – تبادل داده‌ها مربوط به قرائت کنتور، تعرفه و کنترل بار– بخش ۴۶: لایه‌ی لینک داده‌ها با استفاده از پروتکل HDLC CEI 62056-53 اندازه‌گیری الکتریسیته – تبادل داده مربوط به قرائت کنتور، تعرفه و کنترل بار – بخش ۵۳: لایه ی کاربردی COSEM CEI 62056-21 اندازه‌گیری الکتریسیته – تبادل داده‌ها مربوط به قرائت کنتور، تعرفه و کنترل بار –بخش۲۱: تبادل مستقیم داده‌های محلی
CEI 62056-42 اندازه‌گیری الکتریسیته – تبادل داده‌ها مربوط به قرائت کنتورها، تعرفه و کنترل بار – بخش۴۲: خدمات و مراحل لایه ی فیزیکی برای اتصال ناهمزمان محور تبادل داده‌ها

برای اندازه‌گیری انرژی حرارتی، قوانین منطبق هستند با:

SR EN 1434-1 کنتورهای انرژی حرارتی، بخش ۱: دیدگاه کلی (۱۹۹۸) STAS 6696 نمونه گرفتن(اندازه‌گیری‌ها) (۱۹۸۶) EN 1434-2,3,4,5,6 کنتورهای حرارتی (۱۹۹۷)
ISO/IEC 7480 فناوری اطلاعات - تبادل اطلاعاتی و ارتباط از راه دور بین سیستم‌ها – کیفیت سیگنال انتقال شروع و توقف در واسطهای DTE/DCE(۱۹۹۱) ISO/IEC 7498-1 فناوری اطلاعات– اتصال داخلی سیستم‌های باز – مدل مرجع اصلی: مدل اصلی(۱۹۹۴)
PE 002 تنظیم پیش‌بینی و مصرف انرژی حرارتی (۱۹۹۴) PE 003 نام گذاری بازدیدها، تست و اثبات نصب، راه اندازی و آغاز به کار دستگاه‌های توان (۱۹۸۴)
PE 502-8 قواعد تدارک تسهیلات فنی با وسایل و اتوماسیون اندازه‌گیری. نقاط حرارتی (۱۹۹۸) SC 001 چهارچوب راه حل‌های نصب کنتور برای تاسیسات گرمایی و لوله کشی در ساختمان‌های موجود (۱۹۹۶) SC002 چهارچوب راه حل‌های برای اندازه‌گیری مصرف آب، گاز طبیعی و انرژی حرارتی در تاسیسات بلوک‌های آپارتمان (۱۹۹۸) OIML R 75 (توصیه‌ی بین المللی) کنتورهای انرژی حرارتی(۱۹۸۸) NTM-3-159-94 صحه‌گذاری مترولوژیکی کنتورهای انرژی حرارتی(۱۹۹۴)

الحاقیه به بخش ۸-۷، "داده‌ها برای تجارت انتشار"

انتشار CO_2 و بر اساس گواهینامه‌های طرح تخصیص ملی انتشار گازهای گلخانه‌ای اندازه‌گیری، پایش و فروخته می‌شود. این را می‌توان در سایت زیر پیدا کرد:

http://www.anpm.ro/Files/TEXT%20Anexe%20HG_NAP_ro-%20FINAL_20098183817246.pdf

گواهینامه فروش بر اساس قانون اتحادیه اروپا انجام می‌شود.

ج- ۵ بلغارستان – ژوئیه ۲۰۱۰

مقررات اتحادیه اروپا - قابل کاربرد در بلغارستان به عنوان مراجعی برای اندازه‌گیری، کارایی انرژی و استانداردهای تجهیزات:

۲۰۰۴/۲۲/EC	دستگاه‌های اندازه‌گیری
۲۰۰۶/۹۵/EC	مقررات EC /۲۰۰۶/۹۵ پارلمان اروپا و شورای ۱۲ دسامبر ۲۰۰۶ در مورد هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضو در مورد تجهیزات الکتریکی طراحی شده برای استفاده درون محدوده‌های ولتاژ معین (نسخه کد گذاری شده)
۲۰۰۰/۵۵/EC	الزامات کارایی انرژی برای بالاست‌های لامپ‌های فلورسنت

۹۶/۵۷/EC	الزامات کارایی انرژی برای یخچال‌ها، فریزرهای خانگی برقی و ترکیبی از آن‌ها
۹۲/۴۲/EEC	الزامات کارایی برای بویلرهای آب گرم جدید که با سوختهای مایع یا گازی می‌سوزند
BDS EN 12261:2003 BDS EN12261:2203/A1:2006 BDS EN 12261:2003/AC:2003	کنتورهای جریان گاز
BDS EN 12405-1:2006	
BDS EN 12405-1:2006/A1:2006	
BDS EN 12480:2003	
BDS EN 12480:2003/A1:2006 BDS EN 1359:2000	
BDS EN 1359:2000/A1:2006 BDS EN 14154-1:2006+A1:2007	کنتورهای آب
BDS EN 14236:2009	کنتورهای گاز خانگی آلتراسونیک
BDS EN 1434:2007	کنتورهای گرما
BDS EN 50470-1:2006	اندازه‌گیری انرژی الکتریکی AC
۹۰/۳۹۶/EC	وسایل خانگی گازسوز
۸۷/۴۰۴/EC	مخازن فشار ساده
۹۷/۲۳/EC	تجهیزات فشار
۹۲/۷۵/EC	برچسب‌گذاری انرژی دستگاه‌های خانگی
BDS EN 50294:1998/A2:2004 BDS EN 50294:2003	
BDS EN 50294:2003/A1:2003	اندازه‌گیری روشنایی

ج-۶ جمهوری چک – سپتامبر ۲۰۱۰

استانداردها، رویه‌ها و راهنماهای ارجاع شده در هر جا که از لحاظ قانونی یا عملی نیاز است باید به وسیله استانداردهای اروپایی یا چک جایگزین شوند. ولی سایر مراجع در این پروتکل، هنوز هم به صورت اطلاعاتی هستند. مهمترین استانداردهای فنی چک به شرح زیر هستند:

در زمینه‌ی ابزار و دستگاه‌های کنترل و اندازه‌گیری:

ČSN 2500 عمومی

ČSN 2501 صحه‌گذاری ابزار و دستگاه‌های عمومی اندازه‌گیری

ČSN 2502 صحه‌گذاری ابزار و دستگاه‌های خاص اندازه‌گیری

ČSN 2509 لوازم جانبی ابزار اندازه‌گیری و برگه‌های ثبت

ČSN 2570 گیج‌های فشار عمومی و لوازم جانبی

ČSN 2572 گیج‌های فشار

ČSN 2574 تجهیزات تجزیه و تحلیل

ČSN 2575 اندازه‌گیری حجم

ČSN 2576 اندازه‌گیری وزن حجمی و چگالی

ČSN 2577 اندازه‌گیری جریان‌های مایع و گاز در بخش‌های توخالی

ČSN 2578 دستگاه‌ها برای جریان‌های گاز و مایع و اندازه‌گیری کمیت‌ها

ČSN 2580 دماسنج‌ها در کل، قطعات

ČSN 2581 دماسنج‌های شیشه‌ای مایع

ČSN 2582 دماسنج‌های نوع فشاری با اتصالات و مبدل‌ها

ČSN 2583 دماسنج‌های ترموکوپل و مقاومت

ČSN 2585 گرماسنج و معرف‌های توزیع هزینه ی گرمایش

در زمینه ی علم اندازه‌گیری:

ČSN 9921 آزمون آمپرسنج‌ها، ولت‌سنج‌ها، وات‌سنج‌ها

ČSN 9931 دماسنج‌های شیشه‌ای

ČSN 9941 ابزارهای توزین

ČSN 9947 ابزار اندازه‌گیری فشار میانگین مطلق

ČSN 9968 کنتورهای جریان گاز و کنتورهای حجم گاز

ČSN 9971 ابزار اندازه‌گیری فوتومتریک

ČSN 9980 مقررات، نامگذاری، نمادها و واحدهای عمومی اندازه‌گیری مشخصات شیمیایی – فیزیکی مواد

در ارتباط با انرژی:

ČSN 01 1300 واحدهای قانونی اندازه‌گیری

ČSN 06 0210 محاسبه‌ی اتلاف گرما در ساختمان‌های دارای گرمایش مرکزی

ČSN 07 0021 بویلرهای آب گرم

ČSN 07 0240 بویلرهای فشار پایین و آب گرم

ČSN 07 0305 ارزیابی اتلاف بویلر

ČSN 07 0610 مبدل‌های گرمایی آب-آب، آب–بخار

ČSN 10 5004 کمپرسورها

ČSN 11 0010 پمپ‌ها

ČSN 12 0000 سیستم‌های HVAC

ČSN 33 2000 تنظیمات الکتریکی

ČSN 38 0526 اصول توزیع گرما

ČSN 38 5502 سوخت‌های گازی

ČSN 65 7991 محصولات نفتی، نفت‌های سوختی

ČSN 73 0540 محافظت حرارتی ساختمان‌ها – بخش‌های ۱، ۲، ۳، ۴

ČSN 73 0550 مشخصات حرارتی سازه‌های ساختمان و ساختمان‌ها – روش‌های محاسبه

ČSN 73 0560 مشخصات حرارتی سازه‌های ساختمان و ساختمان‌ها – ساختمان‌های صنعتی

ČSN EN 835 تخصیص دهنده‌های هزینه‌ی گرمایش برای تعیین مصرف رادیاتورهای گرمایش اتاق – وسایل خانگی بدون منبع انرژی الکتریکی، بر مبنای اصول تبخیر مایع

ČSN EN 834 تخصیص دهنده‌های هزینه‌ی گرمایش برای تعیین مصرف رادیاتورهای گرمایش اتاق. وسایل خانگی با منبع انرژی الکتریکی

الحاقیه به بخش ۸-۷، "داده‌ها برای تجارت انتشار"

صحه‌گذاری CO_2 طبق برنامه‌ی تجارت انتشار آلایندگی اتحادیه اروپا باید رویه‌های اجباری مرتبط را که توسط اتحادیه اروپا و مراجع ملی برقرار می‌شود، دنبال کنند (قانون شماره ۶۹۵/۲۰۰۴ Coll، به صورت بروزرسانی شده).

ج-۷ کرواسی – سپتامبر ۲۰۱۰

الحاقیه به بخش ۴-۷ "کالیبراسیون"

جمله‌ی اول را با : "کنتورها باید طبق توصیه‌ی سازنده تجهیزات، در یک آزمایشگاه تایید شده توسط آژانس اندازه‌گیری کرواسی (Hrvatski zavod za mjeriteljstvo)، و با یک گواهینامه‌ی معتبر کالیبره شود"، جایگزین کنید.

الحاقیه به فصل ۹ "تعاریف"

انرژی خط مبنا - در پایان تعریف عبارت"مصرف انرژی خط مبنا مطابق با قوانین کرواسی در مورد مصرف نهایی انرژی کارآمد" Osnovna potrošnja energije prema Zakonu o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji " را اضافه کنید.

انرژی – در پایان تعریف عبارت"به تعریف را در قانون کرواسی در مورد مصرف نهایی انرژی کارآمد مراجعه کنید" " vidi definiciju u Zakonu o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji " را اضافه کنید.

ج-۸ لهستان –سپتامبر ۲۰۱۰

الزامات برای اندازه‌گیری‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری:

أ آیین‌نامه‌ی وزیر اقتصاد در مورد نیازهای اساسی برای ابزار اندازه‌گیری و اصلاحیه‌ها

(Dz.U. 2010 nr 163 poz. 1103; Law Gazette of 2010 No 163, item 1103).

ب قانون اصلاح قانون اندازه‌گیری‌ها

(Dz.U. 2010 nr 66 poz. 421; Law Gazette of 2010 No 66, item 421).

ج آیین نامه‌ی اصلاحی کابینه در مورد واحدهای قانونی اندازه‌گیری

(Dz.U. 2010 nr 9 poz. 61; Law Gazette of 2010 No 9, item 61)

د آیین نامه‌های وزیر اقتصاد در مورد الزامات کنتورها، واحدهای محاسبه و آزمون در طول بازرسی مترولوژی قانونی برای :

- کنتورهای گاز: (Dz.U. 2008 nr 18 poz. 115) مجله‌ی قانون ۲۰۰۸، شماره ی ۱۸ آیتم ۱۱۵
- کنتورهای برق AC درست: (Dz.U. 2008 nr 11 poz. 63) مجله‌ی قانون ۲۰۰۸ شماره ی ۱۱، آیتم ۶۳
- کنتورهای جریان مایع، به جز آب: (Dz.U. 2008 nr 4 poz. 23) مجله‌ی قانون ۲۰۰۸ شاره ۴، آیتم ۲۳.

پیوست د کاربران IPMVP

اگرچه کاربرد IPMVP برای هر پروژه، منحصر به فرد است ولی برخی از کاربران ممکن است روش‌های مشابهی در *طرح M&V* و به کارگیری آن داشته باشند. این پیوست به برخی از روش‌های کلیدی این سند را که ممکن است مورد استفاده گروه‌های کاربری زیر قرار گیرد، اشاره می‌کند:

- پیمانکاران عملکرد انرژی و مشتریان ساختمانی آن‌ها
- پیمانکاران عملکرد انرژی و مشتریان فرآیند صنعتی آن‌ها
- کاربران انرژی که خود اصلاح را انجام می‌دهند و مایل به حساب کردن *صرفه‌جویی* هستند
- مدیران تاسیساتی که مایلند تغییرات بودجه انرژی خود را محاسبه کنند
- طراحان ساختمان‌های جدید
- طراحان ساختمان‌های جدید که به دنبال شناساندن پایداری طرح‌های خود هستند
- مدیران ساختمان‌های موجود که به دنبال شناساندن کیفیت زیست‌محیطی عملیات ساختمان خود هستند
- مدیران و طراحان برنامه مدیریت سمت تقاضای حامل‌های انرژی
- توسعه‌دهندگان پروژه‌های کارایی آب
- طراحان برنامه‌های تجارت کاهش انتشار
- مصرف کنندگان انرژی که به دنبال اخذ گواهینامه‌ی ایزو ۵۰۰۰۱ هستند

این پیوست از اصطلاحاتی که در فصل‌های جلد ۱ در براکت قرار گرفته اند و از عباراتی که در فصل ۹ برای کلمات ایتالیک تعریف شده اند استفاده می‌کند.

د-۱ پیمانکاران عملکرد انرژی و مشتریان ساختمانی آن‌ها

هدف اولیه *M&V* در مبحث *قراردادهای مبتنی بر عملکرد انرژی* ساختمان نشان دادن عملکرد مالی واقعی یک پروژه اصلاح است. طرح *M&V* قسمتی از مفاد *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* شده و اندازه‌گیری‌ها و محاسباتی را تعریف می‌کند تا پرداخت‌ها را تعیین کرده یا سازگاری با سطح تضمین شده ای از عملکرد را اثبات کند.

هزینه‌های *M&V* می تواند با در نظر گرفتن مسئولیتهای طرفین قرارداد کنترل شود. وقتی برخی پارامترها بتواند با صحت کافی برای طرفین قرارداد برآورد شود، گزینه A (بخش ۴-۸-۱) می‌تواند اقتصادی‌ترین روش باشد. برای مثال ممکن است از یک پیمانکار متعهد به ارتقاء کارایی چیلر به طور ساده خواسته شود تا کارایی چیلر را قبل و بعد از اصلاح اثبات کند، بدون این که توجهی به مصرف انرژی پیوسته آن که تحت تاثیر بارهای سرمایشی است و تحت اختیار پیمانکار نیست، داشته باشد. ولی اگر پیمانکار موافقت کند که مصرف انرژی دستگاه چیلر را کاهش دهد، مقایسه مصرف انرژی قبل و بعد دستگاه چیلر مورد نیاز خواهد بود. در این مورد دوم، اگر از کنتورهای انرژی دستگاه چیلر استفاده شود، گزینه B (بخش ۴-۸-۲) و اگر کنتورهای کل ساختمان (مایملک) استفاده شوند تا عملکرد کلی انرژی ساختمان را اندازه‌گیری کند، گزینه C مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

وقتی *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* بر روی کل عملکرد مایملک تمرکز دارد یا وقتی ارزیابی هر یک از اثرات چندین *راهکار* اجرا شده مشکل است گزینه C استفاده خواهد شد. باید دقت داشت تا اطمینان حاصل شود که طرح *M&V* (فصل ۵) *عوامل ثابت* خط‌مبنا را در بر داشته باشد و مسئولیت پایش آن‌ها را در سراسر *دوره گزارش‌دهی* تعیین کند. ولی برای ساختمان‌های جدید، گزینه D استفاده خواهد شد (بند ۴-۱۰ یا بخش ۱ جلد سوم IPMVP). جائی که کنتور مرکزی بر روی چند محوطه ساختمان وجود دارد و هنوز هیچ کنتوری مجزایی برای ساختمان وجود ندارد، گزینه D (بخش ۴-۱۰) می‌تواند استفاده شود، به این ترتیب نیازی نیست اجرای اصلاح متوقف نگه داشته شود تا داده‌های *خط‌مبنای* کنتور فرعی جدید برای یک سال قبل از آن به دست آید.

اندازه‌گیری‌ها ممکن است در طول مدت *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* یا برای یک دوره آزمون کوتاه مدت تعریف شده در قرارداد، پس از اصلاح انجام شود. هر چه *دوره گزارش‌دهی* (بند ۴-۵-۲) طولانی‌تر، یا *مرز اندازه‌گیری* (بند ۴-۴) وسیعتر باشد، باید توجه بیشتری به امکان تغییر خط‌مبنا بعد از اصلاح کرد. مقابله با این امکان نیاز به ثبت خوب اولیه از *عوامل ثابت* در طرح *M&V* و پایش دقیق شرایط پس از اصلاح (بند ۸-۲) دارد.

هنگام طراحی میزان پیچیدگی سیستم‌های اندازه گیری *M&V* و محاسبات آن (بخش‌های ۴-۸-۳ و ۸-۱۱) باید هزینه‌های *M&V* ، میزان *صرفه‌جویی‌های* مورد انتظار ، اقتصاد پروژه و صحت مطلوب گزارش‌دهی (بندهای ۸-۳ تا ۸-۵ و پیوست ب) را در نظر گرفت.

قیمت‌هایی که برای تبدیل به پول کردن واحدهای انرژی/آب/دیماند صرفه‌جویی‌شده استفاده می‌شود، باید همان‌هایی باشد که در قرارداد ذکر شده است (بند ۸-۱).

وقتی که یک کاربر انرژی احساس می‌کند که قادر به بررسی یک *طرح M&V* یا گزارش *صرفه‌جویی* نیست، ممکن است یک فرد صحه‌گذار را جدای از پیمانکار عملکرد انرژی (بند ۸-۶) استخدام کند.

پیوست الف شامل مثال‌های کاربرد IPMVP در ساختمان است (بندهای الف-۷، الف-۸، الف-۹، درحالی که الف-۲، الف-۳ و الف-۶ مربوط به فن‌آوریهایی است که در اکثر ساختمان‌ها یافت می‌شود).

د-۲ پیمانکاران عملکرد انرژی و مشتریان صنعتی آنها

معمولاً هدف اولیه *M&V* برای *قراردادهای مبتنی بر عملکرد انرژی* صنعتی اثبات عملکرد کوتاه مدت یک پروژه اصلاح است. به دنبال چنین اثباتی، مدیریت کارخانه مسئولیت عملیات را بر عهده می‌گیرد و معمولاً به دنبال یک رابطه مداوم با ESCO نیست. طرح *M&V* بخشی از مفاد *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* می‌شود و اندازه‌گیری‌ها و محاسباتی را تعریف می‌کند تا پرداخت‌ها را تعیین یا انطباق با هرگونه سطح تضمین شده از عملکرد را اثبات کند.

فرایندهای صنعتی اغلب نسبت به ساختمان‌ها شامل ارتباط پیچیده بیشتری بین مصرف انرژی و محدوده وسیعتری از متغیرهای حاکم بر انرژی می‌شوند. علاوه بر آب و هوا، پارامترهایی هم‌چون نوع محصول، تنوع مواد اولیه، میزان تولید و برنامه شیفت‌ها ممکن است مورد ملاحظه قرار بگیرند. برای انتخاب *متغیرهای مستقلی* که استفاده خواهند شد باید احتیاط کرد (پیوست ب-۲-۱). اگر بخواهیم تشخیص صرفه‌جویی‌ها از روی کنتورهای اصلی انرژی کارخانه انجام شود، به‌خصوص در صورت تولید بیش از یک محصول در این کارخانه ، تجزیه و تحلیل بسیار مشکل می‌شود.

گزینه‌های جداسازی *راهکار* (بند ۴-۸) کمک می‌کند تا پیچیدگیهای که معمولاً ارتباطی با مفاد قرارداد *مبتنی بر* عملکرد ندارند، به حداقل برسند. جداسازی اصلاح، *مرزهای اندازه‌گیری* را فقط به سیستم‌هایی که عملکرد انرژی آن‌ها به راحتی قابل مقایسه با متغیرهای تولید است، محدود می‌کند. هم‌چنین نصب کنتورهای جداسازی برای طرح *M&V* ممکن است بازخورد مفیدی برای کنترل فرایند فراهم آورد.

هزینه‌های *M&V* می تواند با توجه به مسئولیت‌های طرفین *قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی* کنترل شود. وقتی که برخی پارامترها با صحت کافی برای همه طرفین قابل برآورد هستند، گزینه A (بند ۴-۸-۱) می‌تواند اقتصادی‌ترین روش باشد. برای مثال پیمانکاری که متعهد به افزایش کارایی کوره است، می‌تواند تغییر مصرف انرژی کوره را در حداکثر بار بعد از نصب دستگاه بازیافت حرارت گاز دودکش اثبات کند. او مسئول مصرف انرژی پیوسته کوره (که تحت‌تأثیر پارامترهای تولید خارج از کنترلش است) نمی‌باشد. ولی اگر پیمانکار توافق کند که مصرف انرژی کوره را کاهش دهد، مصرف انرژی کوره اصلاح شده با الزامات انرژی پیش‌بینی شده اولیه کوره در طول یک دوره زمانی مقایسه می‌شود. در این صورت اگر یک کنتور، مصرف سوخت کوره را اندازه بگیرد، گزینه B (بند ۴-۸-۲) و اگر کنتورهای اصلی کارخانه یا کنتورهای فرعی هر دپارتمان کل عملکرد انرژی از کارخانه یا دپارتمانی از کارخانه را اندازه‌گیری کند، گزینه C بر قرارداد حاکم است.

در زمان استفاده از روش‌های جداسازی *راهکار*، باید مراقب بود تا تمام جریانهای انرژی تحت تاثیر *راهکار* (بند ۴-۴)، شامل *اثرات متقابل* در نظر گرفته شوند.

قراردادهای مبتنی بر عملکرد انرژی در کارخانه‌های صنعتی اغلب نیازمند اندازه‌گیری‌ها برای یک *دوره کوتاه مدت گزارش‌دهی* پس از اصلاح است. هر چه دوره‌های گزارش‌دهی طولانی‌تر (بند ۲-۵-۴) یا *مرزهای اندازه‌گیری* گسترده‌تر (بند ۴-۴) باشد، نیاز به توجه به تغییرات ممکن خط‌مبنا پس از اصلاح بیشتر است. ثبت خوب اولیه از *عوامل ثابت* در *طرح M&V* (فصل ۵) و دقت برای پایش شرایط پس از اصلاح (بند ۸-۲) به تشخیص تغییرات *خط‌مبنا* کمک می‌کند.

مدیران کارخانه معمولاً از پایش‌های طولانی‌مدت انرژی برای کاهش مداوم اتلاف انرژی استفاده می‌کنند. در عوض پیمان‌کاران عملکرد انرژی ممکن است بر پایش کوتاه‌مدت، برای اثبات عملکردشان تمرکز کنند.

برای اصلاحاتی‌هم‌چون وسیله بازیافت حرارت، که ممکن است به آسانی موقتاً از مدار خارج شوند، آزمون‌های کوتاه‌مدت مرحله‌ای که از روش‌های آزمون روشن/خاموش استفاده می‌کنند(بخش ۴-۵-۳)، می‌تواند عملکرد را اثبات کند.

هنگام طراحی میزان پیچیدگی اندازه گیری سیستم‌های *M&V* و محاسبات آن (بخش‌های ۴-۸-۳ و ۸-۱۲) نیز باید هزینه‌های *M&V*، میزان *صرفه‌جویی‌های* مورد انتظار ، اقتصاد پروژه و صحت گزارش‌دهی مطلوب (بندهای ۸-۳ تا ۸-۵ و پیوست ب) را در نظر گرفت.

قیمت‌های استفاده شده برای ارزش‌گذاری صرفه‌جویی‌ها، باید همان‌هایی باشد که در قرارداد *مبتنی بر* عملکرد انرژی ذکر شده است (بند ۸-۱).

کاربر انرژی در صورت عدم توانایی در بررسی یک *طرح M&V* یا گزارش *صرفه‌جویی*، ممکن است جدای از پیمانکار عملکرد انرژی، یک فرد صحه‌گذار استخدام کند.

پیوست الف شامل مثال‌هایی از کاربردهای صنعتی IPMVP است (بندهای الف-۴، الف-۵، در حالی که بند الف-۲، الف-۳-۱، و الف– ۶ مربوط با فن‌آوری‌هایی است که در بسیاری از کارخانه‌های صنعتی یافت می‌شود).

د-۳ کاربران انرژی ساختمانی یا صنعتی که خودشان اصلاحات خود را انجام می‌دهند

کاربران انرژی معمولاً راهکارها را خودشان نصب می‌کنند. زمانی که آن‌ها از حصول *صرفه‌جویی‌های* طرح ریزی شده مطمئن باشند، دیدگاه عدم نیاز به *M&V* ، تمام بودجه موجود را به اصلاحات تخصیص می‌دهد. ولی کاربران انرژی ممکن است نیاز به توجیه سرمایه‌گذاری‌ها، افزایش اعتبار برای درخواست سرمایه‌گذاری‌های آتی یا سنجش عملکرد نامعلوم داشته باشند.

در اینجا ملاحظات طراحی *M&V* مشابه آن مواردی است که در بندهای ۱-۴-۱ یا ۱-۴-۲ تشریح شده ، به جز آن‌که هیچ تقسیم مسئولیتی برای کاربر انرژی و پیمانکار عملکرد انرژی وجود ندارد. هزینه‌های گزارش‌دهی ممکن است به دلیل گزارش‌دهی غیر رسمی‌تر کاهش یابد.

د-۴ مالکین علاقه‌مند به محاسبه تغییرات بودجه انرژی/ آب

برای مدیریت موفق هزینه‌های *انرژی*، مالک باید نسبت بین مصرف *انرژی* و پارامترهای عملیاتی *مایملک خود* را درک کند. عوامل عملیاتی مهم شامل اشغال ساکنین، میزان تولید و آب و هوا می‌باشد. اگر مالک از این *متغیرهای مستقل* غفلت کند، ممکن است بعدا برای تشریح انحرافات از بودجه‌های *انرژی* پیش‌بینی شده دچار مشکل شود. هم‌چنین وی در بودجه‌بندی آینده نیز دچار ریسک خطا خواهد شد. *تصحیحات خط‌مبنا* نیز برای محاسبه *تصحیحات غیرمعمول* در *سایت* ضروری است.

حتی اگر هیچ *صرفه‌جویی‌ای* برنامه‌ریزی نشده باشد، فنون محاسباتی فصل ۴ می‌تواند به تشریح تغییرات بودجه انرژی کمک کند. بنابراین، *طرح‌های M&V* (فصل ۵) با یا بدون اجرای اصلاحات مفید هستند. با استفاده از کنتورهای (تاسیساتی) اصلی یا کنتورهای فرعی بخش‌های اصلی *مایملک*، روش‌های گزینه C، کل سایت (بند ۴-۹) می‌تواند استفاده شود. اگر کنتورهای

فرعی در قسمت‌های خاص تجهیزات قرار گیرند (بند ۴-۸) ممکن است برای تخصیص هزینه‌ها به اداره‌ها یا مستاجرین مصرف‌کننده (با استفاده از رویکردهای گزینه A یا B) کمک کند.

در مورد اجزایی که در تغییر بودجه کل *انرژی* مهم هستند، به منظور اندازه‌گیری جداگانه مصرف انرژی‌شان (گزینه B، بخش ۴-۸-۲) یا پارامتر کلیدی مصرف انرژی (گزینه A، بخش ۴-۸-۱)، می توان آنها را جداسازی کرد. هر دوی این موارد به اندازه‌گیری طولانی مدت نیاز دارند و باید به هزینه نگهداری و کالیبراسیون کنتورها و مدیریت داده‌های دریافتی از کنتورها توجه زیادی داشت (ر.ک. به بند ۴-۸-۳ و ۸-۱۲).

د-۵ طراحان ساختمان جدید

سرمایه‌گذاران ساختمان جدید معمولاً علاقه‌مند به مقایسه عملکرد خود با آن‌چه هستند که در صورت فقدان برخی مشخصه‌های کارایی انرژی خاص در طراحی رخ می داد. فقدان داده‌های واقعی خط‌مبنا معمولاً نیاز به استفاده از گزینه D (بند ۴-۱۰) دارد تا یک خط مبنا ایجاد کنند. مهارت‌های شبیه‌سازی کامپیوتری موردنیاز در اعمال درست گزینه D احتمالاً به صورت عادی در زمان طراحی در تیم طراحی وجود خواهد داشت. ولی عنصر حساس گزینه D، کالیبراسیون شبیه‌سازی با جمع‌آوری داده‌ها پس از یک دوره یک ساله است. بنابراین مهم است که مطمئن باشیم که مهارت‌های شبیه‌سازی تا زمانی که کالیبراسیون حاصل شود، در دسترس باقی می‌ماند.

معمولا پس از عملیات یکنواخت سال اول و استفاده از داده‌های واقعی *انرژی* سال یکنواخت اول به عنوان خط مبنایی جدید، گزینه C (بخش ۴-۹) جایگزین شده و برای تعیین تغییرات نسبت به خط مبنای جدید سال اول انجام می شود.

تمام چالش‌های ساختمان‌های جدید شامل روش‌های متفاوت برای شرایط خاص به صورت مفصل‌تر در جلد ۳ IPMVP بخش ۱، ساختمان جدید، نشان داده شده است.

د-۶ طراحان ساختمان جدید علاقه‌مند به شناساندن پایداری طراحی‌های خود

ممکن است طراحان ساختمان به دنبال شناساندن طرح‌های خود تحت یک برنامه طراحی پایدار باشند. ساختمان ممکن است برای واجد شرایط بودن نیاز به یک سیستم *M&V* داشته باشد که منطبق با IPMVP باشد. اتکای به IPMVP در فصل ۷ توسط تهیه یک طرح *M&V* (فصل ۵) با استفاده از اصطلاحات این پروتکل و ادامه پیروی از طرح *M&V* تعریف شده است.

هم‌چنین طراحان باید از راهنمای بالا در بند ۱-۴-۵ و بخش ۱ جلد ۳ IPMVP پیروی کنند.

د-۷ مدیران ساختمانهای موجود علاقه‌مند به شناساندن کیفیت زیست محیطی عملیات ساختمان خود

مدیران ساختمان موجود ممکن است به دنبال شناساندن کیفیت زیست‌محیطی روش‌های عملیاتی خود باشند. آنها ممکن است برای واجد شرایط بودن، نیاز به یک سیستم *M&V* داشته باشند که منطبق با IPMVP باشد. منطبق با IPMVP در فصل ۷ به عنوان تهیه یک *طرح M&V* (فصل ۵) با استفاده از اصطلاحات این پروتکل و ادامه پیروی از *طرح M&V* تعریف شده است. هم‌چنین ممکن است گزینه جداسازی اصلاح (بند ۴-۸) در شناسایی تعداد از کنتورهای فرعی نصب شده، کمک کند.

گزینه C (بند ۴-۹) پایشی از عملکرد کل ساختمان را فراهم خواهد کرد که مناسب ساختمان‌های موجود است. ولی اگر پیش از شروع کار شناسایی، هیچ کنتور اصلی در ساختمان موجود نبوده باشد، برای سال اول بعد از نصب کنتورهای اصلی و دوره توسعه *خط‌مبنا* باید از گزینه D (بند ۴-۱۰) استفاده کرد.

مدیران ساختمان می‌توانند از راهنمایی‌های آمده در بخش ۱-۴-۳ نیز استفاده کنند.

د-۸ مدیران و طراحان برنامه کارایی منطقه‌ای

طراحان و مدیران برنامه‌های منطقه‌ای یا مدیریت سمت تقاضای[۶۹] (DSM) شرکت تامین کننده انرژی، معمولاً نیازمند توسعه راه‌های سختگیرانه‌ای برای ارزیابی تأثیرگذاری برنامه‌های کارایی انرژی خود هستند. یک روش ارزیابی اثر برنامه DSM شناسایی *صرفه‌جویی‌های* ایجاد شده مصرف‌کننده نهایی است که تصادفی انتخاب شده است. این داده‌ها می‌توانند برای تعمیم نتایج به تمام گروه‌های شرکت‌کننده در برنامه مدیریت سمت تقاضا استفاده شود. برای ارزیابی *صرفه‌جویی‌ها* در *سایت* نمونه می توان از گزینه‌های ارائه شده در فصل چهار استفاده کرد.

ارزیابی طراحی برای هر برنامه منطقه‌ای باید مشخص کند که کدام گزینه‌های IPMVP مجاز هستند. هم‌چنین حداقل نمونه‌برداری موردنیاز، اندازه‌گیری و صحت‌های تحلیلی به منظور تعیین سختگیری لازم در گزارش‌دهی برنامه باید مشخص شود.

شرکت‌های تامین کننده انرژی که از قبل داده‌های کل مایملک را برای کالاهای خود در بانکهای اطلاعاتی خود دارند، ممکن است گزینه C (بند ۴-۹) را برای تمام شرکت‌کنندگان برنامه یا یک بخشی از آن‌ها به کار گیرند. ولی بدون دانش کافی درباره تغییرات در هر مایملک، انتظار تغییرات وسیعی در *صرفه‌جویی‌ها* می‌رود ، بخصوص اگر بین *دوره خط‌مبنا* و *دوره گزارش‌دهی* فاصله بیفتد.

سازمان ارزیابی انرژی نیازهای جامعه ارزیابی برنامه تامین کنندگان حامل‌های انرژی را پایش می‌کند. این سازمان تدوین یک راهنمای M&V خاص برای ارزیابی برنامه مدیریت سمت تقاضا و برقراری خط‌مبنا برای اندازه‌گیری "پاسخگویی به تقاضای" مصرف‌کنندگانی که قیمت حاملهای انرژی یا نشانه‌های قطع دریافت می‌کنند را مد نظر دارد (ر.ک. مقدمه – طرح‌های آینده EVO).

د-۹ توسعه‌دهندگان پروژه‌های کارایی آب

M&V کارایی آب مشابه *M&V* کارایی انرژی است، بنابراین از روش‌های مشابه استفاده می‌کند. روش مربوط به هر پروژه بستگی به ماهیت تغییراتی که ارزیابی خواهد شد و موقعیت کاربر به صورتی که در بند ۱-۴-۱ تا ۱-۴-۵ و ۱-۴-۸ در مورد آن بحث شد، دارد.

تجهیزات مصرف‌کننده آب اغلب تحت کنترل مصرف‌کنندگان تاسیسات است (ساکنین ساختمان یا مدیران تولید). بنابراین چون برای تصحیحات مصرف آب کل مایملک لازم است رفتار مصرف‌کننده پایش شود، کاربرد روش‌های گزینه C می‌تواند مشکل باشد. در این موارد اغلب روش‌های جداسازی اصلاح (بند ۴-۸) با استفاده از یک نمونه از اصلاحات (پیوست ب-۳) برای اثبات عملکرد یک گروه از تغییرات، بسیار ساده‌تر به کار می‌روند.

در جایی که مصرف آب فضای باز ارزیابی می‌شود، عبارت تصحیحات در معادله ۱ (فصل ۴) ممکن است تحت تاثیر پارامترهایی هم‌چون بارندگی باشد که بر مصرف آب اثر دارد.

تجهیزات اندازه‌گیری جریان مایع (به بند ۸-۱۱، جدول ۵ مراجعه کنید)، رایج ترین وسایلی هستند که در *M&V* پروژه‌های کارایی آب به کار می روند.

د-۱۰ برنامه‌های فروش انتشار کربن

برنامه‌های کارایی انرژی می‌توانند به بخش بزرگی از کاربران انرژی کمک کند تا سهم انتشار کربن مقرر خود را برآورند. تمامی فنون موجود در این سند به مصرف‌کنندگان انرژی کمک می‌کند تا مصرف انرژی خود را از طریق حسابداری مناسب، مدیریت کنند (بندهای ۱-۴-۳ و ۱-۴-۴).

---

[69] - Demand –side- management (DSM)

هم‌چنین پروژه‌های کارایی انرژی ممکن است مبنایی برای فروش کالاهای کاهش انتشار باشد (اعتبارها، افزایشها و غیره). از آن‌جا که چنین تجارت‌هایی باید تحت نظارت عمومی باشند، مطابقت با یک پروتکل شناخته شده در صنعت به اعتبار ادعاهای کاهش انتشار می‌افزاید.

طراحان برنامه‌های تجاری باید مطابقت با IPMVP سال ۲۰۰۲ یا بعد از آن را تصریح کنند. آن‌ها ممکن است فراتر روند و به روش‌های اندازه‌گیری کامل صرفه‌جویی انرژی نیاز داشته باشند (یعنی گزینه B یا C، بندهای ۴-۸-۲ یا ۴-۹). این مشخصات اضافی با حذف گزینه‌هایی که به جای اندازه‌گیری از مقادیر برآوردی یا شبیه‌سازی استفاده می‌کنند، عدم قطعیت‌های کمیت‌ها را کاهش می‌دهد.

د-۱۱ مصرف کنندگان انرژی علاقه‌مند به اخذ گواهی‌نامه ISO 50001

روش‌های مدیریتی تحت گواهی‌نامه ایزو ۵۰۰۰۱ نیازمند تمرکز بر روی مدیریت کل هزینه‌های انرژی هستند. گزینه‌های C و D (بندهای ۴-۹ و ۴-۱۰) روش‌هایی را توصیف می‌کنند که برای این هدف مفید هستند، حتی اگر به دنبال هیچ صرفه‌جویی نباشند. پروتکل حاضر در چالشهای کشف تغییرات کوچک در مصرف انرژی کل مایملک آگاهی ایجاد می‌کند. این پروتکل راهنمایی کلی (بند ۴-۹) و راهنمایی خاصی (پیوست ب-۱-۲) ارائه می‌دهد که تغییرات کل مصرف انرژی سایت چقدر باید زیاد باشد تا با اعتبار آماری قابل گزارش شود. اگر صرفه‌جویی‌های مورد انتظار به اندازه کافی زیاد نباشند، استفاده هم‌زمان از کنتورهای فرعی برای بخش‌های مختلف مایملک مناسب خواهد بود.

هم‌چنین گزینه‌های جداسازی اصلاحی A و/یا B (بند ۴-۸) ابزار مدیریتی مناسبی برای پروژه‌های کارایی انرژی خاص خواهند بود. به این حال بند ۴-۸ اخطار می‌دهد که نتایج جداسازی اصلاح نمی‌تواند با قبوض انرژی کل مایملک ارتباط ایجاد کند.

فهرست راهنما

الف

آمار t، ۶۱، ۹۷، ۹۹، ۱۰۰
اثرات متقابل، ۱۲، ۲۰، ۳۴، ۳۸، ۴۵، ۷۳
ارقام بامعنی، ۴۶، ۵۵، ۵۸
اصول M&V، ۷، ۴۲
اطمینان، ۴۶، ۵۹
انحراف استاندارد، ۵۸، ۹۰، ۹۲، ۹۴

ت

تصحیحات، ذ، ۴، ۸، ۹، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۰
تصحیحات خط مبنا، ۴۴، ۵۹
تصحیحات غیر معمول، ۱۴، ۱۸، ۲۴، ۲۷، ۴۵، ۵۸، ۵۹، ۷۹، ۸۱، ۸۲
تصحیحات معمول، ۱۸، ۱۹، ۴۵، ۵۹

ج

جایگزین، ۱۷، ۵۹، ۷۲

چ

چرخه، ۱۳، ۲۱، ۵۹

خ

خط مبنا، ۱۲، ۱۸، ۵۸
دوره زمانی خط مبنا، ۹، ۱۲، ۱۸، ۱۹، ۵۸
خطای استاندارد، ۵۹، ۹۰، ۹۱، ۹۴
خطای استاندارد برآورد، ۱۰۴
خطای استاندارد ضریب، ۹۹، ۱۰۰
خطای محتمل، ۵۹، ۱۰۴
خطای متوسط گرایش، ۵۹، ۹۹

د

درجه روز، ۲۸، ۵۱، ۵۹
دقت، ۵۹، ۶۰

ر

راهکار صرفه‌جویی انرژی، ۱، ۵، ۸، ۹، ۵۸

ص

صحه‌گذاری، ۴، ۱۰، ۱۱، ۶۰
صرفه‌جویی نرمال شده، ۱۶، ۳۹، ۶۰

ض

ضریب واریانس(cv)، ۶۱
ضریب واریانس (RMSE)، ۹۹

ع

عدم قطعیت، ۲۲، ۳۹، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۹۰
عوامل ثابت، ۱۴، ۳۹، ۴۵، ۵۹

ق

قیمت، ۳۹، ۴۳، ۴۴، ۶۱

ک

کالیبراسیون، ۲۶، ۳۱، ۳۲، ۴۰، ۴۵، ۶۰

ن

نمونه، ۲۱، ۴۰، ۴۵
نمونه‌برداری، ۲۱، ۲۴، ۴۵، ۱۰۰، ۱۰۱

گزینه B، ۲۰، ۲۵، ۴۷
گزینه C، ۱۷، ۲۲، ۲۷، ۴۷
گزینه D، ۲۲، ۳۰، ۴۷

م

متغیر مستقل، ۱۴، ۱۶، ۲۸، ۴۱، ۴۴، ۵۹
مدل، ۱۶
مرز اندازه‌گیری، ۱۲، ۱۷، ۲۰، ۲۶، ۳۸، ۶۱
مصرف انرژی اجتناب‌شده، ۸، ۱۵، ۶۰، ۶۱

ه

هزینه، ۵، ۷، ۴۰، ۴۳، ۴۶، ۴۸

گ

گزینه A، ۱۷، ۲۰، ۲۲، ۴۷

و

واریانس، ۳۰، ۶۱، ۹۰، ۹۱، ۹۴

EVO از مشترکین اصلی فعلی خود تشکر می‌کند:

بی سی هیدرو

شرکت گاز و برق سان‌دیه‌گو

ادیسون کالیفرنیای جنوبی

Schneider Electric

Services Industriels de Genève - SIG

© Efficiency Valuation Organization 2012