

روش شناسی گزینش نرم افزارهای کاربردی شبیه ساز انرژی در حوزه معماری

دکتر محمدمهدی غیائی*، دکتر مجتبی مهدوی نیا**، دکتر منصوره طاهباز***، دکتر سیدمجید مفیدی شمیرانی****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۰۳/۰۷

چکیده

در پی هشدارهای ناشی از بحران انرژی، متخصصین حیطه های مرتبط با معماری نیز باید رویکرد انرژی-کارایی را در تمامی مراحل فرآیند طراحی و ساخت مد نظر قرار دهند. از مهمترین ابزارهای مؤثر در این زمینه، شبیه سازی رایانه ای مصرف انرژی است.

تحقیقات در مورد قابلیت ابزارهای شبیه سازی موجود، غالباً کلی بوده و بندرت پژوهش هایی در زمینه قابلیت های مطلوب در حوزه معماری صورت گرفته است. در نوشتار حاضر، ابتدا شبیه سازی مصرف انرژی، حوزه های کارکردی آن و مشخصات نرم افزارهای شبیه ساز مصرف انرژی بررسی شده و سپس نرم افزارهای مذکور از نظر کارایی در حوزه معماری بایکدیگر مقایسه و ابزار منتخب، ارائه شده اند.

در گام بعدی، با استفاده از نتایج پژوهش نظرسنجی "جان هنسن" و تحقیقی در رابطه با میزان بهره گیری از این ابزارها در مدارس معماری آمریکا، نرم افزارهای پر کاربرد استخراج گردیده است و نهایتاً از ترکیب نتایج در دو حیطه نظری و کاربردی، نرم افزارهای برگزیده نهائی پژوهش معرفی شده اند.

واژه های کلیدی

شبیه سازی مصرف انرژی، انرژی کارایی، نرم افزار های شبیه سازی، انرژی مصرفی ساختمان

* دانش آموخته دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)

Email: m.ghiai@iausr.ac.ir

** دانش آموخته دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

*** دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی.

**** استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

جستجوی حیطه واقعیت و عمل با استفاده از نتایج برگرفته از پژوهش نظرسنجی جان هنسن^۵ که از حدود ۵۰ معمار انجام شد و همچنین تحقیقی که میزان بهره گیری از این نرم افزارها را در مدارس معماری آمریکا بررسی نموده است؛ نرم افزارهای پرکاربرد مورد استفاده آنان معرفی می گردد. مقاله حاضر در انتها جهت اعتبار بخشی بیشتر به نتایج، با ترکیب نتایج دو حوزه نظری و عملی، نرم افزارهای مطلوب در رشته معماری را پیشنهاد می کند.

شبیه سازی رایانه ای مصرف انرژی و موزه های کاربردی آن

ساختمان، یک محیط بسیار پیچیده است؛ جایی که پوسته و جداره های بیرونی آن، سیستم ها و تجهیزات تاسیساتی^۶ و سیستم نورپردازی و روشنائی مهمترین مؤلفه های مصرف انرژی را شکل می دهند و به صورت سیستمی یکپارچه، رفتار انرژی را مشخص می نمایند. لذا درک و فهم عملکرد انرژی به مثابه نتیجه و حاصل همه جنبه های فرآیند طراحی ساختمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است و خود پیچیدگی زیادی را در بر دارد که ابزارهای مدلسازی و تحلیل می تواند تا حدی مؤثر باشد (Hong et al., 2000, 9-10).

از میان این ابزارها که در اختیار افراد و کارشناسان درگیر با حیطه فرآیند طراحی (معماران و مهندسان) قرار دارد، کاراترین آن ها در زمینه ارزیابی رفتار انرژی، نرم افزارهای شبیه سازی انرژی هستند. این نرم افزارها با ایجاد محیط مجازی ساختمان، این امکان را فراهم می نماید تا پیش بینی عملکردی ساختمان تا حد ممکن نزدیک به واقعیت باشد و همچنین طراح با بهینه سازی و بهبود طرح خود، فن آوری های جدید صرفه جوئی و انرژی کارائی را معرفی نماید (Hensen, 2002).

از آنجا که رفتارهای حرارتی جاری در ساختمان متشکل از رفتارهای گوناگونی است، انواع مختلفی از شبیه سازی برای تحلیل این رفتارهای مختلف به وجود آمده اند. معماران برای به کارگیری شبیه سازی، لازم است با انواع و کاربرد هریک از آن ها آگاه باشند تا بتوانند روش مناسبی را در زمان مناسب برای انجام شبیه سازی انتخاب نمایند.

تأثیر شبیه سازی در فرآیند طراحی زمانی چشمگیر است که تحلیل عملکرد انرژی در گام های آغازین طراحی تشخیص داده شود. طی ۵۰ سال اخیر بیش از صدها برنامه شبیه سازی مرتبط با مبحث انرژی در ساختمان توسط سازمان های مختلف درگیر در این حوزه، پیاده سازی و استفاده شده است. اصلی ترین این نرم افزارها، مواردی هستند که بنا را به طور کامل شبیه سازی کرده و مواردی نظیر میزان مصرف در دوره های مختلف، هزینه انرژی، محاسبات مربوط به دما و رطوبت را که نتایج شاخص های اصلی عملکرد انرژی در ساختمان هستند، در قالب خروجی های مختلف مشخص می کنند (الهی بخش و شاه محمدی، ۱۳۸۶).

طی ۴۰ سال گذشته دو رویداد جهانی، بحران آلودگی محیط و ضرورت استفاده بهتر از انرژی را به جوامع بشری هشدار داد. اولین رخداد، تحریم نفتی به سال ۱۹۷۳ بود که در پی کمبود پرکاربردترین منبع انرژی اتفاق افتاد. دومین رویداد نیز، هشدار جهانی پیرامون تخریب لایه ازن بود. پروتکل کیوتو به سال ۱۹۹۷ توافقنامه ای را ارائه نمود که به واسطه آن کشورهای صنعتی، انتشار آلودگی را در جو زمین کاهش داده و رویکرد انرژی کارائی^۱ را در بخش های اقتصادی عمده خود به کار گیرند و دامنه تحقیقات در زمینه کاربرد انرژی های تجدیدپذیر رواج دهند (Altavila et al., 2004, 39-46).

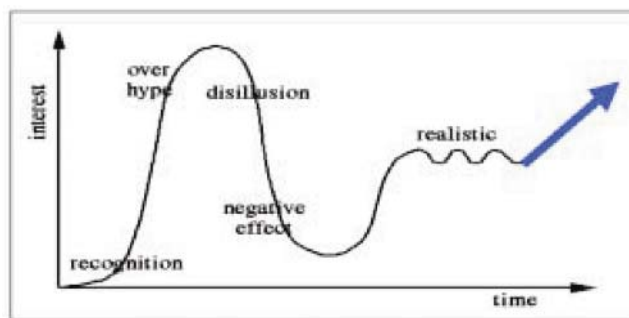
از آنجا که صنعت ساختمان حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد مصرف انرژی کل را به خود اختصاص می دهد، مباحث صرفه جوئی و انرژی- کارائی در مقیاس ساختمان ها و در حیطه دانش معماری، واجد حساسیت بسیار زیاد است (Perez-Lombard et al., 2008, 394). در این میان به کارگیری فناوری شبیه سازی رایانه ای مصرف انرژی^۲ در طراحی ساختمان ها می تواند یکی از مؤثرترین روش ها باشد (Clarke, 2001, 32-48). طی ۵۰ سال اخیر بیش از صدها برنامه شبیه سازی مرتبط با مبحث انرژی در ساختمان توسط سازمان های مختلف درگیر در این حوزه، طراحی و استفاده شده است. اصلی ترین نرم افزارها، مواردی هستند که بنا را به طور کامل شبیه سازی کرده و مواردی نظیر میزان مصرف طی دوره های مختلف، هزینه انرژی، محاسبات مربوط به دما و رطوبت را که نتایج شاخص های اصلی عملکرد انرژی در ساختمان هستند، در قالب خروجی های مختلف مشخص می کنند (الهی بخش و همکاران، ۱۳۸۶). هدف بحث حاضر جستجوی قابلیت های نرم افزارهای شبیه سازی مصرف انرژی در حوزه معماری است تا در نهایت بتواند نرم افزارهایی که غالب نیازهای معماران را برآورده سازند و در فرآیند طراحی به گونه ای مؤثر، کارآمد باشند معرفی نماید. تاکنون تحقیقات متعددی برای ارائه معیارهای مقایسه و بررسی قابلیت های ابزارهای شبیه سازی موجود انجام شده، اما غالباً این بررسی ها همه جنبه ها را شامل می شده و به ندرت پژوهش هایی در زمینه قابلیت های مورد نیاز و مطلوب در حیطه معماری صورت گرفته است. این نوشتار پس از معرفی بیست نرم افزار مطرح شبیه سازی موجود در دنیا، ابتدا در حوزه نظری با بهره گیری از اطلاعات حاصل از شرکت های توسعه دهنده نرم افزارها و نسخه جدید گزارشی که به سال ۲۰۰۶ با همکاری دانشگاه استراسلید^۳ در اسکاتلند و دانشگاه ویسکانسین^۴ در آمریکا و دپارتمان انرژی آمریکا انجام گرفت به مقایسه تطبیقی برنامه ها از نظر قابلیت های معماری پرداخته و پنج نرم افزار را انتخاب می نماید. سپس در گام بعدی، در راه

حوزه های کارکردی این روش در طراحی ساختمان به طور دقیق تر دو کاربرد مهم را می توان بازشناخت (Hensen, 2002):
 _ انتخاب گزینه های طرح در طول مراحل اولیه فرآیند طراحی؛ جایی که تصمیمات باید با توجه به محدود بودن منابع آغاز گردد.
 _ بهینه سازی و ارزیابی طرح در طی مراحل آغازین و همچنین مراحل بعدی فرآیند طراحی.

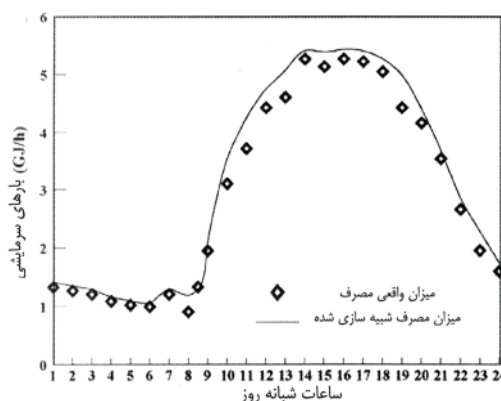
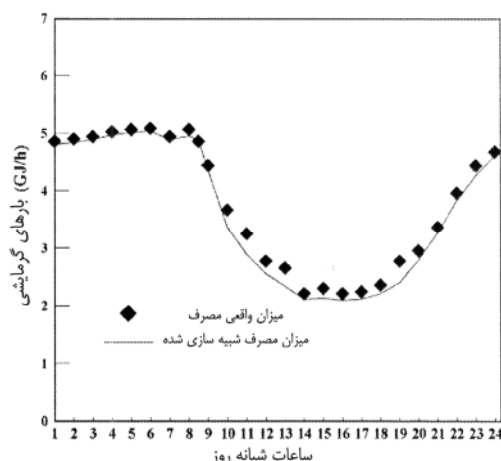
اعتبار سنجی شبیه سازی رایانه ای مصرف انرژی در موزه ساختمان

مهم ترین پرسشی که پیرامون به کارگیری نرم افزارهای شبیه ساز مصرف انرژی در ساختمان ممکن است به ذهن خطور نماید، اعتبار سنجی^{۱۳} و دقت این نرم افزارها در محاسبات مصرف انرژی در مقایسه با میزان واقعی آن است. پژوهش هایی که در این حوزه انجام شده، نشان دهنده آن است که این نرم افزارها با دقتی قابل قبول مصرف انرژی ساختمان را محاسبه می نماید (Yu et al., 2008, 1537). پژوهش هایی متعددی تاکنون در این حیطه انجام شده است که از آن جمله می توان به دو پژوهش در سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ اشاره نمود. در پژوهش نخست که توسط اسکین^{۱۴} و ترکمن^{۱۵} در رابطه با مقایسه میزان بارهای حرارتی و سرمایشی^{۱۵} توسط نرم افزار EnergyPlus و میزان واقعی آن در یک بازه ۲۴ ساعته صورت پذیرفته، نشان می دهد که میزان این اختلاف بسیار ناچیز بوده و به ترتیب برای بارهای حرارتی ۳ و برای بارهای سرمایشی ۵ می باشد که در نمودارهای ذیل نشان داده شده است (Eskin and Turkmen, 2008, 766).
 در پژوهش بعدی که به سال ۲۰۰۸ توسط نتو^{۱۶} و فیورلی^{۱۷} در برزیل انجام شده است، نشان می دهد که نرم افزار Energy Plus با دقتی در حدود $\pm 13\%$ مقادیر انرژی مصرفی ساختمان را شبیه سازی می نماید، که مقدار قابل قبولی است (Neto and Fiorelli, 2008, 2176).

به طور کلی نرم افزار های تحلیل انرژی موجود به دو دسته روش های پیشرو^{۱۸} و معکوس^۸ تقسیم می شوند. در روش پیشرو، پیش بینی های انرژی بر اساس توصیف کالبدی ساختمان مانند پیکربندی، موقعیت، جزییات مصالح و نوع عملکرد سیستم تهویه مطبوع انجام می گیرد. اکثر ابزارهای شبیه سازی انرژی موجود از رویکرد مدل پیشرو تبعیت می کنند. در رویکرد معکوس، مدل تحلیل انرژی سعی می کند با استفاده از مصرف انرژی فصلی، آب و هوا و داده های مربوط به کارایی، نمونه عوامل ساختمان مانند ضریب بار ساختمان، بار پایه ساختمان یا ثابت زمانی ساختمان را استنتاج کند. مدل های معکوس به لحاظ تنظیم روابط، نسبت به مدل های پیشرو از پیچیدگی کمتری برخوردار هستند (قیابکلو، ۱۳۸۶، ۱-۲). محاسبه میزان انرژی مصرفی ساختمان به سه روش پایدار^{۱۹}، نیمه پایدار^{۲۰} و ناپایدار^{۱۱} امکان پذیر است که عمدتاً نرم افزارهای موجود به روش نیمه پایدار انرژی مصرفی ساختمان را محاسبه می نمایند (ابراهیم پور و همکاران، ۱۳۸۳، ۳۵).
 "جان هسن" از صاحب نظران مطرح حوزه شبیه سازی انرژی، سیر تحول میزان تمایل به استفاده از شیوه شبیه سازی انرژی در طراحی ساختمان از زمان پیدایش آن، یعنی از حدود ۱۹۷۰ تا کنون را در قالب بیانی انتزاعی به تصویر می کشد. وی اشاره می کند در حال حاضر در نقطه ای هستیم که تلاش برای ارتقاء درجه نزدیکی به واقعیت از طریق افزایش کارایی این فن آوری برای طراحی حائز اهمیت بسیار است.
 اما در حیطه اجرایی در زمان حاضر، عملاً کاربرد شبیه سازی ساختمان در پروژه های جاری ساختمانی، بیشتر به محاسبه بارهای حرارتی جهت انتخاب ابعاد تجهیزات مکانیکی و تاسیساتی محدود شده است. در حالی که تصمیمات طراحی در مراحل آغازین خود، در میزان صرفه جوئی انرژی مصرفی ساختمان، بسیار تاثیرگذار است؛ لیکن فن آوری شبیه سازی انرژی بندرت در گام های اولیه فرآیند طراحی نظیر مطالعات امکان سنجی و یا ارزیابی ایده های طرح، مورد استفاده قرار می گیرد. لذا برای تدقیق



شکل ۱. نمودار میزان علاقه و تمایل به استفاده از فن آوری شبیه سازی در طراحی ساختمان از سال ۱۹۷۰ تا آغاز هزاره سوم (مأخذ: Hensen, ۲۰۰۳)



شکل ۲. مقایسه نتایج مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی حاصل از شبیه سازی و میزان واقعی مصرف برای یک دوره ۲۴ ساعته (مأخذ: Eskin and Turkmen, 2008, 766)

این سه مؤسسه به سال ۲۰۰۶ گزارش جدیدتری را که در تکمیل گزارش پیشین بود، تحت عنوان مقاله ای در نهمین کنفرانس بین المللی سالیانه شبیه سازی ساختمان ارائه نمودند که در انتهای آن نتایج در جداولی خلاصه شدند و در حال حاضر این جداول با تمامی نقص های موجود یکی از بهترین منابع موجود در این زمینه است.

با توجه به گستردگی تعداد نرم افزار های شبیه ساز انرژی که پیشتر نیز بدان اشاره شد و همچنین با توجه به نتایج تحقیقات مذکور، می توان نرم افزار های ذیل را به عنوان نرم افزار های مطرح در این حیطه، معرفی نمود:

«DOE-2.1E, BLAST, SUNREL, BSim, IDA ICE, Energy-10, TRN SYS, PowerDomus, Energy Express, Ener-Win, eQUEST, ECO-TECT, DeST, Tas, HEED, HAP, EnergyPlus, ESP-r, IES<VE>, TRACE»

مقایسه تطبیقی قابلیت های نرم افزار های شبیه سازی انرژی در حوزه معماری

تاکنون تحقیقات مختلفی برای ارائه معیارهای مقایسه و بررسی قابلیت های ابزارهای شبیه سازی موجود انجام شده است. همچنین در مقالات بسیاری به نوعی غیر مستقیم به این موضوع پرداخته شده است. اما ذکر این نکته ضروری است از آنجا که مؤسسات مختلف در طول سالیان مدید، روش ها و توسعه ابزار خود را دنبال کرده اند، تدوین معیارهای مناسب و یکسان برای مقایسه ابزارها کار ساده ای نیست و نمی توان در قالب چند جدول منظم به صورت قاطع برای انتخاب بهترین ابزار حکم داد.

به هر حال جامعه شبیه سازی راه درازی را برای ایجاد زبانی مشترک و شفاف جهت توصیف قابلیت های ارائه شده توسط نرم افزارها و

نرم افزارهای مطرح شبیه ساز انرژی موجود در دنیا

با توجه به پیشرفت های فن آوری در عرصه های مختلف، در حیطه فن آوری شبیه سازی نیز شاهد گسترش رو به رشد نرم افزارهای شبیه سازی در دو سطح ارتقای کیفیت و توسعه قابلیت های نرم افزاری موجود و همچنین افزایش کمیت و تعداد آنها هستیم (Hensen et al., 2004, 122-128).

به عنوان نمونه، پایگاه اینترنتی رسمی وزارت انرژی آمریکا^{۱۸} به معرفی نرم افزارهای منتخب شبیه ساز اختصاص یافته است؛ بیش از ۳۹۵ نرم افزار شبیه سازی مصرف انرژی معرفی شده است. این نرم افزارها در زمینه های مختلف سنجش میزان انرژی کارایی، انرژی های قابل بازیافت و جنبه های دیگر شبیه سازی منجر به پایداری کارایی دارند. توضیح مختصری از هریک از نرم افزارها با توضیح تخصص های مورد نیاز، نوع ورودی ها و خروجی ها و نقاط ضعف و قوت نرم افزارها در پایگاه اینترنتی مذکور موجود است. لازم به ذکر است که بخشی از نرم افزارهای شبیه ساز موجود از موتورهای محاسباتی مشترک استفاده می کنند. به طور مثال موتور محاسباتی EnergyPlus در ابزارهای شبیه سازی متعددی از جمله نرم افزار Design Builder که به تازگی به بازار عرضه شده، به کار گرفته می شود.

مقایسه میان نرم افزار های شبیه ساز به سادگی امکان پذیر نیست و انجام آن همکاری گروهی از متخصصان را در مدت زمانی نسبتاً طولانی می طلبد. به سال ۲۰۰۵ طی گزارشی که با همکاری دانشگاه استراسلید در اسکاتلند و دانشگاه ویسکانسین در امریکا و دپارتمان انرژی امریکا انجام گرفت، قابلیت های عمومی بیست نرم افزار مطرح شبیه سازی آورده شده است (Drury et al., 2008, 661-666).

معماری جستجو کنیم که هدف پژوهش حاضر است، می بایست در ابتدا قابلیت هایی را که مطلوب و مورد نیاز معماران و در چارچوب دانش معماری است بازشناخت. از میان قابلیت های ذکر شده آنچه به حوزه معماری مرتبط است با توجه به ویژگی های نهفته در این رشته، قابلیت هایی پیرامون نحوه مدلسازی، اطلاعات اقلیمی، پوسته ها و جداره های ساختمان و روشنایی طبیعی، شیوه گزارش دهی نتایج و خروجی ها، قابلیت های گرافیکی و همچنین واسط کاربری نرم افزارهاست که اطلاعات مربوطه از جداول گزارش مربوط به سال ۲۰۰۶ استخراج گردیده است (جداول ۱ الی ۵).

علامت «*» نمایانگر وجود قابلیت است اما در مواردی علامت «ن» وجود قابلیت به صورت نسبی، علامت «گ» به معنی گزینشی و قابل انتخاب بودن قابلیت، علامت «ت» به معنی تحقیقاتی بودن قابلیت، علامت «ح» به معنی تأمین قابلیت فقط برای استفاده حرفه‌ای و علامت «و» به معنی مشکل بودن تفکیک داده‌های ورودی برای قابلیت جاری، درج شده است.

همچنین ورودی های به کار برده شده جهت تعریف نمودن مدل در پیش دارد (Garu et al., 2003). در گزارشی که در بخش پیش بدان اشاره شد، مقایسه ای کلی نیز میان قابلیت های نرم افزارهای مورد بررسی در قالب ۱۴ جدول صورت گرفته که عناوین جداول از این قرار است: «قابلیت های مدلسازی، تحلیل بارهای منطقه ای، پوسته ها و جداره های ساختمان و روشنایی طبیعی، میزان نفوذپذیری، تهویه طبیعی و جریان های هوایی، سیستم های تجدیدپذیر انرژی، تجهیزات و سیستم های الکتریکی، سیستم های گرمایش و سرمایش، انتشارهای محیطی، ارزیابی اقتصادی، قابل دسترس بودن اطلاعات اقلیمی، شیوه گزارش دهی نتایج و خروجی ها، اعتبار و قابلیت تعمیم و بررسی واسط کاربری و نحوه تعامل با برنامه های دیگر» (Drury et al., 2008, 661-666).

مقایسه صورت گرفته در این گزارش، جهت گیری خاصی نداشته به طور کلی قابلیت های مطرح شده همه حوزه ها را در بر می گیرد. اما قابلیت های نرم افزارهای شبیه سازی مورد بحث را در حوزه

جدول ۱. مقایسه قابلیت های محاسبه هزینه انرژی: (Source: Drury et al, 2008,661-666)

هزینه انرژی	هزینه یابی انرژی	هزینه یابی ساده انرژی	هزینه یابی پیچیده با تعرفه‌ها	تغییرات زمان‌بندی در اجزا	قبوض در تاریخهای مشخص	هزینه یابی دوره‌ها	تخمین هزینه تجهیزات	هزینه استاندارد هر دوره
Blast	*	*	*	*	*	*	*	*
Bsim	*	*	*	*	*	*	*	*
DeST	*	*	*	*	*	*	*	*
DOE-2.1E	*	*	*	*	*	*	*	*
ECOTECH	*	*	*	*	*	*	*	*
Ener-Win	*	*	*	*	*	*	*	*
Energy Exp.	*	*	*	*	*	*	*	*
Energy-10	*	*	*	*	*	*	*	*
Energy Plus	*	*	*	*	*	*	*	*
eQUEST	*	*	*	*	*	*	*	*
ESP-r	*	*	*	*	*	*	*	*
HAP	*	*	*	*	*	*	*	*
HEED	*	*	*	*	*	*	*	*
IDA ICE	*	*	*	*	*	*	*	*
IES <VE>	*	*	*	*	*	*	*	*
PowerDomus	*	*	*	*	*	*	*	*
SUNREL	*	*	*	*	*	*	*	*
Tas	*	*	*	*	*	*	*	*
TRACE	*	*	*	*	*	*	*	*
TRNSYS	*	*	*	*	*	*	*	*

جدول ۲. مقایسه قابلیت های تعبیه اطلاعات آب و هوایی (Source: Ibid)

هزینه انرژی	هزینه یابی انرژی	هزینه یابی ساده انرژی	هزینه یابی پیچیده با تعرفه‌ها	تغییرات زمان‌بندی در اجزا	قبوض در تاریخهای مشخص	هزینه یابی دوره‌ها	تخمین هزینه تجهیزات	هزینه استاندارد هر دوره
Blast	*	*	*	*	*	*	*	*
Bsim	*	*	*	*	*	*	*	*
DeST	*	*	*	*	*	*	*	*
DOE-2.1E	*	*	*	*	*	*	*	*
ECOTECH	*	*	*	*	*	*	*	*
Ener-Win	*	*	*	*	*	*	*	*
Energy Exp.	*	*	*	*	*	*	*	*
Energy-10	*	*	*	*	*	*	*	*
Energy Plus	*	*	*	*	*	*	*	*
eQUEST	*	*	*	*	*	*	*	*
ESP-r	*	*	*	*	*	*	*	*
HAP	*	*	*	*	*	*	*	*
HEED	*	*	*	*	*	*	*	*
IDA ICE	*	*	*	*	*	*	*	*
IES <VE>	*	*	*	*	*	*	*	*
PowerDomus	*	*	*	*	*	*	*	*
SUNREL	*	*	*	*	*	*	*	*
Tas	*	*	*	*	*	*	*	*
TRACE	*	*	*	*	*	*	*	*
TRNSYS	*	*	*	*	*	*	*	*

شناخت نرم افزارهای شبیه ساز انرژی و حرارتی برای معماران

با در نظر گرفتن نتایج حاصل از جداول بخش قبلی و مقایسه تطبیقی قابلیت های نرم افزارهای شبیه ساز انرژی از حیث قابلیت های مورد نیاز در حوزه معماری، می توان نرم افزارها را به ترتیب زیر انتخاب نمود:

- Ecotect
- ESP-r
- Energy Plus , TRNSYS
- eQUEST

البته با توجه به اینکه اطلاعات آورده شده در جدول از سوی توسعه دهندگان نرم افزارها ارائه شده است، صحت نتایج حاصل از آن نمی تواند به طور دقیق اثبات گردد و تنها استناد به این شیوه انتخاب و استنتاج نیز چون در حوزه نظری صورت گرفته لازم است ولی کافی نمی باشد. بنابراین می بایست تا در حیطه عمل و واقعیت نیز مشخص گردد که معماران و نیز دانشجویان رشته معماری، در حال حاضر کدامیک از نرم افزارها را در فرایند طراحی خود بیشتر به کار می گیرند. بدین منظور در نوشتار حاضر، نتایج دو پژوهش مرتبط با موضوع مذکور، مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت از رهگذر مقایسه و پیوند نتایج در دو حوزه نظر و عمل، می توان صحت فرآیند گزینش را اعتبار بیشتری بخشید.

در پژوهش نخست، طی نظرسنجی که به سال ۲۰۰۵ توسط گروه چهار نفری به سرپرستی هسنن از تعداد حدود ۵۰ معمار و ۵۰ مهندس تاسیسات پیرامون استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی انرژی انجام گرفت (Hensen et al., 2004, 122-128)، نتایج به صورت زیر ارائه گردید:

با توجه به شکل ۲ و نتایج نظرسنجی، قابل ملاحظه ترین تفاوت میان دو گروه معماران و مهندسان در به کار بردن نرم افزار Ecotect می باشد که در میان معماران از کاربرد نسبتاً زیادی برخوردار است. نکته قابل توجه دیگر پاسخ هردو گروه به گزینه «نرم افزارهای دیگر» بوده است که خود حاکی از جامع نبودن لیست نرم افزاری در اختیار آن ها، یا استفاده از چند نرم افزار ترکیبی و یا دیگر عوامل ممکن است.

اما همانگونه که از نتایج مقایسه فوق در پاسخ های قشر معمار می توان استنباط نمود، چهار نرم افزار زیر به ترتیب میزان کاربرد، قابل تشخیص می باشد:

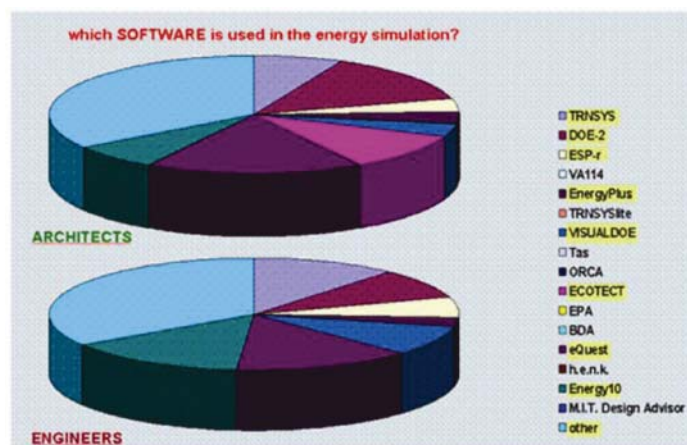
- eQUEST
- DOE-2
- Ecotect
- TRNSYS

در پژوهش دوم که نتایج آن در سومین کنفرانس بین المللی شبیه سازی در سال ۲۰۰۸ در آمریکا ارائه شد، میزان بهره گیری از نرم افزارهای مختلف شبیه سازی در مدارس معماری در این کشور مورد ارزیابی قرار گرفت (Harbel, 2008).

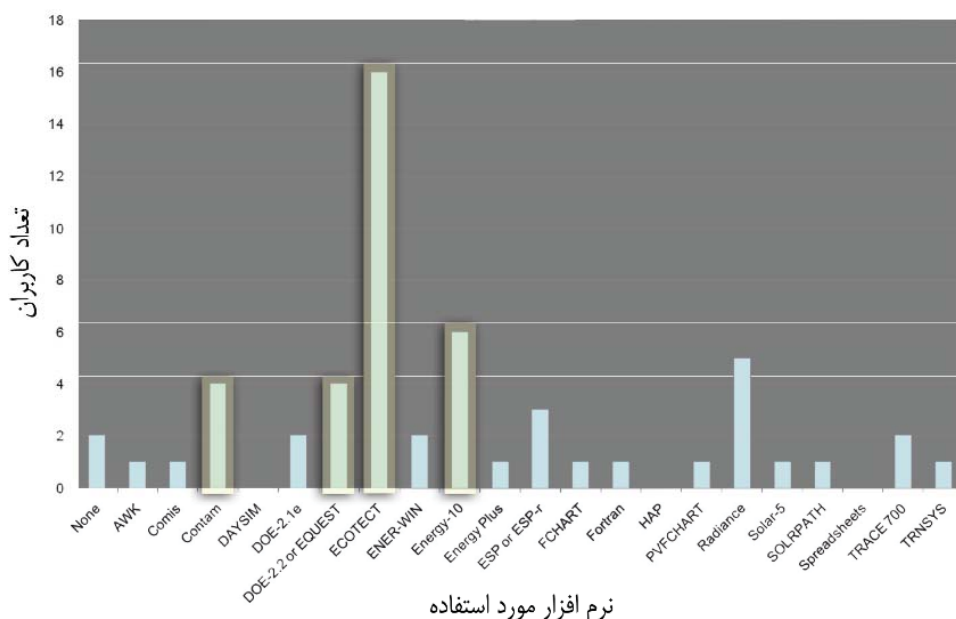
همان گونه که در شکل ۳ قابل تشخیص است، صرف نظر از نرم افزار Radiance که به منظور شبیه سازی نور و روشنایی در ساختمان به کار می رود، در زمینه شبیه سازی انرژی و حرارتی می توان سه نرم افزار زیر را به ترتیب میزان کاربرد متمایز نمود:

- Ecotect
- eQUEST و Contam

اکنون چنانچه بخواهیم فرآیند گزینش نرم افزارهای مطلوب برای رشته معماری را دقیق تر و با اطمینان بیشتر انجام دهیم، باید نتایج

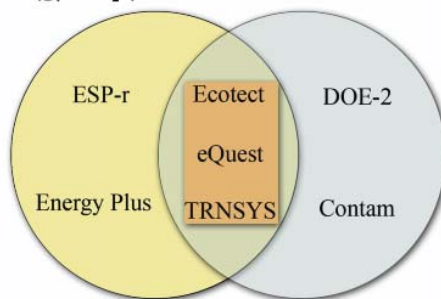


شکل ۲. نمودار نمایش نتایج نظرسنجی از معماران و مهندسان تاسیسات (Source: Hensen et al, 2004, 122-128)



شکل ۳. میزان بهره گیری از نرم افزارهای مختلف شبیه سازی در مدارس معماری (Source: Harbel, 2008)

نتایج مقایسه جداول قابلیت ها (میطه نظری)



نتایج نظرسنجی ها (میطه عملی)

شکل ۴. نمودار پیوند نتایج دو حوزه نظری و عملی

نتیجه گیری

نرم افزارهای شبیه ساز و دیگر نرم افزارهای رایانه ای به صورت هم زمان یاری دهنده طراحان برای اتخاذ راهکارهایی مناسب تر در فرآیند طراحی هستند. این نرم افزارها با به عهده گرفتن انجام کارهای زمان بر و تکراری امکان آزمودن گزینه های بیشتر و بازنگری چندباره آن ها برای دستیابی به پاسخی بهینه را فراهم می آورند. اما مهم ترین پرسشی که پیرامون به کارگیری این گونه ابزارها به ذهن خطور می نماید، میزان اعتبار و دقت نتایج آن ها است. همان طور که در پژوهش حاضر بدان

به دست آمده این بخش از نوشتار و بخش قبلی (دو حیطة واقعیت و نظر) مقایسه گردد و در نهایت فصل مشترک آنها، به عنوان گزینه های نهائی برگزیده شوند (شکل ۳).

البته با توجه به اینکه اخیراً نقاط ضعف نرم افزار TRNSYS را مواردی نظیر مستندات ناقص، نیاز به مترجم زبان فرترن و عدم تامین واحدهای SI برشمرده اند [۱] می توان در انتها دو نرم افزار Ecotect و eQUEST را برای حوزه معماری به عنوان نرم افزارهای مطلوب نسبت به سایرین معرفی نمود.

- 11.Non- Steady State
- 12.Validation
- 13.Eskin
- 14.Turkmen
- 15.Heating & Cooling Load
- 16.Neto
- 17.Fiorelli
- 18.www.energytoolsdirectory.gov

فهرست مراجع

۱. ابراهیم پور، عبدالسلام و مهدی معرفت، بهروز محمدکاری، (۱۳۸۳)، «**بهبود سازی عایق کاری در ساختمان با استفاده مداوم در شرایط اقلیمی ایران از لحاظ بارهای حرارتی سالیانه**»، نشریه فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۱۷، ۳۳-۵۳، تهران.
۲. الهی بخش، امیرحسین و فاطمه شاه محمدی، (۱۳۸۶)، «**انتخاب نرم افزار شبیه سازی مصرف انرژی برای توسعه در کشور**»، بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق، تهران.
۳. قیابکلو، زهرا، (۱۳۸۶)، «**آشنایی با نرم افزار اکوتکت**»، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.
- 4.Altavilla. F; Vicari. B; Hensen, J. L. M; Filippi. M, (2004), “**Simulation tools for building energy design**”, In: Proc. PhD symposium "Modelling and Simulation for Environmental Engineering", Czech Technical University in Prague, 16 April, pp 39-46.
- 5.Clarke. J,(2001), “**Energy Simulation in Building Design**”, 2nd edition, Butterworth and Heineman, Oxford.
- 6.Dury, B., Jon, W., Kummert, M. and Brent, T., (2008), “**Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs**”, Journal of Building and Environment, vol. 43, pp 661-673.
- 7.Eskin. N; Turkmen. H, (2008), “**Analysis of Annual Heating and Cooling Energy Requirements for Office Buildings in Different Climates in Turkey**”, Journal of Energy and Building, vol.40, pp 763-773.
- 8.Grau. K; Wittchen. K.B ; Sørensen. C.G, (2003), “**Visualisation of Building Models**”, Eighth International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands.
- 9.Haberl. S, (2008), “**Survey: Academic Use of Simulation Software**”, 3rd National Conference of IBPSA-USA, Berkeley, CA, USA.
- 10.Hensen. J; Djunaedy. E; Radosevic. M; Yahiaoui. A, (2004), “**Building Performance Simulation for Better Design: Some Issues and Solutions**”, the 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture, pp 1-6.

اشاره شده است نرم افزارهای پرکاربرد در این حوزه با میزان خطای قابل قبول مصرف انرژی در ساختمان را شبیه سازی می نمایند. با توجه به ماهیت رشته معماری به نظر می رسد آنچه سبب می شود معماران به ندرت، فن آوری شبیه سازی را در فرآیند طراحی به خدمت گیرند، پیچیدگی استفاده برای کاربر و نیاز به مهارت و دانش کاربردی و تخصصی زیاد در برخورد با این گونه نرم افزارها می باشد. لذا از مهم ترین قابلیت هایی که نرم افزارهای شبیه سازی انرژی باید دارا باشند، سادگی کاربرد آن است.

با استناد به مباحث طرح شده پژوهش، نرم افزارهای منتخب از پیوند نتایج به دست آمده از کاربرد در حوزه واقعیت و نظرسنجی های صورت گرفته با نتایج حاصل از مقایسه قابلیت های ارائه شده در حیطه معماری توسط توسعه دهندگان نرم افزارها انجام گرفت در انتها دو نرم افزار Ecotect و eQUEST به عنوان ابزار منتخب پژوهش معرفی گردید. هرچند به علت قابلیت های محدود هر نرم افزار، جهت صحت و واقعی بودن هرچه بیشتر شبیه سازی ها بهتر است که از بسته نرم افزاری ویا به عبارت دیگر ترکیب نرم افزارها استفاده گردد. متأسفانه در کشورمان به کارگیری فن آوری شبیه سازی انرژی در فرآیند طراحی توسط معماران در آغاز راه خود قرار دارد. با توجه به اینکه تصمیمات معماران به ویژه در گام های اولیه فرآیند طراحی با صرف هزینه ناچیز، تاثیر به سزائی در صرفه جوئی مصرف انرژی و به دنبال آن کم کردن هزینه ها دارد، امید است تا با انجام پژوهش های آتی در این زمینه اهمیت و جایگاه این فن آوری چه در جامعه حرفه ای معماری و چه در عرصه دانشگاهی به درستی تبیین گردد. در پایان ذکر این نکته ضروری است از آنجا که توسعه دهندگان نرم افزارهای شبیه سازی انرژی، روز به روز در حال توسعه و افزایش قابلیت نسخه های جدید خود هستند، لذا یافته های پژوهش، به طور نسبی و وابسته به زمان است.

پی نوشت ها

- 1.Energy Efficiency
- 2.Building Energy Simulation
- 3.Strausclyd
- 4.Visconsin
- 5.John Hensen
- 6.HVAC
- 7.Forward
- 8.Invers
- 9.Steady State
- 10.Semi- Steady State

- 11.Hensen. J, (2002), “**Simulation for performance based building and systems design: some issues and solution directions**”, 6th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban planning, pp 1-14.
- 12.Hensen. J. (2005), “**Towards more effective use of building energy performance simulation in design**”, Center for Buildings and Systems TNO-TU/e.
- 13.Hong. T; Chou S.K; Bong T. Y,(2000), “**Building Simulation: An overview of developments and information sources**”, Journal of Building and Environment vol. 35, pp 347-361.
- 14.Neto. Av; Fiorelli. F, (2008), “**Comparison between detailed model simulation and artificial neural network for forecasting building energy consumption**”, Journal of Energy and Building, vol.40.
- 15.Pe´rez-Lombard. L; Ortiz. J; Pout. Ch, (2008), “**A review on buildings energy consumption information**”, Journal of Energy and Building, vol.40, pp 394-398
- 16.Yu. J; Yang. Ch; Tian. L, (2008), “**Low-Energy Envelope Design of Residential Building in Hot Summer and Cold Winter in China**”, Journal of Energy and Building, vol.40, pp 1536-1546.