

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





مفاهیم اساسی
پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و
صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP)

مفاهیم اساسی پروتکل بین المللی اندازه گیری و صحت گذاری عملکرد (IPMVP) / بازگردان Core	عنوان و نام پدیدآور:
2016 Concepts / تهیه و تنظیم: سمیه احمدی - محمد معماری فر	مشخصات نشر:
تهران: پلیکان، ۱۳۹۶.	مشخصات ظاهری:
۸۰ ص: تصویر (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی).	شابک:
۹۷۸-۹۶۴-۸۶۹۰-۲۹-۳	وضعیت فهرست نویسی:
فیبا	یادداشت:
Energy savings performance contracts: federal use and analyses, [2015]. عنوان اصلی:	یادداشت:
ترجمه و تالیف سمیه احمدی - محمد معماری فر	یادداشت:
کتابنامه.	یادداشت:
انرژی -- صرفه جویی -- ایالات متحده - ایران	موضوع:
Public buildings -- Energy conservation -- United states -- Iran	موضوع:
قراردادهای عمومی -- ایالات متحده -- مدیریت	موضوع:
Public contracts -- United States -- Management	موضوع:
عملکرد -- مدیریت -- ایالات متحده - ایران	موضوع:
Performance contracts -- United States -- Management -- Iran	موضوع:
فاولر، کیم، ۱۹۶۵ - م، ویراستار	شناسه افزوده:
احمدی، سمیه، ۱۳۳۴ - تهیه و تنظیم	شناسه افزوده:
حوری جعفری، حامد، ۱۳۵۷ - ترجمه و تالیف	شناسه افزوده:
۱۳۹۵۱۶۱۳JK / ق۴	رده بندی کنگره:
۵۰۹۷۳/۳۵۲	رده بندی دیویی:
۴۵۲۸۰۶۶	شماره کتابشناسی ملی:



مفاهیم اساسی
پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و
صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP)

بازگردان CORE CONCEPTS 2016

زمستان ۱۳۹۶



شرکت ملی نفت ایران
شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت

تهیه و تنظیم: سمیه احمدی - محمد معماری فر



فهرست مطالب

۰۹	مقدمه	
۱۱	تعاریف و اصطلاحات	فصل ۱
۱۸	اصول IPMVP	فصل ۲
۲۱	چارچوب IPMVP	فصل ۳
۳۴	گزینه‌های IPMVP	فصل ۴
۶۳	گزارش‌ها و طرح M&V منطبق با IPMVP	فصل ۵
۷۵	تبعیت از IPMVP	فصل ۶





مقدمه

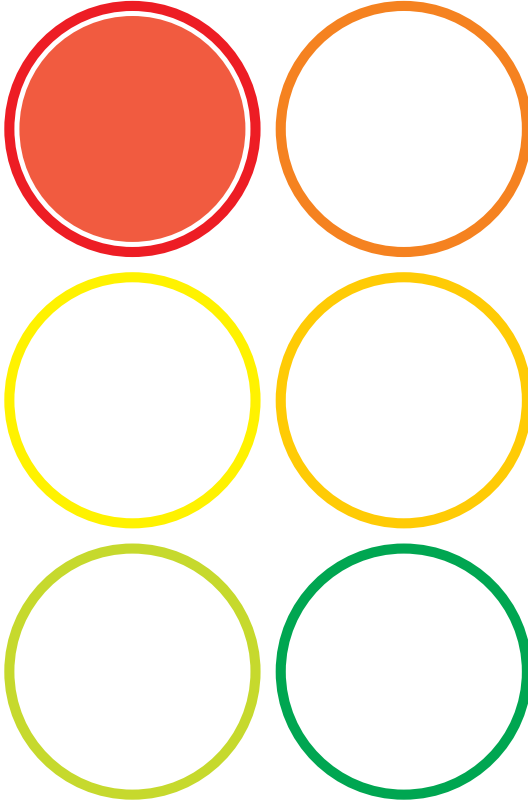
صرفه جویی انرژی و بهینه‌سازی انرژی، موضوعاتی هستند که از صدها سال قبل و از آغاز بهره‌برداری از سوخت‌های فسیلی به عنوان منبع انرژی اولیه، همواره ورد زبان همگان و یکی از دغدغه‌های بشر و بخصوص سیاست‌گذاران کشورهای مختلف جهان بوده است. اهمیت این موضوعات با توجه به کاهش منابع سوخت‌های فسیلی در سالیان اخیر، بسیار بالا رفته و بودجه‌های کلانی را در کشورهای مختلف و به طور ویژه در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، به خود اختصاص داده است.

پروژه‌ها و طرح‌های بسیار متعددی در سراسر جهان در راستای صرفه جویی در مصرف انرژی در بخش‌های مختلف مانند صنعت، ساختمان، حمل و نقل و ...، تعریف و در دستور کار قرار می‌گیرند. در این میان در پروژه‌هایی که بر اساس قراردادهای مبتنی بر عملکرد شکل می‌گیرند، با توجه به این که ارزیابی پروژه و پرداخت‌های مالی آن وابسته به میزان صرفه‌جویی محقق شده است، موضوع اندازه‌گیری و صحت‌گذاری صرفه‌جویی اهمیت به‌سزایی پیدا می‌کند. بر این اساس مفهوم اندازه‌گیری و صحت‌گذاری (M&V) در دنیا گسترش یافت و موازی با ارزیابی فنی اقتصادی و ممیزی انرژی و طراحی و اجرای پروژه، طرح M&V آن پروژه نیز تهیه و اجرا می‌گردد. این طرح مبنای محاسبه صرفه‌جویی محقق شده، ارزیابی عملکرد پروژه و پرداخت‌های مالی آن خواهد بود و به تصویب تمامی ذینفعان پروژه می‌رسد.

با توجه به این که طرح M&V می‌بایست با توجه به یک اصول مشخص و بر اساس منابع موثق تهیه و تدوین گردد، پروتکل‌های مختلفی در این راستا تهیه و تدوین شده است که قدیمی‌ترین و اصولی‌ترین آنها پروتکل بین‌المللی ارزیابی کارایی انرژی (IPMVP) است.

سازمان ارزیابی کارایی (EVO) به عنوان یک سازمان غیرانتفاعی و پیشگام حوزه ارزیابی کارایی انرژی با ماموریت «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» از اوایل دهه ۱۹۹۰ کار خود را آغاز نمود. این سازمان در سال ۱۹۹۷ اولین نسخه از IPMVP را تدوین و ارائه کرد و از سال ۲۰۱۲ این پروتکل در ۳ جلد ارائه می‌شود که جلد اول آن مربوط به مفاهیم و گزینه‌های تعیین صرفه جویی انرژی و آب می‌باشد.

مجموعه پیش رو، بازگردان فارسی ویرایش ۲۰۱۶ "مفاهیم اساسی پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحت‌گذاری عملکرد" بوده و سعی شده است تا با اندکی دخل و تصرف، زمینه فهم بیشتر و استفاده بهینه تر خواننده را فراهم آورد. در این مجموعه به تعریف اصطلاحات اساسی، اصول حاکم بر پروتکل، روش شناسی انجام محاسبات صرفه جویی، گزینه‌های پیشنهادی پروتکل برای محاسبه صرفه‌جویی‌ها، انطباق گزارشات و طرح M&V با پروتکل و ... پرداخته شده است. با توجه به این که رویکرد مجموعه حاضر، بر این بوده است تا مفاهیم اساسی پروتکل را به صورت خلاصه و جهت استفاده عموم افراد ارائه دهد، لذا مطالعه تنها این مجموعه برای علاقمندان و افرادی که به طور تخصصی در حیطه موضوع M&V فعال هستند، کافی نخواهد بود. برخی از مباحث آماری و محاسباتی مانند محاسبه عدم قطعیت‌ها و خطاها، محاسبات تحلیل رگرسیون و شاخص‌های آماری در مجموعه حاضر جهت اختصار حذف گردیده و پیشنهاد می‌گردد جهت تسلط بر این مباحث و مطالعه مثال‌ها و توضیحات کامل‌تر به متن اصلی پروتکل IPMVP مراجعه گردد.



فصل ١

تعاریف و اصطلاحات



در راستای اهداف این مرجع، عباراتی که نیازمند تعریف می باشند، در ادامه ذکر شده اند.

نکته مهم: جهت حفظ وضوح و انسجام متن، اگر چه در سراسر این مرجع به عبارت «انرژی» اشاره شده است، لیکن روش هایی که برای اندازه گیری و صحت گذاری صرفه جویی انرژی مطرح می گردد به صورت مشابه برای مصرف صرفه جویی آب نیز قابل پیاده سازی است.

تاسیسات

به یک ساختمان یا سایت صنعتی که شامل یک یا چند سیستم انرژی بر است، اطلاق می شود. یک بخش کوچکتر از یک تاسیسات اگر دارای کنتورهای مجزا جهت اندازه گیری مصرف انرژی باشد، می تواند به عنوان یک تاسیسات تلقی گردد.

راهکار صرفه جویی انرژی (ECM)

فعالیت یا فعالیت هایی هستند که جهت افزایش کارایی، مدیریت تقاضا و صرفه جویی در مصرف انرژی یا آب در یک تاسیسات صورت می پذیرند.

متغیر مستقل

پارامتری است که انتظار می رود به صورت معمول تغییر کرده و اثر قابل اندازه گیری در مصرف انرژی یک سیستم یا تاسیسات داشته باشد.

عوامل ثابت

ویژگی هایی از تاسیسات که مصرف انرژی را داخل مرز اندازه گیری تحت تاثیر قرار می دهند و تغییر در آنها مورد انتظار نیست. لذا به عنوان

متغیر مستقل در نظر گرفته نمی‌شوند. در صورتی که عوامل ثابت تغییر نمایند، محاسبه و اعمال تصحیحات غیرمعمول موردنیاز خواهد بود تا اثرات این تغییرات در مصرف انرژی دیده شود.

تصحیحات معمول

مجموعه محاسبات مهندسی که در جهت اعمال تغییرات متغیرهای مستقل داخل مرز اندازه‌گیری بر روی میزان مصرف انرژی، انجام می‌شود.

تصحیحات غیر معمول

مجموعه محاسبات مهندسی که در جهت اعمال تغییرات عوامل ثابت داخل مرز اندازه‌گیری که بر روی مصرف انرژی تاثیرگذار هستند، انجام می‌شود.

خط مبنا

سیستم، دوره زمانی، مصرف انرژی و شرایطی که به عنوان مرجع انتخاب می‌گردد تا کارایی بهبود یافته و اندازه‌گیری‌های پس از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی با آن مقایسه گردند.

دوره خط مبنا

دوره زمانی است که برای نشان دادن عملکرد تاسیسات یا سیستم، قبل از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی انتخاب می‌گردد.

انرژی دوره خط مبنا

مصرف انرژی که در طول دوره زمانی خط مبنا بدون اعمال تصحیحات صورت می‌پذیرد.

انرژی خط مبنای تصحیح شده

مصرف انرژی دوره خط مبنا که در جهت انعکاس تغییرات صورت گرفته در دوره گزارش‌دهی، به وسیله تصحیحات معمول و غیر معمول اصلاح شده است.

دوره گزارش‌دهی

دوره زمانی است که برای نشان دادن عملکرد تاسیسات یا سیستم، بعد از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی در نظر گرفته می‌شود.

انرژی دوره گزارش‌دهی

مصرف انرژی که در طول دوره زمانی گزارش‌دهی بدون اعمال تصحیحات صورت می‌پذیرد.

مصرف انرژی اجتناب شده

کاهش مصرف انرژی، تقاضا یا هزینه در دوره گزارش‌دهی به وقوع می‌پیوندد که با استفاده از دوره خط مبنا و لحاظ نمودن شرایط حاکم در دوره گزارش‌دهی، مدلسازی می‌شود. «مصرف انرژی اجتناب شده» به معنای مصرف انرژی دوره خط مبناست که با توجه به شرایط موجود در دوره گزارش‌دهی و با استفاده از تصحیحات معمول و غیرمعمول اصلاح گردیده است.

تقاضا (دیماند)

به میزان نرخ انجام یک کار یا تبدیل یک نوع انرژی به نوعی دیگر اطلاق می‌شود.

اندازه‌گیری و صحت‌گذاری (M&V)

فرآیند برنامه‌ریزی، اندازه‌گیری، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها جهت تأیید یک هدف معلوم و گزارش‌دهی میزان صرفه‌جویی انرژی ناشی از اجرای راهکارهای صرفه‌جویی در تاسیسات موردنظر.

قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی

قراردادی فی‌ما بین دو یا چند بخش می‌باشد که پرداخت‌های مالی بر اساس حصول نتایج خاص مانند کاهش هزینه‌های انرژی یا بازگشت سرمایه‌گذاری اولیه طی یک دوره زمانی مشخص صورت می‌پذیرد.

مصرف انرژی

میزان انرژی که جهت تامین نیاز بخش‌های انرژی بر استفاده می‌شود.

اثرات متقابل

اثرات انرژی که به واسطه اجرای یک راهکار صرفه‌جویی انرژی پدید آمده، ولی درون مرز اندازه‌گیری، اندازه‌گیری نشده است.

پارامتر کلیدی

متغیر بحرانی شناسایی شده که تأثیر قابل توجهی بر روی میزان صرفه‌جویی انرژی ناشی از اجرای یک راهکار مشخص، داشته باشد.

انرژی نهایی

گونه‌های کاربردی انرژی که برای اهداف خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. مانند: تهویه، روشنایی، گرمایش، سرمایش، حمل و نقل، فرآیندهای صنعتی و خط تولید محصول.

مقدار برآورد شده

پارامترهایی هستند که در محاسبات صرفه‌جویی مورد استفاده قرار می‌گیرند و با استفاده از روش‌های خاص و بدون انجام اندازه‌گیری تعیین می‌شوند. این روش‌ها ممکن است در برگزیده فرضیات اختیاری تا برآوردهای مهندسی که از تعیین میزان عملکرد تجهیزات توسط سازنده استخراج شده، باشد. جهت انطباق با **IPMVP**، مقادیر پارامترها در صورتی که ناشی از اندازه‌گیری یا تست‌های عملکرد تجهیزات در دوره گزارش‌دهی نباشد، به عنوان مقادیر برآورد شده محسوب می‌شوند.

مرز اندازه‌گیری

مرزی فرضی است که اطراف تجهیزات، سیستم‌ها یا تاسیسات ترسیم شده تا مواردی که در تعیین میزان صرفه‌جویی دخیل هستند را از سایر موارد جدا کند. تمام مصرف انرژی تجهیزات و سیستم‌های درون مرز اندازه‌گیری، می‌بایست اندازه‌گیری یا برآورد شود.

صرفه جویی ها

میزان کاهش در مصرف انرژی، آب یا تقاضا را بیان کرده و بوسیله مقایسه میزان انرژی مصرفی قبل و بعد از اجرای راهکار صرفه جویی انرژی با رعایت تصحیحات لازم به علت تغییر در شرایط حاکم، تعیین می گردد.

صرفه جویی های نرمال شده

کاهش مصرف یا هزینه انرژی که در دوره گزارش دهی نسبت به دوره خط مبنایی که بر اساس یک سری شرایط خاص اصلاح شده گردیده، به وقوع می پیوندد. مقدار صرفه جویی به وسیله اصلاح دوره زمانی خط مبنا و گزارش دهی بر اساس مجموعه ای از شرایط خاص و تصحیحات معمول و غیر معمول تعیین می گردد. این شرایط ممکن است یک میانگین طولانی مدت یا هر دوره زمانی دیگری غیر از دوره زمانی گزارش دهی باشد.

صحه گذاری عملیاتی

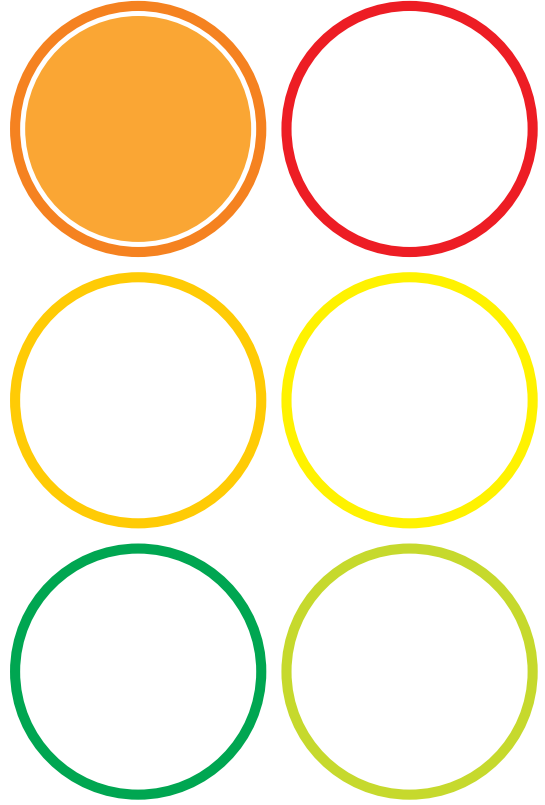
به صحه گذاری اطلاق می شود که جهت ارزیابی صحت نصب تجهیزات راهکار صرفه جویی انرژی و سنجش پتانسیل ایجاد صرفه جویی های مورد انتظار انجام می شود. این نوع صحه گذاری ممکن است شامل بازرسی ها، آزمون عملکردی کارکرد و یا تعیین روند داده ها به وسیله انجام تجزیه و تحلیل باشد.

جایگزین

یک پارامتر اندازه گیری شده که در صورت اثبات وجود رابطه معنادار میان آن پارامتر با یک پارامتر انرژی دیگر در تاسیسات که به صورت مستقیم اندازه گیری می شود، جایگزین آن خواهد شد. به عنوان مثال در صورتی که نسبتی میان سیگنال خروجی یک کنترلر درایو سرعت متغیر و توان مورد نیاز موتور فن کنترل شده وجود داشته باشد، این سیگنال می تواند به عنوان جایگزینی برای میزان توان موتور فن در نظر گرفته شود.

سیستم خودکار ساختمان (BAS)

سیستم اندازه‌گیری است که با استفاده از سیستم کنترل ساختمان اطلاعات موردنیاز را جمع‌آوری و ثبت نموده و در جهت ارزیابی عملیاتی و عملکرد انرژی راهکار صرفه‌جویی مورد نظر از آن استفاده می‌نماید. این اطلاعات سپس عملیاتی و انرژی اندازه‌گیری حفاظت استفاده می‌شود. این نتایج سپس جهت اطلاع رسانی صرفه‌جویی محاسبه شده و مورد تایید استفاده می‌شود.



فصل ٢

اصول IPMVP

اصول اساسی IPMVP که در ادامه آمده است، پایه‌ای جهت ارزیابی میزان انطباق روند اجرای M&V را فراهم می‌سازد.

دقیق

گزارش‌های M&V می‌بایست بر اساس میزان بودجه پروژه، از دقت کافی برخوردار باشد. به طور معمول هزینه‌های M&V تا حد امکان می‌بایست نسبت به ارزش مالی صرفه‌جویی‌های ارزیابی شده، کم بوده و در عین حال با نتیجه گزارش‌های مختلف از عملکرد پروژه مطابقت داشته باشد. دقت روش شناسی M&V و هزینه‌ها می‌بایست به عنوان بخشی از توسعه پروژه ارزیابی شوند. تغییرات در دقت باید همراه با احتیاط لازم در مقادیر برآورد شده و قضاوت‌ها باشد. در نظر گرفتن تمام عوامل معقولی که بر میزان دقت تاثیر می‌گذارند، یک اصل کمی مهم در IPMVP است.

کامل

گزارش صرفه‌جویی‌های انرژی می‌بایست تمام اثرات حاصل از اجرای یک پروژه را در نظر گیرد. فعالیت‌های M&V می‌بایست از اندازه‌گیری در راستای کمی‌سازی اثرات بارز استفاده نموده و در عین حال سایر اثرات را برآورد نماید.

محتاط

زمانی که در مورد کمیت‌های غیر قطعی قضاوت می‌شود، رویه‌های M&V طوری طراحی شوند که میزان صرفه‌جویی‌ها را دست بالا و اغراق آمیز تخمین نزنند. ارزیابی تاثیرات پروژه به جهت حصول اطمینان از منطقی و محافظه کارانه بودن مزایای صرفه‌جویی انرژی محقق شده با در نظر گرفتن سطح اطمینان لازم در برآوردها ضروری می‌باشد.

نامتناقض

گزارش عملکرد انرژی پروژه می‌بایست با موارد زیر نامتناقض و قابل قیاس باشد:

- انواع مختلف پروژه‌های کارایی انرژی
- متخصصان مختلف مدیریت انرژی در هر پروژه
- دوره‌های مختلف زمانی در پروژه مورد نظر
- پروژه‌های کارایی انرژی و پروژه‌های نوین تامین انرژی

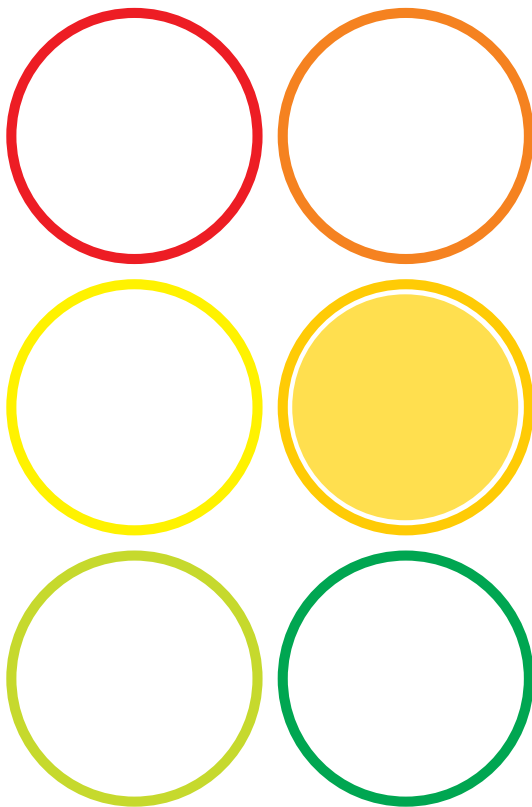
توجه شود که نامتناقض به معنای همسانی نمی‌باشد، زیرا ثابت شده است که هر گزارش تجربی حاوی قضاوت‌هایی است که امکان دارد از سوی تمام گزارش کنندگان یکسان نباشد. با مشخص نمودن اصول اساسی انجام قضاوت، IPMVP به دور شدن از ناسازگاری‌های حاصل شده از عدم در نظر گرفتن موارد مهم و اساسی کمک می‌کند.

مرتبط

تعیین میزان صرفه‌جویی‌ها باید براساس اندازه‌گیری‌های فعلی و اطلاعات مربوط به تأسیسات در محل پروژه انجام شود. جهت تعیین صرفه‌جویی‌ها می‌بایست پارامترهای عملکردی مرتبط یا پارامترهای شناخته شده اندازه‌گیری شوند. این در حالی است که سایر پارامترهای قابل پیش‌بینی یا پارامترهای غیر بحرانی می‌توانند تخمین زده شوند.

شفاف

تمام فعالیت‌های M&V می‌بایست به طور واضح و کامل مستندسازی و ارائه گردد. این ارائه باید شامل مشخص نمودن تمام اجزای طرح M&V و گزارش‌های صرفه‌جویی باشد. داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده، روش تهیه داده‌ها، الگوریتم‌ها، صفحات گسترده، نرم افزار، مفروضات مورد استفاده و تحلیل‌ها می‌بایست تا حد امکان از استانداردهای صنعتی پیروی کرده و در قالب مناسب مستندسازی گردند، بطوری که هر یک از بخش‌های مرتبط یا ناظران تضمین کیفیت قادر باشند درک درستی از نحوه ارائه داده‌ها و تحلیل‌های صورت پذیرفته در طرح M&V و روند گزارش‌های صرفه‌جویی پیدا کنند.



فصل ۳

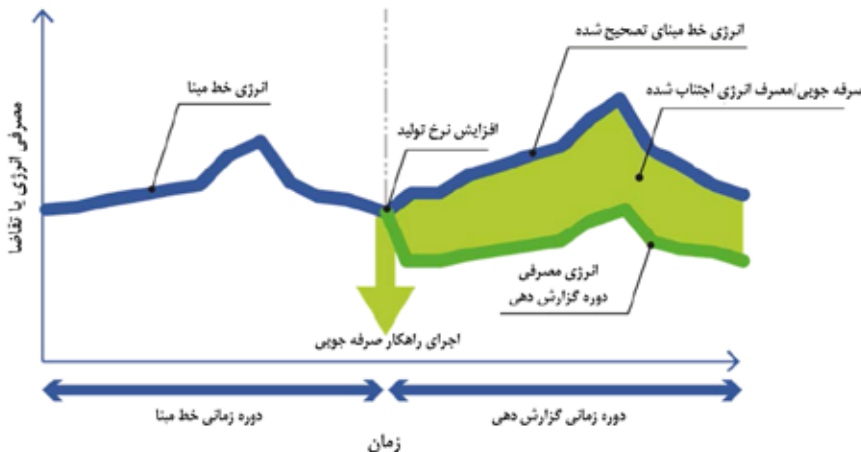
چارچوب IPMVP



از آنجایی که صرفه‌جویی انرژی بیانگر عدم مصرف انرژی می‌باشد، صرفه‌جویی انرژی، به صورت مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود. صرفه‌جویی را می‌توان با استفاده از مقایسه میزان تقاضا یا مصرف اندازه‌گیری شده در قبل و بعد از اجرای راهکار صرفه‌جویی با در نظر گرفتن تصحیحات مناسب به منظور اعمال تغییر در شرایط حاکم، محاسبه نمود. مقایسه میزان مصرف قبل و بعد از اجرای راهکار صرفه‌جویی، مطابق با معادله کلی اندازه‌گیری و صحت‌گذاری (معادله ۱) به عنوان یک پایه‌ی اساسی و ثابت صورت می‌پذیرد.

معادله ۱ تصحیحات \pm (مصرف انرژی دوره گزارش‌دهی) - (مصرف انرژی دوره خط مبنا) = میزان صرفه‌جویی

یک روند مناسب نیازمند آن است که M&V در فرآیندهای شناسایی، توسعه، تهیه، نصب و راه‌اندازی راهکار صرفه‌جویی انرژی به صورت یکپارچه به کار گرفته شود. چارچوب IPMVP نیازمند فعالیت‌های خاصی است که در نقاط کلیدی این فرایندها اتفاق می‌افتد و هم‌چنین سایر فعالیت‌های مهمی که بخشی از یک طرح M&V را شامل می‌شود، توصیف می‌کند. در این فصل سعی شده تا اجزای کلیدی چارچوب IPMVP بیان گردد.



۳-۱- مرز اندازه‌گیری

صرفه‌جویی‌ها ممکن است برای کل تاسیسات یا برای بخشی از آن بر اساس ویژگی‌های راهکار صرفه‌جویی انرژی و اهداف گزارش‌دهی، محاسبه و گزارش شود.

○ اگر هدف از گزارش‌دهی، تأیید و صحت‌گذاری صرفه‌جویی ناشی از اجرای راهکار در تجهیزات باشد، مرز اندازه‌گیری می‌بایست اطراف آن تجهیز رسم شود و الزامات اندازه‌گیری تجهیز در درون مرز اندازه‌گیری تعیین می‌گردد. روش مورد استفاده در این حالت، گزینه «جداسازی اصلاح» می‌باشد که در فصل... با عنوان گزینه‌های A و B تعریف خواهند شد. تعیین میزان مصرف انرژی ممکن است به صورت اندازه‌گیری مستقیم جریان انرژی و یا اندازه‌گیری مستقیم جایگزین مصرف انرژی (که می‌تواند به منظور محاسبه مصرف یا تقاضای انرژی به صورت قابل اعتمادی استفاده شود) انجام پذیرد.

○ اگر هدف از گزارش‌دهی، صحت‌گذاری و/یا کمک به مدیریت عملکرد انرژی کل تاسیسات باشد، جهت ارزیابی عملکرد و محاسبه میزان صرفه‌جویی، می‌توان از کنتورهایی که میزان عرضه انرژی کل تاسیسات را اندازه‌گیری می‌کنند، استفاده نمود. مرز اندازه‌گیری در این حالت، در برگیرنده کل تاسیسات می‌باشد. روش مورد استفاده در این حالت، روش «کل تاسیسات» یا گزینه C بوده که در فصل... اشاره شده است.

○ اگر داده‌های دوره خط مبنا یا دوره گزارش‌دهی، قابل اعتماد یا در دسترس نباشد، می‌توان از داده‌های خروجی یک برنامه شبیه‌ساز کالیبره شده به جای داده‌های مفقود شده استفاده کرد. این روش می‌تواند برای یک جزء یا برای کل تاسیسات استفاده شود و مرز اندازه‌گیری متناسب با هر مورد خاص، مشخص می‌گردد. روش استفاده شده در این حالت، روش «شبیه‌سازی کالیبره شده» تحت عنوان گزینه D است که در فصل... اشاره شده است.

○ هرگونه اثرگذاری بر میزان مصرف انرژی که خارج از مرز اندازه‌گیری صورت می‌پذیرد، با عنوان «اثرات متقابل» شناخته می‌شود. اندازه‌گیری میزان صرفه‌جویی ناشی از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی، نیازمند تخمین یا اندازه‌گیری تمامی اثرات متقابل موجود است. هر چند

توصیه نمی‌شود ولی در برخی از طرح‌های M&V، این اثرات به دلیل کوچک بودن آنها نسبت به کل میزان صرفه‌جویی محقق شده، نادیده گرفته می‌شوند.



۲-۳- انتخاب دوره اندازه‌گیری

۲-۳-۱- دوره خط مبنا

دوره خط مبنا باید با دقت بسیار زیاد طوری تعیین شود که:

- نشان دهنده تمامی موده‌های عملیاتی تاسیسات یا تجهیزات در طول چرخه کارکرد معمول آنها باشد. دوره خط مبنا می‌بایست یک چرخه کامل عملیاتی از بیشینه‌ی مصرف انرژی تا کمینه‌ی آن را شامل شود.
 - تنها دوره‌های زمانی را شامل شود که در آنها تمامی عوامل و پارامترهای ثابت و متغیر حاکم بر مصرف انرژی در تاسیسات، مشخص باشند.
- نکته: افزایش و طولانی کردن دوره خط مبنا به منظور آنکه چندین چرخه عملیاتی گذشته را شامل شود، نیازمند آگاهی کامل از عوامل و فاکتورهای حاکم بر مصرف انرژی در کل دوره طولانی خط مبناست، تا بتوان تصحیحات معمول و غیرمعمول را پس از نصب و اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی مشخص نمود.
- با دوره زمانی که بلافاصله قبل از تعهد به انجام راهکار صرفه‌جویی انرژی است، منطبق باشد.
- نکته: دوره‌هایی که فاصله زیادی از زمان اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی دارند، ممکن است نتوانند شرایط موجود قبل از اجرای راهکار را به درستی نشان دهند و لذا نمی‌توانند یک خط مبنای مناسب را برای اندازه‌گیری تأثیرات آن راهکار نشان دهند.
- از برنامه‌ریزی راهکار صرفه‌جویی انرژی حمایت و پشتیبانی کند.
- نکته: برنامه ریزی اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی ممکن است نیاز به مطالعه و بررسی دوره زمانی طولانی‌تری نسبت به دوره خط مبنای انتخابی داشته باشد. دوره زمانی مطالعاتی طولانی‌تر به طراح کمک می‌کند تا عملکرد تاسیسات را بهتر درک کرده و طول چرخه نرمال واقعی را مشخص نماید.

۳-۲-۲- دوره گزارش دهی

توسعه دهنده طرح M&V و گزارش‌های صرفه‌جویی می‌بایست طول دوره گزارش‌دهی را به درستی تعیین کند. دوره گزارش‌دهی باید در برگزیده حداقل یک چرخه عملکردی نرمال تاسیسات یا تجهیزات باشد تا بتواند به طور کامل تأثیرات صرفه‌جویی در موده‌های عملکردی نرمال را نشان دهد. در برخی از پروژه‌ها، گزارش‌دهی صرفه‌جویی ممکن است پس از یک دوره آزمایشی مشخص، که می‌تواند از قرائت لحظه‌ای تا یک یا چند سال متغیر باشد، متوقف شود. طول هر دوره گزارش‌دهی باید با توجه به طول عمر راهکار اجرا شده و احتمال افت تدریجی صرفه‌جویی‌های محقق شده، تعیین شود.

صرف نظر از طول دوره گزارش‌دهی، تجهیزات اندازه‌گیری می‌تواند در محل پروژه باقی بماند تا بازخورد داده‌های عملیاتی را جهت تحقق اهداف مدیریتی معمول و تشخیص تغییرات ناخواسته در عملکرد را فراهم نماید.

در صورتی که پس از اثبات تحقق اولین صرفه‌جویی تعداد اندازه‌گیری‌های کارایی راهکار صرفه‌جویی انرژی کاهش یابد، سایر فعالیت‌های نظارتی در محل می‌توانند تقویت شوند تا از وقوع صرفه‌جویی‌های انرژی اطمینان حاصل گردد.

صرفه‌جویی‌های منطبق با IPMVP تنها می‌توانند برای دوره‌های گزارش‌دهی که منطبق با فرآیند ارائه شده در IPMVP بوده‌اند گزارش شوند و در صورتی که صرفه‌جویی‌های منطبق با IPMVP به عنوان پایه‌ای برای پیش‌بینی صرفه‌جویی‌های آینده قرار گیرند، گزارش‌های صرفه‌جویی آینده منطبق با IPMVP نخواهد بود. برای کسب اطلاعات بیشتر و روشن شدن این مطلب، به فصل... مراجعه شود.

۳-۳-۳- روش اعمال تصحیحات:

عبارت تصحیحات می بایست از طریق حقایق فیزیکی قابل شناسایی در مورد مشخصات مؤثر بر مصرف انرژی تجهیزات در مرز اندازه‌گیری محاسبه شود. در حالت کلی دو نوع تصحیحات وجود دارد:

تصحیحات معمول:

برای هر کدام از فاکتورهای مؤثر بر مصرف انرژی که انتظار می‌رود به صورت معمول در طول دوره گزارش‌دهی تغییر یابد (مانند شرایط آب و هوایی یا نرخ تولید)، روش‌های مختلفی می‌تواند بکار گرفته شود تا تصحیحات موردنیاز را اعمال نماید. این روش‌ها ممکن است به سادگی یک مقدار ثابت (عدم تصحیح) یا به پیچیدگی چندین معادله غیرخطی چند متغیره باشد که هر کدام، مصرف انرژی را با یک یا چند متغیر مستقل مرتبط می‌سازد. در هر طرح M&V می بایست با استفاده از روش‌های ریاضی معتبر، نحوه انجام تصحیحات را مشخص نمود.

تصحیحات غیر معمول:

فاکتورهای مؤثر بر مصرف انرژی که به طور معمول تغییر در آنها مورد انتظار نیست (مانند ابعاد تاسیسات، طراحی و عملکرد تجهیزات نصب شده، تعداد شیفت‌های تولید هفتگی، مشخصات پوسته ساختمان، نوع کاربری و تعداد کاربران فضاها) که به عنوان عوامل ثابت شناخته می‌شوند، می‌بایست در دوره طول گزارش‌دهی تحت نظارت و پایش قرار گیرند. در صورتی که تغییر این عوامل ثابت محتمل باشد، معادله کلی صرفه‌جویی نیازمند تصحیحات غیرمعمول خواهد بود. بنابراین معادله صرفه‌جویی می‌تواند به صورت زیر بیان شود.

(تصحیحات غیر معمول) \pm (تصحیحات معمول) \pm (انرژی دوره گزارش‌دهی) - (انرژی

دوره خط مبنا) = صرفه‌جویی‌ها

تصحیحات به منظور اصلاح داده‌های انرژی دوره خط مبنا و برقراری شرایط یکسان برای داده‌های اندازه‌گیری شده قبل و بعد از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی استفاده می‌شوند. مکانیزم تصحیحات به این موضوع بستگی دارد که آیا صرفه‌جویی‌ها بر مبنای شرایط دوره گزارش‌دهی ارائه می‌شوند یا این که بر مبنای برخی شرایط ثابت دیگر نرمال می‌شوند؟

۳-۴- روش های محاسبه صرفه جویی

۳-۴-۱- مبنای دوره گزارش دهی یا مصرف انرژی اجتناب شده

زمانی که صرفه جویی‌ها بر مبنای شرایط دوره گزارش دهی ارائه می‌شوند، می‌توان آنها را صرفه جویی دوره گزارش دهی یا مصرف انرژی اجتناب شده نامید. مصرف انرژی اجتناب شده، صرفه جویی‌ها را به صورت مقایسه مصرف انرژی در دوره گزارش دهی نسبت به مصرف انرژی در صورتی که راهکار صرفه جویی اجرا نشده بود، بیان می‌کند. در صورتی که صرفه جویی‌ها بر مبنای شرایط دوره گزارش دهی بیان می‌شوند، انرژی دوره خط مبنا باید با شرایط دوره گزارش دهی تعدیل و تصحیح گردد.

اصطلاح «تحلیل پیش‌بینانه» غالباً زمانی استفاده می‌شود که انرژی دوره خط مبنا بر اساس شرایط دوره گزارش دهی تصحیح گردد. این فرم معمول تخمین صرفه جویی‌ها، به صورت ذیل بیان می‌گردد. (انرژی دوره گزارش دهی) - (تصحیحات غیرمعمول بر اساس شرایط گزارش دهی) ± تصحیحات معمول بر اساس شرایط گزارش دهی ± انرژی خط مبنا) = مصرف انرژی اجتناب شده

معادله فوق غالباً به صورت ذیل ساده سازی می‌شود:

(تصحیحات غیرمعمول بر اساس شرایط گزارش دهی) ± (انرژی دوره گزارش دهی) - (انرژی خط مبنا تصحیح شده) = مصرف انرژی اجتناب شده

در معادله فوق، انرژی دوره خط مبنا تصحیح شده برابر است با انرژی دوره خط مبنا به اضافه تصحیحات معمول بر اساس شرایط دوره گزارش دهی. انرژی خط مبنا تصحیح شده در ابتدا، معمولاً به صورت توسعه یک مدل ریاضی که داده‌های انرژی خط مبنا واقعی را با متغیرهای مستقل مناسب در دوره خط مبنا مرتبط می‌کند، بدست می‌آید. سپس هر یک از متغیرهای مستقل دوره گزارش دهی، وارد مدل ریاضی خط مبنا شده تا انرژی خط مبنا تصحیح شده را تولید کند.

گاهی اوقات این فرآیند محاسبه صرفه جویی‌ها می‌تواند به صورت معکوس نیز استفاده شود؛ از جمله زمانی که مصرف انرژی دوره گزارش دهی بخواهد به شرایط دوره خط مبنا تصحیح گردد و میزان صرفه جویی تحت شرایط دوره گزارش دهی محاسبه شده باشد. اگرچه

تحلیل پیش بینانه که بازگردان عبارت forecasting می‌باشد، یک روش برنامه ریزی است که مقادیر آتی و نامعلوم متغیرهای وابسته را بر اساس مقادیر فعلی و معلوم متغیرهای مستقل پیش‌بینی می‌کند.

تحلیل بازگشتی که بازگردان عبارت backcasting می‌باشد، یک روش برنامه‌ریزی است که با تعیین یک آینده مطلوب آغاز شده و سپس به عقب باز می‌گردد تا سیاست‌ها و برنامه‌هایی را که زمینه ساز ایجاد آن آینده مطلوب می‌شود را فراهم کرده و حال و آینده را به هم متصل نماید. این روش که در حقیقت معکوس روش forecasting می‌باشد با این سوال اساسی آغاز می‌شود که «اگر بخواهیم هدف خاصی را بدست آوریم، چه اقداماتی باید در حال حاضر انجام شود؟»

این موضوع شایع نیست اما زمانی اتفاق می‌افتد که دوره گزارش‌دهی داده‌های بیشتری جهت توسعه مدل ریاضی مصرف انرژی داشته باشد. اصطلاح «تحلیل بازگشتی» غالباً زمانی استفاده می‌شود که انرژی دوره گزارش‌دهی بر اساس شرایط دوره خط مبنا تصحیح گردد. در این حالت، صرفه‌جویی به صورت ذیل گزارش می‌شود.

(تصحیحات غیرمعمول بر اساس شرایط خط مبنا \pm تصحیحات معمول بر اساس شرایط خط مبنا \pm انرژی دوره گزارش‌دهی) -
(انرژی خط مبنا) = مصرف انرژی اجتناب شده

معادله فوق به صورت ذیل ساده‌سازی می‌گردد.
(تصحیحات غیرمعمول بر اساس شرایط خط مبنا) \pm (انرژی دوره گزارش‌دهی تصحیح شده) - (انرژی خط مبنا) = مصرف انرژی اجتناب شده

۳-۴-۲ - صرفه‌جویی نرمال شده

در برخی مواقع ممکن است از شرایطی به جز شرایط دوره گزارش‌دهی به عنوان مبنای انجام تصحیحات استفاده شود. این شرایط می‌تواند همان شرایط دوره خط مبنا یا دوره‌های اختیاری دیگر یا مجموعه‌ای از شرایط مرسوم، میانگین یا نرمال باشد.

تصحیحات برای یک مجموعه شرایط ثابت (مانند سال آب و هوایی معمول هواشناسی)، نوعی از صرفه‌جویی را فراهم می‌کند که معمولاً به آن صرفه‌جویی نرمال شده دوره گزارش‌دهی می‌گویند. در این روش، مصرف انرژی دوره گزارش‌دهی و احتمالاً مصرف انرژی دوره خط مبنا از شرایط واقعی خود به شرایط ثابت یا مجموعه شرایط نرمال انتخاب شده، تصحیح می‌شوند. معادله ذیل فرآیند فوق را نشان می‌دهد:

$$\text{صرفه‌جویی نرمال شده} = \begin{cases} \text{تصحیحات غیرمعمول بر مبنای شرایط ثابت} \pm \text{تصحیحات معمول بر مبنای شرایط ثابت} \pm \text{انرژی دوره ی خط مبنا} \\ \text{تصحیحات غیرمعمول بر مبنای شرایط ثابت} \pm \text{تصحیحات معمول بر مبنای شرایط ثابت} \pm \text{انرژی دوره ی گزارش‌دهی} \end{cases}$$

محاسبه تصحیحات معمول دوره گزارش‌دهی غالباً شامل توسعه یک مدل ریاضی وابسته به مصرف انرژی دوره گزارش‌دهی با متغیرهای مستقل دوره گزارش‌دهی است. سپس این مدل برای تصحیح مصرف انرژی دوره گزارش‌دهی در شرایط ثابت انتخاب شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در صورتی که مجموعه شرایط ثابت برگرفته از دوره خط مبنا نباشد، یک مدل ریاضی انرژی خط مبنا مورد نیاز است تا انرژی خط مبنا را بر اساس شرایط ثابت انتخاب شده تصحیح نماید.

۳-۴-۳ - دوره‌های اندازه‌گیری متوالی (تست روشن/خاموش)

زمانی که یک راهکار صرفه‌جویی انرژی بتواند به راحتی قطع یا متصل شود، دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی از نظر زمانی می‌تواند متوالی و بسیار نزدیک به هم باشد. به عنوان مثال تغییر در منطق کنترل، نمونه ای از راهکار صرفه‌جویی انرژی است که می‌تواند بدون آنکه بر روی عملکرد سیستم تأثیرگذار باشد، به راحتی قطع یا وصل گردد.

تست‌های روشن/خاموش شامل اندازه‌گیری‌های انرژی پس از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی و بلافاصله خارج کردن از مدار و بازگرداندن شرایط به حالت قبل از اجرای راهکار (دوره خط مبنا) می‌باشد. اختلاف میزان مصرف انرژی بین دو دوره اندازه‌گیری متوالی، برابر با صرفه‌جویی حاصل از اجرای راهکار مورد نظر خواهد بود. در صورتی که کلیه عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در دو دوره نزدیک به هم یکسان باشد، صرفه‌جویی‌ها بدون تصحیحات محاسبه می‌شوند. در این صورت خواهیم داشت:

$$(\text{مصرف انرژی دوره گزارش‌دهی}) - (\text{مصرف انرژی دوره خط مبنا}) = \text{صرفه‌جویی}$$

این روش می‌تواند برای هر دو گزینه کل تاسیسات و جداسازی اصلاح مورد استفاده قرار گیرد، گرچه مرزهای اندازه‌گیری می‌بایست به گونه‌ای ترسیم شوند که هر گونه اختلاف قابل توجه در مصرف انرژی اندازه‌گیری شده در زمان روشن یا خاموش بودن سیستم‌ها یا تجهیزات، قابل شناسایی باشد.

دوره‌های متوالی که برای تست روشن/خاموش استفاده می‌شود، می‌بایست به اندازه کافی طولانی باشند تا بتوانند عملکرد پایدار سیستم

را نشان دهند و دامنه‌ی عملکردی نرمال تاسیسات را پوشش دهد. به منظور پوشش دامنه عملکردی نرمال، تست روشن/خاموش باید تحت شرایط و موده‌های عملیاتی مختلف مانند فصل‌ها یا نرخ تولیدهای گوناگون تکرار شود.

در مورد راهکارهای صرفه‌جویی انرژی که می‌توانند برای چنین آزمایشهایی خاموش شوند، این ریسک وجود دارد که به صورت اتفاقی یا هدفدار زمانی که باید روشن باشند، خاموش شوند. در این زمینه می‌بایست تلاش‌های لازم جهت اطمینان از ماندگاری راهکار موردنظر صورت پذیرد.

۳-۴-۴-اساس تصحیحات یا کدام نوع صرفه‌جویی

عواملی که باید هنگام انتخاب میان «مصرف انرژی اجتناب شده» و «صرفه‌جویی نرمال شده» در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

- مدل «مصرف انرژی اجتناب شده»
- به شرایط عملیاتی دوره گزارش‌دهی بستگی دارد. با وجود این می‌توان صرفه‌جویی‌ها را برای پدیده‌هایی مانند آب و هوا تصحیح نمود، اما میزان صرفه‌جویی‌های گزارش شده به شرایط آب و هوایی واقعی وابسته است و تغییر نمی‌کند.
- مدل «صرفه‌جویی نرمال شده»
- با توجه به این که یکبار مجموعه شرایط ثابت تعیین شده و این شرایط غیرقابل تغییر است، از شرایط دوره گزارش‌دهی تأثیر نمی‌پذیرند.
- می‌توان آنها را به صورت مستقیم با صرفه‌جویی‌های پیش‌بینی شده حاصل از همان مجموعه شرایط ثابت، مقایسه نمود.
- فقط می‌تواند پس از یک چرخه کامل مصرف انرژی در دوره گزارش‌دهی، گزارش شود. لذا می‌تواند ارتباط ریاضی میان انرژی دوره گزارش‌دهی و شرایط عملیاتی حاصل شود.

۳-۵- صحنه گذاری عملیاتی

صحنه گذاری عملیاتی شامل مجموعه ای از فعالیت‌هاست که به ما کمک می‌کند تا از نصب، راه‌اندازی و کارایی مورد انتظار راهکار صرفه‌جویی انرژی، اطمینان حاصل کنیم. صحنه‌گذاری عملیاتی به عنوان اولین گام کم هزینه جهت ارزیابی پتانسیل صرفه‌جویی و تأیید عملکرد مطلوب راهکار صرفه‌جویی انرژی در طول زمان انجام می‌پذیرد و باید در روند طرح M&V، مقدّم بر دیگر فعالیت‌های صحنه‌گذاری قرار داده شود. صحنه‌گذاری عملیاتی لزوماً مسئولیت فردی که فعالیت‌های مربوط به M&V را انجام می‌دهد نیست، اما باید به عنوان بخشی از فعالیت‌های M&V مورد تأیید و مستندسازی قرار گیرد.

طیف گسترده‌ای از روش‌های صحنه‌گذاری عملیاتی در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول اشاره شده، انتخاب بهترین روش برای صحنه‌گذاری عملیاتی وابسته به مشخصات راهکار صرفه‌جویی انرژی، سطح عدم قطعیت‌های شامل شده و مقدار ریسک صرفه‌جویی است. اطلاعات جمع‌آوری شده در طول صحنه‌گذاری عملیاتی ممکن است در طول M&V واقعی مورد استفاده قرار گیرند.

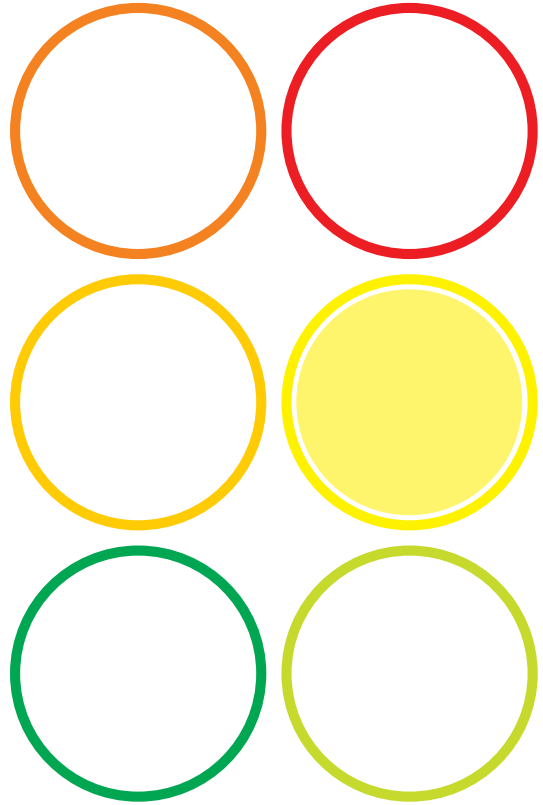
در خلال بررسی مستقل صرفه‌جویی‌های گزارش شده، علاوه بر صحنه‌گذاری نصب تجهیزات، ناظر می‌بایست فعالیت‌های لازم جهت بازرسی و مشاهده انطباق راهکار صرفه‌جویی انرژی با اصول دقیق علمی و وجود شواهد مستقل برای حمایت از هر ادعای قبل از اجرای روند M&V، در مورد اثربخشی را انجام دهد.

جدول ۱- رویکردهای صحنه‌گذاری عملیاتی

رویکرد صحنه‌گذاری عملیاتی	کاربرد راهکارهای مرسوم	فعالیت‌ها
بازرسی ظاهری	در صورتی که راهکار موردنظر به درستی اجرا شود، مطابق با پیش‌بینی‌ها عمل خواهد کرد و اندازه‌گیری مستقیم عملکرد راهکار ممکن نمی‌باشد.	مشاهده و تأیید نصب فیزیکی تجهیزات مربوط به راهکار صرفه‌جویی انرژی (مانند پنجره‌ها، عایق، پوسته ساختمان و ...)
اندازه‌گیری‌های نمونه‌ای و نقطه‌ای	عملکرد بدست آمده از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی می‌تواند از داده‌های منتشر شده بر مبنای جزئیات نصب یا بار تجهیزات متفاوت باشد.	اندازه‌گیری یک یا چند پارامتر کلیدی یک نمونه از راهکار صرفه‌جویی انرژی اجرا شده (مانند چراغ‌ها، پمپ‌ها و ...)
تست عملکرد کوتاه مدت	عملکرد راهکار ممکن است بسته به بار واقعی، کنترل‌ها یا ارتباط متقابل اجزا، متغیر باشد.	انجام تست به منظور سنجش عملکرد و تناسب کنترل. اندازه‌گیری پارامترهای کلیدی مرتبط با انرژی. امکان دارد شامل گرفتن تست‌هایی برای دریافت عملکرد اجزا در کل دامنه عملکردشان یا جمع‌آوری داده‌های عملکردی در دوره‌های زمانی کافی برای تعیین مشخصات کل دامنه عملیاتی باشد.
تعیین روند داده‌ها و بازرسی منطق کنترل	عملکرد راهکار صرفه‌جویی انرژی ممکن است بر اساس بار واقعی و کنترل‌ها متفاوت باشد. سیستم یا اجزای آن توسط سیستم خودکار ساختمان پایش و کنترل شده یا می‌توانند با استفاده از کنتورهای جداگانه پایش شوند.	تنظیم روندها و بازرسی داده‌ها یا منطق کنترل دوره اندازه‌گیری ممکن است چند روز یا چند هفته به طول انجامد که این امر به دوره زمانی موردنیاز جهت برداشت دامنه کامل عملکرد وابسته است.



صحنه‌گذاری عملیاتی می‌تواند با فعالیت‌های راه‌اندازی، هماهنگ‌سازی گردآوری اطلاعات و انجام تجزیه و تحلیل‌ها و نتایجی که برای پشتیبانی فعالیت‌های M&V و تعیین عملکرد مناسب راهکار صرفه‌جویی انرژی استفاده می‌شود، یکپارچه شود. فعالیت‌های M&V در طول زمان و دوره گزارش‌دهی نیز ادامه می‌یابد. هم‌چنین صحنه‌گذاری عملیاتی می‌تواند به منظور ارزیابی عملکرد مناسب راهکار صرفه‌جویی انرژی و کمک به تداوم و اطمینان از تحقق صرفه‌جویی، سال به سال ادامه پیدا کند.



فصل ۴

گزینه‌های IPMVP

۴-۱- مرور کلی بر گزینه‌های IPMVP

IPMVP گزینه‌هایی را جهت توسعه و پیاده‌سازی یک فرآیند M&V باکیفیت فراهم می‌سازد. این گزینه‌ها به مفهوم مرز اندازه‌گیری که قبلاً به آن اشاره شد، وابسته هستند. بعلاوه، روش‌های مختلفی جهت محاسبه میزان صرفه‌جویی موجود است که هر کدام نیازمند اطلاعات مصرف انرژی، تقاضای انرژی و سایر پارامترها می‌باشند. در این بخش گزینه‌های IPMVP و روش‌های محاسبه میزان صرفه‌جویی تشریح می‌شود. IPMVP چهار گزینه مختلف A، B، C و D را جهت محاسبه صرفه‌جویی ارائه می‌دهد. نحوه انتخاب گزینه‌ها به عوامل متعددی از جمله موقعیت مرز اندازه‌گیری راهکار موردنظر بستگی دارد. مقدار مصرف انرژی در معادلات مختلف صرفه‌جویی می‌تواند به کمک یک یا چند روش زیر اندازه‌گیری شود:

- صورت‌حساب عرضه‌کنندگان سوخت/حامل‌های انرژی یا قرائت کنتورهای تاسیسات و اعمال تصحیحات بر روی مقادیر قرائت شده مشابه آن چیزی که عرضه‌کنندگان حامل‌های انرژی انجام می‌دهند.
- کنتورهای مخصوص برای جداسازی هر راهکار صرفه‌جویی انرژی یا بخشی از تاسیسات از کل آن. اندازه‌گیری‌ها ممکن است به صورت دوره ای برای بازه‌های زمانی کوتاه یا به صورت پیوسته در دوره خط مبنا و

گزارش‌دهی انجام شوند.

- اندازه‌گیری‌های مجزا برای پارامترهای مورد استفاده در محاسبه مصرف انرژی.
 - اندازه‌گیری جایگزین‌های معتبر برای مصرف انرژی.
 - شبیه‌سازی کامپیوتری که به وسیله داده‌های عملکردی واقعی برای سیستم یا تاسیسات مدل شده، کالیبره شود.
- در صورتی که پارامتر انرژی قبلاً با دقت کافی مشخص شده باشد یا هزینه اندازه‌گیری از حالتی که سطح اطمینان بالا برده شود بیشتر باشد، ممکن است اندازه‌گیری لازم یا مناسب نباشد. در این موارد برخی از پارامترهای مربوط به راهکار صرفه‌جویی انرژی می‌تواند تخمین زده شود ولی مابقی آنها می‌بایست اندازه‌گیری شود (فقط استفاده از گزینه A).

در صورتی که هدف اندازه‌گیری صرفه‌جویی در کل تاسیسات باشد، گزینه‌های C یا D ترجیح داده می‌شوند. اما اگر تنها عملکرد راهکار صرفه‌جویی انرژی اجرا شده مورد نظر باشد، روش جداسازی اصلاح ممکن است مناسب‌تر باشد (گزینه A، B یا D). جدول ۲ خلاصه‌ای از ۴ گزینه مطرح شده را به طور خلاصه بیان می‌کند.

جدول ۲ - مرور کلی بر گزینه های IPMVP

گزینه IPMVP	تعریف	نحوه محاسبه صرفه جویی ها	کاربرد مرسوم
<p>A</p> <p>جداسازی اصلاح: اندازه گیری پارامتر کلیدی</p>	<p>- صرفه جویی ها به وسیله اندازه گیری میدانی پارامتر/ پارامترهای کلیدی که مشخص کننده مصرف انرژی سیستم ناشی از اجرای راهکار صرفه جویی یا موفقیت پروژه هستند، محاسبه می شود.</p> <p>- با توجه به تغییرات مورد انتظار در پارامترهای اندازه گیری شده و طول دوره گزارش دهی، میزان تکرار اندازه گیری می تواند مقطعی، کوتاه مدت یا پیوسته باشد. پارامترهایی که برای اندازه گیری میدانی انتخاب نمی شوند می بایست برآورد شوند و این برآوردها میتواند بر اساس داده های تاریخی، مشخصات اعلامی از سوی سازنده یا قضاوت مهندسی باشد.</p> <p>- مستندسازی مرجع یا تعدیل و توجیه منطقی پارامتر برآورد شده الزامی است. خطای احتمالی میزان صرفه جویی، ناشی از روش استفاده از برآوردها به جای اندازه گیری، ارزیابی گردد.</p>	<p>-انجام محاسبات مهندسی مصرف انرژی دوره خط مبنا و دوره گزارش دهی از طریق اندازه گیری های کوتاه مدت یا پیوسته پارامتر/پارامترهای کلیدی و برآورد سایر مقادیر.</p> <p>-اعمال تصحیحات معمول و غیرمعمول در صورت نیاز.</p> <p>- پارامتر/پارامترهای کلیدی میبایست هم در دوره خط مبنا و هم در دوره گزارش دهی اندازه گیری شوند.</p>	<p>- اصلاح سیستم روشنایی زمانی که برداشت توان الکتریکی پارامتر کلیدی است که به صورت دوره ای اندازه گیری شده و ساعات عملیاتی لامپها بر اساس مشخصات تاسیسات و رفتار ساکنین برآورد می گردد.</p>
<p>B</p> <p>جداسازی اصلاح: اندازه گیری تمام پارامترها</p>	<p>- صرفه جویی ها بوسیله اندازه گیری میدانی مصرف انرژی و یا متغیرهای مستقل یا جایگزین متأثر از اجرای راهکار صرفه جویی انرژی تعیین می شود.</p> <p>- میزان تکرار اندازه گیری با توجه به تغییرات مورد انتظار در صرفه جویی ها و طول دوره گزارش دهی از کوتاه مدت تا پیوسته تغییر می نماید.</p>	<p>-اندازه گیری های کوتاه مدت یا پیوسته مصرف انرژی دوره خط مبنا و دوره گزارش دهی یا انجام محاسبات مهندسی با استفاده از اندازه گیری جایگزین های مصرف انرژی. - اعمال تصحیحات معمول و غیرمعمول در صورت نیاز.</p>	<p>بکارگیری درایو سرعت متغیر جهت کنترل و تصحیح میزان جریان پمپ. اندازه گیری توان الکتریکی با نصب یک وات متر بر روی تأمین کننده توان الکتریکی موتور که در هر دقیقه یک بار توان را قرائت کند. در دوره خط مبنا این کنتور به منظور صحت گذاری بارگیری پیوسته، یک هفته نصب می شود. هم چنین در دوره گزارش دهی، این کنتور مصرف انرژی را ثبت می کند.</p>

ادامه جدول ۲ - مرور کلی بر گزینه های IPMVP

کاربرد مرسوم	نحوه محاسبه صرفه جویی ها	تعریف	گزینه IPMVP
<p>برنامه مدیریت انرژی چندوجهی که تعداد زیادی از سیستم های درون تاسیسات را تحت تأثیر قرار می دهد. اندازه گیری مصرف انرژی با استفاده از کنتورهای گاز یا برق برای دوره دوازده ماهه خط مبنا و دوره گزارش دهی.</p>	<p>- تحلیل داده های کنتور کل تاسیسات در دوره های خط مبنا و گزارش دهی - اعمال تصحیحات معمول مورد نیاز با استفاده از روش های مقایسه ساده یا تحلیل رگرسیون. - اعمال تصحیحات غیرمعمول مورد نیاز.</p>	<p>- صرفه جویی ها با اندازه گیری مصرف انرژی در کل تاسیسات اندازه گیری می شود. اندازه گیری ها به صورت پیوسته برای مصرف انرژی کل تاسیسات در دوره گزارش دهی صورت می پذیرد.</p>	<p>C کل تاسیسات</p>
<p>- برنامه مدیریت انرژی چند وجهی که تعداد زیادی از سیستم های درون تاسیسات را تحت تأثیر قرار می دهد، اما زمانی که هیچ کنترلی جهت اندازه گیری در دوره خط مبنا وجود نداشته باشد. - اندازه گیری های مصرف انرژی بعد از نصب کنتورهای برق و گاز جهت کالیبراسیون شبیه سازی استفاده می شود. - انرژی خط مبنا با استفاده از شبیه سازی کالیبره شده و با محاسبه شده و با شبیه سازی انرژی دوره گزارش دهی مقایسه می شود.</p>	<p>- شبیه سازی مصرف انرژی با اطلاعات قبوض ماهیانه یا ساعتی کالیبره می شوند. اندازه گیری انرژی نهایی و اطلاعات میزان کارایی اندازه گیری شده، ممکن است در راستای اصلاح مدل شبیه سازی شده استفاده شوند.</p>	<p>- صرفه جویی ها از طریق شبیه سازی مصرف انرژی کل تاسیسات یا بخشی از آن محاسبه می شود. - روال انجام شبیه سازی ها به منظور مدل سازی واقعی عملکرد انرژی تاسیسات، نشان داده می شود. - این گزینه نیاز به مهارت قابل توجه در زمینه انجام شبیه سازی کالیبره شده دارد.</p>	<p>D شبیه سازی کالیبره شده</p>

۴-۲- گزینه های A و B: جداسازی اصلاح

۴-۲-۱- مفاهیم کلی

گزینه جداسازی اصلاح در زمانی که اصلاحات تنها بخشی از تاسیسات را شامل می‌شود، این امکان را فراهم می‌کند که به منظور کاهش عملیات موردنیاز جهت پایش متغیرهای مستقل و عوامل ثابت، مرز اندازه‌گیری را کوچک کنیم. هر چند مرزهای اندازه‌گیری کوچکتر از کل تاسیسات، معمولاً به کنتورهای اضافی نیازمندند و امکان نشت از طریق اثرات متقابل اندازه‌گیری نشده وجود خواهد داشت.

از آنجا که اندازه‌گیری در گزینه جداسازی اصلاح در مقیاس کوچکتر از کل تاسیسات انجام می‌شود، مصرف انرژی کل که در قبوض انرژی ارائه می‌شود نمی‌تواند با نتایج این روش ارتباط داشته باشد، زیرا تغییراتی که خارج از مرز اندازه‌گیری در تاسیسات اتفاق می‌افتد و ارتباطی با راهکار صرفه‌جویی انرژی ندارد به وسیله این روش گزارش نمی‌شود اما در قبوض مصرف انرژی کل، لحاظ می‌گردد.

دو گزینه برای روش جداسازی مصرف انرژی تجهیزات متأثر از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی، نسبت به کل تاسیسات ارائه شده است.

- گزینه A: جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری پارامتر کلیدی
- گزینه B: جداسازی اصلاح: اندازه‌گیری تمام پارامترها

اندازه‌گیری در مرز اندازه‌گیری میان تجهیزات متأثر از اجرای راهکار صرفه‌جویی و تجهیزاتی که از اجرای آن راهکار تأثیری نمی‌پذیرند انجام می‌شود. هنگام ترسیم مرز اندازه‌گیری، باید دقت کرد که تمام جریان های انرژی که متأثر از اجرای راهکار و خارج از مرز اندازه‌گیری هستند، مدنظر قرار گیرند و روشی برای برآورد اثرات متقابل تهیه شود. در صورتی که بتوان مرز اندازه‌گیری را تا حدی گسترش داد که اثرات متقابل را شامل شود، نیازی به تخمین آنها نخواهد بود.

جدای از برآورد اثرات متقابل کوچک، مرز اندازه‌گیری نقاط و محل اندازه‌گیری‌ها و دامنه هرگونه تصحیحاتی که ممکن است در معادلات صرفه‌جویی به کار گرفته شود را مشخص می‌کند. جهت محاسبه و آماده سازی تصحیحات لازم، تنها نیاز است تا تغییرات سیستم‌های

انرژی و متغیرهای عملیاتی در درون مرز اندازه‌گیری پایش شوند. پارامترهای مختلف می‌توانند به صورت پیوسته یا در دوره‌های کوتاه مدت اندازه‌گیری شوند. میزان مورد انتظار تغییر در پارامترها در تعیین نحوه اندازه‌گیری به صورت پیوسته یا دوره‌ای اثرگذار است. زمانی که تغییر یک پارامتر مورد انتظار نیست، می‌توان آن را بلافاصله پس از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی اندازه‌گیری کرده و به طور پراکنده در دوره گزارش‌دهی پایش نمود. تکرار این پایش‌ها با شروع اندازه‌گیری آغاز و تا زمانی که تایید شود پارامتر مورد نظر ثابت گردیده، ادامه پیدا می‌کند. پس از اثبات ثابت بودن آن پارامتر، دفعات تکرار اندازه‌گیری می‌تواند کاهش یافته و در نهایت متوقف شود. به منظور حفظ کنترل صرفه‌جویی‌ها در زمان کاهش تکرار اندازه‌گیری‌ها، می‌توان بازرسی‌های بیشتر یا تست‌های دیگری را انجام داد تا صحت عملیات تایید گردد. در پروژه‌ای که پیمانکار مسئولیت ریسک عملکرد راهکار صرفه‌جویی انرژی را بر عهده داشته ولی تعمیرات و نگهداری بر عهده او نیست، می‌تواند توافق شود که ماهیت پارامتر کلیدی پس از اندازه‌گیری اولیه مقدار ثابتی داشته باشد و بازرسی‌های مجدد در دوره گزارش‌دهی جهت تایید میزان ثابت پارامتر کلیدی انجام می‌پذیرد. اندازه‌گیری پیوسته قطعیت بیشتری نسبت به صرفه‌جویی‌های گزارش شده به وجود آورده و داده‌های بیشتری از نحوه عملیات تجهیزات ارائه می‌دهد. از این اطلاعات می‌توان به منظور ارتقاء یا بهینه‌سازی عملیات تجهیزات در حین کارکرد استفاده کرد و بنابراین منافع مربوط به راهکار صرفه‌جویی انرژی افزایش می‌یابد.

در صورتیکه اندازه‌گیری پیوسته نباشد و کنتورها در فاصله‌های میان قرائت‌ها برداشته شوند، محل اندازه‌گیری و مشخصات و روند کالیبره کردن دستگاه‌های اندازه‌گیری می‌بایست در طرح M&V مشخص شوند. زمانی که انتظار می‌رود یک پارامتر ثابت باشد، اندازه‌گیری‌ها می‌تواند یک بار یا در بازه‌های کوتاه‌مدت و گاه به گاه انجام شود. در صورتی که امکان دارد پارامتری به صورت دوره‌ای تغییر کند، اندازه‌گیری‌های پارامتر می‌بایست در زمان‌هایی که نشان‌دهنده رفتار نرمال سیستم باشد انجام شود.

اگر یک پارامتر ممکن است به صورت روزانه یا ساعتی تغییر کند (مانند اکثر سیستم های گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها)، اندازه‌گیری پیوسته می‌تواند ساده‌ترین روش باشد. برای بارهای وابسته به آب و هوا، اندازه‌گیری‌ها می‌تواند برای یک دوره به اندازه کافی بلند انجام شوند تا بتواند به خوبی الگوی بار را در تمام بخش‌های چرخه نرمال سالانه مشخص کند (مانند فصل‌ها، روزهای هفته، روزهای پایان هفته) و بنا بر ضرورت در دوره گزارش‌دهی تکرار شوند. در صورتی که انواع مختلف یک راهکار صرفه‌جویی انرژی چندین بار در مرز اندازه‌گیری اجرا شده باشد، می‌توان نمونه‌های آماری معتبری از کل پارامترها را جهت اندازه‌گیری‌های لازم، انتخاب کرده و مورد استفاده قرار داد.

تجهیزات اندازه‌گیری پرتابل (با قابلیت حمل آسان) تنها زمانی که اندازه‌گیری کوتاه مدت مدنظر باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند و هزینه‌های مربوط آنها می‌تواند با اهداف دیگر به اشتراک گذاشته شوند. اما تجهیزات اندازه‌گیری که بطور دائم نصب شده‌اند، آگاهی‌ها و بازخوردهای مفیدی برای پرسنل عملیاتی و تجهیزات کنترل خودکار در راستای بهینه‌سازی سیستم‌ها ارائه می‌دهند. کنتورهای اضافه شده امکان ارائه صورتحساب مجزا برای کاربران یا بخش‌های مختلف تاسیسات را ایجاد می‌کند.

۴-۲-۲- موضوعات اندازه‌گیری

در جداسازی اصلاح معمولاً اضافه کردن کنتورهای مخصوص جهت اندازه‌گیری‌های کوتاه‌مدت یا دائمی مورد نیاز است. این کنتورها ممکن است قبل از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی جهت انجام ممیزی انرژی و شناسایی میزان مصرف تجهیزات، یا برای اندازه‌گیری عملکرد خط مبنای تجهیزات در طرح M&V نصب شوند.

با پیروی از روش‌های مناسب اندازه‌گیری می‌توان محاسبات صرفه‌جویی انرژی را با دقت و تکرارپذیری قابل قبول انجام داد. روش‌های اندازه‌گیری همواره با توسعه و پیشرفت تجهیزات اندازه‌گیری در حال تکامل بوده و بنابراین برای صحت‌گذاری میزان صرفه‌جویی‌ها می‌بایست از به‌روزترین روش‌ها استفاده شود.

۴-۲-۲-۱- اندازه‌گیری‌های برق

به منظور اندازه‌گیری صحیح برق، مقادیر ولتاژ، آمپر، ضریب توان یا مقدار موثر توان (RMS) با یک ابزار واحد اندازه‌گیری می‌شوند. اگرچه اندازه‌گیری ولتاژ و آمپر به تنهایی می‌تواند برای محاسبه توان در بارهای مقاومتی مانند لامپ‌های التهابی یا هیترهای برقی بدون دمنده، کافی باشد. هنگام اندازه‌گیری توان باید مطمئن شد که شکل امواج الکتریکی بار مقاومتی، به وسیله سایر دستگاه‌های دیگر موجود در تاسیسات، تغییر شکل نداده باشد. مقادیر موثر (RMS) می‌توانند به وسیله دستگاه‌های دیجیتال حالت جامد به منظور محاسبه توان خالص در زمانی که امواج موجود در مدار جریان متناوب دچار تغییر شکل شده، گزارش شوند.

دیماند برق را در زمانی مشابه با آن چه شرکت توزیع برق به عنوان اوج مصرف در قبض‌ها محاسبه می‌کند، اندازه‌گیری کنید. معمولاً این اندازه‌گیری نیازمند ثبت پیوسته دیماند در کنتورهای فرعی است. با استفاده از داده‌های ثبت شده، دیماند کنتورهای فرعی برای زمانی که شرکت توزیع برق به عنوان اوج مصرف اعلام نموده، قرائت می‌شود. شرکت توزیع برق ممکن است زمان اوج مصرف را در قبض یا از طریق گزارش خاصی اعلام نماید.

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری دیماند برق وجود دارد. روشی که برای محاسبه دیماند برق روی یک کنتور فرعی استفاده می‌شود، می‌بایست با روش مورد استفاده شرکت توزیع برق جهت محاسبه قبوض، هماهنگ و یکسان باشد.

۴-۲-۲-۲- کالیبراسیون

کنتورها می‌بایست بر اساس دستورالعمل‌های سازنده آنها و مطابق روندهای ارائه شده توسط مراجع معتبر اندازه‌گیری، کالیبره شوند. بهتر است تا حد امکان، از تجهیزات کالیبراسیون با قابلیت ردیابی و دارای استانداردهای اولیه استفاده نمود. حسگرها و تجهیزات می‌بایست تا حد امکان بر اساس سهولت انجام کالیبراسیون و توانایی محافظت از کالیبراسیون انتخاب گردند. یک راه حل خاص این است که تجهیزات خودکالیبره انتخاب شوند.

۴-۲-۳- بهترین کاربردها

بهترین حالات برای استفاده از روش جداسازی اصلاح عبارتند از:

- فقط بررسی عملکرد سیستم‌های تحت تاثیر راهکار صرفه‌جویی انرژی موردنظر باشد یا مسئولیت‌های سپرده‌شده به طرف‌های مختلف قرارداد مبتنی بر عملکرد انرژی ایجاد کند و یا مقدار صرفه‌جویی‌های ناشی از اجرای راهکار به قدری کوچک باشد که در صورت استفاده از گزینه C قابل تشخیص نباشند.
- اثرات متقابل راهکار صرفه‌جویی انرژی بر روی مصرف انرژی سایر تجهیزات تاسیسات قابل برآورد بوده یا بسیار ناچیز فرض شود.
- تشخیص یا ارزیابی تغییرات احتمالی تاسیسات در خارج از مرز اندازه‌گیری، مشکل باشد.
- بررسی و ثبت متغیرهای مستقلی که بر مصرف انرژی تاثیرگذار هستند، بسیار مشکل یا هزینه‌بر نباشد.
- کنتورهای فرعی جهت جداسازی مصرف انرژی بخش‌های مختلف تاسیسات از قبل موجود باشد.
- امکان استفاده از کنتورهای اضافه شده در مرز اندازه‌گیری برای اهداف دیگری مانند آگاهسازی عملیاتی تجهیزات یا تهیه قبض مستاجران فراهم باشد.
- هزینه اندازه‌گیری پارامترها بسیار کمتر از حالت شبیه‌سازی بر اساس گزینه D یا اعمال تصحیحات غیرمعمول بر اساس گزینه C باشد.
- نیازی به تطبیق مستقیم گزارش‌های صرفه‌جویی با تغییرات در پرداخت‌ها به عرضه‌کنندگان انرژی نباشد.

۴-۳ گزینه A: جداسازی اصلاح - اندازه‌گیری پارامتر کلیدی ۴-۳-۱- مفاهیم کلی

در گزینه A مقادیر مصرف انرژی با استفاده از معادلات فصل ۵ و از طریق محاسبه و ترکیب اندازه‌گیری برخی پارامترها و برآورد برخی دیگر، به دست می‌آیند. این برآوردها تنها در جایی کاربرد دارد که بتوان نشان داد عدم قطعیت ترکیب برآوردهای انجام شده، تأثیر بارزی بر صرفه‌جویی‌های کلی گزارش شده نداشته باشد. ابتدا باید درباره این که کدام پارامترها اندازه‌گیری شوند و کدام پارامترها با مدنظر قراردادادن نقش هر پارامتر در عدم قطعیت کلی صرفه‌جویی‌های گزارش شده برآورد گردند، تصمیم‌گیری شود. مقادیر برآورد شده و تحلیل میزان بارز بودن آنها می‌بایست در طرح M&V در نظر گرفته شود. برآوردها ممکن است براساس داده‌های تاریخی مانند ساعات کارکرد ثبت شده از خط مبنا، اطلاعات اعلام شده از سوی سازنده، تست‌های آزمایشگاهی یا اطلاعات اقلیمی و آب و هوایی باشد.

اگر پارامتری مانند ساعات کارکرد ثابت باشد یا تغییر در آن به وسیله اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی مورد انتظار نباشد، اندازه‌گیری آن در یکی از دوره‌های خط مبنا یا گزارش‌دهی کافی است. اندازه‌گیری چنین پارامتری در دوره گزارش‌دهی می‌تواند به عنوان اندازه‌گیری آن در دوره خط مبنا تلقی گردیده و بالعکس.

اگر پارامتری که تغییرات آن در تاسیسات به صورت مستقل صورت می‌پذیرد، در دوره‌های خط مبنا و گزارش‌دهی اندازه‌گیری نشود، باید به صورت یک برآورد در نظر گرفته شود. به منظور ارزیابی اهمیت میزان خطای برآوردهای انجام شده در صرفه‌جویی‌های گزارش شده، می‌توان از محاسبات مهندسی یا مدل‌های ریاضی استفاده کرد. تأثیر ترکیبی برآوردها می‌بایست قبل از تعیین کافی بودن میزان اندازه‌گیری‌ها ارزیابی شود.

انتخاب اینکه چه پارامترهایی اندازه‌گیری شوند، ممکن است به اهداف پروژه یا وظایف پیمانکار که بخشی از ریسک عملکرد راهکار صرفه‌جویی انرژی را پذیرفته، وابسته باشد. در صورتی که یک پارامتر در ارزیابی عملکرد مهم باشد، می‌بایست اندازه‌گیری شود و عوامل دیگری که خارج از کنترل پیمانکار هستند را می‌تواند برآورد نمود.

هنگام برنامه‌ریزی بر اساس گزینه A، قبل از تصمیم‌گیری درباره این که کدام پارامتر/پارامترها اندازه‌گیری شوند، هر دو عامل تغییر در انرژی خط مبنا و میزان اثرگذاری راهکار بر مصرف انرژی، باید مورد توجه قرار گیرند. ۳ مثال زیر، دامنه سناریوهای مختلفی که ممکن است ایجاد شوند را نشان می‌دهد:

- اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی، یک بار ثابت را بدون این که در ساعات عملیاتی آن تغییری ایجاد شود، کاهش می‌دهد.
 - اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی، ساعات عملیاتی را بدون این که تغییری در بار رخ دهد، کاهش می‌دهد.
 - اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی، هر دو پارامتر بار تجهیزات و ساعات عملیاتی را کاهش می‌دهد.
- در حالت کلی، شرایط بار متغیر یا ساعات عملیاتی متغیر، اندازه‌گیری و محاسبات پیچیده‌تری را می‌طلبند.

۴-۳-۲- محاسبات

هنگام استفاده از گزینه A، ممکن است به هیچ کدام از تصحیحات معمول یا غیرمعمول نیازی نباشد. این امر به عواملی مانند محل مرز اندازه‌گیری، ماهیت مقادیر برآورد شده، طول دوره گزارش‌دهی یا بازه زمانی میان دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی بستگی دارد. به طور مشابه در این گزینه، اندازه‌گیری‌های مصرف انرژی خط مبنا یا گزارش‌دهی شامل اندازه‌گیری یک پارامتر و برآورد سایر پارامترها می‌باشد. بنابراین در بسیاری از موارد معادله صرفه‌جویی در این گزینه به صورت زیر ساده‌سازی می‌شود:

(پارامتر اندازه‌گیری شده در دوره گزارش‌دهی - پارامتر اندازه‌گیری شده در دوره خط

مبنا) X مقدار پارامتر برآورده شده = میزان صرفه‌جویی مطابق گزینه A

به عنوان مثال معادله فوق می‌تواند به صورت زیر باشد:

(میزان مصرف انرژی اندازه‌گیری شده در دوره گزارش‌دهی - میزان مصرف انرژی اندازه‌گیری

شده در دوره خط مبنا) X (ساعات کارکرد) = میزان صرفه‌جویی مطابق گزینه A

۴-۳-۳- صحه گذاری نصب

به توجه به این که بعضی مقادیر در گزینه A ممکن است برآورد شوند، می‌بایست در بررسی طراحی مهندسی و نحوه نصب تجهیزات بسیار دقت شود تا این اطمینان حاصل گردد که برآوردهای انجام شده واقع‌بینانه، دست‌یافتنی و مبتنی بر تجهیزاتی که به درستی زمینه‌ساز تحقق صرفه‌جویی می‌شوند، بوده است.

در بازه‌های زمانی مشخصی در دوره گزارش‌دهی، نصب تجهیزات باید مورد بازرسی مجدد قرار گیرد تا از وجود مستمر تجهیزات، صحت عملیات و نگهداری مناسب آنها اطمینان حاصل گردد. این بازرسی مجدد اطمینان می‌دهد که پتانسیل تحقق صرفه‌جویی‌های پیش‌بینی شده تداوم داشته و مقادیر برآورد شده را تایید می‌نماید. میزان تکرار این بازرسی‌ها از طریق میزان احتمال تغییرات عملکرد سیستم محاسبه می‌شود. این احتمال می‌تواند از طریق بازرسی‌های مکرر اولیه تا اطمینان یافتن از وجود تجهیزات و عملکرد پایدار آنها تعیین شود.

۴-۳-۴- هزینه

تعیین صرفه‌جویی‌های محقق‌شده بر اساس گزینه A می‌تواند نسبت به سایر گزینه‌ها کم هزینه‌تر باشد، زیرا معمولاً هزینه برآورد یک پارامتر به مراتب از هزینه اندازه‌گیری آن کمتر است. اگر چه در برخی موارد که برآورد کردن تنها راه ممکن است، انجام یک برآورد مناسب ممکن است از اندازه‌گیری مستقیم پر هزینه‌تر باشد. در برنامه‌ریزی هزینه مطابق گزینه A، باید تمامی عناصر تحلیل، برآورد، نصب کنترل و هزینه‌های قرائت مستمر و ثبت داده‌ها مدنظر قرار گیرند.

۴-۳-۵- بهترین کاربردها

بهترین کاربردهای گزینه A در موارد ذیل است:

- برآورد پارامترهای غیرکلیدی بتواند در زمانی که تغییرات آتی درون مرز اندازه‌گیری روی می‌دهد، باعث اجتناب از اعمال تصحیحات غیر معمول (که عمدتاً دشوار است) شود.
- عدم قطعیت ناشی از برآوردها قابل قبول باشد.

-
- اثربخشی مستمر راهکار صرفه‌جویی انرژی، بتواند با استفاده از انجام تست‌های معمول یا بازرسی‌های مجدد پارامترهای کلیدی ارزیابی شود.
 - برآورد برخی پارامترها از اندازه‌گیری آنها مطابق گزینه B یا شبیه‌سازی مطابق گزینه D کم هزینه‌تر باشد.
 - پارامتر/پارامترهای کلیدی محاسبه صرفه‌جویی‌ها که جهت قضاوت درباره نحوه عملکرد پروژه یا پیمانکار استفاده می‌شوند، به راحتی قابل شناسایی باشند.



۴-۴-۴-۱- مفاهیم کلی

گزینه B، نیازمند اندازه‌گیری تمامی مقادیر انرژی یا پارامترهایی است که برای محاسبه مصرف انرژی مطابق معادلات ۱ و ۲ فصل ۳ به کار می‌روند. میزان صرفه‌جویی‌های محقق‌شده ناشی اجرای اغلب راهکارهای صرفه‌جویی انرژی می‌توانند با استفاده از گزینه B محاسبه شوند، اما درجه سختی و هزینه‌ها با توجه به افزایش پیچیدگی اندازه‌گیری‌های متعدد افزایش می‌یابد. استفاده از گزینه B معمولاً مشکل‌تر و هزینه‌برتر از گزینه A می‌باشد ولی در شرایطی که بار یا الگوی صرفه‌جویی‌ها متغیر است، گزینه B نتایج قطعی‌تری ارائه می‌کند. این هزینه‌های اضافی در حالتی که پیمانکار مسئولیت تمامی عوامل موثر بر صرفه‌جویی انرژی را عهده‌دار باشد، توجیه‌پذیر خواهد بود.

۴-۴-۲- محاسبات

معادلات ۱ و ۲ در فصل ۳ برای محاسبات منطبق با IPMVP استفاده می‌شوند. این در حالی است که در گزینه B، با توجه به موقعیت مرز اندازه‌گیری، طول دوره گزارش‌دهی و بازه زمانی بین دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی ممکن است به تصحیحات معمول یا غیر معمول نیازی نباشد. بنابراین معادله میزان صرفه‌جویی مبتنی بر گزینه B به صورت زیر ساده‌سازی می‌شود:

(انرژی دوره گزارش‌دهی) - (انرژی دوره خط مبنا) = میزان صرفه‌جویی مطابق گزینه B

۴-۴-۳- بهترین کاربردها

بهترین کاربردهای گزینه B در موارد زیر است:

- تجهیزاتی که اندازه‌گیری اضافه شده در راستای اهداف جداسازی، برای مقاصد دیگری مانند بازخورد عملیاتی یا ارائه صورتحساب مستاجران استفاده شود.
- اندازه‌گیری تمام پارامترها، هزینه کمتری نسبت به انجام شبیه‌سازی بر اساس گزینه D داشته باشد.
- صرفه‌جویی‌ها یا عملیات درون مرز اندازه‌گیری، متغیر باشند.

۴-۵- گزینه C: کل تاسیسات

۴-۵-۱- مفاهیم کلی

گزینه C شامل استفاده از کنتورهای عرضه‌کنندگان حامل‌های انرژی، کنتورهای اصلی تاسیسات و کنتورهای فرعی جهت ارزیابی عملکرد انرژی در کل تاسیسات است. مرز اندازه‌گیری شامل کل تاسیسات یا بخش اصلی و عمده آن می‌باشد. این گزینه صرفه‌جویی‌های تجمعی تمامی راهکارهای اجرا شده در کل تاسیسات که کنتور برای آن جا نصب شده را نشان می‌دهد. همچنین از آنجا که در این گزینه از کنتورهای کل تاسیسات استفاده می‌شود، صرفه‌جویی‌های گزارش شده شامل تمامی اثرات مثبت یا منفی هرگونه تغییرات مرتبط یا غیرمرتبط با اجرای راهکارها در کل تاسیسات می‌شود.

گزینه C برای پروژه‌هایی مناسب است که صرفه‌جویی‌های مورد انتظار در مقایسه با تغییرات انرژی تصادفی یا ناشناخته‌ای که در سطح کل تاسیسات رخ می‌دهد، زیاد باشد. مدل‌های رگرسیونی بیانگر آن هستند که تا چه حد متغیرهای مستقل، میزان مصرف انرژی را به خوبی تفسیر می‌کنند، اما این مدل‌ها قادر به محاسبه تمام تغییرات مصرف مدل‌سازی شده و مصرف واقعی نیستند.

اگر صرفه‌جویی‌ها در مقایسه با تغییرات ناشناخته و تصادفی دوره خط مبنا بسیار زیاد باشد، تعیین میزان صرفه‌جویی‌ها آسان خواهد بود. همچنین هرچه دوره تحلیل صرفه‌جویی‌ها پس از نصب و راه‌اندازی راهکار موردنظر طولانیتر باشد، داده‌های بیشتری موجود بوده و اهمیت اثرات کوتاه مدت تغییرات ناشناخته کمتر خواهد شد.

به عنوان یک معیار سرانگشتی، در صورتی که فقط اطلاعات قبوض مصرف انرژی ماهانه در دسترس باشد و بخواهیم با اطمینان خاطر تغییرات ناشناخته داده‌های خط مبنا را از صرفه‌جویی‌ها متمایز کنیم، میزان صرفه‌جویی‌ها می‌بایست بیش از ۱۰ درصد انرژی خط مبنا باشد. زمانی که داده‌های مصرف انرژی در بازه‌های زمانی کوتاه مدت موجود باشد، تعداد اطلاعات و نقاط ورودی برای تحلیل رگرسیون بسیار زیاد خواهد شد. در این حالت استفاده از مدل‌های پیشرفته ریاضی به جای مدل‌های خطی مورد استفاده در تحلیل داده‌های ماهانه، میتواند نتایج

دقیقی تری حاصل نماید. در نتیجه روش‌ها و الگوریتم‌های پیچیده و دقیقی که برای تحلیل داده‌های کوتاه‌مدت مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند برای صحت‌گذاری تحقق صرفه‌جویی‌های کمتر از ۱۰ درصد مصرف انرژی سالانه، مورد استفاده قرار گیرند. لازم به ذکر است ارزیابی دقت مدل اولیه به همراه میزان صرفه‌جویی انرژی مورد انتظار و مدت زمان لازم جهت پایش مورد نیاز خواهد بود.

اولین چالش موجود در گزینه C به ویژه در حالتی که صرفه‌جویی‌ها در دوره‌های زمانی بلند مدت پایش می‌شوند، تشخیص تغییرات صورت پذیرفته در تاسیسات (که نیازمند تصحیحات غیرمعمول می‌باشند) است. بنابراین انجام بازرسی‌های دوره‌های از نحوه عملکرد تمامی تجهیزات و کل تاسیسات در طول دوره گزارش‌دهی الزامی است. این بازرسی‌ها، تغییرات عوامل ثابت را نسبت به وضعیت دوره خط مبنا مشخص میکنند و ممکن است قسمتی از یک پایش منظم باشند که برای اطمینان از تداوم روش‌های عملیاتی موردنظر انجام می‌شوند. یک جایگزین با هزینه کمتر که غالباً برای پروژه‌ها و تاسیسات کوچکتر قابل استفاده است، می‌تواند این باشد که عملکرد انرژی تاسیسات در طول زمان ردیابی شده و بر اساس شرایط عملیاتی نرمالیزه شود و زمانی که عملکرد انرژی اصلاح شده تغییرات مستمری را در سطح تاسیسات نشان می‌دهد، بازرسی‌های لازم صورت پذیرد.

۴-۵-۲- موضوعات مربوط به داده‌های انرژی

در صورتی که مصرف حامل‌های انرژی تنها در یک نقطه مرکزی مجموعه‌ای از تاسیسات اندازه‌گیری می‌شود، نصب کنتورهای فرعی جهت شناسایی و ثبت عملکرد جداگانه هر یک از تاسیسات یا مجموعه آنها، مورد نیاز خواهد بود.

ممکن است برای اندازه‌گیری جریان یک نوع انرژی، از چندین کنتور درون یک تاسیسات استفاده شود. اگر کنتوری بر روی خط تامین انرژی یک سیستم که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم با برخی سیستم‌های انرژی دیگر برهمکنش دارد نصب شده باشد، داده‌های این کنتور می‌بایست در روند تعیین صرفه‌جویی کل تاسیسات لحاظ گردد.

از کنتورهایی که بر روی خطوط جریان انرژی که از بخش‌های دیگر تاثیر نمی‌پذیرند و تعیین میزان صرفه‌جویی برای آنها در نظر نیست، می‌توان صرف‌نظر کرد. میزان صرفه‌جویی برای کنتور اصلی یا کنتورهای فرعی می‌بایست به صورت جداگانه به نحوی تعیین شود که تغییرات عملکرد بخش‌های مختلف تاسیسات که تحت پایش قرار دارند، قابل ارزیابی باشد. در صورتی که یک کنتور سهم کوچکی از کل مصرف انرژی را اندازه‌گیری کند، می‌توان مقادیر خروجی آن را با کنتورهای بزرگتر جمع کرد تا فرآیند مدیریت داده‌ها تسهیل شود. زمانی که کنتورهای برق به این شکل ترکیب شوند، باید توجه داشت که کنتورهای مصارف کوچک غالباً داده‌های دیمانند ندارند و بنابراین داده‌های تجمعی مصرف برق، اطلاعات معناداری در خصوص ضریب بار ارائه نمی‌دهند.

اگر چند کنتور مختلف در دوره‌های زمانی جداگانه قرائت شوند، در این صورت برای هر کنتور یک قبض منحصر به فرد و بر اساس دوره مربوط به آن صادر می‌شود که می‌بایست به طور مجزا تجزیه و تحلیل شود. در حالتی که دوره‌های زمانی قرائت، گزارش شده باشند، صرفه‌جویی کلی پس از تحلیل جداگانه هر کنتور و به صورت ترکیبی حاصل می‌شود. اگر هر کدام از داده‌های انرژی در دوره گزارش‌دهی در دسترس نباشد، می‌توان یک مدل ریاضی برای دوره گزارش‌دهی توسعه داد تا خروجی‌های مدل، جایگزین داده‌های مفقود شده گردند. ولی صرفه‌جویی‌های گزارش شده برای این دوره‌های خاص باید با عنوان صرفه‌جویی دوره‌های مفقود شده مشخص شود.

۴-۵-۳ موضوعات مربوط به صورتحساب انرژی

در گزینه C داده‌های انرژی غالباً از طریق قرائت مستقیم کنتورهای اصلی یا قبوض صادر شده توسط تامین‌کنندگان حامل‌های انرژی به دست می‌آیند. زمانی که قبوض حامل‌های انرژی به عنوان منبع داده‌ها استفاده می‌شوند، باید دانست که نیاز تامین‌کنندگان حامل‌های انرژی به قرائت منظم کنتورها معمولاً به اندازه نیاز فرآیند M&V نیست. گاهی اوقات قبوض انرژی به خصوص برای اشتراک‌های کوچک، داده‌های برآورد شده هستند و تشخیص این که

داده‌های موجود در قبوض انرژی از طریق قرائت مستقیم به دست آمده‌اند یا مقادیر برآورد شده هستند، امکانپذیر نمی‌باشد. قرائت‌های برآورد شده کنتور که گزارش نشده‌اند، خطاهای نامعلومی را برای داده‌های ماه‌های برآورد شده و برای ماه‌های بعدی به وجود خواهد آورد. اما اولین صورتحساب با قرائت واقعی بعد از یک یا چند برآورد، می‌تواند خطاهای قبلی مقادیر انرژی را تصحیح کند. اگر برخی از داده‌های تامین‌کنندگان حامل‌های انرژی نتایج حاصل از برآوردها هستند، این موضوع می‌بایست در گزارش‌های صرفه‌جویی قید گردد. در صورتی که شرکت توزیع برق به جای قرائت یک کنتور، آن را برآورد کند داده‌های معتبری برای دیماندر برق آن دوره وجود نخواهد داشت. انرژی ممکن است به طور غیر مستقیم و از طریق تجهیزات ذخیره‌سازی موجود در تاسیسات، مانند زغال سنگ، نفت، پروپان و ... تامین گردد. در این مواقع، صورتحساب‌های تحویل حامل انرژی موردنظر در دوره‌های مختلف، مصرف واقعی تاسیسات را بین آن دوره‌ها نشان نمی‌دهد. در حالت ایده‌آل یک کنتور در پایین دست مخزن ذخیره، می‌تواند مصرف حامل انرژی را اندازه‌گیری نماید. اما در صورتی که کنتور در پایین دست مخزن موجود نباشد، می‌بایست تصحیحات میزان موجودی حامل انرژی برای هر دوره، مکمل صورتحساب‌ها باشد.

۴-۵-۴ متغیرهای مستقل

مرسوم‌ترین متغیرهای مستقل عبارتند از: آب و هوا، نرخ تولید و میزان اشغال فضاها. آب و هوا دارای جنبه‌های مختلفی است، اما در حالت تحلیل کل تاسیسات، منظور از آب و هوا غالباً دمای حباب خشک فضای بیرون است. همچنین تولید نیز دارای ابعاد مختلفی بوده که به طبیعت فرآیند صنعتی وابسته است. نرخ تولید معمولاً در قالب واحدهای گرمی یا حجمی برای هر محصول بیان می‌شود. میزان اشغال فضاها نیز از روش‌های مختلفی تعریف می‌شود. مانند اشغال اتاق‌های هتل، ساعت‌های اشغال ساختمان های اداری، روزهای اشغال شده (روزهای کاری یا تعطیلات آخر هفته) یا فروش تعداد پرس‌های غذای یک رستوران.

در صورتی که متغیرهای مستقل دوره‌های باشند، می‌توان آنها را با استفاده از مدل‌های ریاضی ارزیابی نمود. تحلیل رگرسیون و انواع

مختلفی از مدل‌های ریاضی می‌توانند جهت تعیین تعداد متغیرهای مستقل در داده‌های دوره خط مبنا، مورد استفاده قرار گیرند. مطابق با روابط ذیل، پارامترهایی که دارای اثرات بارز بر مصرف انرژی خط مبنا هستند، می‌بایست در تصحیحات معمول مدنظر قرار گیرند.

تصحیحات غیرمعمول \pm تصحیحات معمول \pm (مصرف انرژی گزارش‌دهی - مصرف انرژی خط مبنا) = میزان صرفه‌جویی‌ها

تصحیحات غیرمعمول بر اساس شرایط دوره گزارش‌دهی \pm (مصرف انرژی گزارش‌دهی - مصرف انرژی خط مبنا تصحیح شده) = مصرف انرژی اجتناب شده

تصحیحات غیرمعمول بر اساس شرایط ثابت \pm تصحیحات معمول بر اساس شرایط ثابت مصرف انرژی خط مبنا) = مصرف انرژی نرمال شده

متغیرهای مستقل می‌بایست همزمان و منطبق با دوره‌های برداشت داده‌های انرژی، اندازه‌گیری و ثبت شوند.

۴-۵-۵- مدل‌های ریاضی و محاسباتی

در گزینه C، تصحیحات معمول در معادله زیر با استفاده از توسعه یک مدل ریاضی معتبر برای الگوی مصرف انرژی هر یک از کنتورها محاسبه می‌گردد.

تصحیحات غیرمعمول \pm تصحیحات معمول \pm (مصرف انرژی گزارش‌دهی - مصرف انرژی خط مبنا) = میزان صرفه‌جویی‌ها

مدل موردنظر ممکن است به سادگی یک لیست منظم از میزان مصرف انرژی ۱۲ ماه یک سال بدون هیچ تصحیحاتی باشد. ولی یک مدل معمولاً شامل ضرایبی است که از تحلیل رگرسیون به دست می‌آیند و مصرف انرژی را با یک یا چند متغیر مستقل مانند دمای محیط بیرون، روزدرجه، طول دوره اندازه‌گیری، نرخ تولید، سطح اشغال فضاها یا ... مرتبط می‌سازد. همچنین مدل‌ها می‌توانند شامل مجموعه مختلفی از پارامترهای رگرسیون برای دامنه تغییرات مختلف، مانند تابستان یا زمستان در ساختمان‌ها با تغییرات فصلی مصرف انرژی باشند.

در گزینه C می‌بایست از داده‌های پیوسته یک یا چند سال کامل (مانند ۱۲، ۲۴ یا ۳۶ ماه) در طول دوره خط مبنا و داده‌های پیوسته در طول دوره گزارش‌دهی استفاده کرد. برای داده‌های با فاصله زمانی کوتاه مدت، ممکن است از اطلاعات ماه‌های کمتری استفاده شود، هر چند باید اطمینان حاصل گردد که دامنه داده‌ها نمونه درستی از کل سال خط مبنا باشد. مدل‌هایی که تعداد ماه‌های دیگری (مثلاً ۹، ۱۰، ۱۳ یا ۱۸ ماه) را مورد استفاده قرار می‌دهند ممکن است در حالت فراتر یا کمتر از موده‌های عملیاتی غیرمعمول سیستم، باعث پدید آمدن بایاس آماری (جهت‌گیری آماری) شوند.

داده‌های اندازه‌گیری شده در کل تاسیسات می‌توانند به صورت ساعتی، روزانه یا ماهانه باشند و ممکن است در بازه‌های زمانی طولانی‌تر مانند روزانه ترکیب شوند تا بدون افزایش بارز عدم قطعیت صرفه‌جویی‌های محاسبه شده، تعداد متغیرهای مستقل موردنیاز برای ایجاد مدل منطقی خط مبنا را محدود نمایند. زمانی که صرفه‌جویی تقاضا صحت‌گذاری می‌شود، ممکن است استفاده از داده‌های چند روز گذشته و مشابه با شرایط آب و هوایی در هنگام توسعه مدل، کافی باشد. مدل‌های ریاضی متنوعی برای بکارگیری در گزینه C وجود دارد. برای انتخاب مناسب‌ترین این مدل‌ها برای پروژه موردنظر، شاخصهای ارزیابی آماری مانند ضریب تغییر خطای جذر میانگین مربعات ($CV\{RMSE\}$)، خطای متوسط بایاس (MBE) و ... استفاده کرد.

۴-۵-۶ اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری‌های مصرف انرژی کل تاسیسات می‌توان از کنتورهای تامین کنندگان حامل‌های انرژی استفاده کرد. داده‌های این کنتورها جهت تعیین میزان صرفه‌جویی محقق شده، ۱۰۰ درصد صحیح در نظر گرفته میشود. چرا که این داده‌ها میزان بازپرداخت صرفه‌جویی مصرف انرژی را تعیین می‌کنند. کنتورهای تامین کنندگان حامل‌های انرژی ممکن است طوری اصلاح یا تجهیز شوند که قادر باشند یک پالس الکتریکی خروجی ایجاد کنند تا توسط تجهیزات پایش تاسیسات ثبت شود. ثابت «انرژی در پالس» فرستنده پالس‌ها می‌بایست توسط یک مرجع معتبر و شناخته شده، مانند داده‌های مشابه ثبت شده توسط کنتورهای تامین کنندگان

حامل‌های انرژی، کالیبره شود.

کنتورهای جداگانه‌ای که توسط مالک نصب می‌شوند می‌توانند مصرف انرژی کل تاسیسات را اندازه‌گیری نمایند. صحت این کنتورها به همراه روش مقایسه قرائت‌های آن با قرائت‌های کنتورهای اصلی، باید در طرح M&V در نظر گرفته شود.

۴-۵-۷- هزینه

هزینه‌ها در گزینه C به منبع داده‌های انرژی و سطح دشواری پایش عوامل ثابت درون مرز اندازه‌گیری برای ایجاد امکان انجام تصحیحات غیرمعمول در طول دوره گزارش‌دهی وابسته است. داده‌های کننتور اصلی یا یک کننتور فرعی زمانی مفید است که به درستی ثبت و ذخیره شوند. این انتخاب نیازی به هزینه اضافی جهت اندازه‌گیری نخواهد داشت. هزینه پایش تغییرات پارامترهای ثابت به عواملی مانند ابعاد تاسیسات، احتمال تغییر عامل ثابت، سطح دشواری پایش تغییرات موردنظر و روشهای نظارتی موجود در محل بستگی دارد.

۴-۵-۸- بهترین کاربردها

بهترین کاربردهای گزینه C در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

ارزیابی عملکرد انرژی کل تاسیسات موردنظر باشد، نه فقط راهکارهای صرفه‌جویی انرژی.

- انواع مختلفی از راهکارهای صرفه‌جویی انرژی در تاسیسات اجرا شده باشند.
- راهکارهای صرفه‌جویی انرژی شامل اقداماتی باشند که اندازه‌گیری مصرف انرژی هر یک از آنها به طور مجزا، مشکل باشد.
- میزان صرفه‌جویی‌های محقق شده در مقایسه با تغییرات در داده‌های دوره خط مبنا و گزارش‌دهی زیاد باشد.
- روش‌های جداسازی اصلاح (گزینه‌های A یا B) بسیار پیچیده و هزینه‌بر باشد.
- ایجاد تغییرات بارز درون تاسیسات در طول دوره گزارش‌دهی، مورد انتظار نباشد.
- ایجاد یک سیستم پایش عوامل ثابت جهت اعمال تصحیحات غیرمعمول در آینده، امکان‌پذیر باشد.
- ارتباط منطقی میان مصرف انرژی و متغیرهای مستقل وجود داشته باشد.

۴-۶-۲- D: شبیه سازی کالیبره شده

۴-۶-۱- مفاهیم کلی

گزینه D تحت عنوان «شبیه سازی کالیبره شده» عبارتست از بکارگیری نرم افزار شبیه ساز انرژی جهت پیش بینی مصرف انرژی تاسیسات در زمانی که خط مبنا وجود نداشته باشد. زمانی که داده های اندازه گیری شده برای دوره خط مبنا یا شرایط موجود در دسترس باشد، مدل شبیه سازی شده می بایست طوری کالیبره شود که قادر باشد مصرف انرژی و الگوی بار را تا حدی که با داده های واقعی منطبق باشد، پیش بینی کند. گزینه D مانند گزینه C، می تواند جهت ارزیابی عملکرد تمامی راهکارهای صرفه جویی انرژی در کل ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. هر چند مدل شبیه سازی کل ساختمان، می تواند صرفه جویی های مربوط به هر راهکار را در یک مجموعه کامل از انواع راهکارها، برآورد کند. این گزینه ممکن است مانند گزینه های A یا B فقط برای ارزیابی عملکرد سیستم های مجزا در یک تاسیسات استفاده شود. در این راستا می بایست مصرف انرژی سیستم با استفاده از کنتورهای مناسب، از مصرف انرژی سایر تاسیسات جدا شود و داده های این کنتورها جهت کالیبراسیون مدل شبیه سازی شده، مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-۶-۲- انواع برنامه های شبیه سازی

برنامه های شبیه سازی انرژی ساختمان معمولاً از روش های محاسبه ساعتی استفاده می کنند. پیشنهاد می گردد از نرم افزارهای شبیه سازی انرژی ساختمان که به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته و توسط استاندارد ASHRAE 140 ارزیابی شده اند استفاده گردد. در صورتی که روش ها و الگوریتم های حاکم بر محاسبات شفاف و مستند باشد، می توان از نرم افزارهای شبیه سازی اختصاصی نیز استفاده کرد. در هر صورت ممکن است برای شبیه سازی مصرف انرژی به همراه عملکرد تجهیزات یا فرآیندهای صنعتی، از انواع دیگر برنامه های شبیه سازی اختصاصی استفاده شود. هر نرم افزاری که جهت شبیه سازی مورد استفاده قرار می گیرد، می بایست توسط کاربر به خوبی درک شود و قابلیت شبیه سازی انواع کاربری ها و فضاها را بر اساس ماهیت راهکار

صرفه‌جویی انرژی داشته باشد. با توجه به تنوع زیاد نرم افزارهای شبیه‌سازی موجود بهتر است قبل از انجام تجزیه و تحلیل‌ها، موافقت مالک یا مدیر پروژه با نرم‌افزار منتخب اخذ گردد.

۴-۶-۳- کالیبراسیون

میزان صرفه‌جویی‌ها در گزینه D، بر مبنای استفاده از مدل‌های فیزیکی و روش‌های حل عددی جهت پیش‌بینی مصرف انرژی در ساختمان، تعیین می‌گردند. دقت این صرفه‌جویی‌ها به عواملی همچون تخصص کاربر، توانمندی مدل، سطح کالیبراسیون و... بستگی دارد.

پس از انجام کالیبراسیون، مدل شبیه‌سازی شده باید بتواند الگوی بار و مصرف انرژی تاسیسات یا سیستم را به طور منطقی و مناسب پیش‌بینی کند. این موضوع به وسیله مقایسه نتایج مدل با داده‌های عملکردی اندازه‌گیری شده، متغیرهای مستقل و عوامل ثابت ارزیابی می‌شود.

معمولاً کالیبراسیون شبیه‌سازی کل ساختمان با استفاده از قبوض انرژی ۱۲ ماه متوالی و در یک دوره عملکردی پایدار انجام می‌گیرد. برای یک ساختمان نوساز، این موضوع پس از گذشت چند ماه از استقرار ساکنین و پایداری کامل عملکرد ساختمان، صورت می‌پذیرد. دوره زمانی انجام کالیبراسیون و داده‌های مربوط به آن می‌بایست در طرح M&V مستندسازی شوند.

داده‌های کالیبراسیون ممکن است شامل ویژگی‌های عملیاتی، میزان اشغال فضاها، آب و هوا، بارها و بازده تجهیزات باشد. پارامترها می‌بایست در بازه‌های زمانی مناسب روزانه، هفتگی، ماهانه یا بر اساس گزارش‌های عملیاتی موجود و روند داده‌ها اندازه‌گیری شوند. برای اندازه‌گیری‌های حساس میزان دقت کنتورها می‌بایست صحت‌گذاری شود. همچنین در صورت امکان سایر متغیرها و پارامترهای موثر مانند تهویه و نرخ نفوذ هوا در ساختمان، اندازه‌گیری شوند. سطح کالیبراسیون نیز باید در طرح M&V درج شده تا سطح اقدامات و دقت بکار گرفته شده در پروژه را منعکس کند.

پس از گردآوری داده‌های کالیبراسیون، مراحل انجام کالیبراسیون شبیه‌سازی انجام شده به شرح ذیل خواهد بود:

مرحله	تعریف
۱	فرض کردن سایر پارامترهای ضروری ورودی؛ مستندسازی منابع و مقادیر آنها
۲	در صورت امکان، جمع‌آوری داده‌های واقعی آب و هوا از دوره انجام کالیبراسیون، به خصوص اگر شرایط آب و هوایی نسبت به شرایط سال استاندارد که در شبیه‌سازی‌ها استفاده شده، تغییرات بارزی داشته باشد. استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری شبیه‌ساز موجود جهت ایجاد فایل داده‌های آب و هوایی واقعی یا تصحیح فایل استاندارد و نمایش مناسب شرایط واقعی
۳	اجرای شبیه‌سازی و صحت‌گذاری صحت پیش‌بینی بارها و دمای تنظیم مناطق مختلف (مانند رطوبت و دما)
۴	مقایسه نتایج شبیه‌سازی انرژی با داده‌های اندازه‌گیری شده در دوره کالیبراسیون به صورت ساعتی یا ماهانه
۵	مقایسه نتایج با داده‌های جزئیات عملیات سیستم و عملکرد اندازه‌گیری شده به منظور حصول اطمینان از این که این نتایج عملکرد واقعی سیستم یا تاسیسات را نشان می‌دهند یا خیر.
۶	ارزیابی میزان سازگاری در شکل‌های بار و دیگر الگوهای مصرف انرژی بین نتایج شبیه‌سازی و داده‌های کالیبراسیون. استفاده از نمودارهای میله‌ای، نمودارهای سری زمانی درصد اختلاف ماهانه و نمودارهای نقاط پراکنده ماهیانه به شناسایی خطاها و اختلافات کمک می‌کند.
۷	اصلاح داده‌های ورودی که از مرحله ۱ به دست آمده‌اند. تکرار مراحل ۳ تا ۵ تا زمانی که نتایج پیش‌بینی شده در محدوده مشخصات کالیبراسیون قرار گیرد. در صورت نیاز، داده‌های عملیاتی بیشتری از تاسیسات جمع‌آوری شود.
۸	ایجاد مدل شبیه‌سازی و کالیبراسیون آن، فرآیند زمان‌بری است. استفاده از داده‌های انرژی ماهانه به جای داده‌های ساعتی جهت محدود نمودن اقدامات لازم برای انجام کالیبراسیون، توصیه می‌گردد. در صورتی که شبیه‌سازی برای تعیین صرفه‌جویی‌ها در سطح راهکار صرفه‌جویی انرژی به کار گرفته شود، انجام کالیبراسیون مصرف‌کننده‌های نهایی عمده، سیستم‌ها و تجهیزات متاثر از اجرای راهکار موردنظر با استفاده از داده‌های ساعتی یا روزانه پیشنهاد می‌گردد.

* نکته: مدلسازی کامپیوتری و کالیبراسیون دقیق آن، چالش‌های بزرگی هستند که در هنگام استفاده از گزینه D با آن مواجه خواهیم بود.

به منظور برقراری تعادل میان هزینه‌ها و سطح دقت، توجه به نکات زیر ضروری است:

- تحلیل شبیه‌سازی می‌بایست توسط افراد متخصص و آموزش دیده ای که دارای تجربه کافی در زمینه کار با نرم افزارهای مربوطه و فنون کالیبراسیون، انجام شود.
- داده‌های حاصل از ممیزی و پایش و تمامی مفروضات ثبت شوند تا برای مشخص نمودن مقادیر ورودی مورد استفاده قرار گیرند. مدل شبیه‌سازی کالیبره شده، می‌بایست به صورت اسناد الکترونیکی و کاغذی مستندسازی و ذخیره شود. همچنین مشخصات دقیق نرم افزار شبیه‌سازی به منظور پشتیبانی از بازرسی‌های تضمین کیفیت، ثبت و ذخیره شود.
- تغییرات ویژه ایجاد شده در مدل شبیه‌سازی شده مستندسازی گردد تا اثرات هر یک از راهکارهای صرفه‌جویی انرژی را نشان دهد.
- برای ساختمان‌هایی که تازه ساخته می‌شوند، می‌توان مدل ساز انرژی ساختمان که مدل حین ساخت (as-designed) را ایجاد کرده حفظ نمود تا به منظور ایجاد مدل کالیبره شده پس از ساخت (as-built) و مدل خط مبنای تصحیح شده مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۶-۴- محاسبات

میزان صرفه‌جویی‌ها را می‌توان با استفاده از نتایج شبیه‌سازی کالیبره شده که نشانگر مصرف انرژی در دوره خط مبنا و گزارش‌دهی است، محاسبه کرد. در صورتی که دوره خط مبنا وجود نداشته باشد (مانند ساختمان جدید)، مدل کالیبره‌شده دوره گزارش‌دهی می‌تواند برای توسعه مدل خط مبنا مورد استفاده قرار گیرد. اگر دوره خط مبنا وجود داشته باشد، یک مدل کالیبره شده که نشانگر شرایط فعلی ساختمان باشد، می‌تواند برای پیش‌بینی تأثیرات راهکارهای صرفه‌جویی انرژی توسعه داده شود.

پس از نصب تجهیزات راهکار موردنظر، مصرف انرژی دوره گزارش‌دهی به منظور کالیبراسیون مدل اولیه خط مبنا با راهکارهای صرفه‌جویی انرژی پیش‌بینی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد تا مدل دوره گزارش‌دهی توسعه یابد. پس از یک مرتبه انجام کالیبراسیون، راهکار صرفه‌جویی انرژی از مدل حذف می‌شود تا مدل خط مبنا ایجاد گردد.

مدل بیانگر ساختمان موجود بر اساس شرایط دوره گزارش‌دهی است. در صورتی که محاسبه صرفه‌جویی‌ها بر اساس شرایط نرمال موردنظر باشد، مدل کالیبره شده دوره گزارش‌دهی می‌بایست به منظور نشان دادن شرایط نرمال (مانند شرایط آب و هوایی نرمال و سایر متغیرهای مستقل نرمال) تصحیح شود و پس از آن راهکارهای صرفه‌جویی انرژی موردنظر حذف می‌گردند تا در نهایت مدل خط مبنا ایجاد شود.

برای پروژه‌هایی با مدل خط مبنای فرضی، مدل خط مبنا برای M&V می‌بایست همانطور که در بالا ذکر شد با استفاده از مدل کالیبره شده دوره گزارش‌دهی با حذف راهکارهای صرفه‌جویی انرژی توسعه داده شود. در هر صورت، هم مدل و هم داده‌های انرژی اندازه‌گیری شده می‌بایست مانند گزینه C تحت شرایط عملیاتی یکسان قرار داشته باشند.

میزان صرفه‌جویی‌ها بر اساس گزینه D می‌تواند با استفاده از دو نوع از معادلات صرفه‌جویی برآورد شود. هر دو نوع از معادلات بر این فرض استوارند که خطای کالیبراسیون به طور یکسانی مدل دوره خط مبنا و دوره گزارش‌دهی را تحت تاثیر قرار می‌دهند و میزان صرفه‌جویی یکسانی برای هر مجموعه از داده‌ها و شبیه‌سازی‌ها توسط این دو معادله حاصل خواهد شد.

{انرژی دوره گزارش‌دهی بر اساس مدل کالیبره شده (با راهکارهای صرفه‌جویی انرژی)} -
- {انرژی خط مبنا بر اساس مدل کالیبره شده (بدون راهکارهای صرفه‌جویی انرژی)} =

صرفه‌جویی‌ها

یکی از مقادیر انرژی معادله فوق می‌تواند با میزان واقعی انرژی اندازه‌گیری شده جایگزین شود. اگر چه محاسبات می‌بایست برای در نظر گرفتن خطای کالیبراسیون در هر ماه از دوره کالیبراسیون، بر اساس معادله ذیل تصحیح گردد.

خطای کالیبراسیون در قرائت کالیبراسیون مربوطه \pm انرژی واقعی دوره گزارش‌دهی - {انرژی خط مبنا بر اساس مدل کالیبره شده (بدون راهکارهای صرفه‌جویی انرژی)} = صرفه‌جویی

۴-۶-۵- گزارش‌دهی مستمر صرفه‌جویی‌ها

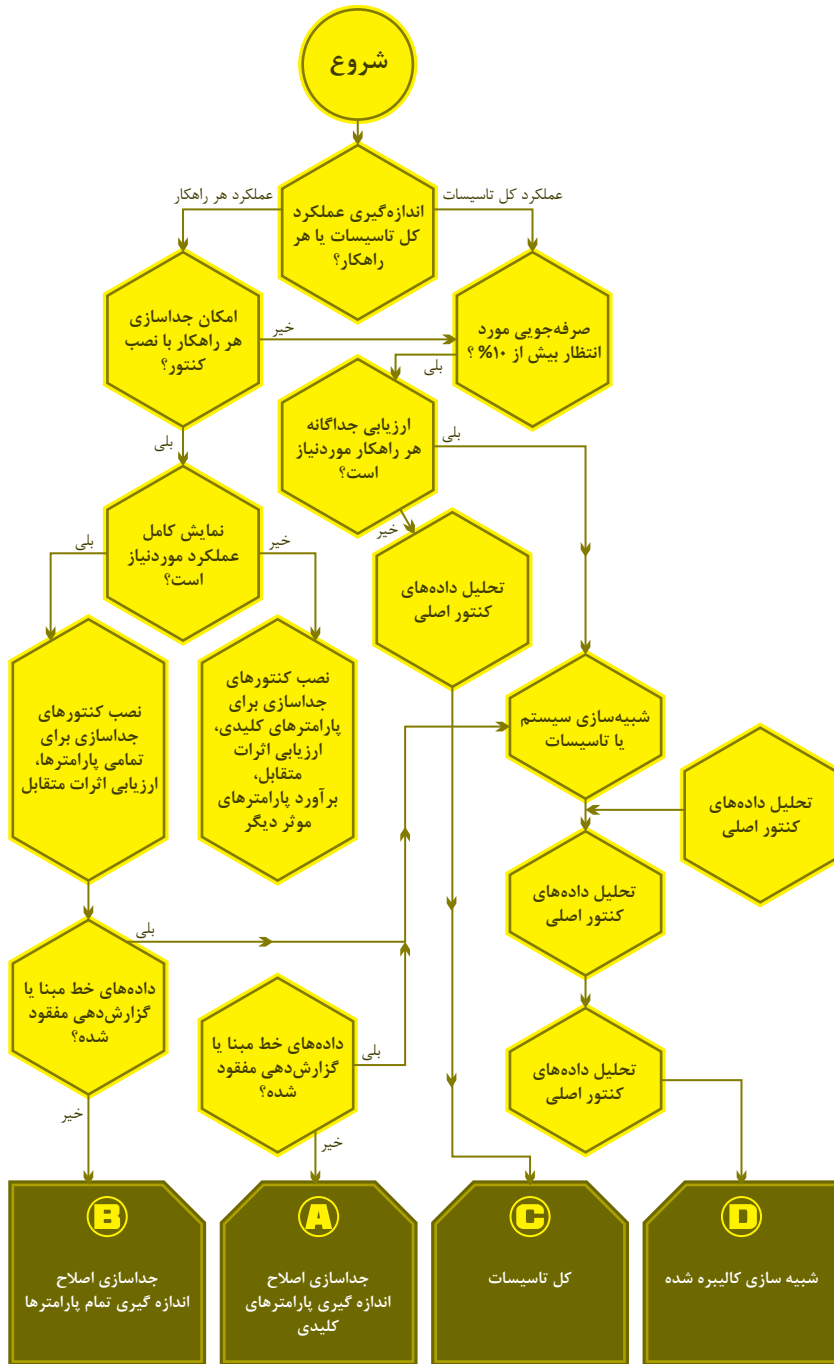
در صورتی که ارزیابی عملکرد چند ساله موردنیاز باشد، مدل می‌بایست در هر سال از دوره گزارش‌دهی مجدداً کالیبره شود. به عنوان یک جایگزین، گزینه D می‌تواند برای سال اول بعد از اجرای راهکار صرفه

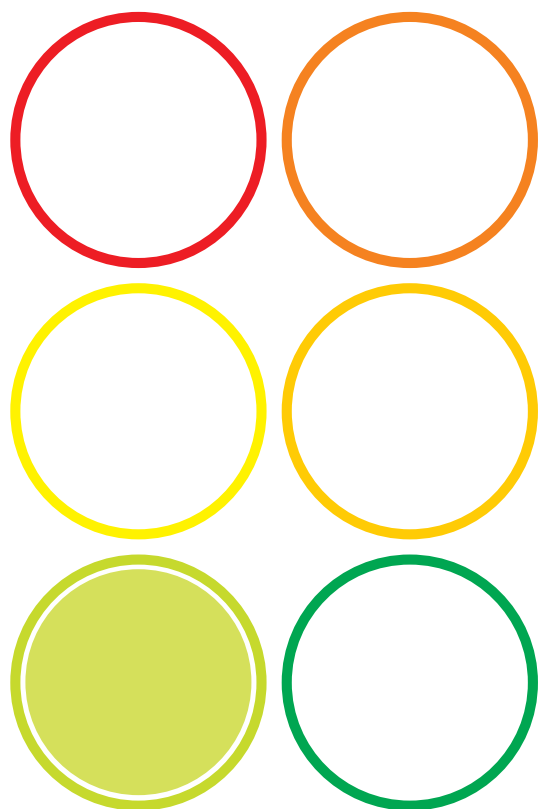
جویی انرژی استفاده شود و در سال‌های بعد گزینه C، به طوری که دوره خط مبنا بر اساس داده‌های عملیاتی پایدار اندازه‌گیری شده سال اول دوره گزارش دهی ایجاد گردد، به کار رود. در این حالت گزینه C برای ردیابی تداوم تحقق صرفه‌جویی‌ها در سال‌های پس از اجرای راهکار استفاده می‌شود.

۴-۶-۶- بهترین کاربردها:

گزینه D غالباً زمانی استفاده می‌شود که استفاده از سایر گزینه‌ها توجیه‌پذیر نباشد. این گزینه در موارد زیر بهترین کاربرد را دارد:

- داده‌های انرژی خط مبنا در دسترس نبوده یا قابل اعتماد نباشد. مانند:
 - ساختمان‌های جدید
 - توسعه تاسیسات نیازمند ارزیابی جداگانه آن از بقیه بخش‌های تاسیسات باشد.
 - بخشی از تاسیسات که دارای کنتور مرکزی است و در دوره خط مبنا برای آن هیچ کنتور جداگانه‌ای وجود ندارد، اما بعد از اجرای راهکار صرفه‌جویی انرژی کنتورهای مجزا نصب شده و موجود باشند.
 - تعداد راهکارهای صرفه‌جویی انرژی اجرا شده جهت ارزیابی با استفاده از گزینه‌های A یا B زیاد باشد.
 - عملکرد هر یک از راهکارها به تنهایی در یک پروژه شامل چند راهکار مختلف برآورد خواهد شد، ولی هزینه گزینه‌های A یا B زیاد باشد.
 - اثرات متقابل راهکارهای صرفه‌جویی انرژی بسیار پیچیده بوده، به طوری که روش‌های جداسازی مبتنی بر گزینه‌های A یا B غیرعملی و ناممکن باشد.
- با توجه به مطالب بیان شده در این فصل، شکل ۲ چگونگی انتخاب گزینه صحیح جهت محاسبه صرفه‌جویی و استفاده در طرح M&V را به طور خلاصه و در قالب یک الگوریتم مشخص نشان می‌دهد.





فصل ۵

گزارش‌ها و طرح M&V منطبق با IPMVP

در این بخش الزامات موردنیاز جهت توسعه و اجرای یک طرح M&V و گزارش های مربوط به آن ارائه می گردد.

۵-۱- طرح انطباق با IPMVP

یک طرح M&V منطبق با پروتکل، می بایست با تمام ۱۴ معیاری که در ادامه ذکر شده است، سازگار باشد. الزامات دیگری که علاوه بر این موارد می بایست برای استفاده از گزینه های A و D رعایت شود، پس از ذکر ۱۴ معیار اصلی، ارائه خواهند شد.

یکی از مولفه های اصلی انطباق با پروتکل، توسعه یک طرح M&V کاملاً روشن و شفاف برای پروژه موردنظر بوده که تمامی اندازه گیری ها و داده های جمع آوری شده، روش های تجزیه و تحلیل و فعالیت های صحت گذاری که جهت ارزیابی عملکرد یک اقدام یا پروژه انجام می شود را تشریح می نماید. یک طرح M&V منطبق با پروتکل، کمک می کند تا از تحقق حداکثر پتانسیل پروژه اطمینان حاصل شده و میزان صرفه جویی ها با قطعیت کافی صحت گذاری گردد. در قراردادهای مبتنی بر عملکرد، طرح M&V نحوه صحت گذاری میزان صرفه جویی ها را تعیین می کند تا بر اساس آن تحقق یا عدم تحقق میزان صرفه جویی تضمین شده در قرارداد مشخص گردد و پرداخت های متناظر با

آن مورد تأیید قرار گیرد. در این نوع از قراردادها، می‌بایست یک طرح M&V منطبق با پروتکل تهیه شده و به عنوان بخشی از قرارداد نهایی و قبل از نصب تجهیزات مربوط به راهکار صرفه جویی انرژی، تصویب و به امضا برسد.

اساسی‌ترین الزامات جهت ایجاد انطباق میان طرح M&V و پروتکل، به شرح ذیل است.

۵-۱-۱- نمای کلی از تاسیسات و پروژه

طرح M&V باید یک شرح کلی از تاسیسات و پروژه پیشنهادی را به همراه فهرستی از تمامی اقداماتی که به عنوان بخشی از پروژه تلقی می‌شوند را ارائه دهد. این بخش همچنین باید شامل مواردی از قبیل گزارش‌های ممیزی انرژی یا سایر تحلیل‌هایی که برای محدوده پروژه استفاده می‌شود، باشد.

۵-۱-۲- اهداف راهکار صرفه جویی انرژی

این بخش از طرح M&V می‌بایست یک درک کامل و روشن از اهداف و مقاصد اقدامات موردنظر را ارائه دهد. این بخش حداقل باید شامل موارد ذیل باشد:

- شرح کلی اقدامات
- چگونه اقدامات انجام شده موجب صرفه جویی انرژی می‌شود؟ (مانند افزایش راندمان تجهیزات، کاهش ساعات عملکردی و ...)
- فهرست تجهیزات متأثر از اجرای راهکار
- میزان صرفه جویی مورد انتظار

۵-۱-۳- گزینه IPMVP انتخاب شده و مرز اندازه گیری

در این بخش از طرح M&V می‌بایست گزینه منتخب IPMVP جهت ارزیابی صرفه جویی‌ها و مرز اندازه‌گیری موردنظر مشخص شوند. مرز اندازه‌گیری ممکن است به کوچکی جریان انرژی در یک لوله یا سیم بوده یا به وسعت در نظر گرفتن میزان مصرف کل انرژی تاسیسات متعددی باشد. همچنین در این بخش ماهیت اثرات متقابلی که خارج

از مرز اندازه‌گیری وجود داشته و ممکن است بر روی میزان صرفه جویی‌ها اثر گذار باشد، تشریح می‌گردد و نحوه کمی‌سازی و محاسبه آنها به همراه تصحیحات مناسب را نیز شامل می‌شود.

۵-۱-۴- خط مبنا: دوره، کاربرد و شرایط آن

در این بخش از طرح M&V میزان مصارف انرژی دوره خط مبنای تاسیسات یا سیستم‌ها همراه با پارامترهای تأثیرگذار مربوطه در هر یک از مرزهای اندازه‌گیری، ثبت و مستندسازی می‌شود. اطلاعات دوره خط مبنا می‌بایست مستند و از صحت و دقت کافی برخوردار باشد. این اطلاعات ممکن است از منابع مختلفی مانند اندازه‌گیری‌های کوتاه مدت، اندازه‌گیری‌های لحظه‌ای یا مشخصات فنی تولیدکننده محصول به دست آیند. وسعت این اطلاعات، بر اساس گزینه منتخب از پروتکل، مرز اندازه‌گیری تعیین شده یا دامنه تعیین صرفه جویی‌ها مشخص می‌شود. مستندات دوره خط مبنا می‌بایست شامل اطلاعات ذیل باشد:

تعیین دوره خط مبنا

یک دوره زمانی است که شرایط خط مبنای سیستم یا تاسیسات مورد ارزیابی و مستندسازی قرار می‌گیرد. دوره خط مبنا اغلب به صورت سالانه در نظر گرفته می‌شود، اما بر اساس شرایط خاص هر طرح M&V می‌تواند متفاوت باشد.

اطلاعات مصرف حامل‌های انرژی خط مبنا

مصرف انرژی خط مبنا در صورتی که گزینه C مدنظر باشد، اطلاعات قبوض انرژی خواهد بود. در صورتی که از گزینه‌های A یا B استفاده شده باشد، مصرف انرژی خط مبنا از اندازه‌گیری‌های کوتاه مدت در بازه‌های زمانی مختلف یا اندازه‌گیری‌های لحظه‌ای به دست می‌آید. این اطلاعات می‌تواند برای برون‌یابی‌های لازم در طول دوره خط مبنا مورد استفاده قرار گرفته و روند این تحلیل‌ها در این بخش ذکر گردد. در حقیقت این اطلاعات به عنوان اطلاعات متغیر وابسته تلقی می‌گردد (مانند مصرف گاز طبیعی در یک ساختمان).

اطلاعات متغیرهای اثرگذار بر مصرف انرژی

همزمان با ثبت اطلاعات مصرف انرژی در دوره خط مبنا، اطلاعات مربوط به متغیرهایی که بر مصرف انرژی اثرگذار هستند، می‌بایست برداشت و ثبت شود. متغیرهایی مانند نرخ تولید، دمای هوای محیط و... که متغیرهای موثر در میزان مصرف انرژی هستند، به صورت اندازه گیری‌های بلند مدت، کوتاه مدت یا نقطه‌ای برداشت می‌شوند. این متغیرها در حقیقت همان متغیرهای مستقل یا متغیرهای اثرگذار بر مصرف انرژی هستند.

شرایط عملیاتی

شرایط عملیاتی عمومی متناظر با متغیرهای وابسته و مستقل در خلال تعیین دوره زمانی خط مبنا تعریف می‌گردد. این شرایط عمومی (یا همان عوامل ثابت) ثابت فرض می‌شوند، ولی ممکن است دستخوش تغییراتی شوند که در آن صورت اعمال تصحیحات غیرمعمول مورد نیاز خواهد بود. مجموعه ای از عوامل ثابت در ادامه ذکر شده اند که البته تنها به این موارد محدود نمی‌گردد:

- نوع کاربری، ظرفیت سکونت و زمان کارکرد
- شرایط عملیاتی (مانند دمای ترموستات‌ها، سطح روشنایی، سطح تهویه فضاها) برای هر یک از بازه‌های زمانی دوره خط مبنا
- قطع کارکرد یا بروز اختلال در تجهیزات اساسی در طول دوره خط مبنا: در برخی حالات، سیستم یا تاسیسات موجود ممکن است قادر نباشد به درستی کار کند یا از قوانین تخطی کرده یا این که بازتاب درستی از شرایط واقعی دوره خط مبنا نداشته باشد. در این شرایط خط مبنا نیازمند تصحیحاتی است تا قادر باشد شرایط عملیاتی را پس از تعمیرات و بازگشت عملکرد سیستم به حالت عادی خود، به درستی نشان دهد.
- تصحیحات خط مبنا می‌بایست در نظر گرفته شود (مانند سیستمی که تهویه کافی برای آن تامین نمی‌شود). تغییرات سیستم ممکن است شامل تغییر در راندمان تجهیزات، ظرفیت، چرخه‌های عملیاتی یا هر گونه اقدامات دیگری که موجب تغییر در میزان مصرف انرژی می‌گردد، باشد.
- شناسایی تغییرات برنامه ریزی شده و اثرگذار بر خط مبنا

تغییرات برنامه ریزی شده ممکن است شامل مواردی از قبیل افزایش میزان اشغال فضاها، اضافه شدن شیفت کاری یا افزایش سطح روشنایی باشد.

۵-۱-۵- دوره گزارش دهی

دوره گزارش دهی یک بازه زمانی است که جهت ارزیابی و کمی سازی عملکرد راهکار صرفه جویی انرژی اجرا شده انتخاب می‌گردد. دوره گزارش دهی جهت ارزیابی پروژه، می‌بایست در طرح M&V به طور کامل مشخص شود. این دوره ممکن است یک دوره بسیار کوتاه پس از نصب تجهیزات باشد تا کارایی راهکار موردنظر را بسنجد و یا یک دوره بلند مدت که شامل دوره‌های زمانی یک یا چند ساله است باشد.

در حالتی که طول دوره گزارش دهی و دوره خط مبنا با یکدیگر برابر نیست، نحوه نرمال سازی دوره‌های زمانی می‌بایست به طور کامل توضیح داده شود تا بتوان مصرف انرژی دوره خط مبنا و گزارش دهی را به طور مساوی و قابل اعتماد مقایسه نمود.

در قراردادهای مبتنی بر عملکرد، دوره عملکرد سیستم به مدت زمان تضمین پروژه بستگی داشته و از دوره‌های گزارش دهی متعددی تشکیل شده است. پیمانکار موظف است تا عملکرد پروژه صرفه جویی انرژی را به طور منظم در طول دوره عملکردی سیستم، گزارش دهد.

۵-۱-۶- مبنای اعمال تصحیحات

شرایط عملیاتی که بر مصرف انرژی اثرگذار هستند ممکن است از دوره خط مبنا به دوره گزارش دهی دستخوش تغییراتی شوند. لذا اعمال تصحیحات جهت در نظر گرفتن تغییرات مذکور ضروری می‌باشد. طرح M&V می‌بایست تمامی جزئیات نحوه اعمال تصحیحات مصرف انرژی دوره‌های خط مبنا و گزارش دهی را جهت اجماع مقایسه‌های معتبر و محاسبات میزان صرفه جویی ارائه کند.

اعمال تصحیحات می‌تواند به صورت‌های زیر انجام شود:

- اعمال شرایط دوره گزارش دهی بر روی مصرف انرژی دوره خط مبنا
- اعمال شرایط دوره خط مبنا بر روی مصرف انرژی دوره گزارش دهی

• اعمال یک مجموعه شرایط استاندارد بر روی مصرف انرژی دوره خط مبنا و گزارش دهی شرایطی که مبنای اعمال تصحیحات قرار می گیرد بر این اساس که صرفه جویی ها به صورت صرفه جویی نرمال شده گزارش شده اند یا به صورت مصرف انرژی اجتناب شده، انتخاب می شوند. یکی دیگر از اصول اعمال تصحیحات، در نظر گرفتن مشکلات پدید آمده برای تجهیزات در دوره خط مبنا و مسائل مربوط به پیروی یا عدم پیروی از قوانین است که می بایست قبل از اجرای راهکار مورد توجه قرار گیرند. در این حالات خط مبنا ممکن است تصحیح گردد که در این صورت شرایط عملیاتی را پس از تعمیرات لازم و پیروی از قوانین موردنظر نشان خواهد داد. در صورتی که خط مبنا تصحیح گردد، می بایست الگوریتم دقیق نحوه اعمال این تصحیحات، متغیرها و تمامی مواردی که بر روی مصرف انرژی خط مبنا تاثیر می گذارند، در طرح M&V ذکر گردند. یکی دیگر از اصول اعمال تصحیحات، در نظر گرفتن عواملی است که تغییرات آنها در دوره گزارش دهی مورد انتظار نیست (عوامل ثابت). با این حال احتمال دارد که این عوامل ثابت در طول زمان دستخوش تغییراتی شوند. لذا اثرات این تغییرات به وسیله اعمال تصحیحات غیرمعمول بر روی مصرف انرژی لحاظ می شود. به عنوان مثال اضافه شدن یک شیفیت به کارگاه تولیدی یا افزایش ساعات عملیاتی که انتظار نمی رود مطابق با دوره خط مبنا، در دوره گزارش دهی تغییر کنند.

۵-۱-۷- روش انجام محاسبات و روند تحلیل ها

طرح M&V می بایست به طور کامل روش تحلیل داده ها، جزییات مدل و تمامی مفروضات را که جهت محاسبه میزان صرفه جویی انرژی در دوره گزارش دهی استفاده می شوند را تشریح کند. برای هر مدلی که مورد استفاده قرار می گیرد تمام متغیرهای مستقل، متغیرهای وابسته و سایر عوامل موثر بر مدلسازی می بایست تعریف و تعیین شوند. هم چنین تمام ضرایب، ثوابت، شاخص های آماری، سایر پارامترهای موجود در مدل و محدوده متغیرهای مستقل جهت معتبر بودن مدلها باید گزارش شوند.

۵-۱-۸- قیمت انرژی

طرح M&V می‌بایست قیمت و تعرفه حامل‌های انرژی که مبنای محاسبات سود ناشی از اجرای راهکار صرفه جویی انرژی است را تعیین کند. هم‌چنین می‌بایست مشخص شود که در صورت تغییر قیمت حامل‌های انرژی در طول عمر پروژه، ارزش پولی صرفه جویی‌های محقق شده با چه روندی تصحیح می‌گردد. این روند می‌بایست به طور شفاف تعریف شده و تمامی مفروضات و پارامترهای اثرگذار بر نتایج M&V اعم از نرخ تورم، میزان افزایش قیمت حامل‌های انرژی و ... را گزارش دهد.

۵-۱-۹- مشخصات کنتور

طرح M&V می‌بایست نقاط لازم جهت برداشت اطلاعات از کنتورها به صورت لحظه‌ای یا مستمر و استفاده از آنها برای محاسبه میزان صرفه جویی را مشخص نماید. برای کنتورهای غیر اصلی (که مصرف کلی یک حامل انرژی را اندازه‌گیری نمی‌کنند) موارد زیر باید تعیین شود:

- نوع، ساخت، مدل و مشخصات کنتور
- مشخصات مربوط به دقت و صحت کنتور
- پروتکل و دستورالعمل قرائت کنتور
- روش راه‌اندازی کنتور
- روند انجام کالیبراسیون کنتور
- روش مواجهه با داده‌های از دست رفته و انتقال داده‌ها

۵-۱-۱۰- مسئولیت‌های پایش

طرح M&V می‌بایست مسئولیت‌های مربوط به جمع‌آوری، تحلیل، ثبت و گزارش‌دهی اطلاعات را تعیین کند. مدیریت اطلاعات M&V باید به بخشی سپرده شود که کیفیت و صلاحیت لازم را جهت ارزیابی، مدیریت و ارائه مجموعه داده‌ها داشته باشد. مدیریت داده‌های تحت پایش باید شامل موارد ذیل باشد:

- داده‌های انرژی
- متغیرهای مستقل
- عوامل ثابت درون مرز اندازه‌گیری
- نتایج بازرسی‌های دوره‌ای

۵-۱-۱۱- صحت مورد انتظار

طرح M&V می‌بایست شامل ارزیابی صحت مورد انتظار جهت اندازه‌گیری، داده‌برداری، نمونه‌گیری و تجزیه و تحلیل داده‌ها باشد. این ارزیابی می‌بایست شامل اندازه‌های کیفی و اندازه‌های کمی قابل قبول بر اساس سطح عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها و تصحیحات باشد که در گزارش برنامه ریزی شده صرفه‌جویی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱-۱۲- بودجه

طرح M&V می‌بایست میزان بودجه و منابع مالی لازم جهت ارزیابی صرفه‌جویی‌ها و هزینه‌های اولیه و جاری ارزیابی و مستندسازی و گزارش‌دهی عملکرد سیستم را برای هر یک از دوره‌های گزارش‌دهی مشخص کند.

۵-۱-۱۳- قالب گزارش

طرح M&V می‌بایست نحوه گزارش و مستندسازی خروجی‌ها و نتایج را برای هر یک از دوره‌های گزارش‌دهی مشخص نماید.

۵-۱-۱۴- تضمین کیفیت

طرح M&V می‌بایست شامل دستورالعمل‌ها و فرآیندهای تضمین کیفیت جمع‌آوری اطلاعات، محاسبات، گزارش‌های صرفه‌جویی و تمامی مراحل میانی تهیه گزارش‌ها در دوره خط‌مبنا و دوره پس از اجرای راهکار باشد.

۵-۲- الزامات دیگر طرح M&V برای گزینه A

۵-۲-۱- توجیه برآوردها

طرح M&V می‌بایست به طور شفاف متغیرهای برآورد شده جهت محاسبه میزان صرفه‌جویی را مشخص کند. این بدان معناست که مقادیر واقعی این متغیرها و مستندات مربوط به نحوه برآورد آنها باید ذکر گردد. از اهمیت کلی این برآوردها تا میزان کل صرفه‌جویی مورد انتظار، می‌بایست بوسیله گزارش دادن محدوده صرفه‌جویی‌های ممکن و پارامترهای برآورد شده نشان داده شوند.

۵-۲-۲- بازرسی‌های دوره‌ای

طرح M&V می‌بایست روند بازرسی‌های دوره‌ای را که در دوره گزارش‌دهی انجام می‌شوند تا از کارکرد صحیح تجهیزات پروژه اطمینان حاصل شود را مشخص نماید.

۵-۳- الزامات دیگر طرح M&V برای گزینه D

۵-۳-۱- شناسایی نرم افزار

طرح M&V می‌بایست نام و تمام مشخصات مربوط به نرم افزار شبیه سازی جهت انجام محاسبات صرفه جویی را گزارش دهد.

۵-۳-۲- داده‌های ورودی و خروجی

طرح M&V می‌بایست یک نسخه از فایل‌های ورودی، فایل‌های خروجی، فایل‌های مربوط به آب و هوا و ... را که برای شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند را ارائه کند.

۵-۳-۳- داده‌های اندازه‌گیری شده

طرح M&V می‌بایست فرآیند برداشت تمامی داده‌های اندازه‌گیری شده را تشریح و مشخص کند که کدام یک از داده‌های ورودی با اندازه‌گیری و کدام یک به وسیله برآورد، به دست می‌آیند. داده‌های اندازه‌گیری شده واقعی می‌بایست گزارش شوند. هم چنین داده‌های خام، باید به طور کامل ذخیره شوند و در دسترس باشند. این داده‌ها ممکن است شامل داده‌های برداشتی در دوره‌های زمانی مختلف یا قبوض مربوط به مصرف حامل‌های انرژی باشد.

۵-۳-۴- کالیبراسیون

طرح M&V می‌بایست داده‌های انرژی و عملیاتی لازم جهت استفاده در فرآیند کالیبراسیون، شامل الزامات کالیبراسیون و دقت لازم جهت انطباق نتایج شبیه‌سازی با کالیبراسیون مدل با استفاده از داده‌های انرژی را، گزارش دهد. این داده‌ها ممکن است حداقل در بازه‌های ۱ ماهه (طول دوره مرسوم صدور قبوض انرژی) تا بازه‌های زمانی بزرگتری تهیه شوند.

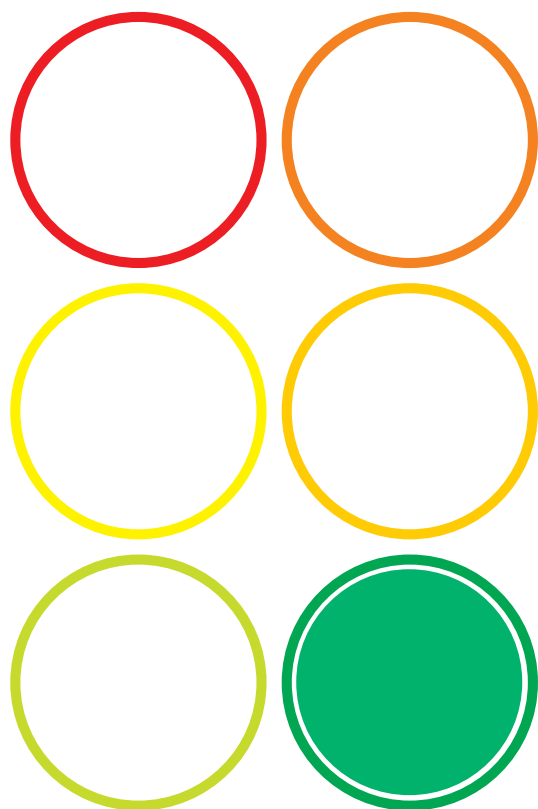
۵-۳-۵- تغییرات آینده

طرح M&V می‌بایست روش مورد استفاده جهت اعمال تصحیحات غیر معمول را تشریح نماید. بر اساس تصحیحات غیر معمول ممکن است مدل، نیازمند بازبینی باشد تا محاسبات مربوط به دوره خط مبنا و دوره پس از نصب و راه اندازی تجهیزات، مجدداً انجام پذیرد.

۵-۴- گزارش‌های M&V

گزارش‌های دوره‌ای M&V تهیه می‌شوند تا به عنوان یک ابزار کمک کنند تا عملکرد کلی راه‌کارها و پروژه انجام شده بر اساس روندی که در بخش‌های گذشته تشریح شد، مستندسازی شود. قالب و دوره‌های زمانی ارائه گزارش‌های M&V نیز باید در طرح مشخص شوند. یک گزارش M&V می‌بایست حداقل شامل موارد ذیل باشد:

- پیش زمینه پروژه
- شرح کلی راهکار صرفه جویی انرژی
- گزینه M&V انتخاب شده برای ارزیابی راهکار موردنظر
- زمان آغاز و پایان دوره گزارش دهی
- فعالیت‌های مربوط به M&V که در طول دوره گزارش دهی انجام شده است، شامل:
 - زمان آغاز و پایان دوره اندازه‌گیری
 - داده‌های مصرف انرژی
 - داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل و عوامل ثابت
 - شرح کلی اقدامات بازرسی انجام شده
 - محاسبات صرفه‌جویی تأیید شده و روش انجام آن
 - تشریح تمامی جزئیات مربوط به تحلیل داده‌ها و روش‌شناسی آن
 - ارائه فهرست بروزسانی شده از تمامی مفروضات و منابع مورد استفاده در محاسبات
 - ارائه جزئیات تمامی تصحیحات معمول و غیرمعمول مورد نیاز در دوره خط مبنا
 - ارائه جزئیات قیمت حامل‌های انرژی که جهت محاسبه صرفه‌جویی مورد استفاده قرار می‌گیرد
 - ارائه شفاف و روشن صرفه‌جویی‌های انرژی و هزینه محقق شده و مقایسه با مقادیر مورد انتظار و پیش بینی شده



فصل ۶

تبعیت از IPMVP

IPMVP چارچوبی از اصطلاحات و روش‌های مختلف، جهت ارزیابی مناسب صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آب ارائه می‌دهد. IPMVP به کاربر در توسعه و تهیه یک طرح M&V جامع و گزارش‌های مربوط به آن برای یک پروژه خاص کمک می‌کند. این پروتکل برای ایجاد حداکثر میزان انعطاف پذیری در تهیه و اجرای فرآیندهای M&V تدوین شده است که در عین حال، پایبند به اصولی از جمله دارا بودن دقت کافی، کامل بودن، محافظه کارانه بودن، سازگاری، مرتبط بودن و برخورداری از شفافیت لازم می‌باشد. طرح M&V یک فرآیندی را ارائه می‌دهد که با اجرای آن از تحقق میزان صرفه‌جویی موردنظر بر اساس روندهای ارائه شده در IPMVP، اطمینان حاصل می‌گردد. گام‌های مختلف یک فرآیند M&V مرسوم در جدول ذیل نشان داده شده است.

جدول ۲ - مرور کلی بر گزینه های IPMVP

۱	تخمینی از میزان صرفه جویی پروژه ارائه می گردد. این تخمین می تواند با استفاده از انجام ممیزی انرژی یا مطالعات فنی پروژه صورت پذیرد. تعیین میزان صرفه جویی مورد انتظار غالباً به جهت ارزیابی فنی و اقتصادی آن پروژه انجام می شود.
۲	طرح M&V جهت کنترل انطباق با روش ها، اصول و رویه های IPMVP مورد بررسی قرار می گیرد. این کار می بایست توسط شخص ثالث که یک ناظر متخصص و دارای گواهینامه معتبر در این زمینه می باشد انجام شود. (مانند گواهینامه CMVP)
۳	گزارش های صرفه جویی بر اساس اصولی که یک گزارش کامل باید داشته باشد، تهیه و ارائه می شود.
۴	گزارش های صرفه جویی جهت کنترل انطباق با روش ها، اصول و رویه های IPMVP و یک طرح M&V استاندارد، مورد بررسی قرار می گیرد.



شکل ۵ - فلوچارت فرآیند M&V به همراه اقدامات معمول منطبق بر پروتکل

کاربرهایی که انطباق با IPMVP را ادعا می‌کنند می‌بایست:

● فردی که مسئول تصویب و نهایی‌سازی طرح M&V مخصوص سایت و حصول اطمینان از پیاده‌سازی کامل طرح M&V در طول دوره گزارش دهی است را معرفی کنند.

● یک طرح M&V کامل تدوین کنند، به طوری که:

● تاریخ انتشار یا شماره نسخه ویرایش IPMVP و شماره جلدی که مطابق آن عمل شده است، به وضوح بیان گردد.

● از اصطلاحات هماهنگ با تعاریف ذکر شده در نسخه مربوطه IPMVP استفاده شود.

● در بردارنده تمام اطلاعات ذکر شده در فصل ۷ که مربوط به محتوای طرح M&V است، باشد.

● محتوای گزارش‌های صرفه جویی را تعریف کرده و دوره‌های زمانی لازم جهت ارائه این گزارش‌ها مشخص باشد.

● مورد توافق تمامی ذینفعان پیروی از IPMVP باشد.

● با اصول اساسی IPMVP سازگار و هماهنگ باشد.

● طرح M&V منطبق بر IPMVP و مورد توافق را اجرا کرده و اطمینان یابد که روندهای آن بر اساس اصول IPMVP به درستی دنبال می‌شود یا خیر. این کار ممکن است شامل اجرای بازبینی تضمین کیفیت تمامی اقدامات M&V، انجام بازرسی‌ها، اندازه‌گیری‌ها، انجام محاسبات و گزارش‌دهی‌های مختلف باشد. برای هر پروژه، روند تضمین کیفیت می‌بایست در طرح M&V تشریح گردد و یک متخصص حرفه‌ای و با تجربه می‌بایست تمامی فرآیندها را مورد بررسی قرار دهد.



شرکت ملی نفت ایران
شرکت بهینه سازی مصرف سوخت