پروتکل بین‌المللی
اندازه‌گیری و صحه‌گذاری
عملکرد

مفاهیم و شیوه‌هایی برای تعیین صرفه‌جویی‌ها در ساختمان‌های جدید

جلد سوم ، بخش اول

جلد III

ژانویه ۲۰۰۶
EVO 30000 – 1:2006

مترجمین: فراز سجده ای- فاطمه ملایی

www.evo-world.org

فهرست مندرجات

مقدمه مترجم ..... أ

پیش گفتار ..... ب

سپاس گزاری ..... ت

فصل ۱ مقدمه ۱

۱-۱ هدف و دامنه کاربرد ۱

۱-۲ دید کلی – انگیزه‌ها برای M&V ۱

۱-۳ مخاطبان ۳

۱-۴ تفاوت‌های اساسی M&V در ساخت ساختمان جدید و اصلاح ۳

۱-۵ برنامه‌ها و منابع مرتبط ۴

فصل ۲ تعریف و ایجاد خط‌مبنا ۵

۲-۱ کلیات ۵

۲-۲ فرآیندها ی ایجاد خط‌مبنا ۶

۲-۳ کاربردهای خط‌مبنا – مثال‌ها ۶

فصل ۳ فرآیندها و طرح‌ریزی M&V ۸

۳-۱ مفاهیم اولیه ۸

۳-۲ طرح M&V ۹

۳-۳ انطباق با این سند ۱۱

فصل ۴ روش‌های M&V ۱۲

۴-۱ دید کلی ۱۲

۴-۲ گزینه A: اندازه‌گیری جزیی راهکار جداسازی شده ۱۴

۴-۳ گزینه B: جداسازی راهکار ۱۷

۴-۴ گزینه C: مقایسه کل ساختمان ۱۷

۴-۵ گزینه D: شبیه‌سازی کالیبره شده کل ساختمان ۲۰

پیوست الف تعاریف ۲۶

پیوست ب منابع ۲۷

پیوست ج مطالعات موردی ۳۱

مقدمه مترجم

این جلد پروتکل اندازه گیری و صحه گذاری عملکرد که به عنوان جلد سوم منتشر شده ، در بر دارنده شرایط محاسبه صرفه جویی برای یک ساختمان جدید است و مبنای این محاسبه مقایسه عملکرد آن با ساختمان مشابهی است که تمهیدات کارایی انرژی در آن پیش‌بینی نشده باشد. این سند این امکان را فراهم می کند تا علاوه بر بازسازی و اصلاح و بهبود ساختمانهای موجود (که در جلد ۱ این پروتکل به آن پرداخته شده است) در ساختمانهایی که از ابتدا ساخته می شوند محاسبات صرفه جویی انرژی به صورت مقرون به صرفه پیش‌بینی شود.

در فرهنگ ما ضرب المثلهای متعددی به این موضوع اشاره دارند که بهتر است کاری از ابتدا درست انجام شود و هزینه اصلاح و بهبود بعدی(اگر همیشه ممکن باشد) به مراتب بیشتر است مانند: "خشت اول چون نهد معمار کج ، تا ثریا می رود دیوار کج " یا "پیش گیری بهتر از درمان است".

استفاده از این پروتکل علاوه بر اجبارهایی که از ناحیه الزامی بودن رعایت مقرراتی مانند مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان برای رعایت ملاحظات صرفه جویی انرژی در ساختمانها اعمال می شود می‌تواند مبتکر مکانیزمهای تشویقی برای طراحان ساختمان و مجریان پروژه های ساختمانی باشد تا علاوه بر الزامات اجباری ، در پی به کارگیری راهکارهای بیشتری برای صرفه جویی انرژی باشند. با طراحی چنین مکانیزمهایی می توان از طریق تصدیق طراحیهای انرژی کارامد ، مهندس طراح را در سود ناشی از کاهش هزینه های انرژی ساختمان شریک نمود که این خود در کشورهای دیگر چیز بدیعی نیست. این پروتکل تنها یکی از ابزار لازم برای مقایسه عملکرد را در اختیار کاربران قرار می دهد . طراحی مکانیزمهای کاربردی تشویقی به عهده مراجع تصمیم گیر در این خصوص خواهد بود.

امید است در اختیار داشتن نسخه فارسی این سند به همراه پروتکل جلد ۱، راهگشای درک و اجرای هر چه بهتر نحوه محاسبات و صحه‌گذاریصرفه جوییها در پروژه های کارایی انرژی 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 بعدی مورد توجه قرار گیرد.

فراز سجده ای

اسفند ۹۳

پیش گفتار

جلدهای پروتکلهای اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP)[1] از اول ژانویه ۲۰۰۶، به عنوان اسناد متعلق به سازمان ارزیابی کارایی[2] (EVO) شماره گذاری شده اند و این شماره گذاری به صورت شماره جلد آن ها (اولین رقم از پنج رقم ابتدایی شماره)، بخش (اگر چند بخش باشد) و سال انتشار است. هرگونه اصلاحیه صادر شده توسط شماره "cor" و سال صدور مشخص خواهد شد . درنتیجه، ویرایش کنونی به صورت:
EVO 30000 – 1: 2006، شماره‌گذاری شده و نمایش داده می شود. این نسخه نسبت به نسخه EVO 3000 – 1: 2003 ، نه تغییرات اساسی و فنی بلکه تنها اصلاحات ویرایشی جزیی را منعکس می‌کند. همه بازنگری‌ها در جدول ۱: نمای کلی گزینه های M&V ساختمان جدید آورده شده است. یک برگ غلط‌نامه جداگانه نیز منتشر و شماره گذاری شده که به‌صورت: EVO 30000 – 1/Cor 1:2003 نامیده می شود.

سازمان ارزیابی کارایی یک موسسه غیرانتفاعی بین المللی است که محصولات و خدمات زیر را ارائه می‌دهد:

- اندازه‌گیری و صحه‌گذاری (M&V) پروژه‌های کارایی انرژی/آب
- مدیریت ریسک مالی قراردادهای مبتنی بر عملکرد صرفه‌جویی انرژی
- کمّی‌سازی کاهش انتشار آلاینده‌های حاصل از پروژه‌های کارایی انرژی
- ارتقاء ساخت ساختمان پایدار و سبز

برای پی بردن به این که این سازمان چگونه چشم‌اندازش" بازار جهانی که به درستی به استفاده کارآمد از منابع طبیعی بها می دهد و از گزینه‌های کارایی مصرف نهایی به عنوان یک جایگزین مناسب برای گزینه‌های تامین استفاده می‌کند" تحقق می بخشد ، به سایت: www.evo-world.org رجوع کنید.

هیات مدیره EVO (۲۰۱۲)

۱ استیو کرومر، رئیس
۲ جان آرمسترانگ، (نایب رئیس)
۳ ساتیش کومار، دبیر/خزانه‌دار
۴ هنری-کلود بایلی
۵ پائولو برتولدی
۶ تام دریسن
۷ پیر لانگلوا
۸ انگ سیو لی
۹ سرینیواسان پدمنابان
۱۰ استیو شیلر
۱۱ لانگهای شن

[1] - International Performance Measurement and Verification Protocol(IPMVP)
[2] - Efficiency Valuation Organization (EVO)

سپاس گزاری

سازمان ارزیابی کارایی (که یک سازمان غیر انتفاعی است) مایل است از سازمانهای زیر تشکر کند:

- وزارت انرژی ایالات متحده به دلیل حمایت‌های مستمرش
- سازمان‌های عضوگروه IPMVP (هم اکنون ، گروه EVO) به دلیل حمایت‌هایشان
- کمیته فرعی ساخت ساختمان جدید IPMVP برای تهیه پیش نویس و تلاش در جهت بازبینی دقیق توسط اعضا و فرآیند بازبینی داخلی
- کمیته فنی IPMVP برای بازبینی این سند برای هماهنگی با جلد یک IPMVP و به دلیل ارائه پیشنهادات با ارزش
- همکاران مرورکننده سند پیش‌نویس به دلیل ارائه پیشنهادات با ارزش

سازمان‌های عضو

- مدیریت برق بن ویل
- بنیاد انرژی
- برنامه فدرال مدیریت انرژی
- مدیریت خدمات عمومی
- متخصصین پژوهش و توسعه انرژی ایالت نیویورک
- منطقه تاسیسات شهرداری ساکرامنتو
- اداره گاز کالیفرنیای جنوبی

کمیته اجرایی IPMVP

۱ شرلی هانسن (رئیس)، شرکت بین‌المللی کیونا ، ایالات متحده آمریکا
۲ جان آرمسترانگ، شرکت مشاوره PA، ایالات متحده آمریکا
۳ پائولو برتولدی، اتحادیه اروپا، ایتالیا
۴ جی سی داتا روی، شرکت .DCM Shriram Cosolidated Ltd، هند
۵ دروری کراولی، وزارت انرژی امریکا ، ایالات متحد آمریکا
۶ کوئین هارت، نیروی هوایی ایالات متحده، ایالات متحد آمریکا
۷ لجا هاتیانگادی، موسسه مهندسین مشاور TCE، هند
۸ براین هندرسون، NYSERDA، ایالات متحده آمریکا
۹ برنارد جمت، مشاور، فرانسه
۱۰ گرگوری کتس (رئیس سابق)، Capital E، ایالات متحده آمریکا
۱۱ استیو کرومر، شرکای Teton Energy ، ایالات متحده آمریکا
۱۲ خی پو لام، دانشگاه ملی سنگاپور، سنگاپور
۱۳ چان- مینگ لین، شورای بهره‌وری هنگ کنگ، چین
۱۴ آلن پول، موسسه بین‌المللی کارایی انرژی، برزیل
۱۵ آرتور روزنفلد، کمیسیون انرژی کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا

کمیته فنی IPMVP

۱ جان کوان (نایب رئیس)، Environmental Interface Limited
۲ ونکات کومار (نایب رئیس)، جانسون کنترلز
۳ لین کولز، R. W. Beck
۴ الن فرانکونی، Schiller Associates
۵ جف هابرل، دانشگاه A & M تگزاس
۶ کارل هاسکر، گروه مشاوره PA
۷ مائوری هپنر، Crothall Asset Management
۸ ریک جونز، ادیسون کالیفرنیای جنوبی
۹ ساتیش کومار، آزمایشگاه ملی لارنس برکلی
۱۰ فرناندو میلانز، Global MVO Brasil Ltda، برزیل
۱۱ دیمتریوس پاپاتاناسیو، گروه بین‌المللی تامین مالی(IFC)
۱۲ استیون هاوزر، آزمایشگاه ملی پاسیفیک شمال غربی
۱۳ رابرت ساوچلی، اداره حفاظت از محیط زیست
۱۴ استیو شیلر، شرکت Nexant

کمیته فرعی ساخت ساختمان جدید IPMVP

۱ ساتیش کومار (نایب رئیس)، آزمایشگاه ملی لارنس برکلی
۲ گورد شیمکو (نایب رئیس) GF Shymko و همکاران
۳ دیوید ایجادی، گروه Weidt
۴ جف هابرل، دانشگاه A & M تگزاس
۵ مائوری هپنر، Crothall Asset Management
۶ ونکات کومار، جانسون کنترلز
۷ آلیس دیر مک گرگور، Ove Arup و همکاران
۸ مارک استتز، Nexant
۹ گری ان. مایرز، گروه Flack+Kurtz

همکاران بررسی کننده

۱ آتنا ام. بسا، تاسیسات سمپرا
۲ کتی چاپل، گروه هشچونگ ماهون
۳ آشیش چاتورودی، گروه معماری گولیتز
۴ کارن کوران، مدیریت خدمات عمومی
۵ راس دومینی، نیروی دریایی ایالات متحده
۶ مارک اگرز، NYSERDA
۷ پل متیو، آزمایشگاه ملی لارنس برکلی
۸ چیهارو موراکوشی، موسسه پژوهشی جیکانکیو، ژاپن
۹ رابرت جی. روز، آژانس حفاظت از محیط زیست
۱۰ بالاجی سانتاکریشنان، آزمایشگاه Brooks Energy and Sustainability
۱۱ اندی واکر، آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر(NREL)

هماهنگ‌کننده فنی IPMVP

ساتیش کومار، آزمایشگاه ملی لارنس برکلی، ایالات متحده آمریکا
پست الکترونیکی: SKumar@lbl.gov، تلفن: ۷۹۵۳ – ۶۴۶ – ۲۰۲

رد مسئولیت

این پروتکل به عنوان چارچوبی برای تعیین صرفه‌جویی‌های انرژی و دیماند در یک پروژه ساخت ساختمان جدید، به کار می رود. IPMVP هیچ‌گونه حقوق قانونی ایجاد یا هیچ گونه الزامات قانونی بر افراد یا دیگر نهادهای قانونی تحمیل نمی کند. EVO هیچ اختیار و تعهد قانونی برای نظارت، پایش یا اطمینان از انطباق با مقررات ذکرشده و گنجانده شده در ترتیبات قراردادی بین اشخاص ثالث حقیقی یا حقوقی ندارد. اگر این پروتکل در قراردادی گنجانده شود این مسئولیت آن قرارداد است که توافق‌نامه را به وضعیت مطلوب برساند تا از انطباق اطمینان حاصل شود.

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ هدف و دامنه کاربرد

مفاهیم و شیوه های تعیین صرفه‌جویی انرژی در ساختمان جدید توسط سازمان ارزیابی کارایی (که یک سازمان غیرانتفاعی است) تدوین شده تا شرح مختصری از فنون بهترین تجارب صحه‌گذاری عملکرد انرژی پروژه‌های ساخت ساختمان جدید را فراهم آورد[۱]. هدف این سند ارائه راهنمای واضحی برای افراد زیر است:

- متخصصینی که به دنبال صحه گذاری صرفه‌جویی انرژی و دیماند در سطح جزء یا کل ساختمان در ساخت جدید هستند.
- متخصصینی که به دنبال اعتبار M&V ذکر شده در سیستم رتبه‌بندی LEED™ هستند.

گرچه بین این سند و جلد یک IPMVP هم پوشانی قابل توجهی وجود دارد، کمیته فرعی ساختمان جدید، این سند را به گونه‌ای تدوین کرده که نیاز مراجعه به جلد یک IPMVP را به حداقل برساند. این امر با این فرض انجام شده که بسیاری از کاربران این پروتکل ممکن است در زمینه M&V تازه‌کار باشند و استفاده از تنها یک سند برایشان آسانتر باشد. با وجود این‌که این سند به طور وسیعی با جلد یک IPMVP تطابق دارد و از قالب و شرایط کلیدی مشابهی استفاده می کند، برخی مفاهیم و تعاریف در آن اصلاح شده تا برای ساختمان جدید مناسب باشد. این تفاوتها در متن اصلی یا در پانویسها مشخص شده اند. این پروتکل نباید برای تعیین صرفه‌جویی حاصل از اصلاحات ساختمانهای موجود به کار گرفته شود و در مورد روش نمونه‌برداری برای برنامه‌های بزرگ مقیاس شامل ساختمان‌های چندگانه نیز کاربرد ندارد.

فصل مربوط به اندازه‌گیری و صحه‌گذاری صرفه‌جویی انرژی در ساختمان جدید برای اولین بار در IPMVP سال ۱۹۹۷ (بخش ۶)، منتشر شد و از آن به بعد راهنمای عمومی برای این صنعت را فراهم کرده است. با این حال، تجارب به دست آمده از کاربرد روش های ۱۹۹۷ در برخی پروژه‌های دارای مستندات خوب، نیاز به بازبینی پروتکل را مشخص کرد و پایه های بهبود بیشتر آن را تشکیل داد . علاوه بر آن، چاپ ۲۰۰۲ راهنمای ASHRAE ۱۴، که روش‌ها و ابزارهای جزیی برای محاسبه و صحه‌گذاری صرفه‌جویی‌ها را در بر دارد، زمینه حمایت اضافی برای پیشرفت این پروتکل را فراهم آورد که نتیجه آن، این سند است که مفاهیم و شیوه هایی برای تعیین صرفه جویی انرژی در ساخت ساختمان جدید را فراهم کرده و جایگزین بخش ۶ IPMVP سال ۱۹۹۷ شده است.

IPMVP همراه با شورای ساختمان سبز امریکا(USGBC) ، سعی خواهد کرد تا اطمینان حاصل کند که این پروتکل در ویرایش بعدی LEED™ برای ساخت ساختمان جدید که ویرایش ۳/۰ LEED™ خواهد بود، مرجع قرار گیرد.

۱-۲ دید کلی – انگیزه‌ها برای M&V

فصل ۱ جلد ۱ IPMVP انگیزه‌های مختلف اندازه‌گیری و صحه‌گذاری (M&V) در پروژه‌های اصلاح را مورد بررسی و شناسایی قرار می‌دهد. بسیاری از این انگیزه‌ها را می‌توان به ساختمان جدید تعمیم داد.

[۱] این بخشی از سند IPMVP جلد ۳ بخش یک است.

الف) افزایش صرفه جویی انرژی – تعیین دقیق صرفه‌جویی‌ها، به مالکان و مدیران یک سایت بازخورد ارزشمندی در زمینه عملیات مایملکشان می دهد و اجازه می دهد تا آنها برای دستیابی به سطح بالاتر ی از صرفه‌جویی انرژی، تداوم بیشتر و کاهش تغییرپذیری صرفه‌جویی‌ها، مدیریتشان در سایت را تصحیح کنند.

ب) رفع مشکلات عملیات و نگهداری – اندازه گیری و صحه گذاری ، بازخوردهای عملکردی ارائه می‌دهد که می‌تواند رفع مشکل عملیات و نگهداری مایملک را تسهیل کند. این امر به خصوص در طول سال اول یا دوم عملیات یک ساختمان جدید، با ارزش است.

ج) قرارداد مبتنی بر عملکرد – گرچه فعالیت قرارداد مبتنی بر عملکرد در ساختمان جدید تا کنون محدود بوده ولی در اصل هیچ دلیلی وجود ندارد که مدل های قرارداد مبتنی بر عملکرد نتواند با ساخت ساختمان جدید سازگار شود. در حالی‌که M&V به خودی خود یک جنبه کلیدی قرارداد مبتنی بر عملکرد است، تجارب بیشتر در همه زمینه‌ها در مورد M&V در ساختمان جدید ، پایه ای برای افزایش آگاهی از عملکرد ساختمان و اطمینان بیشتر در طرح‌ریزی صرفه‌جویی‌ها را فراهم خواهد کرد. این امر به نوبه خود، به کاهش ریسک شناخته شده و قبول بهتر قرارداد مبتنی بر عملکرد در ساخت ساختمان جدید منجر خواهد شد.

د) تشویق مهندسی بهتر پروژه – M&V عمده‌ترین عامل تصدیق استراتژی‌های طراحی انرژی کارآمد در سطح اجزاء و کل ساختمان است.

ه) کمک به اثبات و جذب ارزش کاهش انتشار کربن ناشی از سرمایه‌گذاری‌های کارایی انرژی و انرژی تجدیدپذیر – در ارزیابی برنامه‌های صرفه‌جویی انرژی و زیست محیطی، کاهش انتشار کربن علاوه بر هزینه انرژی و مصرف منابع، به صورت یک "نقدینگی" جدید و مهم ظهور کرده است . اندازه گیری و صحه‌گذاری ساختمان جدید پایه‌ای برای تعیین کاهش انتشار کربن و بهبود کیفیت هوا در اثر کاهش مصرف انرژی را فراهم می‌آورد.

و) کمک به سازمان های ملی و صنعتی برای ارتقاء و دستیابی به اهداف کارایی منابع و زیست محیطی – IPMVP به صورت گسترده ای توسط ادارات دولتی ملی و منطقه ای و توسط سازمان های تجاری صنعتی برای کمک به افزایش سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی و دستیابی به منافع زیست محیطی و سلامتی در پروژه های اصلاح، مورد پذیرش قرار گرفته شده است. ازطریق M&V در ساختمانهای جدید می توان به منافع مشابهی می‌تواند دست یافت.

انگیزه‌های انحصاری M&V ساختمان جدید عبارتند از:

الف) ساختارهای تشویق محور برای حق الزحمه طراحی – در حق الزحمه های طراحی تشویق-محور ، حداقل بخشی از حق الزحمه تیم طراحی به عملکرد واقعی ساختمان مرتبط می‌شود. این مدل حق‌الزحمه در حال افزایش محبوبیت است چرا که مالکان و مدیران مایملک به دنبال پاسخگو کردن طراحان ساختمان هستند. در این نوع توافق‌نامه‌ها ساختار خوب M&V یک جز اصلی است.

ب) مستندسازی عملکرد ساختمان‌های جدید- کل صنعت ساخت ساختمان جدید در همه سطوح، نیاز مبرم به داده‌های قابل اعتماد، سازگار و پیوسته در زمینه عملکرد ساختمان‌های جدید دارد. تا به امروز

محدود بودن اجرای فعالیتهایM&V با کیفیت در ساختمان‌های جدید ، در زمینه طرح‌های مربوطه مانع ایجاد کرده است. برنامه‌های معین عملکرد/انطباق (هم‌چون LEED™) مشوق‌هایی را برای انجام مناسب M&V در سطح سیستم یا کل ساختمان یا هر دو فراهم آورده است.

۱-۳ مخاطبان

مخاطبان بالقوه این سند عبارتند از:

- مجریان پروژه‌ها
- مالکان و مدیران سایتها
- معماران و مهندسین
- موسسات و شرکت‌های مالی
- دولت و موسسات دولتی
- تامین‌کنندگان حامل‌های انرژی
- سازمان‌های تجاری و دیگر سازمان‌های غیر دولتی
- شرکتهای خدمات انرژی(ESCO)
- پژوهشگران و دانشگاهیان

با این‌که این پروتکل به عنوان یک سند مستقل در نظر گرفته شده ، فرض شده در هنگام مطالعه آن درک اساسی از مفاهیم M&V وجود دارد و نام‌گذاری و تعاریف مشابه با جلد یک IPMVP در آن به کار گرفته شده است.

هم‌چنین فرض شده که خواننده، در زمینه طراحی فرآیندها و فن‌آوری‌های ساختمان جدید، استراتژی‌های طراحی کارایی انرژی و سیستم ها/تجهیزات ، تحلیل انرژی، شبیه‌سازی کامپیوتری انرژی، و روش ها و فن‌آوری‌های پایش و اندازه‌گیری، دانش کاری دارد.

۱-۴ تفاوت‌های اساسی M&V در ساخت ساختمان جدید و اصلاح

تفاوت‌های اساسی بین M&V در ساختمان جدید و اصلاح ساختمان به خط‌مبنا مربوط می‌شود. این جلد چالش‌های منحصر به M&V در ساختمان جدید را نشان می‌دهد.

معمولاً خط‌مبنا در یک پروژه اصلاح، عملکرد ساختمان یا سیستم پیش از ایجاد تغییرات است. این خط‌مبنا به صورت فیزیکی وجود دارد و بنابراین می تواند پیش از اجرای تغییرات اندازه گیری و پایش شود. در ساخت ساختمان جدید، خط‌مبنا قطعاً فرضی است و به صورت فیزیکی وجود ندارد و بنابراین نمی‌تواند اندازه‌گیری یا پایش شود. خط‌مبنای ساختمان جدید را می توان از طریق کد ، مقررات، روش‌های رایج، یا حتی عملکرد مستند ساختمان های ساخته شده مشابه ، تعریف کرد. ولی در همه موارد، این امر یک مدل فرضی است و عملکرد مربوطه باید به صورتی محاسبه یا پیش فرض گردد. معمولاً این مدل و روش‌های تعیین عملکرد مربوطه باید قادر به انطباق با تغییرات پارامترها و شرایط عملیاتی باشد که موقعیتها بر آن تحمیل می‌کنند.

فصل ۲: تعریف و ایجاد خط‌مبنا در این سند موضوعات و روش های تعریف خط مبنا را به صورت جزئی تر نشان می‌دهد.

۱-۵ برنامه‌ها و منابع مرتبط

هر چه علاقه‌مندی به عملکرد انرژی و محیط زیست ساختمان افزایش یابد، برنامه‌ها و منابع مرتبط به M&V ساختمان جدید نیز توسعه می یابند. در این میان، سیستم رتبه‌بندی ساختمان LEED™ ، برنامه ساختمان‌های با عملکرد بالای وزارت انرژی امریکا، و راهنمای ۱۴ ASHRAE پیوست B– فصل *منابع*، فهرستی از دیگر برنامه‌ها و منابع جاری در زمان تهیه این سند را ارائه کرده است.

فصل ۲ تعریف و ایجاد خط‌مبنا

۲-۱ کلیات

بند ۱-۴ اشاره به این داشت که خط‌مبنا برای M&V ساختمان جدید معمولاً فرضی است و نمی تواند با روشی مشابه خط‌مبنای پروژه اصلاح به صورت فیزیکی مستند می‌شود. بنابراین خط مبنای ساختمان جدید باید فرض ، تعریف و ایجاد شود.

به منظور اجتناب از محدودیت بی مورد در انعطاف‌پذیری و کاربرد این سند، این پروتکل هیچ خط مبنای خاصی را توصیه یا رد نمی‌کند. بنابراین تعریف و ایجاد خط‌مبنا به صورت گسترده‌ای به اختیار کاربر واگذار می‌شود. درنتیجه، سه موضوع کلیدی باید در نظر گرفته شود.

الف) تناسب – برای آن که خط‌مبنا معنی‌دار باشد، باید متناسب با چارچوب کل پروژه و اهداف M&V باشد. کدها و استانداردهای انرژی می توانند خط مبنایی مناسب، شفاف و سازگار ارائه دهند و به همین دلیل استفاده از آن ها در هر جا ی ممکن ، پیشنهاد می شود. تحت شرایط معیری که خط‌مبنا "شیوه‌های استاندارد" را منعکس می کند، "استانداردهای متداول" در صورتی که به خوبی مستند شده باشند، می‌توانند مناسب‌تر باشند.

در برخی پروژه‌ها هم ممکن است برای برآورده کردن چند هدف در M&V، نیاز به بیش از یک خط مبنا باشند. یک مثال در این مورد پروژه‌ای است که به دنبال اعتبار M&V تحت برنامه LEED™ است که از استاندارد ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-1999 برای خط مبنای عملکرد انرژی استفاده می کند، در حالی‌که به طور هم زمان درخواست مشوق‌هایی را تحت برنامه کارایی انرژی یک تامین کننده حاملهای انرژی کرده که ممکن است از یک خط‌مبنای عملکرد متفاوت استفاده کند.

ب) سخت‌گیری – وقتی خط‌مبنا به صورت کلی تعریف می شود، باید با میزان مناسبی از جزئیات برای روش‌های M&V و ابزاری تحلیلی مورد استفاده ، ایجاد شود. اگر راهکارهای صرفه جویی انرژی موجود بتوانند جداسازی شوند، در این صورت ایجاد خط‌مبنا شامل ذکر تجهیزات یا سیستم‌های خط‌مبنا است. از سوی دیگر اگر کل عملکرد ساختمان و استراتژی های طراحی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، تدوین خط‌مبنا می‌تواند یک وظیفه مهم باشد. ابزار شبیه‌سازی انرژی کل ساختمان به صورت خاص نیازمند جزئیات زیاد طراحی برای سخت‌گیری تحلیلی مناسب است که آن نیز نیازمند طراحی نسبتاً خوب ساختمان است.

ج) تکرارپذیری – بسیاری از انگیزه های M&V که در *فصل ۱: مقدمه* ارائه شده اند ، ذاتاً نیازمند خط‌مبناهایی هستند که سازگار و تکرارپذیر باشند یا این‌که حداقل برای مقایسه عملکرد بتوانند در مقیاس گسترده‌تر به آسانی تصحیح شوند. این امر می تواند بعدها از پیروی از کدها و استانداردهای انرژی در موارد ممکن و مناسب حمایت کند. خط‌مبناهایی که غیرم عمول یا تخصصی هستند، می توانند نیازهای آنی برنامه M&V را برآورده سازند، اما پتانسیل محدودی برای کارب ردهای گسترده تر دارند. مثال‌های چنین خط‌مبناهایی شامل استانداردهای موجود در بازار است که خاص کارکرد، اندازه، و/یا موقعیت ساختمان است.

۲-۲ فرآیندهای ایجاد خط‌مبنا

معمولاً تعریف خط مبنا در آغاز طراحی ساختمان و /یا طرح‌ریزی M&V اتفاق می‌افتد. با این حال، ایجاد خط‌مبنا اغلب یک فرآیند مستمر است. بسیاری کدها و استانداردهای انرژی، حداقلِ مجاز "خط‌مبنا"ی خود را از طراحی پیشنهادی، به ویژه با "مهندسی رو به عقب" خط‌مبنا با به کلرگیری ویژگی‌ها و الزامات تجویزشده بر روی پیکربندی پیشنهادی عمومی ساختمان، استخراج می‌کنند. بنابراین خط مبنا همراه با طراحی تکمیل می شود و تا زمانی که طراحی به سطح خاصی از تکامل نرسد که تمامی ویژگی‌های مرتبط به ساختمان را نشان دهد ، نهایی نمی‌شود. مثال‌ها عبارتند از: استاندارد ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2001 روش بودجه بندی هزینه انرژی و مدل کانادایی کد ملی انرژی مسیر عملکرد ساختمان ها (MNECB). در غیاب کدها یا استانداردها، می توان خط‌مبنا را از طریق حذف راهکارهای صرفه جویی انرژی یا ویژگی‌های طراحی اصلی از طرح پیشنهادی ایجاد کرد.

در بسیاری موارد، اگر ابزار های تحلیل انرژی و به ویژه شبیه سازی به عنوان بخش جدایی ناپذیر از فرآیند طراحی ساختمان مورد استفاده قرارگیرد، تدوین خط‌مبنا آسان تر است. بینش فراهم شده در خصوص ساختار عملکرد راهکارهای خاص و استراتژی های طراحی آنها می‌تواند در تدوین طرح M&V و نیز حل مسائل و مشکلات آتی M&V، بسیار ارزشمند باشد. ابزارهای تحلیلی مورد استفاده در طراحی ساختمان نیز معمولاً با اهداف M&V سازگار هستند. در این راستا، مدل‌های شبیه‌سازی باید طوری تشکیل شوند که با سیستم‌ها یا زیرسیستم‌هایی که M&V در مورد آنها اجرا می شود سازگار باشند.

۲-۳ کاربردهای خط‌مبنا – مثال‌ها

مثال ۱- کدها/استانداردهای انرژی

موضوع پروژه و M&V: یک تامین کننده حامل های انرژی در کالیفرنیا مشوق‌هایی را برای بهبود کارایی نسبت به ماده ۲۴ استاندارد کالیفرنیا پرداخت می کند. شرکتی تصمیم می گیرد تا یک ساختمان جدید دفتر مرکزی با چندین ویژگی کارایی انرژی بسازد و سپس به تامین کننده حامل های انرژی درخواست مشوق را ارسال کند.

خط‌مبنا: خط‌مبنا ماده ۲۴ استاندارد انرژی است.

توضیحات: ماده ۲۴ استاندارد انرژی برای ساختمان‌های ساخته شده در کالیفرنیا به عملکرد بر مبنای اجزا اشاره دارد. به این ترتیب، مستند کردن بهبودهای عملکرد باید بر این اساس ایجاد شود.

مثال ۲ – استانداردهای طراحی

موضوع پروژه و M&V: یک سازنده ساختمان تجاری علاقه‌مند به ساخت و پایش یک ساختمان اداری خاص با چند ویژگی صرفه‌جویی انرژی است که نشان دهنده ارتقاء آن نسبت به استاندارد طراحی معمول باشد. کدهای انرژی یا برنامه های تشویقی برای این پروژه کاربرد نخواهند داشت.

خط‌مبنا: خط‌مبنا، عملکرد پیش بینی شده انرژی یک ساختمان مشابه طراحی شده با استاندارد معمول طراحی است.

توضیحات: خط‌مبنا می تواند به آسانی با حذف ویژگی های صرفه جویی انرژی از ساختمان مشابه موجود تدوین شود. با این حال این یک خط‌مبنای تکرارپذیر نیست.

مثال ۳ – کدها/استانداردهای انرژی

موضوع پروژه وM&V: همان سازه مثال ۲ می‌خواهد عملکرد ساختمان ارتقاء یافته‌اش را با استانداردهای حداقلی کد انرژی محلی مقایسه کند.

خط‌مبنا: خط‌مبنا عملکرد انرژی پیش بینی شده یک ساختمان مشابه طراحی شده با الزامات این کد است.

توضیحات: هرچند در اینجا تدوین خط‌مبنا نیازمند تلاش‌های بیشتری نسبت به استاندارد طراحی مورد استفاده در مثال ۲ است، خط‌مبنای کد، یک استاندارد تکرارپذیر و معمول است که عملکرد ساختمان را نرمالیزه کرده و در مقیاسی گسترده‌تر مقایسه را ممکن می‌سازد.

فصل ۳

فرآیندها و طرح‌ریزی M&V

۳-۱ مفاهیم اولیه

صرفه‌جویی انرژی در M&V ساختمان جدید از طریق مقایسه مصرف انرژی اندازه گیری‌شده یا پیش بینی شده پس از ساخت با مصرف انرژی شده خط مبنا تحت شرایط عملیاتی مشابه تعیین می شود. به طور کلی:

معادله ۱

صرفه‌جویی انرژی = مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا - مصرف انرژی پس از ساخت ساختمان

مصرف انرژی پس از ساخت ساختمان برابر با مصرف انرژی تجهیزات، سیستم یا ساختمان به صورت As-Built است.

این معادله، مشابه معادله شماره ۱ ارائه شده در بند ۳-۱ جلد اول IPMVP، به شرح زیر است:

معادله ۲

صرفه‌جویی انرژی = مصرف انرژی خط‌مبنا - مصرف انرژی پس از اصلاح ± تصحیحات

در ساختمان جدید "تصحیحات" به خودی خود وجود ندارد. در عوض تصحیح خط‌مبنا با در نظر گرفتن شرایط عملیاتی در طول دوره M&V انجام و مصرف انرژی پیش بینی شده خط‌مبنا حاصل می‌شود. این تصحیحات از عوامل فیزیکی قابل شناسایی هم چون آب و هوا، اشغال سکنه و پارامترهای عملیاتی سیستم استخراج می‌شود. درضمن با جایگزینی "انرژی" با "دیماند" این معادله می تواند برای برآورد صرفه جویی دیماند مورد استفاده قرار گیرد.

پس از ساخت ساختمان مصرف اندازه‌گیری شده انرژی می‌تواند بسته به نیاز در سطح راهکار، سیستم ساختمان یا کل ساختمان تعیین شود. این امر می‌تواند از طریق یک یا چند روش زیر انجام شود:

- قبوض یا قرائت کنتور
- کنتور فرعی سیستم

مصرف انرژی پیش‌بینی شده پس از ساخت ساختمان از طریق شبیه‌سازی کالیبره شده کل ساختمان به مصرف انرژی اندازه‌گیری شده پس از ساخت ساختمان تعیین می‌گردد. این موضوع در *بند ۴-۵: گزینه D: شبیه‌سازی کالیبره شده کل ساختمان* بیشتر تشریح خواهد شد.

روش تعیین مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا بستگی به گزینه M&V دارد و در *فصل ۴* این سند: *روش‌های M&V* بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

روش اندازه‌گیری مصرف انرژی نه تنها باید برای گزینه M&V مناسب باشد بلکه باید کاملاً قابل اعتماد نیز باشد. داده‌های از دست رفته هرگز نمی توانند جایگزین یا بازیابی شوند، بلکه تنها می‌توانند درون‌یابی شده یا با بعضی شیوه‌های دیگر تقریب زده شوند.

تصحیحات برای شرایط آب وهوایی معمولاً یک جزء کلیدی در M&V ساختمان جدید است. بسته به سیستم‌های مربوطه و گزینه های M&V به‌کار رفته، داده های آب و هوایی مورد نیاز می توانند در محدوده‌ای از عوامل ساده ای هم چون میانگین دما تا ثبت کامل ساعتی تمامی شرایط آب وهوایی باشد. برنامه‌های شبیه‌سازی ساعتی انرژی (که برای گزینه D مورد استفاده قرار خواهد گرفت) عموماً از داده‌های

ساعتی آب و هوایی هم چون سال هواشناسی معمول [1] استفاده می کند. برای اهداف M&V، این فایل های آب و هوایی نرمال شده باید با داده های آب‌وهوایی حاصل از دوره M&V جایگزین شوند. ادارات دولتی هواشناسی قابل‌اعتمادترین منابع اطلاعات آب‌وهوا هستند، اما تاخیر در دسترسی یا در برخی موارد فقدان کامل دسترسی به داده‌ها، ممکن است منجر به پایش آب‌وهوایی در محل شود.

داده‌های عملیاتی باید به طور مشابه ی جمع‌آوری شوند. ساعت‌های کارکرد، اشغال سکنه، بارهای اعمال شده بر تجهیزات و نقاط تنظیم سیستم‌ها ، از جمله عوامل مهمی هستند که باید پایش و مستند شوند . مسلماً این امر به خصوص در M&V کل ساختمان می‌تواند مشکل‌ساز باشد. منابع بالقوه داده‌ها عبارتند از: سیستم‌های کنترل /اتوماسیون ساختمان، سیستم های امنیتی، بازدید و مشاهدات ساکنین و سیستم های کنتور فرعی تخصصی.

در *فصل ۴: روش‌های M&V* به روش‌ها و ابزارهای تحلیلی برای پیش بینی خط مبنای مصرف انرژی به صورت دقیق اشاره شده است.

۳-۲ طرح M&V

کلیات – بند ۳-۳ جلد یک IPMVP بیان می‌کند که "تهیه یک طرح M&V، اساس تعیین مناسب صرفه‌جویی‌ها و مبنای صحه گذاری" است. مسئولیت طراحی، هماهنگی و اجرای برنامه M&V باید به نهادی از تیم طراحی ساختمان واگذار شود . معمولاً فرد یا افراد مسئول مهندسی و تحلیل انرژی بهترین گزینه‌ها برای این نقش هستند.

یک طرح M&V کامل باید شامل اما نه محدود به موارد زیر باشد:

- مستندسازی مقاصد طراحی راهکارهای مربوطه یا استراتژی‌های عملکرد انرژی.
- بیان اهداف M&V و توصیف هدف پروژه از برنامه M&V به عنوان مثال، قرارداد عملکرد، حق‌الزحمه طراحی مبتنی بر مشوق، و غیره.
- شناسایی فنی مرزهای تعیین صرفه جویی مانند قطعه‌ای از تجهیز، سیستم یا کل ساختمان. طبیعت هرگونه اثرات انرژی ورای این مرزها و تخمین اثرات احتمالی آن‌ها می تواند تشریح شود.
- بیان واضح دوره M&V.
- مستندسازی و مشخصات خط‌مبنا ازجمله فهرست تمامی فرضیات مهم و دلایل پشتیبان آنها.
- ارجاع به هر استاندارد یا راهنمای کارایی انرژی مورد استفاده در تعیین خط‌مبنا.
- مشخصات گزینه یا ترکیب گزینه‌های M&V که برای تعیین صرفه جویی استفاده خواهد شد ، شامل منطق انتخاب گزینه. اگر از گزینه D استفاده می‌شود:
- تعیین این‌که از روش ۱ یا روش ۲ برای برآورد صرفه‌جویی‌ها استفاده خواهد شد.
- تعیین رویکرد مورد استفاده اگر برآورد صرفه‌جویی طولانی مدت مورد نیاز است.
- تعیین تکنیک‌ها ، الگوریتم‌ها و/یا ابزارهای نرم‌افزاری (نام و شماره بازنگری) تحلیل شامل هر پارامتر پیش‌فرض شده یا شرایط عملیاتی و محدوده شرایطی که این تکنیک‌ها، الگوریتم ها و /یا ابزارهای نرم‌افزاری به کار گرفته می شوند (به عنوان مثال یک ابزار شبیه سازی کالیبره شده برای شرایط تابستان ممکن است برای شرایط زمستان معتبر نباشد).

[1] - TMY- (Typical Meteorological year)

- برای گزینه A، شرح اهمیت کلی پارامترهای پیش فرض شده مرتبط با کل صرفه جویی مورد انتظار به همراه شرح عدم قطعیت ذاتی در این پارامترهای پیش‌فرض شده.
- فایل‌های نهایی ورودی /خروجی برای ابزارهای نرم افزاری از جمله فرضیات مهم و هر تکنیک غیر معمول مدل‌سازی به کار رفته طی توسعه مدل.
- مشخصات نقاط اندازه گیری، تجهیزات، راه اندازی و کالیبراسیون تجهیزات، پروتکل های اندازه گیری شامل صحت مورد انتظار.
- ذکر روش‌های مورد استفاده در مورد داده‌های اندازه‌گیری شده مفقود یا از دست رفته.
- شناسایی شرایط عملیاتی که باید پایش شوند و روش‌های پایش و جمع‌آوری داده‌هایی مثل آب و هوا، اشغال ساکنین، پارامترهای عملیاتی سیستم.
- برای گزینه C، ذکر ساختمان‌های مشابه مورد استفاده در تعیین مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا شامل منطق انتخاب همراه با داده‌های پشتیبان در مورد کاربری، محل و عملیات ساختمان.
- برای گزینه D، مشخصات رویه‌های شبیه‌سازی کالیبراسیون، پارامترهای کالیبراسیون، تناوب اندازه‌گیری پارامترهای کالیبراسیون و اهداف صحت کالیبراسیون.
- مشخصات مجموعه شرایط مورد استفاده برای تصحیحات آب وهوا شامل دوره و/یا داده‌های آب‌وهوایی مورد استفاده و هرگونه فرضیات یا درون‌یابی‌های انجام شده در مورد داده‌های از دست رفته یا ناقص.
- صحت کلی مورد انتظار M&V و حیطه های پیش‌بینی شده مستعد خطا و مقدار حساسیت.
- تشریح رویه‌های تضمین کیفیت.
- مشخصات قالب گزارش‌دهی نتایج.
- ذکر اطلاعات و داده‌هایی که در صورت نیاز برای صحه‌گذاری شخص ثالث در دسترس خواهند بود.
- بودجه و منابع کل برنامه M&V شامل هزینه‌های بلند مدت و شکست به رده‌های اصلی.

تدوین طرح M&V – تدوین طرح M&V یک فرآیند مستمر است که به دلایل زیر باید تهیه آن در مراحل ابتدایی طراحی ساختمان آغاز شود:

- تحلیل‌های فنی که بدنبال تصمیمات طراحی انجام شده اند، نقطه آغازی برای تعریف اهداف و رویکردهای M&V فراهم می‌آورد. عناصر کلیدی تحلیل‌های انرژی هم معمولاً عوامل مهمی در M&V هستند. بنابراین تحلیل انرژی باید به خوبی مستندسازی و سازمان‌دهی شود.
- ملاحظات M&V می‌توانند تصمیمات خاصی در طراحی هم چون ابزار دقیق، سازمان سیستم‌های ساختمان و غیره را تحت تاثیر قرار دهد.

طرح M&V باید با طراحی ساختمان پیشرفت کند و وقتی طراحی به نقطه ای رسید که کل موضوعات M&V مورد توجه قرارگرفت و تایید شد، نهایی گردد . در اصل می توان گفت که تهیه طرح M&V از طراحی ساختمان و/یا سیستم‌های آن جدایی ناپذیر است.

دنبال کردن این روش اطمینان می‌دهد که اثربخشی و کارایی برنامه M&V بهینه است. هم‌چنین این امر از مشکلات پیش بینی نشده یا غیرمنتظره در فرآیند که حل بعدی آن‌ها دشوار است، جلوگیری می کند. این مشکلات می تواند شامل ابزاردقیق فراموش شده ، تفکیک یا جداسازی نامناسب سیستم‌ها یا تجهیزات باشد.

۳-۳ انطباق با این سند

این پروتکل چارچوبی از تعاریف و روش ها برای تعیین صرفه جویی انرژی در ساختمان جدید است. این سند تهیه شده تا همان طور که به مفاهیم صحت، شفافیت و تکرارپذیری منطبق است، بتواند برای برآوردن نیازهای هر پروژه، حداکثر انعطاف‌پذیری را در ایجاد طرح‌های M&V داشته باشد. در مواردی که کاربران ملزم به اثبات انطباق یا علاقه مند به ادعای انطباق به این پروتکل هستند باید:

- سازمان یا فرد مسئول اجرای طرح M&V را تعیین کنند چون در طول مدت پروژه مسئول M&V باید به صورت شفاف مشخص باشد.
- طرح M&V خاص سایت را به صورتی که در *بند ۳-۲: طرح M&V* ذکر شده، با استفاده از مفاهیم و اصطلاحات سازگار با این سند تهیه کنند.
- روی‌های تضمین کیفیت را به گونه‌ای که در طرح M&V مشخص شده ، حفظ کنند.

فصل ۴

روش‌های M&V

۴-۱ دید کلی

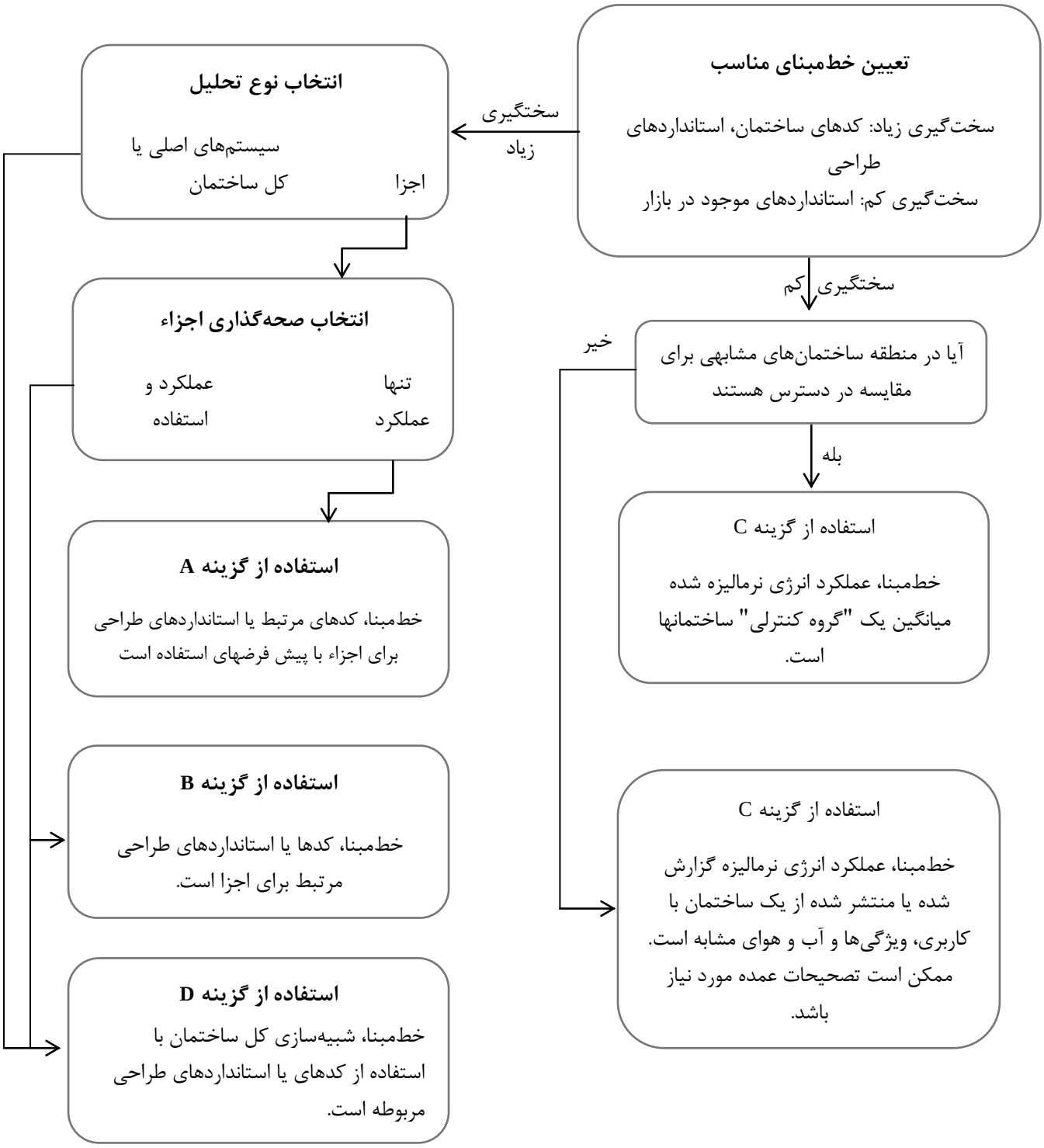
این سند به منظور ارائه چارچوبی برای M&V ساختمان جدید تدوین شده است. با این‌که بعضی جزئیات فنی ارائه شده اند، ولی در مورد موضوعات خاصی هم‌چون موضوعات آماری و ابزار دقیق، خوانندگان به دو منبع کلیدی دیگر: جلد یک IPMVP و راهنمای ۱۴ ASHRAE ارجاع داده می‌شوند.

جدول ۱ دید کلی گزینه‌های M&V ساختمان جدید را ارائه می کند. گزینه‌های A و B بر روی عملکرد راهکارهای خاص و به سادگی قابل جداسازی تمرکز دارند. گزینه C از طریق مقایسه مصرف انرژی ساختمان تازه ساخته شده با دیگر ساختمان های متعلق به یک گروه کنترلی، روشی را برای برآورد صرفه‌جویی انرژی کل ساختمان ارائه می کند. گزینه D شیوه‌ای سخت‌گیرانه برای تعیین صرفه جویی‌ها را در سطح راهکار، سیستم یا کل ساختمان فراهم می‌آورد.

جدول ۱: دید کلی گزینه‌های M&V ساختمان جدید

گزینه M&V	چگونگی تعیین خط‌مبنا	کاربردهای رایج
A. اندازه‌گیری بخشی از راهکار جداسازی شده تعیین صرفه‌جویی از طریق اندازه گیری بخشی از مصرف انرژی سیستم(ها)یی که راهکار بر روی آن‌ها به کار رفته و از مصرف انرژی باقیمانده مایملک جدا شده‌اند، صورت می گیرد. برخی پارامترها به جای اندازه‌گیری برآورد می‌شوند.	مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا از طریق محاسبه عملکرد فرضی انرژی سیستم خط مبنا تحت شرایط عملیات دوره M&V تعیین می‌شود.	سیستم‌های روشنایی وقتی که توان به صورت دوره‌ای در محل اندازه‌گیری می‌گردد. ساعت‌های عملیات پیش فرض شده‌اند.
B. جداسازی راهکار تعیین صرفه‌جویی‌ها از طریق اندازه گیری کامل مصرف انرژی و پارامترهای عملیاتی سیستم (ها)یی که راهکار بر روی آن‌ها به کار رفته و جدا از مصرف انرژی باقیمانده مایملک صورت می‌گیرد.	مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا با محاسبه عملکرد انرژی فرضی سیستم خط‌مبنا تحت شرایط عملیاتی اندازه‌گیری شده دوره M&V تعیین می‌شود.	کنترل‌های دور متغیر یک موتور فن . مصرف برق به صورت پیوسته در طول دوره زمانی M&V اندازه‌گیری می‌شود.
C. مقایسه کل ساختمان صرفه‌جویی‌ها در سطح کل ساختمان با اندازه‌گیری مصرف انرژی در کنتورهای اصلی یا مجموع کنتورهای فرعی تعیین می‌شوند.	مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا از طریق اندازه گیری کل مصرف انرژی ساختمان‌های مشابه بدون راهکار تعیین می‌شود.	ساختمان‌های جدید با ویژگی های انرژی کارآمد که به یک پارک تجاری شامل ساختمان‌های از نوع و اشغال سکنه مشابه اضافه شده اند.
D. شبیه‌سازی کالیبره شده کل ساختمان صرفه‌جویی ها در سطح کل ساختمان از طریق اندازه‌گیری مصرف انرژی در کنتورهای اصلی یا کنتورهای فرعی یا با استفاده از شبیه سازی شده کل ساختمان که برای داده‌های مصرف انرژی اندازه‌گیری شده کالیبره شده است، تعیین می‌شوند.	مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا از طریق شبیه‌سازی خط‌مبنا تحت شرایط عملیاتی دوره زمانی M&V تعیین می‌شود.	تعیین صرفه جویی قرارداد عملکرد یک ساختمان جدید با کد انرژی محلی که خط‌مبنا را تعریف می کند.

شکل ۱ بسته به موضوع، شرایط، منابع در دسترس و اهداف پروژه، راهنمایی را برای انتخاب گزینه مناسب M&V برای ساختمان جدید ارائه می‌دهد.



شکل ۱- راهنمای فرآیند M&V

۴-۲ گزینه A: اندازه‌گیری جزئی راهکار جداسازی شده

اندازه‌گیری جزئی راهکار جداسازی شده در ساختمان جدید شامل جداسازی مصرف انرژی اجزای تحت تاثیر یک راهکار پس از اجرا ، از مصرف انرژی باقیمانده ساختمان است . برای جداسازی جریان‌های انرژی مرتبط در مایملک ساخته‌شده، از تجهیزات اندازه‌گیری استفاده می‌شود. با این‌حال، برخی از پارامترها به جای اندازه‌گیری، مورد توافق قرار می‌گیرند. این موارد تنها وقتی می‌توانند موردتوافق قرار گیرند که اثرات ترکیبی خطاهای قابل قبول ا ز آنها کل صرفه‌جویی گزارش شده را به صورت چشمگیری تحت تاثیر قرار نده‌ند.

مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا از طریق محاسبه مصرف انرژی فرضی سیستم یا تجهیزات خط‌مبنا تحت شرایط عملیاتی پس از ساخت ساختمان در دوره M&V تعیین می شود. ویژگی‌های عملکردی سیستم یا تجهیزات خط‌مبنا را می‌توان از استانداردها یا راهنماهای کارایی انرژی مشخص کرد.

در جائی که هزینه‌های اضافی انجام یک شبیه‌سازی کالیبره شده کل ساختمان نمی‌تواند توجیه شود، برای راهکارها و سیستم هایی با بارهای ثابت و /یا قابل پیش بینی هم چون موتورهای دور ثابت و تجهیزات روشنایی نیز گزینه A مناسب است.

۴-۲-۱ گزینه A: جداسازی اندازه‌گیری

اندازه‌گیری راهکار باید منعکس‌کننده اهداف M&V و مرز میان تجهیزاتی که تحت تاثیر راهکار هستند و آنهایی که تحت تاثیر نیستند، باشد. برای مثال اگر M&V صرفاً بر روی روشنایی تمرکز دارد، اندازه گیری مصرف انرژی روشنایی تنها مورد ضروری است.

۴-۲-۲ گزینه A: اندازه‌گیری در مقابل مفروضات

تصمیم‌گیری در مورد این که چه پارامترهایی اندازه گیری شوند و کدام مورد توافق قرار گیرند باید به اهمیت تاثیر کلی چنین مفروضاتی بر روی صرفه جویی کلی گزارش شده توجه داشته باشد . این مقادیر فرض شده و تحلیل اهمیت آن‌ها باید در طرح M&V گنجانده شود.

مثالی از پارامتر فرض شده، ساعت های عملکرد برای یکی از تجهیزات است . اهمیت هر بازه یا خطا از طریق محاسبه صرفه‌جویی برآورد شده در مقادیر حدی آن پارامتر، مثلاً عملکرد ۲۰۰۰ ساعت در سال در مقابل ۲۴۰۰ ساعت تعیین می‌شود. پیش از در نظر گرفتن اثر هر یک از این پیش فرضهای احتمالی باید که قابل دفاع بودن آن فرض مشخص شود.

هم‌چنین شناسایی پارامترهای مورد نظر برای پیش فرض کردن باید با توجه به اهداف M&V درنظر گرفته شوند. مثلاً، اگر هدف M&V تعیین صرفه‌جویی‌ها برای تضمین عملکرد یکی از تجهیزات است، تنها پارامترهای اصلی برای ارزیابی عملکرد آن تجهیز باید اندازه‌گیری شوند. عوامل خارج از کنترل سازنده تجهیزات و غیر مرتبط با تضمین عملکرد (مثل ساعت‌های عملیاتی) باید به عنوان مفروضات در نظر گرفته شوند.

۴-۲-۳ گزینه A: صحه‌گذاری نصب

پتانسیل عملکرد تجهیزات طبق برآوردها یا ادعاها باید صحه گذاری شود . این امر اغلب می‌تواند در روش‌های راه‌اندازی گنجانده شود یا به صورت ادواری طی دوره M&V هم انجام پذیرد. مثال‌های این مورد عبارتند از صحه گذاری این که مراحل کنترل و تنظیمات طراحی لغو ن شوند یا این که چراغها به درستی لامپ‌گذاری شوند و حذف نشده باشند.

۴-۲-۴ گزینه A: بازه‌های زمانی اندازه‌گیری

تناوب اندازه‌گیری‌ها توسط میزان تغییرات مورد انتظار یک پارامتر دیکته می‌شود. اگر انتظار نرود که یک پارامتر تغییر کند، ممکن است بلافاصله پس از نصب، اندازه‌گیری شود و از آن پس به صورت دوره‌ای مورد اندازه‌گیری مجدد صورت پذیرد تا تصدیق شود که هنوز ثابت باقیما نده است. از سویی پارامترهایی که روزانه یا ساعتی تغییر می‌کنند، ممکن است به اندازه‌گیری پیوسته نیاز داشته باشند. سیستم‌های روشنایی و موتورهای با بار ثابت مثال هایی از سیستم هایی هستند که عموماً نیازمند اندازه گیری کم هستند. در عوض سیستم‌های HVAC اغلب به اندازه‌گیری پیوسته نیاز دارند.

۵-۲-۴ گزینه A: نمونه‌برداری

برخی راهکارها شامل نصب یک جزء یا تجهیز به صورت تکراری است. در این موارد ممکن است از نمونه‌های آماری معنی دار برای اندازه گیری‌های کل پارامترها استفاده شود . موتورها و چراغها مثال‌های رایجی از این مورد هستند. پیوست ب جلد یک IPMVP به موضوعات آماری مرتبط با نمونه برداری اشاره کرده است.

۶-۲-۴ گزینه A: مصرف انرژی پیش بینی شده خط‌مبنا

معمولاً برآوردهای صرفه‌جویی انرژی راهکار به عنوان بخشی از فرآیند طراحی انجام می شود تا از ارزیابی انتخابهای طراحی پشتیبانی کنند. معمولاً ابزارهای تحلیل مر بوط به هر راهکار نسبتاً ساده هستند و از محاسبات دستی مهندسی، صفحات گسترده کامپیوتر ی یا بسته‌های نرم‌افزاری ابتدایی کامپیوتری تشکیل شده است. با این حال، همان‌طور که در *بند ۲-۲ فرآیندهای توسعه خط‌مبنا* ذکر شد، این ابزار باید با در نظر داشتن الزامات بعدی M&V انتخاب شوند.

فرضیات مربوط به پارامترهای عملیاتی که برآوردهای صرفه‌جویی طراحی بر اساس آنها ایجاد شده‌اند باید معقول و مستند باشند. اغلب توصیه می شود آنالیز حساسیت برای تغییر این فرضیات برای مراجعات بعدی انجام شود.

۷-۲-۴ گزینه A: عدم قطعیت

بند ۴-۲ جلد یک IPMVP و راهنمای ۱۴ ASHRAE به موضوعات مرتبط با عدم قطعیت تعیین صرفه‌جویی‌ها اشاره دارد. با این حال عوامل عمومی که عدم قطعیت روش های گزینه A را تحت تاثیر قرار می‌دهند عبارتند از:

- میزان اثرات خارج از مرز جداسازی راهکار. مثلاً اهمیت انرژی سرمایش مکانیکی مرتبط با کاهش برق روشنایی، به طول فصل سرمایش و برنامه زمانی عملیاتی سیستم سرمایشی بستگی دارد.
- خطای مصرف انرژی پس از ساخت ساختمان از طریق تفاوت بین مقدار فرض شده و مقدار واقعی پارامترها وارد می شود. این امر می تواند از طریق بازبینی دقیق طراحی راهکار، انتخاب محتاطانه پارامترهای فرض شده و مرور دوره‌ای درستی پارامترهای فرض‌شده کنترل شود.
- بازه‌های زمانی اندازه گیری. اگر اندازه گیری پیوسته به کار رود، در این صورت تفاوت ممکن بین بازه‌های زمانی باید در نظر گرفته شود. این امر می تواند از طریق افزایش تناوب اندازه گیری‌ها در آغاز دوره M&V کنترل شود. پس از مشخص شدن تفاوت‌ها، تناوب اندازه‌گیری می‌تواند کاهش یابد.
- درجه‌ای که یک اندازه‌گیری نمونه، نماینده کل پارامتر باشد.
- انعطاف و صحتی که ابزار تحلیل برای تعیین مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا استفاده می‌کند.

۴-۲-۸ گزینه A: هزینه

هزینه به کارگیری ازگزینه A متغیر است و به چندین عامل بستگی دارد:

- پیچیدگی راهکار و تعداد جریان‌های انرژی که از مرز جداسازی عبور می‌کنند.
- مفروضات در مقابل اندازه گیری‌ها. پیش فرض کردن پارامترها اغلب کم هزینه تر از اندازه گیری آن‌ها است. با این حال در برخی موارد هزینه استخراج یک فرض خوب می تواند از اندازه گیری مستقیم آن تجاوز کند.
- نوع کنتور و نصب.
- تناوب اندازه‌گیری و/یا صحه‌گذاری.
- راه‌اندازی و نگهداری سیستم‌های اندازه‌گیری.
- پیچیدگی و سخت‌گیری ابزارهای تحلیل برای تعیین مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا.
- جمع آوری، پردازش و گزارش‌دهی داده‌های صرفه‌جویی.

هزینه تعیین صرفه جویی‌ها باید منعکس کننده میزان صرفه‌جویی‌های مورد انتظار و هم چنین اهمیت خطاهای بالقوه باشد. نیاز به سخت‌گیری بیشتر M&V باید نسبت به هزینه‌های بالاتری که معمولاً تحمیل می‌کند، ارزیابی شود.

۴-۲-۹ گزینه A: بهترین کاربردها

گزینه A در جائی بهترین کاربرد را دارد که:

- تنها عملکرد سیستم‌های تحت تاثیر راهکار مورد نظر باشد.
- اثرات متقابل بین راهکارها و دیگر تجهیزات ساختمان نتوانند اندازه‌گیری شوند یا ناچیز فرض شوند.
- پایش پارامترهایی که مصرف انرژی را تحت تاثیر قرار می دهند پیچیده یا بیش از حد سخت و گران نباشد.
- عدم قطعیت ایجاد شده توسط فرضیات قابل قبول باشد.
- درستی فرضیات نتواند به سهولت بازبینی و تائید شود.
- پتانسیل راهکار برای عملکرد نتواند به سهولت صحه‌گذاری شود.
- پیش فرض کردن، یک جایگزین کم هزینه تر و ارجح نسبت به اندازه گیری پارامترهای معین یا عملیات شبیه‌سازی گزینه D باشد.
- کنتورها نتوانند برای دو هدف به کار گرفته شوند . به عنوان مثال کنتور فرعی به منظور بازخورد عملیاتی یا صدور صورتحساب فرعی.
- مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا را بتوان بسهولت و با قابلیت اعتماد محاسبه کرد.

۴-۳ گزینه B: جداسازی راهکار

روش‌های تعیین صرفه جویی گزینه B با گزینه A یکسان است جز این که تحت گزینه B هیچ گونه پیش فرض کردن مجاز نیست و اندازه‌گیری کامل جریان‌های انرژی و پارامترهای عملیاتی به صورت مداوم یا دوره‌ای مورد نیاز است.

از آن جائی که گزینه B شامل اندازه گیری کامل اثرات راهکار است، نسبت به گزینه A نیاز کمتری به صحه‌گذاری پتانسیل برای عملکرد وجود دارد. به طور کلی، بازرسی مجدد مستمر بعد از راه اندازی یا صحه‌گذاری اولیه، ضروری نیست.

صرفه‌جویی مرتبط با اکثر انواع راهکارها را می‌توان با استفاده از گزینه B تعیین کرد ولی از محدودیتهای آن هزینه‌های مرتبط با افزایش پیچیدگی اندازه گیری است. با این‌حال اغلب این هزینه های بالاتر با عدم قطعیت کمتر در تعیین صرفه‌جویی‌ها، به ویژه برای بارها و صرفه‌جویی متغیر توجیه می شود.

این گزینه برای راهکارها و سیستم های با بارهای متغیر هم چون فن‌ها و پمپ های دور متغیر ، چیلرها، بویلرها و غیره و جائی که هزینه اضافی انجام شبیه سازی کالیبره شده کل ساختمان توجیه ندارد، مناسب است.

۴-۳-۱ گزینه B: بهترین کاربردها

گزینه B در جایی بهترین کاربرد را دارد که:

- تنها عملکرد سیستم تحت تاثیر راهکار مورد نظر باشد.
- اثرات متقابل بین راهکارها یا با دیگر تجهیزات ساختمان بتواند اندازه‌گیری یا ناچیز فرض شود.
- پایش پارامترهایی که مصرف انرژی را تحت تاثیر قرار می دهند، پیچیده یا بیش از حد دشوار یا گران نباشد.
- عدم قطعیت ایجاد شده با پیش فرضها قابل پذیرش نباشد.
- اندازه‌گیری پارامترها روش جایگزین کم هزینه تر و ارجح ی نسبت به عملیات شبیه‌سازی گزینه D باشد.
- کنتورها بتوانند با دو هدف به کار گرفته شوند . مثل کنتور فرعی به منظور بازخور عملیاتی یا صدور صورت‌حساب فرعی.
- مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا بتواند با سهولت و اطمینان محاسبه شود.

۴-۴ گزینه C: مقایسه کل ساختمان

گزینه C برای تعیین مصرف انرژی پس از ساخت مایملک در سطح کل ساختمان شامل استفاده از کنتورهای حامل‌های انرژی یا مجموع کنتورهای فرعی است . مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط مبنا برابر است با مصرف انرژی یک "گروه کنترلی" از ساختمان‌های مشابه بدون اجرای راهکارها یا بهبودهای طراحی. در این صورت، مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا یک پیش‌فرض است.

گزینه C تنها برای پروژه هایی مناسب است که به سطح بالایی از صحت صرفه‌جویی نیاز نیست و ساختمان‌های موجود در دسترس برای مقایسه وجود دارند که بدون اجرای راهکارها، از لحاظ فیزیکی و عملیاتی مشابه ساختمان مورد نظر هستند. حتی در این‌صورت، به دلیل *احتمال خطا، این گزینه تنها برای برنامه‌های M&V سرسری مناسب است.*

۱-۴-۴ گزینه C: پیش‌فرض خط‌مبنا

پیش‌بینی می شود که کاربرد موفق گزینه C در صورت شناسایی ساختمان‌هایی باشد که تا حد امکان به ساختمان م وردنظر شبیه باشند. با این وجود در بعضی موارد ، تحلیل مهندسی می تواند برای ایجاد تصحیحات جزئی در مصرف انرژی ساختمان های خط مبنای بالقوه برای جبران تفاوت در طراحی یا عملیات، مورد استفاده قرار گیرد . باید از تصحیحات عمده اجتناب کرد چرا که این کار عدم قطعیت ذاتی مربوط به این گزینه را پیچیده تر می کند. تصحیحات معتبر تنها وقتی می‌تواند انجام شود که ویژگی‌های وابسته به ساختمان‌هایی که برای مقایسه استفاده شده‌اند، به طور کامل درک شده باشد.

حداقل ملاحظاتی که در شناسایی ساختمان‌های خط‌مبنا باید در نظر گرفته شوند عبارتند از:

- موقعیت و/یا اقلیم
- کاربری، اشغال ساکنین و برنامه عملیاتی
- ساختار عمومی مانند زیر بنا، شکل و جهت‌گیری
- قالب و سازه پوسته مانند مقدار R، نوع و مساحت پنجره‌ها، جرم
- روشنایی، پریزها و دیگر مصارف برق
- ساختار و عملیات HVAC
- ثبات عملیاتی

اگر انجام تصحیحات آب‌وهوایی بیش از حد دشوار باشد باید در هر صورت امکان از ساختمان‌های محلی و داده‌های انرژی در دوره زمانی یکسان استفاده کرد.

اگر ساختمان‌های مورد مقایسه متعلق به مالکان یا گروه مدیریت یکسان باشند و توسط آن‌ها بهره‌برداری شوند و نوع مشابهی از سکنه با ساختمان مورد نظر داشته باشند، حداقل خطا رخ خواهد داد.

تعداد نمونه برداری بیشتر برای خط‌مبنا می تواند از نظر آماری معنی دارتر باشد. ولی این اثر می‌تواند از طریق مجهولات و تنوع بیشتر در ساختمان‌های مبنا نسبت به ساختمان مورد نظر خنثی شود. بنابراین انجام تصحیحات برای تعداد نمونه بیشتر ساختمان‌های مجزا دشوارتر است. در تعداد نمونه‌های کمتر، اهمیت آماری به نفع انعطاف‌پذیری بالقوه بیشتر در ایجاد تصحیحات خط‌مبنا کنار می رود.

منابع احتمالی برای سازه ساختمان ، مصرف انرژی و داده های عملیاتی عبارتند از راهنماهای انجمن ساختمان، بانک‌های اطلاعاتی تامین‌کنندگان حاملین انرژی یا دولت، و موسسات پژوهشی ساختمان.

۲-۴-۴ گزینه C: صحه‌گذاری نصب

پتانسیل ساختمان موردنظر برای عملکرد پیش‌بینی شده باید صحه‌گذاری گردد. صحه‌گذاری اولیه می‌تواند همانند گزینه‌های A و B، در روش‌های راه‌اندازی گنجانده شود البته این امر باید در مقیاس بسیار بزرگتری صورت پذیرد. با این حال، M&V کل ساختمان پیچیدگی اضافه‌ای را ایجاد می کند که صرفنظر از میزان دشواری فرآیند راه‌اندازی، اغلب موجب تجربه دوره عیب یابی و تنظیم سایتها در طی سال اول یا دوم عملیات است. اغلب وضعیت بلند مدت تنظیم "نهایی" به صورت عمده ای با اهداف طراحی متفاوت می شود. راه‌حل عمومی برای این مشکل وجود ندارد جز این که پیشنهاد می شود ناپایداری های

عملیاتی اولیه و نیز انحرافات شرایط بلندمدت عملیاتی نسبت به اهداف طراحی شناسایی شده و در به کارگیری این گزینه M&V مورد توجه قرار گیرد.

۴-۴-۳ گزینه C: بازه‌های زمانی اندازه‌گیری

بازه‌های زمانی اندازه گیری برای ساختمان مورد نظر از دسترس‌پذیری داده های ساختمانهای خط مبنا دیکته می‌شود. در بسیاری از موارد این امر در بهترین حالت به معنی داده های قبوض ماهیانه و معمولاً داده‌های قبوض سالیانه است. در صورت وجود داده‌های ماهیانه ، مقایسه و نیز دید سخت‌گیرانه‌تری در تصحیحات ممکن خطمبنا فراهم می‌شود.

۴-۴-۴ گزینه C: عدم قطعیت

عواملی که عدم قطعیت گزینه C را تحت تاثیر قرار می‌دهند عبارتند از:

- تعداد و کیفیت نمونه در ساختمان‌های خط‌مبنا که در آنها مشابهت معیار اصلی است.
- میزان صرفه‌جویی‌های اندازه‌گیری شده نسبت به مصرف انرژی ساختمان – تفاوت مصرف انرژی بین ساختمان‌های مورد مقایسه نباید از لحاظ آماری نسبت به صرفه‌جویی‌هایی که برنامه M&V در تلاش برآورد آن‌ها است، بارز باشد.
- سختگیری و صحت هر گونه تصحیحات مهندسی بر ساختمان‌های خط‌مبنا.
- خطای ایجاد شده در اثر ناپایداری عملیاتی یا تغییرات در طراحی ساختمان در طول دوره زمانی M&V – این عدم قطعیت می تواند از طریق پایش کاربری و عملیات ساختمان در طول دوره زمانی M&V کاهش یابد.
- عدم قطعیت ایجاد ش‌ده توسط ناپایداری عملیاتی ساختما نهای خط‌مبنا در طول دوره M&V – معمولاً پایش این امر دشوار است اما از طریق انتخاب دقیق نمونه خط‌مبنا می‌توان خطا را کنترل کرد.
- بازه‌های زمانی اندازه‌گیری.

۴-۴-۵ گزینه C: هزینه

هزینه اجرای گزینه C متغیر است و به چندین عامل بستگی دارد:

- در دسترس بودن داده‌های با کیفیت از ساختمان خط‌مبنا و هزینه تدارکات.
- صحت مورد نیاز برای تعیین صرفه جویی‌ها – صحت بیشتر نیازمند نمونه های بیشتر ساختمان خط مبنا و/یا تصحیحات سخت‌گیرانه‌تر بر ساختمان خط‌مبنا است.

۴-۴-۶ گزینه C: بهترین کاربردها

گزینه C وقتی بهترین کاربرد را دارد که:

- M&V به جای راهکارهای مجزا بر عملکرد کل ساختمان تمرکز داشته باشد.
- سطح بالایی از صح ت صرفه جویی مورد نیاز نباشد. تغییر به ظاهر کوچک در کاربری،میزان اشغال ساکنین یا عملیات ساختمان بتواند منجر به تغییرات قابل توجه ی در مصرف انرژی شود.
- فراوانی مناسبی از ساختمان‌های مناسب برای خط‌مبنا در دسترس باشد.
- بودجه M&V محدود باشد.

۴-۵ گزینه D: شبیه‌سازی کالیبره شده کل ساختمان

گزینه D شامل شبیه‌سازی کامپیوتری مصرف انرژی کل ساختمان است . مصرف انرژی پس از ساخت از طریق اندازه‌گیری کنتورهای حامل های انرژی و/یا کنتورهای فرعی یا توسط یک مدل شبیه سازی انرژی ساختمان as-built که برای داده‌های مصرف انرژی اندازه گیری شده کالیبره شده باشد، تعیین می شود. مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا با شبیه‌سازی انرژی خط‌مبنا تحت شرایط آب‌وهوایی و عملیاتی دوره M&V تعیین می‌شود.

همانند دیگر گزینه ها، این بند چارچوبی کلی برای به کارگیری گ زینه D ارائه می‌دهد. بند ۶-۳ راهنمای ۱۴ ASHRAE مرجعی برای اطلاعات دقیق‌تر در مورد بسیاری از وجوه فنی شبیه سازی کالیبره شده کل ساختمان است.

شبیه‌سازی کالیبره شده کل ساختمان نیازمند مدل شبیه‌سازی انرژی بسیار دقیقی از ساختمان as-built و نیز مدل شبیه‌سازی با جزییات مشابه با خط‌مبنا است. (در عمل مدل خط‌مبنای اولیه اغلب از توسعه مدل شبیه‌سازی as-built بدست می آید). پیش‌بینی‌های مصرف انرژی as-built با مصرف انرژی اندازه‌گیری شده پس از ساخت ساختمان مقایسه می شود. انحرافات بارز مورد بررسی و توجه قرار می گیرند و برای کالیبراسیون، روی مدل as-built اصلاحات و تصحیحات به کار می‌رود. تا جای ممکن عین همین اصلاحات و تصحیحات بر شبیه‌سازی خط‌مبنا نیز اعمال می‌شود. هدف فرآیند کالیبراسیون نه تنها کالیبره کردن مدل شبیه‌سازی as-built بلکه ایجاد یک شبیه‌سازی کالیبره شده و قابل دفاع برای خط‌مبنا است که با توجه به آن خطای مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا به حداقل برسد.

کنتورهای فرعی سیستم، فرآیند کالیبراسیون را تسهیل کرده و اساساً صحت کالیبراسیون را بالا می‌برند و قویاً برای برنامه‌های جدیتر M&V توصیه می‌شوند.

گزینه D بیشترین تناسب را برای ساختمان‌هایی دارد که دارای راهکارهای متعددی است که به شدت با هم بر همکنش دارند یا جائی که طراحی ساختمان یکپارچه و جامع نگر بوده و جداسازی و M&V راهکارهای مجزا غیرعملی و نامناسب می‌باشد. الزام شبیه‌سازی کل ساختمان، گزینه D را از گزینه‌های A و B متمایز می‌سازد.

۴-۵-۱ گزینه D: انواع برنامه‌های شبیه‌سازی و موضوعات شبیه‌سازی

هندبوک ASHRAE ۲۰۰۱ (مبانی) اطلاعاتی در زمینه انواع مختلف مدل های شبیه‌سازی ساختمان ارائه می‌کند. وزارت انرژی امریکا (DOE) نیز فهرست جاری نرم‌افزارهای عمومی و اختصاصی شبیه‌سازی انرژی ساختمان را در اختیار دارد. این اطلاعات را می‌توان از آدرس www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory به دست آورد.

برنامه‌های شبیه سازی کل ساختمان معمولاً شامل فنون محاسبات ساعتی هستند. ولی در برخی موارد، روش‌های کمتر سخت گیرانه‌ای هم چون رویه‌های ساده شده تحلیل انرژی ASHRAE با استفاده از روش‌های اصلاح شده bin و مدل‌های ساده شده HVAC ، می‌تواند مناسب باشد.

نرم‌افزار خاص- منظوره ممکن است برای شبیه‌سازی مصرف انرژی اجزاء یا سیستم های مجزا به کار رود. مدل‌های HVAC و دیگر اجزاء از طریق ASHRAE و دیگر سازمان‌ها در دسترس هستند (ر.ک پیوست ب – منابع) *در بعضی موارد لازم است نتایج بیش از چندین ابزار شبیه سازی با هم ترکیب شوند تا مصرف انرژی به طور کامل ارزیابی شود.*

صحت شبیه سازی کامپیوتری موضوع بحث های مستمری است. صلاحیت و تجارب کارشناس شبیه‌سازی یک عامل کلیدی است در نتیجه گزینه D تنها برای افراد با بهترین صلاحیت در نظر گرفته می‌شود.

۲-۵-۴ گزینه D: اندازه‌گیری

اندازه‌گیری فرعی مصرف انرژی پس از ساخت ساختمان برای فرآیند شبیه سازی بسیار ارزشمند است. این کار کالیبراسیون را تا سطح هر سیستم خاص تسهیل کرده و هم چنین در مورد وضعیت عملیاتی تجهیزات و سیستم‌ها بازخورد ارائه می‌دهد.

سیستم‌های اندازه‌گیری فرعی باید طوری قرار گیرند که ساختار تحلیل و شکست مصرف نهایی نرم‌افزار مورد استفاده را از طریق مقایسه مستقیم مصارف انرژی اندازه گیری شده و پیش بینی شده،مرتبط کنند. این امر می‌تواند با استفاده از نرم‌افزارهای پیچیده شبیه‌سازی ساعتی در سطوح متفاوت سیستمها هم‌چون فضاهای مجزا، مناطق ثانویه HVAC و موتورخانه HVAC انجام شود.

۳-۵-۴ گزینه D: اندازه‌گیری در مقابل پیش‌فرض

اغلب تصمیم‌گیری در مورد این که چه پارامترهایی باید اندازه‌گیری و چه پارامترهایی شبیه سازی شوند، با ملاحظات کاملاً عملی صورت می گیرد. پایش یا اندازه گیری پارامترهای مرتبط با استفاده ساکنین از سایت دارای دشواری خاصی است و بنابراین اغلب باید پیش‌فرض شود. ولی مانند گزینه A، پیش‌فرض‌ها باید دارای برخی مبانی حقیقی یا مشاهداتی باشد و به خوبی مستند شود. اگر خطای به دست آمده مرتبط به اهداف M&V باشد، اثر تفاوتها باید سنجیده شده و به شکل آنالیز حساسیت، کمّی گردد.

۴-۵-۴ گزینه D: صحه‌گذاری نصب

با توجه به این که اغلب ساختمان‌ها در سال اول یا دوم بهره برداری‌شان ناپایدار هستند،استفاده از گزینه D برای M&V سیستم‌های بزرگ یا کل ساختمان چالشی مشابه با گزینه C دارد. معمولاً پس از راه‌اندازی، صحه‌گذاری مجدد مکرر از وضعیت عملیاتی و پتانسیل مربوط به عملکرد، ضروری است. ولی گزینه D معمولا دارای مزیت اندازه گیری فرعی است و این در ردیابی و مستندسازی ناپایداری‌ها کمک می نماید. این اطلاعات می‌تواند متعاقباً در فرآیند کالیبراسیون شبیه‌سازی گنجانده شود.

۵-۵-۴ گزینه D: بازه‌های زمانی اندازه‌گیری

مقدار تغییرات مورد انتظار در یک پارامتر، یا شرایط دیگر (ر.ک. ۴-۵-۴ بالا) تناوب اندازه‌گیری‌ها را دیکته می‌کند. مانند گزینه‌های A و B، اگر انتظار رود که یک پا رامتر تغییر کند، می‌توان آن را بلافاصله بعد از نصب اندازه‌گیری کرد و بعداً به منظور صحه گذاری این‌که ثابت باقی‌مانده آن را به صورت دوره‌ای مجدداً اندازه‌گیری کرد. هم‌چنین ممکن است برای پارامترهایی که به صورت روزانه یا ساعتی تغییر می کنند اندازه‌گیری پیوسته لازم باشد.

بایستی بر چگونگی جمع‌آوری داده‌های اندازه‌گیری پیوسته نیز توجه کرد. برنامه‌های شبیه‌سازی ساعتی تنها قادر به حل محاسبات در بازه‌های زمانی یک ساعته هستند . درنتیجه، اگر برای مقایسه با نتایج شبیه‌سازی و کالیبراسیون از داده‌های پیوسته کنتورها استفاده می‌شود، باید آنها را در دوره‌های یک ساعته میانگین‌گیری کرد.

۴-۵-۶ گزینه D: طراحی و توسعه خط‌مبنا

یکی از الزامات گزینه D، مدل شبیه سازی کل ساختمان است که به درستی وضعیت واقعی ساختمان را بازتاب دهد. اگر چنین مدلی همراه با فرآیند طراحی ساختمان تولید نشده باشد، باید مستقلاً برای M&V تهیه شود.

اغلب مدل شبیه‌سازی خط‌مبنا را می‌توان از مدل as-built تهیه کرد. این کار ممکن است شامل حذف راهکارها یا تغییر سیستم و ویژگی های ساختمان به شکل یا سطح تعیین شده ای از عملکرد باشد. *با این حال، در هنگام حذف راهکارهای مجزا یا تغییر ویژگی‌های ساختمان باید با دقت اطمینان حاصل کرد که کل اثرات ثانویه حاصل از حذف راهکار یا تغییر ساختمان در نظر گرفته و در مدل گنجانده شده باشد. در غیر این‌صورت، شبیه‌سازی به درستی نشان‌دهنده تمامی اثرات تغییرات نخواهد بود.* یک مثال ساده، کنار گذاشتن شیشه‌های با کارایی بالا است. در عمل، این امر در چندین تغییر ثانویه در طراحی مانند: تغییر در بارهای سرمایش و گرمایش، اندازه دستگاه چیلر و اندازه دستگاه حرارتی خواهد داشت. این تغییرات باید در بازنگری مدل شبیه‌سازی گنجانده شود تا به ارزیابی صحیحی از اثر حذف راهکار دست یابیم. به علاوه، این تغییرات باید در طراحی اساسی مجدد سیستم‌های تحت اثر در نظر گرفته شوند. اگر در پاسخ به حذف راهکار تنها ایجاد امکان استفاده از پیش‌فرض یا تغییر سایز خودکار برنامه شبیه سازی انجام شود این می‌تواند به خطای بارزی در برآورد صرفه‌جویی‌ها منجر شود.

اگر یک مدل شبیه‌سازی خط‌مبنا برای مقابله با آن چه از مدل as-built توسعه یافته، به طور مستقل ایجاد شود، در این صورت ملاحظات بند ۴-۵-۶ نیز کاربرد دارد. شبیه‌سازی خط‌مبنا باید به درستی منعکس کننده آن طراحی باشد که اگر ساختمان واقعاً خط‌مبنا ساخته شده بود.

۴-۵-۷ گزینه D: کالیبراسیون شبیه‌سازی

گزینه D نیازمند کالیبراسیون هر دو مدل شبیه‌سازی as-built و خط‌مبنا است. ولی چون خط‌مبنا فرضی است و هیچ رابطه یا مرجع مستقیمی به واقعیت ندارد، تنها رویکرد دردسترس ، کالیبراسیون شبیه‌سازی as-built در ابتدای کار است. به منظور انعکاس شرایط عملیاتی سایت در طول دوره M&V، این امر نیازمند تصحیح ورودی ها و پارامترهای شبیه سازی as-built است. بیشتر این تصحیحات از پیش‌فرضهای متغیری مانند برنامه‌های زمانی یا تعداد ساکنین تشکیل شده، اما دیگر تصحیحات از اندازه‌گیری‌هایی منتج می‌شود که تغییرات پارامترهایی مانند نمودارهای عملکرد تجهیزات یا کنترل سیستم را آشکار می کند. در این جا هم، اندازه‌گیری‌های فرعی می‌تواند در ارائه بازخورد لازم برای شناسایی و تعیین مقدار این تغییرات ارزشمند باشد.

آب‌وهوا یک پارامتر بسیار حیاتی است که معمولاً باید برای آن تصحیح انجام شود. برای دوره M&V باید داده‌های آب وهوای محلی به دست آمده و در یک قالب مناسب برای به کارگیری در بسته نرم افزاری جمع‌آوری شود. اغلب بسته‌های نرم‌افزاری ساعتی، حاوی ابزارهای ویژه ای برای این هدف هستند. ادارات دولتی هواشناسی، قابل اعتماد ترین و معتبرترین منابع برای داده‌های آب‌وهوایی هستند، البته در بعضی موارد، ممکن است اندازه‌گیری آب و هوا در محل نیز مورد نیاز باشد.

پس از این‌که تصحیحات مورد نیاز در خصوص شرایط عملیاتی و آب و هوا در مدل شبیه‌سازی as-built انجام شد، مدل مجدداً اجرا شده و نتایج با مصرف انرژی پس از ساخت ساختمان در دوره M&V مقایسه می‌شود. این مقایسه باید شامل مصارف نهایی انرژی در تمامی سطوح سیستم ها که برای آنها داده‌های اندازه‌گیری موجود است، باشد.

سپس در صورت لزوم تفاوتها با تغییرات بعدی در مدل شبیه‌سازی as-built بررسی و هماهنگ می‌شوند تا کالیبراسیون قابل قبول به دست آید.

برخی تفاوتها نسبت به بقیه قابل توجه‌تر هستند و ممکن است اصلاح تمامی انحرافات به دلیل محدودیت‌های نرم‌افزار مورد استفاده، عملی نباشد. فرد شبیه‌ساز باید برای ارزیابی و نشان دادن چنین وضعیت‌هایی، به آموزش و تجربه خود تکیه کند. بسیاری از بسته های نرم‌افزاری، سیستم‌های پشتیبانی کاربری ارائه می‌دهند که می‌تواند مفید باشد. انحرافات بارزی که نمی‌تواند از طریق نرم‌افزار تصحیح شوند باید از طریق تصحیحات خارج از نرم افزار رفع و رجوع شوند. دربرخی موارد ممکن است بررسی‌های کالیبراسیون، عملکرد پایین تجهیزات یا سیستم‌های as-built را نیز برملا کند. بسته به اهداف پروژه، این عیوب as-built را می‌توان به عنوان یک اقدام کالیبراسیون در شبیه‌سازی as-built گنجاند یا پیش از ادامه فرآیند کالیبراسیون اصلاح کرد.

حاشیه قابل قبول خطا در کالیبراسیون شبیه سازی به الزامات و اهداف برنامه M&V و نیز میزان صرفه‌جویی‌های مربوطه بستگی دارد. راهنمای ASHRAE 14 محدوده‌های پیشنهادی خطا را برای وضعیت‌های مختلف کالیبراسیون ارائه می‌دهد.

پس از این‌که مدل شبیه‌سازی as-built به صورت رضایت‌بخشی کالیبره شد، باید تمامی تصحیحات انجام شده در آن تا حد امکان در مدل خط مبنا نیز گنجانده شود. لازم به ذکر است که میزان تشابه‌بین ساختمان as-built و خط‌مبنا در خصوص ساختار فیزیکی، سیستم‌ها و دیگر ویژگی های کلیدی، تعداد تصحیحات کالیبراسیون as-built راکه قابل اجرا و قابل انتقال در مدل خط مبنا است را دیکته خواهد کرد. در موارد حدی که دو ساختمان کاملاً بی شباهت باشند، کالیبراسیون as-built ممکن است ارزشی بیش از تامین یک بررسی کنترل کیفی مدل as-built را داشته باشد.

۸-۵-۴ گزینه D: برآورد صرفه‌جویی‌ها

صرفه‌جویی گزینه D با یک یا دو روش زیر برآورد می‌شود:

روش ۱- تفاضل مصرف انرژی مدل کالیبره شده as-built از مصرف انرژی مدل کالیبره‌شده خط‌مبنا.

یا

روش ۲- تفاضل مصرف انرژی اندازه‌گیری شده پس از ساخت ساختمان از مصرف انرژی مدل خط مبنای کالیبره شده.

انتخاب این‌که کدام روش استفاده شود، به اهداف برنامه M&V بستگی دارد و به کنترل خطای برآورد صرفه‌جویی‌ها مرتبط است.

- روش ۱ می‌تواند به صورت قابل‌قبولی اثرات خطای سیستمی شبیه‌سازی را به حداقل برساند ولی این روش تنها زمانی اعمال می شود که طبیعت این خطا شناخته شده باشد و بتوان به صورت منطقی فرض کرد که خطای بین شبیه‌سازی‌های as-built و خط‌مبنا یکسان است. در این صورت، این خطا بر محاسبه صرفه‌جویی تاثیر نمی‌گذارد چراکه بر اختلاف خالص در پیش‌بینی انرژی بین شبیه‌سازی‌ها بی تاثیر می شود.
- روش ۱ پس از کالیبراسیون به سادگی خرابی‌های بلندمدت فیزیکی یا کاهش عملکرد تجهیزات یا سیستم‌ها را تشخیص نمی دهد مگر این که شبیه سازی با داده‌های اندازه گیری شده برای هر

دوره دیگر M&V مجدداً کالیبره شود . این امر بدان دلیل است که الگوریتم های شبیه‌سازی و مدل‌های تجهیزات بر فرض عملیات "کامل" تجهیزات استوار هستند.

- روش ۲ با سهولت بیشتری تشخیص کاهش عملکرد پس از کالیبراسیون را بدون کالیبراسیون کامل مجدد ممکن می سازد ، زیرا کاهش صرفه‌جویی از طریق افزایش غیرقابل توجیه مصرف انرژی اندازه‌گیری شده ، مشهود خواهد بود.
- روش ۲ نیازمند یک مدل شبیه سازی خط مبنای بسیار درست و درک دقیق از خطای بالقوه شبیه‌سازی است. برآورد صرفه‌جوییها باید با توجه به هرگونه خطای شبیه‌سازی تصحیح شود.

درحالی که برآورد صرفه‌جویی‌ها معمولاً بر یک دوره محدود M&V تمرکز دارد، در بعضی موارد ممکن است انتخاب یک دوره طولانی‌مدت تر مورد قبولتر باشد. این امر می‌تواند به طور بالقوه با یکی از سه رویکرد زیر انجام شود:

- اگر از برآورد صرفه‌جویی‌ها در روش ۱ استفاده می‌شود، مدل‌های شبیه‌سازی as-built و خط‌مبنا باید برای هر دوره جایگزین M&V کاملاً کالیبره مجدد شود. این امر شناسایی نقصان فیزیکی در عملکرد تجهیزات یا سیستم‌ها را ممکن می سازد، زیرا کاهش عملکرد در فرآیند کالیبراسیون شناسایی خواهد شد.
- اگر از برآورد صرفه‌جویی‌ها در روش ۲ استفاده می‌شود، مدل شبیه‌سازی خط‌مبنا باید طوری تصحیح شود که شرایط عملیاتی و آب وهوایی هر دوره دیگر M&V در آن منعکس شود. در این صورت نقصان بارز فیزیکی تجهیزات یا عملکرد سیستم از طریق کاهش صرفه‌جویی‌ها مشهود خواهد بود.
- می توان از مصرف انرژی اولین سال عملیات یکنواخت یا قابل قبول ساختمان as-built به عنوان مصرف انرژی سال مبنا ی جدید استفاده کرد و روشهای رگرسیون جلد یک IPMVP برای ارتباط انرژی سال مبنا به آب وهوا و سایر متغیرهای عملیاتی برای دوره های بعدی به کار گرفته می شوند. اساساً مصرف انرژی as-built و شرایط عملیاتی اولین سال M&V، خط مبنایی برای دوره های بعدی M&V است و صرفه‌جویی‌های بعدی نسبت به این خط‌مبنای جدید برآورد می‌شود.

۴-۵-۹ گزینه D: عدم قطعیت

راهنمای ASHRAE 14 راهنمای فنی برای تحلیل های آماری خطای شبیه سازی ارائه می دهد. به این ترتیب عوامل عمومی موثر بر عدم قطعیت گزینه D عبارتند از:

- پیچیدگی راهکارها، سیستم‌ها یا ساختمان.
- یکنواختی عملیات یا تغییرات نسبت به ساختمان as-built در دوره M&V.
- نرم‌افزار شبیه‌سازی به کار رفته و توانایی آن برای مدل‌سازی راهکارها، سیستم‌ها یا ساختمان.
- میزان سختگیری و صحت مدل‌های شبیه‌سازی as-built و خط‌مبنا.
- میزان و پیچیدگی‌های اندازه‌گیری‌های فرعی.
- صحت پارامترهای پیش‌فرض شده.
- درجه کالیبراسیون به دست آمده.
- شباهت بین ساختمان‌های as-built و خط‌مبنا.
- توانایی و تجارب مجری.

۴-۵-۱۰ گزینه D: هزینه

هزینه اجرای گزینه D به عوامل زیر بستگی دارد:

- اندازه و پیچیدگی راهکارها، سیستم‌ها یا ساختمان.
- درجه مورد نیاز صحت در تعیین صرفه‌جویی‌ها.
- نرم‌افزار شبیه‌سازی مورد استفاده و پیچیدگی مربوط به آن.
- میزان و پیچیدگی‌های اندازه‌گیری‌های فرعی.

مانند دیگر گزینه های M&V، میزان سختگیری و هزینه های مربوطه باید نسبت به صرفه جویی‌های موردانتظار و اهمیت خطای بالقوه متوازن شود.

۴-۵-۱۱ گزینه D: بهترین کاربردها

گزینه D بهترین کاربرد را در مواردی دارد که:

- تمرکز M&V به جای راهکارهای خاص مجزا، بر روی راهکارها یا سیستم‌های مرتبط، یا عملکرد کل ساختمان است.
- درجه بالایی از صحت برای تعیین صرفه‌جویی‌ها مورد نیاز است.
- بودجه M&V زیاد است.
- کنتورها می توانند به دو منظور به کار روند . مثلاً اندازه گیری فرعی برای بازخورد عملیاتی یا صدور صورت‌حساب برای مستاجر .

پیوست الف تعاریف

اندازه‌گیری – فرآیند استفاده از یک دستگاه برای تعیین یک کمّیت فیزیکی.

خط‌مبنا – مجموعه کامل شرایط مفروض طراحی، مصرف، عملیات و اشغال ساکنین (عموماً بر مبنای استاندارد یا دستورالعمل کارایی انرژی).

دوره M&V – هر دوره یا زمان، پس از راه اندازی ساختمان، که برای تعیین صرفه جویی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدل – یک نمایش ریاضی یا شیوه محاسبات ی که برای پیش بینی مصرف یا تقاضای انرژی در یک ساختمان یا سایت مورد استفاده قرار می گیرد. ممکن است مدل ها بر مبنای معادلاتی باشند که نشان‌دهنده فرآیندهای فیزیکی بوده یا ممکن است حاصل تحلیل آماری داده‌های مصرف انرژی اندازه‌گیری شده باشند.

مدل شبیه‌سازی – مجموعه‌ای از الگوریتم های کامپیوتری که بر اساس معادلات مهندسی و پارامترهای تعریف شده توسط کاربر، مصرف انرژی را در بازه های زمانی خاص در سیستم ها و در سطح کل ساختمان محاسبه می‌کند.

مصرف انرژی پیش‌بینی شده خط‌مبنا – مصرف یا دیماند انرژی خط مبنا که با استفاده از شرایط عملیاتی پس از ساخت ساختمان محاسبه شده است.

پیوست ب منابع

۱ راهنمای AHRAE 14 (۲۰۰۲)

هدف این سند، ارائه راهنماهایی برای اندازه‌گیری قابل اعتماد صرفه جویی انرژی یا دیماند برای پروژه های مدیریت انرژی ساختمان است . این سند، رویکردهای عمومی M&V را معرفی کرده و شیوه های تحلیل دقیق مرتبط با تکمیل M&V را تشریح می‌کند. علاوه بر آن، راهنماهای مدیریت تجهیزات و داده‌ها را ارائه کرده و روش‌هایی برای به حساب آوردن عدم قطعیت مرتبط با مدل‌ها و اندازه‌گیری‌ها توصیف می‌کند.

این راهنما می‌تواند مستقیماً به ASHRAE سفارش داده شود:

آدرس پستی: 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta, GA 30329

تلفن رایگان: ۵۲۷-۴۷۲۳ (۸۰۰)، (تنها در ایالات متحده و کانادا)

تلفن: ۶۳۶-۸۴۰۰ (۴۰۴)

فکس: ۳۲۱-۵۴۷۸ (۴۰۴)

آدرس اینترنتی: www.ashrae.org

۲ AHRAE 90.1 (۲۰۰۱): استاندارد انرژی برای ساختمان هایی به جز ساختمان های مسکونی کم ارتفاع

هدف این استاندارد ارائه حداقل الزامات برای طراحی ساختمان انرژی کارآمد به جز ساختمان‌های مسکونی کم ارتفاع است.

این استاندارد حداقل الزامات کارایی انرژی برای طراحی و ساخت موارد زیر را ارائه می‌دهد:

- ساختمان‌های جدید و سیستم‌های آن‌ها،
- بخش‌های جدید ساختمان‌ها و سیستم‌های آن‌ها، و
- سیستم‌ها و تجهیزات جدید در ساختمان‌های موجود.

این استاندارد می‌تواند مستقیماً به ASHRAE سفارش داده شود.

۳ فصل‌های هندبوک ASHRAE در زمینه برداشت و ثبت داده‌ها و هزینه‌یابی چرخه عمر

هندبوک ASHRAE، ۲۰۰۱ مبانی ، برداشت و ثبت داده‌ها، فصل ۱۴، صفحات ۳۱-۱۴تا ۳۲-۱۴.

هندبوک ASHRAE، ۱۹۹۹ کاربردهای HVAC، فنون تحلیل اقتصادی، فصل ۳۵، صفحات ۶-۳۵ تا ۱۲-۳۵.

۴ استانداردهای کارایی انرژی کالیفرنیا برای ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی

کد ساختمان کالیفرنیا (مبحث ۲۴)، استانداردهای کارایی انرژی ساختمان را برای ساخت ساختمان جدید (شامل الزامات کل ساختمان‌های جدید، اضافه کردن‌ها، تغییرات و تعمیرات در ساختمان‌های غیرمسکونی) ارائه می‌کند.

کپی الکترونیکی این استاندارد می‌تواند از طریق سایت
http://www.energy.ca.gov/title24/standards/index.html بارگیری شود. نسخ چاپ شده مبحث ۲۴ را می‌توان با تماس با شماره ۹۱۶-۶۵۴-۵۲۰۰ دریافت کرد.

۵ مدل کانادایی کد ملی انرژی برای ساختمان‌ها (MNECB)[1]

این کد، استانداردهای کارایی انرژی توصیه شده برای تجهیزات/ سیستم‌ها و عملکردهای مبتنی بر کل ساختمان را برای ساختمان‌های جدید و بازسازی های عمده تدوین کرده است. تعدادی از مراجع ایالتی یا شهری در کانادا آن را پذیرفته یا در حال پذیرفتن آن هستند.

این کد را می‌توان به صورت نسخه پرینت شده یا الکترونیکی با تماس با انتشارات منابع ملی کانادا دریافت کرد.

تلفن: ۱۸۰۰-۳۸۷-۲۰۰۰

آدرس اینترنتی: http://oee.nrcan.gc.ca.

۶ برنامه مدیریت انرژی فدرال (FEMP)

وزارت انرژی ایالات متحده، برنامه مدیریت انرژی فدرال (FEMP) از طریق قراردادهای مبتنی بر عملکرد به کاهش هزینه های انرژی و عملیاتی ادارات فدرال کمک می کند. برنامهFEMP، مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های اندازه‌گیری و صحه‌گذاری را به عنوان بخشی از برنامه قرارداد مبتری بر عملکرد (ESPC) ، تدوین و نگهداری می کند تا برای تمامی پروژه های ESPC و Super ESPC مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود بر اساس IPMVP، راهنماهای FEMP (که فعلاً وضعیت بازنگری ۲/۲ دارد) راهنمایی خاصی را برای بسیاری راهکارهای رایج ارائه می دهد. نسخه کاغذی راهنماهای M&V مربوط به FEMP را می‌توان از طریق تماس با ۱-۸۰۰-۳۶۳-۳۷۳۲ (DOE-EREC) دریافت کرد یا از وب سایت FEMP در http://www.eren.doe.gov/femp/financing/espc/contract_tools.html بارگیری کرد.

۷ پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP)

پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP) – جلد یک، ۲۰۱۲. "مفاهیم و گزینه‌های برای تعیین صرفه‌جویی‌های انرژی و آب." واشنگتن دی‌سی، وزارت انرژی ایالات متحده.

پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP) – جلد دو، ۲۰۰۲. "مفاهیم و تجارب برای بهبود کیفیت محیط زیست داخلی ."واشنگتن دی‌سی، وزارت انرژی ایالات متحده.

پروتکل بین‌المللی اندازه‌گیری و صحه‌گذاری عملکرد (IPMVP) دید کلی از فنون بهترین تجارب موجود برای صحه‌گذاری نتایج پروژه‌های کارایی انرژی را فراهم می‌آورد.

نسخ IPMVP از طریق زیر در دسترس هستند:

تلفن: ۸۰۰-۳۶۳-۳۷۳۲ (برای نسخه کاغذی)

آدرس اینترنتی: http://www.ipmvp.org (برای نسخه الکترونیکی)

[1] Canadian Model National Energy Code for Buildings

۸ کد مدل انرژی (MEC)[1]

این سند به عنوان "کد بین‌المللی صرفه‌جویی انرژی" (IECC) توسط شورای بین‌المللی کد(ICC) منتشر و نگهداری می‌شود و شامل معیارهای کارایی انرژی برای ساختمان های جدید مسکونی، تجاری و قسمت‌های جدید افزوده شده به ساختمان‌های موجود است. این سند سقف، دیواره‌ها، کف/پی ساختمان و سیستم‌های مکانیکی، روشنایی و برق آن را تحت پوشش قرار می‌دهد.

نسخ MEC/IECC از سازمان‌های زیر در دسترس است:

الف) گروه بین‌المللی مدیران رسمی کد ساختمان (BOCA) ۷۹۹-۲۳۰۰ (۷۰۸)

ب) کنفرانس بین‌المللی متخصصین ساختمان (ICBO) ۶۹۹-۰۵۴۱ (۵۶۲)

ج) شورای بین‌المللی کد (ICC) ۹۳۱-۴۵۳۳ (۷۰۳)

د) گروه کنگره بین المللی کد ساختمان جنوب (SBCCI) ۵۹۱-۱۸۵۳ (۲۰۵)

۹ برنامه وزارت انرژی ایالات متحده برای ساختمان با کارایی بالا (HPBi)

برنامه ساختمان با کارا یی بالا (HPBi) یک برنامه تحقیقاتی است که توسط وزارت انرژی ایالات متحده حمایت شده و با تغییر در طراحی، ساخت و عملکرد ساختمان های تجاری برای ایجاد و استقرار ساختمان‌هایی با مصرف انرژی بسیار کمتر و به میزان حداکثر ۵۰٪ به ساختمان‌های معمولی عمل می‌کند. تا سال ۲۰۲۵، HPBi قابلیت‌های فنی ترکیب کارایی انرژی با منابع انرژی تجدید پذیر را ایجاد و ساخت ساختمان‌های با مصرف انرژی خالص صفر (ZEB)[2] با هزینه‌های اضافی کم را ممکن خواهدکرد.

آدرس اینترنتی: http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/

۱۰ رهبری طراحی انرژی و محیط‌زیست در شورای ساختمان سبز ایالات متحده (LEED™)

سیستم رتبه بندی ساختمان سبز LEED™ (رهبری در طراحی انرژی و محیط‌زیست) یک استاندارد ملی داوطلبانه مبتنی بر توافق جمع برای توسعه عملکرد بالا است . LEED™ یک چارچوب کامل برای ارزیابی عملکرد و دستیابی به اهداف پایداری ارائه کرده است . LEED™ ایجاد شده تا: الف) "ساختمان سبز" از طریق ایجاد یک استاندارد رایج اندازه گیری تعریف شود، ب) شیوه‌های طراحی یکپارچه کل ساختمان ارتقاء یابد. سیستم‌های رتبه‌بندی LEED™ (به عنوان مثال برای ساخت ساختمان جدید، ساختمان‌های موجود، پروژه‌های هسته و پوسته و داخل ساختمان‌های تجاری) به استفاده از IPMVP برای اعتبار اندازه‌گیری و صحه‌گذاری تحت رده‌بندی انرژی و اتمسفر، پاداش می‌دهد.

سیستم رتبه‌بندی LEED™ می‌تواند از وب سایت شورای ساختمان سبز ایالات متحده (http://www.usgbc.org) به صورت رایگان دانلود شود. اسناد پشتیبان را می‌توان مستقیماً از شورای ساختمان سبز ایالات متحده خریداری کرد:

آدرس پستی: 1015 18th st. ,NW ،Suite 805,Washington ،DC 20036

تلفن: ۷۴۲۲- ۸۲۸ (۲۰۲)

[1] The Model Energy Code
[2] Zero Energy Buildings

فکس: ۵۱۱۰- ۸۲۸ (۲۰۲)

آدرس اینترنتی: www.usgbc.org

۱۱ داده‌های آب‌وهوا

اطلاعات در زمینه قالب‌ها و داده‌های آب‌وهوا را می‌توان در وب‌سایت‌های زیر یافت:

- http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/tmy2/
- http://gundog.lbl.gov/dirsoft/d2weather.html

۱۲ مراجع و منابع مرتبط با پیش‌فرضها

وزارت انرژی ایالات متحده، ۲۰۰۰، راهنماهای دقیق گزینه FEMP A، (http://ateam.lbl.gov/mv)

۱۳ مراجع و منابع مرتبط با شبیه سازی کالیبره شده

- اسلین جونیور، ری چودهری ای، الی سی، ۲۰۰۰. "هیئت منصفه (در نیمه راه) است: نتایج قرارداد عملکرد ساختمان جدید "، پنل ۴، صفحات ۴-۳۱۵ تا ۴-۳۲۶ ، مجموعه ۲۰۰۰ مقاله مطالعه تابستانی شورای اقتصاد انرژی کارآمد (ACEEE) ایالات متحده در زمینه کارایی انرژی در ساختمان‌ها، آسیلومار، کالیفرنیا.
- شرکت جی. اف. شیمکو و همکاران، شرکت DukeSolutions کانادا، ۱۹۹۹. "پایش مصرف انرژی، مرکز Crestwood Corporate – ساختمان ۸، ریچموند، بریتیش کلمبیا، گزارش سه ماهه چهارم و سالانه DOE 2.1e تطبیق شبیه‌سازی – ۱۹۹۸"، تحت قرارداد با گروه کانادایی CANMET CETC،
- هابرل جی، بو سعدا تی، ۱۹۹۸. "شیوه‌های کالیبراسیون مد ل‌های شبیه‌سازی ساعتی به داده های انرژی و زیست محیطی اندازه گیری شده ساختمان "، مجله ASME در زمینه مهندسی انرژی خورشیدی، جلد ۱۲۰، صفحات ۱۹۳ تا ۲۰۴، (اوت).
- هابرل جی، برونسان دی، اُ نیل دی، ۱۹۹۵. "یک ارزیابی از آثار داده‌های اندازه‌گیری شده آب‌وهوا در مقایسه با داده‌های آب وهوای TMY در شبیه سازی DOE-2 یک ساختمان موجود در تگزاس مرکزی." معاملات ASHRAE مقاله فنی شماره ۳۹۲۱، جلد ۱۰۱، صفحه ۲، (ژوئن).
- سیلوستر کی، سانگ اس، هابرل جی، ترنر دی، ۲۰۰۲. ارزیابی پایداری ساختمان اداری دولتی روبرت ای جانسون، مجموعه مقالات سیزدهمین سمپوزیوم در بهبود سیستم های ساختمان در آب‌وهوای گرم و مرطوب، دانشگاه A&M تگزاس، هاستون، تگزاس، صفحات ۱۰۹- ۱۰۳.
- کریدر جی و هابرل جی، ۱۹۹۴. "پیش‌بینی مصرف انرژی ساعتی ساختمان : بررسی اجمالی و بحث در مورد نتایج،" معاملات ASHRAE مقاله فنی ، جلد ۱۰۰، بخش ۲ (ژوئن).
- کریدر جی و هابرل جی، ۱۹۹۴. "پیش‌بینی مصرف انرژی ساعتی ساختمان : دقیق‌ترین روش برای ایجاد پیش‌بینی‌های ساعتی مصرف انرژی "، مجله ASHRAE، صفحات ۷۲ تا ۸۱ (مارس).

پیوست ج مطالعات موردی

ساختمان مرکزی شرکت Crestwood ساختقان ۸، ونکور، کانادا

شرح پروژه – ساختمان مرکزی شرکت Crestwood شماره ۸، یک ساختمان اداری سه طبقه چند مستاجری با مساحت ۸۰،۰۰۰ فوت مربع است که در سال ۱۹۹۷ ساخته شده است. این پروژه در برنامه CANMET C-2000 کانادا برای ساختمان های پیشرفته تجاری که همراه با طیف وسیعی از معیارهای عملکرد زیست محیطی، مصرف انرژی کمتر از ۵۰٪ از یک ساختمان م بنا ی حاصل از استاندارد ASHRAE/AES 90.1-1989 را الزام کرده، مشارکت کرده است. خطمبنا و طراحی، موضوع شبیه سازی مستمر فرآیند طراحی با استفاده از DOE 2.1e بوده است.

اهداف M&V – این ساختمان برای تصدیق تمامی جنبه های عملکرد از جمله مصرف انرژی، کیفیت هوای داخلی و رضایت ساکنین، تحت یک برنامه گسترده پایش قرار گرفته است. اهداف خاص M&V مصرف انرژی عبارتند از:

- برآورد صرفه جویی انرژی ساختمان as-built در سطح راهکار و در سطح کل ساختمان نسبت به خطمبنا تحت شرایط عملیاتی واقعی.
- ارزیابی و تصدیق روش‌های شبیه‌سازی به کار رفته و صحت شبیه‌سازی.
- تصدیق ASHRAE/IES 90.1-89 بر اساس فرضیات عملیات و اشغال ساکنین که در شبیه‌سازی‌های فرآیند طراحی استفاده شده اند.

خطمبنای M&V – خطمبنای تعریف شده برای پروژه اساساً ترکیبی از روش بودجه هزینه انرژی ASHRAE/IES 90.1-89 با استفاده از ساختمان مرجع اما با سیستم‌های HVAC مشخص شده توسط رویکرد ساختمان پروتوتایپ بوده است.

روش M&V – روش‌های M&V مورد استفاده گزینه B - جداسازی راهکار و گزینه D – شبیه‌سازی کالیبره شده کل س اختمان، بودند. گزینه B به جداسازی عملکرد قسمت های کلیدی تجهیزات معینی هم‌چون چیلرها و بویلرهای چگالشی توجه دارد.

دوره M&V شامل ۱۸ ماه بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ است. ۶ ماه اول M&V یک دوره آزمایشی است که برای آزمون و اشکال‌زدایی سیستم‌های پایش وتثبیت عملیات ساختمان در نظر گرفته شده است. دوره M&V رسمی، ۱۲ ماه بعدی است که با سال تقویمی ۱۹۹۸ هم‌زمان است.

این ساختمان به سیستم اندازه گیری فرعی جامعی تجهیز شده که مصرف برق همه تجهیزات مهم و روشنایی و مدار پریزهای برق را پایش می کند. پایش گرمایش و سرمایش سیستم هیدرونیک، مصرف گاز طبیعی و مصرف آب سرویس توسط کنتورهای اضافی صورت می گیرد. بازه‌های زمانی اندازه گیری برای کنتورهای برق ۱۵ دقیقه و برای کنتورهای سیالا ت، پالس پیوسته بود. برای تعیین برنامه زمانی حضور ساکنین بازرسی‌هایی انجام می شد. داده‌های محلی آب‌وهوا برای دوره M&V از اداره محیط زیست کانادا دریافت شد.

نتایج و تجارب کسب شده –

- مدل شبیه سازی as-built در محدوده ۵٪ کل مصرف انرژی پایش شده سالیانه ساختمان (برآورد خالص کمتر)، با تغییرات ماهیانه کمتر از ۱۰ ± ٪ کالیبره شده است . این برآورد کمتر به ضعف الگوریتم نرم‌افزاری نسبت داده می شود که د ر حین شبیه‌سازی نمی‌تواند مورد اشاره قرار گیرد و موجب نیاز به تصحیحات خارجی برای دستیابی به ارتباط کامل با مصرف انرژی as-built می شود. اکثر این ضعف‌ها به ناتوانی نرم‌افزار در مدل کردن اتلاف انرژی مر بوط به چرخه تجهیزات و عملیات در بار جزئی کم ارتباط دارد.
- برنامه های زمانی حضور ساکنین ASHRAE/IES 90.1، به صورت تقریبی برنامه زمانی ساکنین ساختمان را کم برآورد می کند. درضمن این ساختمان خاص به دلیل وجود سکنه دارای تجهیزات با تکنولوژی بالا، بار بی‌اندازه بالایی از پریزها گرفته می شود. درنتیجه، طراحی مصرف انرژی ساختمان بسیار بیشتر از پیش‌بینی بوده است. با این حال، برنامه زمانی حضور ساکنین و بار پریزها اثر مشابه‌ی بر روی خط‌مبنا و بخصوص بر روی بالابردن مصرف انرژی خط‌مبنا دارد.
- کالیبراسیون شبیه‌سازی نشان داد که طراحی ساختمان با برخی تغییرات جزئی دارای عملکردی مطابق با طراحی بوده است.
- بارزترین مسئله کالیبراسیون شبیه‌سازی، ناتوانی DOE 2.1e در تشخیص کامل ناکارامدی بویلرها و چیلرها بود که در بار جزئی بسیار کم کار می کردند. این نیازمند تحمیل بارهای جایگزین برای تقلید تلفات بود.
- هر چند وقت یکبار قابلیت اعتماد اندازه‌گیری فرعی و سیستم‌های ثبت داده‌ها نیز مسئله ای بود که نیازمند درون‌یابی داده‌ها در طول دوره‌های معین غیرعملیاتی بود.

منابع

شرکت جی . اف. شیمکو و همکاران، شرکت DukeSolutions کانادا، ۱۹۹۹. "پایش مصرف انرژی، ساختمان مرکزی Crestwood– ساختمان ۸، ریچموند، گزارش سه ماهه چهارم و سالانه DOE 2.1e تطبیق شبیه‌سازی – ۱۹۹۸"، تحت قرارداد با گروه کانادایی CANMET CETC، # Standing Offer 23341-6-2006/001-SQ, Order 23229, Ser. #3104.

ساختمان اداری دولتی رابرت ای . جانسون، آ ستین، تگزاس، ایالات متحده

شرح پروژه – ساختمان اداری دولتی رابرت ای. جانسون، یک ساختمان اداری پنج طبقه با مساحت ۳۰۳،۳۸۹ فوت مربع است که در سال ۲۰۰۱-۲۰۰۰ ساخته شده است. ساختمان مجموعه‌ای از بخش‌های اداری و کارمندان پشتیبانی را در بر دارد . این ساختمان به عنوان نمونه ای پیشرو در طراحی پایدار ، موضوع یک برنامه جامع M&V واقع شده است.

اهداف M&V – اهداف برنامه M&V عبارت بودند از:

- برآورد صرفه‌جویی ساختمان as-built در سطح راهکار و کل ساختمان نسبت به خط‌مبنا تحت شرایط عملیاتی واقعی.
- آزمودن روش‌ها و فنون کالیبراسیون شبیه‌سازی.

خط‌مبنای M&V – برای این پروژه دو خط‌مبنا مورد استفاده قرار گرفته است:

- ساختمان طراحی شده با تعدادی راهکارهای حذف شده از طراحی.
- دیگر ساختمان‌های اداری ایالتی در بانک اطلاعاتی LoanSTAR.

روش M&V – روش‌های M&V مورد استفاده عبارت بودند از گزینه D- روش ۱ شبیه‌سازی کالیبره شده، و نسخه برون‌یابی گزینه C- مقایسه کل ساختمان. گزینه D بر ارزیابی اثر شیشه های با عبور تابش کم (low-e) و عملکرد سیستم های عمده‌ای هم‌چون سیستم هواساز HVAC، چیلرها، روشنایی و کنترل‌های روشنایی تمرکز دارد.

دوره M&V برای گزینه D از ۱۰ ماه در سال ۲۰۰۱ تشکیل شده است . یک سیستم اندازه‌گیری فرعی برای پایش مصرف برق سیستم های بارز تحت نظر و هم چنین روشنایی و مدارهای پریز برق برای یک طبقه نوعی نصب شده است . کنتورهای اضافی، مصرف گرمایش و پارامترهای عملیاتی HVAC را پایش می‌کنند. بازه‌های زمانی اندازه‌گیری یک ساعت بوده است. حضور ساکنین برای در نظرگیری در شبیه‌سازی کالیبره شده از روشنایی و داده های پریزهای ثبت شده برای یک طبقه نوعی استخراج شد . داده‌های آب‌وهوا برای دوره M&V از سرویس ملی هواشناسی به دست آمد و با اندازه‌گیری تابش خورشید محیط در محل تکمیل شد.

شبیه‌سازی DOE 2.1e ساختمان as-built به طور خاص برای برنامه M&V تدوین شد و با داده‌های پایش شده کالیبره شد. سپس هر راهکار به صورت مجزا از شبیه‌سازی کالیبره حذف شد تا صرفه‌جویی مجزا و تجمعی ایجاد شده برآورد شود.

گزینه C برون‌یابی شده M&V از مقایسه بین موارد الف و ب تشکیل شد : الف) داده‌های واقعی حامل‌های انرژی ساختمان در ۶ ماه پس از راه اندازی با استفاده از مدل شبیه سازی کالیبره شده به عملکرد سالیانه برون‌یابی و به این ترتیب به تمامی فصول یک سال استاندارد تعمیم داده شد و سپس تبدیل به شاخص انرژی سالیانه شد، ب) داده‌های شاخص انرژی سالیانه برای ۱۱ ساختمان قابل مقایسه در بانک داده‌های LoanSTAR ثبت شد.

نتایج و تجارب کسب شده –

- کالیبراسیون رضایت‌بخش شبیه‌سازی طراحی با تفاوت عموماً در محدوده ۲۰ ٪± در همه سطوح M&V به دست آمد.

- محدودیت‌های توانایی مدل سازی نسخه DOE2.1e مورد استفاده، برخی دشواری های شبیه‌سازی را نشان داد. محدودیت‌ها شامل ناتوانی در شبیه‌سازی سیستم‌های معین و هم چنین محدودیت در تعداد ورودی عناصر و مناطق ساختمان است . برای رفع این مشکلات ساده‌سازی‌هایی برای شبیه‌سازی به کار گرفته شدند.
- عدم قطعیت مرتبط با پارامترها و متغیرهای عملیاتی هم چون نقاط تنظیم دما نیز مشکلاتی بر روی کالیبراسیون اعمال کرد.
- ساختمان‌های پایگاه اطلاعاتی LoanSTAR دارای عملکرد انرژی از ۱۰۰ تا بیش از ۲۰۰ kBtu به ازای هر فوت مربع بودند. با مقایسه عملکرد برون‌یابی شده شش ماه اول ، داده‌ها نشان داد که مصرف انرژی kBtu ۱۴۸ به ازای هر فوت مربع در سال بوده است . این بازه گسترده در پایگاه داده‌های مقایسه ، کاستی‌های ذاتی گزینه C را نشان می‌دهد.

منابع

- سیلوستر کی، سانگ اس، هابرل جی، ترنر دی، ۲۰۰۲. "مطالعه موردی: ارزیابی صرفه‌جویی انرژی برای ساختمان اداری دولتی رابرت ای جانسون در آستین تگزاس،" روزنامه IBPSA، جلد ۱۲، شماره ۲، صفحات ۲۸- ۲۲ (تابستان).
- سیلوستر کی، سانگ اس، هابرل جی، ترنر دی، ۲۰۰۲. "ارزیابی پایداری ساختمان اداری دولتی رابرت ای جانسون، " مجموعه مقالات سیزدهمین سمپوزیوم در بهبود سیستم های ساختمان در آب‌وهوای گرم و مرطوب، دانشگاه A&M تگزاس، هیوستون، تگزاس، صفحات ۱۰۳ تا ۱۰۹.