Archive of SID

هویت شهر شماره سیزدهم/ سال هفتم/ بهار ۱۳۹۲
صفحات ۵۵-۴۵

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 مقـاله: ۱۳۸۹/۰۷/۲۶
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۰۳/۰۷

چکیده

درپی هشـدارهای ناشـی از بحران انرژی، متخصصین حیطه های مرتبط با معماری نیز باید رویکرد انرژی-کارائی را در تمامی مراحل فرآیند طراحی و سـاخت مد نظر قرار دهند. از مهمترین ابزارهای مؤثر در این زمینه، شـبیه 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 اسـت. در نوشتار حاضر، ابتدا شبیه سـازی مصرف انرژی، حوزه های کارکردی آن و مشخصات نرم افزارهای شبیه ساز مصرف انرژی بررسی شده و سپس نرم افزارهای مذکور از نظر کارآیی 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 پرکاربرد اسـتخراج گردیده اسـت 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 کارائی، 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.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

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 ۱۹۷۷ توافقنامه ای را ارائه نمود که به واسطه آن کشورهای صنعتی، انتشار آلودگی را در جو زمین کاهش داده و رویکرد انرژی کارائی[1] 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 کار گیری فناوری شبیه سازی رایانه ای مصرف انرژی[2] در طراحی ساختمان ها می تواند یکی از مؤثرترین روش ها باشد *(Clarke, 2001,32-48)*. طی ۵۰ سال اخیر بیش از صدها برنامه شبیه‌سازی مرتبط با مبحث انرژی در ساختمان توسط سازمان های مختلف درگیر در این حوزه، طراحی و استفاده شده است. اصلی‌ترین نرم‌افزارها، مواردی هستند که بنا را به طور کامل شبیه‌سازی کرده و مواردی نظیر میزان مصرف طی دوره‌های مختلف، هزینه انرژی، محاسبات مربوط به دما و رطوبت را که نتایج شاخص‌های اصلی عملکرد انرژی در ساختمان هستند، در قالب خروجی های مختلف مشخص می‌کنند *(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 افزارهائی 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[3] در اسکاتلند و دانشگاه ویسکانسین[4] در آمریکا و دپارتمان انرژی امریکا 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 جستجوی حیطه واقعیت و عمل با استفاده از نتایج برگرفته از پژوهش نظرسنجی جان هنسن[5] 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 حوزه های کارکردی آن

ساختمان، یک محیط بسیار پیچیده است؛ جایی که پوسته و جداره های بیرونی آن، سیستم ها و تجهیزات تاسیساتی[6] 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 کابرد هریک از آن ها آگاه باشند تا بتوانند روش مناسبی را در زمان مناسب برای انجام شبیه سازی انتخاب نمایند.

تاثیر 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 شبیه‌سازی مرتبط با مبحث انرژی در ساختمان توسط سازمان های مختلف درگیر در این حوزه، پیاده‌سازی و استفاده شده است. اصلی‌ترین این نرم‌افزارها، مواردی هستند که بنا را به طور کامل شبیه‌سازی کرده و مواردی نظیر میزان مصرف در دوره‌های مختلف، هزینه انرژی، محاسبات مربوط به دما و رطوبت را که نتایج شاخص‌های اصلی عملکرد انرژی در ساختمان هستند، در قالب خروجی های مختلف مشخص می‌کنند *(الهی بخش و شاه محمدی، ۱۳۸۶)*.

www.SID.ir

Archive of SID

به طورکلی نرم افزار های تحلیل انرژی موجود به دو دسته روش های پیشرو[۷] 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 کارآیی، 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[۹]، نیمه پایدار[۱۰] 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 هنسن" از صاحبنظران 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 کارائی این فن آوری برای طراحی حائز اهمیت بسیار است.

اما در حیطه اجرائی 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 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.

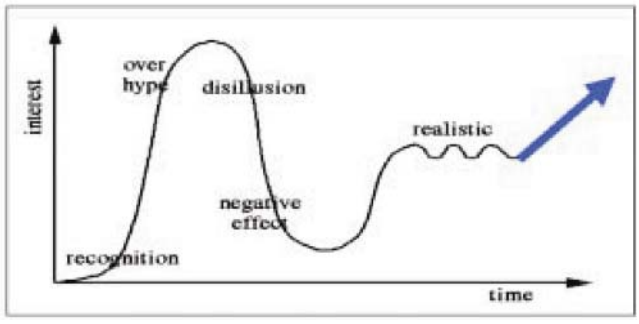
_ بهینه سازی و ارزیابی طرح در طی مراحل آغازین و همچنین مراحل بعدی فرآیند طراحی.

اعتبار سنجی شبیه سازی رایانه ای مصرف انرژی در حوزه ساختمان

مهم ترین پرسشی که پیرامون به کارگیری نرم افزارهای شبیه ساز مصرف انرژی در ساختمان ممکن است به ذهن خطور نماید، اعتبار سنجی[۱۲] 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[۱۳] و ترکمن[۱۴] 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)*.

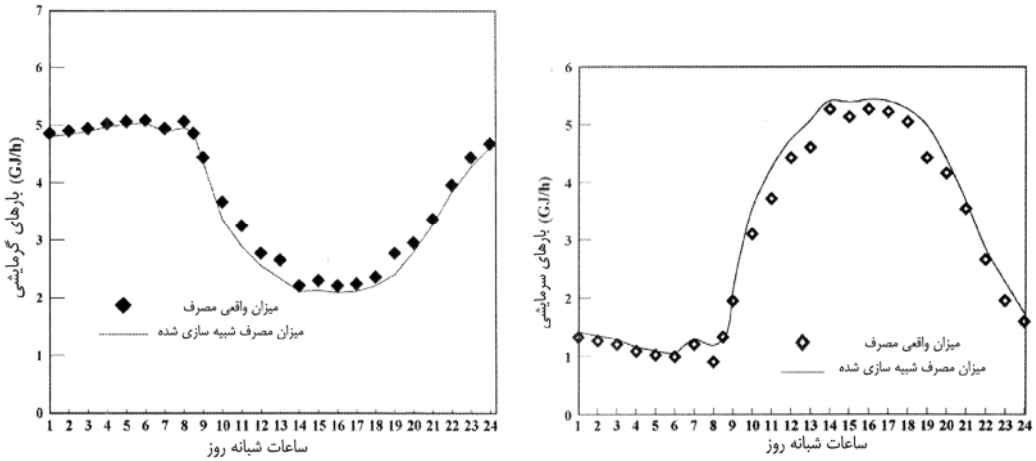
در پژوهش بعدی که به سال ۲۰۰۸ توسط نتو[۱۶] و فیورلی[۱۷] در برزیل انجام شده است، نشان می دهد که نرم افزار Energy Plus با دقتی در حدود ۱۳٪± مقادیر انرژی مصرفی ساختمان را شبیه سازی می نماید، که مقدار قابل قبولی است *(Neto and Fiorelli, 2008, 2176)*.



شکل۱. نمودار میزان علاقه و تمایل به استفاده از فن آوری شبیه سازی در طراحی ساختمان از سال ۱۹۷۰ تا آغاز هزاره سوم (مأخذ: Hensen, ۲۰۰۲)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲. 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*)

نرم افزارهای مطرح شبیه ساز انرژی موجود در دنیا

با توجه به پیشـرفت های فن آوری در عرصه های مختلف، در حیطه فن آوری شـبیه سازی نیز شـاهد گسترش رو به رشـد نرم افزارهای شـبیه سـازی در دو سـطح ارتقای کیفیت و توسـعه قابلیت های نرم افـزاری موجـود و همچنیـن افزایـش کمیـت و تعداد آنها هسـتیم *(Hensen et al., 2004, 122-128)*.

به عنوان نمونه، پایگاه اینترنتی رسمی وزارت انرژی آمریکا[۱۸] به معرفی نرم افزارهای منتخب شـبیه سـاز اختصاص یافته است؛ بیش از ۳۹۵ نرم افزار شبیه سازی مصرف انرژی معرفی شده است. این نرم افزارها در زمینه های مختلف سـنجش میزان انرژی کارآیی، انرژی های قابل بازیافت و جنبه های دیگر شـبیه سازی منجر به پایداری کارآیی دارند. توضیـح مختصـری از هریک از نرم افزارها بـا توضیح تخصص های مورد نیاز، نوع ورودی ها و خروجی ها و نقاط ضعف و قوت نرم افزارها در پایگاه اینترنتی مذکور موجود اسـت. لازم به ذکر است که بخشی از نرم افزارهای شـبیه سـاز موجود از موتورهای محاسباتی مشترک اسـتفاده 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.

مقایسـه میان نرم افزار های شبیه سـاز به سادگی امکان پذیر نیست و انجـام آن همـکاری گروهی از متخصصان را در مدت زمانی نسـبتاً طولانی می طلبد. به سـال ۲۰۰۵ طی گزارشی که با همکاری دانشگاه استراسـلید در اسـکاتلند و دانشگاه ویسکانسـین 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)*.

این سـه مؤسسـه به سـال ۲۰۰۶ گزارش جدیدتری را که در تکمیل گزارش پیشین بود، تحت عنوان مقاله ای در نهمین کنفرانس بین المللی سـالیانه شبیه سـازی سـاختمان ارایه نمودند که در انتهای آن نتایج در جداولی خلاصه شـدند 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 افزارهای 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 افزارهای شبیه سازی انرژی در حوزه معماری

تاکنـون تحقیقـات مختلفی برای ارائه معیارهای مقایسـه و بررسـی قابلیت های ابزارهای شبیه‌سـازی موجود انجام شـده است. همچنین در مقالات بسـیاری به نوعی غیر مستقیم به این موضوع پرداخته شده اسـت. اما ذکر این نکته ضروری است از آنجا که مؤسسات مختلف در طول سالیان مدید، روش‌ها و توسعه ابزار خود را دنبال کرده‌اند، تدوین معیارهای مناسـب و یکسان برای مقایسـه ابزارها کار ساده‌ای نیست و نمی‌تـوان در قالب چند جدول منظم به صـورت قاطع برای انتخاب بهترین ابزار حکم داد.

به هر حال جامعه شـبیه سازی راه درازی را برای ایجاد زبانی مشترک و شـفاف جهت توصیف قابلیت های ارائه شـده توسـط نرم افزارها و

www.SID.ir

Archive of SID

همچنیـن ورودی های به کار برده شـده جهـت تعریف نمودن مدل در پیـش دارد *(Garu et al., 2003)*. درگزارشـی کـه در بخش پیش بدان اشاره شـد، مقایسه ای کلی نیز میان قابلیت های نرم افزارهای مورد بررسـی در قالب ۱۴ جدول صورت گرفته کـه عناوین جداول از این قرار اسـت: «قابلیت های مدلسـازی، تحلیـل بارهای منطقه ای، پوسته ها و جداره های ساختمان و روشنائی طبیعی، میزان نفوذپذیری، تهویه طبیعی و جریان های هوائی، سیسـتم های تجدیدپذیر انرژی، تجهیـزات و سیسـتم هـای الکتریکـی، سیسـتم هـای گرمایش و سرمایش، انتشارهای محیطی، ارزیابی اقتصادی، قابل دسترس بودن اطلاعـات اقلیمی، شـیوه گزارش دهی نتایج و خروجـی ها، اعتبار و قابلیت تعمیم و بررسـی واسـط 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 شـده همه حـوزه ها را در بر می گیرد. اما قابلیت های نرم افزارهای شـبیه سـازی مـورد بحث را در حوزه معماری جسـتجو کنیم که هدف پژوهش حاضراسـت، می بایست در ابتـدا قابلیت هایی را که مطلوب و مـورد نیاز معماران و در چارچوب دانش معماری اسـت بازشـناخت. از میان قابلیت های ذکر شده آنچه به حوزه معماری مرتبط اسـت با توجه بـه ویژگی های نهفته در این رشته، قابلیت هایی پیرامون نحوه مدلسازی، اطلاعات اقلیمی، پوسته ها و جداره های ساختمان و روشـنائی طبیعی، شیوه گزارش دهی نتایج و خروجی هـا، قابلیت های گرافیکی و همچنین واسـط کاربری نرم افزارهاسـت که اطلاعات مربوطه از جداول گزارش مربوط به سـال ۲۰۰۶ استخراج گردیده است (جداول۱ الی۵).

علامت «*» نمایانگر وجود قابلیت اسـت اما در مواردی علامت «ن» وجود قابلیت به صورت نسـبی، علامت «گ» به معنی گزینشی و قابل انتخاب بودن قابلیت، علامت «ت» بـه معنی تحقیقاتی بودن قابلیت، علامـت «ح» به معنی تأمیـن قابلیت فقط برای اسـتفاده حرفه‌ای و علامـت «و» به معنی مشـکل بودن تفکیک داده‌هـای ورودی برای قابلیت جاری، درج شده است.

جدول۱. مقایسه قابلیت های محاسبه هزینه انرژی *(Source: Drury et al, 2008,661-666)*:

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

جدول۲. مقایسه قابلیت های تعبیه اطلاعات آب و هوائی *(Source: Ibid)*

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. مقایسه قابلیت های گزارش دهی و خروجی ها *(Source: Ibid)*

گزارش‌دهی و خروجی‌ها	Blast	BSim	DeST	DOE-2.1E	ECOTECT	Ener-Win	Energy Exp.	Energy-10	Energy Plus	eQUEST	ESP-r	HAP	HEED	IDA ICE	IES <VE>	PowerDomus	SUNREL	Tas	TRACE	TRNSYS
گزارشهای استاندارد	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*		*	*	*	*
گزارش‌های قابل تعریف توسط کاربر	*	*	*		*		*	*		*	*	*		*	*	*	*		*	*
متغیرهای بار، سیستم مبتنی بر دوره‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه	*	*	*			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*
گزارشهای استاندارد سازی متغیرها • متغیردر طول زمان • نسبت دو متغیر								*	*	*	*			*	*	*		*	ن	* ن
تغییر اندازه گزارش‌ها			*	*				*	*	*		*		*	*			*		
تولید خودکار نتایج موازنه انرژی								*	*		*				*			*		*
خروجی گرافیکی سطوح		*	*		*		*		*	*	*		*	*	*			*	ن	

جدول۴. جدول مقایسه قابلیت های محاسبه و ارائه سطوح نورگذر و تامین نور *(Source: Ibid)*

سطوح نورگذر و تامین نور	Blast	BSim	DeST	DOE-2.1E	ECOTECT	Ener-Win	Energy Exp.	Energy-10	Energy Plus	Equest	ESP-r	HAP	HEED	IDA ICE	IES <VE>	PowerDomus	SUNREL	Tas	TRACE	TRNSYS
تحلیل انرژی خورشیدی	ن	*	*	ن	*	ن	ن		*	*	*		ن	*	*		ن	*	*	*
تحلیل اثر تابش	*	ن		ن	ن		ن		*	*	*		ن	*	*		ن	ن		*
تحلیل دقیق منافذ بنا	ن	ن	*	ن	*		ن		*	*	*	ن	*	*	*		*	*	*	*
محاسبات مربوط به سطح پوشش بنا	*	*	*	ن		ن		ن	*	*	*		ن	*	*		ن	*	*	*
تحلیل جوی	ن	*	ن	ن	*	ن	ن	ن	ن	ن	*	*	ن	*	*		ن	ن	ن	*
تحلیل روشنایی کنترل نور روز		*	ن	*	*	*		*	*	*	*		*	*	*			*	*	ن
تحلیل اثر تابش در سطوح نورگذر یا بازشو	*	*	ن	*					*		*		*	*	*		ن			*
دمای سطوح بخشهای مختلف بنا	*	*	ن	ن	*	*			*	*	*			*	*		*	*	*	*
جریان هوای پنجره‌ها					*				*		*				ن		*	*		*
رسانایی گرمایی سطوح	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

جدول۵. جدول مقایسه قابلیت های عمومی مدل سازی *(Source: Ibid)*

قابلیتهای عمومی مدل‌سازی	Blast	BSim	DeST	DOE-2.1E	ECOTECT	Ener-Win	Energy Exp.	Energy-10	Energy Plus	eQUEST	ESP-r	HAP	HEED	IDA ICE	IES <VE>	PowerDomus	SUNREL	Tas	TRACE	TRNSYS
روش شبیه سازی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
روش مبتنی بر دوره های زمانی	*	*	ن		*		*	*	*	*	*				*	*	*			*
توصیف هندسی مدل	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
قابلیت ورود اطلاعات از CAD		*	ن		*		*		*	*	*	ن		*	*	*	*	*	*	*
قابلیت خروج اطلاعات به CAD					*				*		*			*				*	*	
ورود و خروج اطلاعات به سایر نرم‌افزارها					*				*		*									
نامحدود بودن تعریف تجهیزات مختلف		*	*		*				*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*
مدلهای HVAC ساده تعبیه شده			ن			*			*	*	*		*					*	*	*

www.SID.ir

Archive of SID

شناخت نرم افزارهای شبیه ساز انرژی و حرارتی برای معماران

با درنظر 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 چهارنفری به سرپرستی هنسن 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 کاربردن نرم افزار Ecotect می باشد که در میان معماران از کاربرد نسبتا 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:

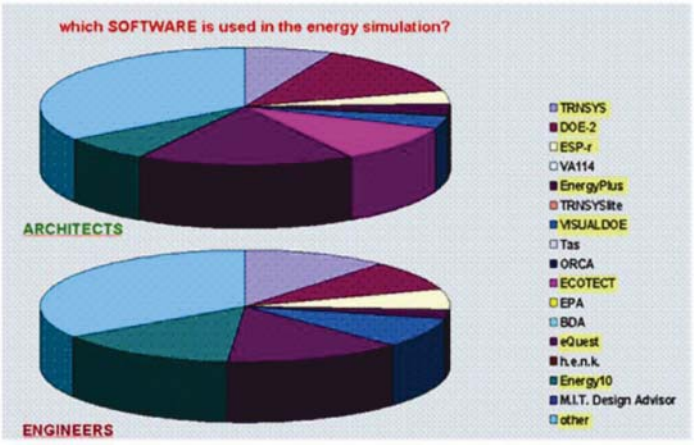
- eQUEST
- DOE-2
- Ecotect
- TRNSYS

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 روشنائی 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

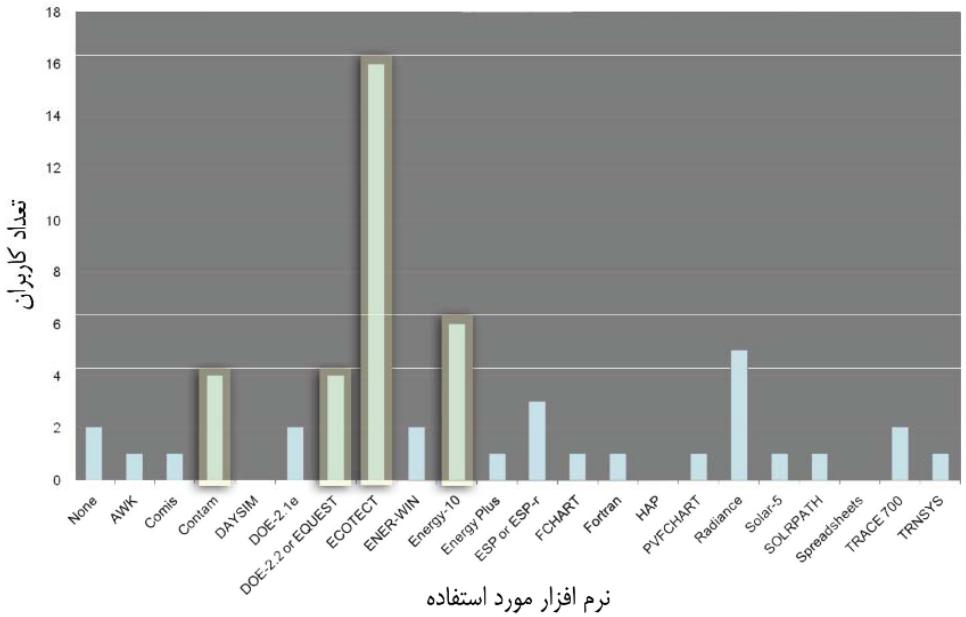
اکنون چنانچه بخواهیم فرآیند گزینش نرم افزارهای مطلوب برای رشته معماری را دقیق تر و با اطمینان بیشتر انجام دهیم، باید نتایج



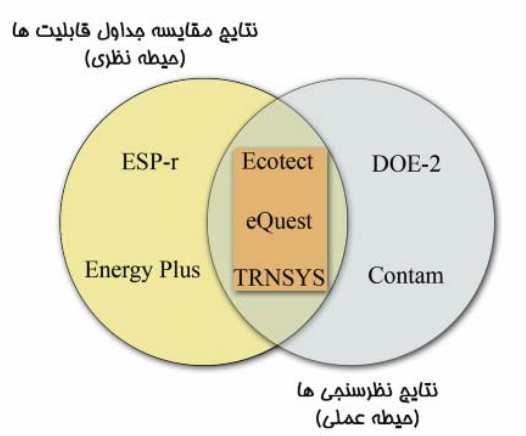
شکل ۲. نمودار نمایش نتایج نظرسنجی از معماران و مهندسان تاسیسات *(Source: Hensen et al, 2004, 122-128)*

www.SID.ir

Archive of SID



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



شکل ۴. نمودار پیوند نتایج دو حوزه نظری و عملی

نتیجه گیری

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

البتــه با توجه به اینکه اخیــرا نقاط ضعف نرم افــزار 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 بــرای حوزه معماری به عنوان نرم افزارهای مطلوب نسبت به سایرین معرفی نمود.

نرم افزارهای شــبیه 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 دســتیابی به پاسخی بهینه را فراهم می آورند. اما مهم ترین پرسشی که پیرامــون به کارگیری این گونه ابزارها بــه ذهن خطور می نماید، میزان اعتبار و دقت نتایج آن ها اســت. همان طور که در پژوهش حاضر بدان

www.SID.ir

Archive of SID

اشـاره شده اسـت نرم افزارهای پرکاربرد در این حوزه با میزان خطای قابل قبول مصرف انرژی در ساختمان را شبیه سازی می نمایند.

با توجه به ماهیت رشـته معماری به نظر می رسد آنچه سبب می شود معماران به ندرت، فن آوری شبیه سازی را در فرآیند طراحی به خدمت گیرند، پیچیدگی اسـتفاده 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 اسـتناد به مباحث طرح شده پژوهش، نرم افزارهای منتخب از پیوند نتایج به دسـت آمـده از کاربـرد در حوزه واقعیت و نظرسـنجی های صـورت گرفتـه با نتایج حاصل از مقایسـه قابلیت های ارائه شـده در حیطه معماری توسـط توسعه دهندگان نرم افزارها انجام گرفت در انتها دو نرم افزار Ecotect وeQUEST به عنوان ابزار منتخب پژوهش معرفـی گردید. هرچند به علت قابلیت های محدود هر نرم افزار، جهت صحت و واقعی بودن هرچه بیشـتر شـبیه سـازی ها بهتر است که از بسـته نرم افـزاری ویا به عبارت دیگر ترکیب نرم افزارها اسـتفاده گردد. متاسـفانه در کشورمان به کارگیری فن آوری شبیه سازی انرژی در فرآیند طراحی توسـط معماران در آغاز راه خود قرار دارد. با توجه به اینکـه تصمیمات معماران به ویژه در گام هـای اولیه فرآیند طراحی با صرف هزینه ناچیز، تاثیر به سـزائی در صرفه جوئی مصرف انرژی و به دنبال آن کم کردن هزینه ها دارد، امید اسـت تا با انجام پژوهش های آتـی 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 سـازی انرژی، روز به روز در حال توسـعه و افزایش قابلیت نسخه های جدید خود هسـتند، لذا یافته های پژوهش، به طور نسـبی 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.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، عبدالسـلام و مهدی معرفت، بهـروز محمدکاری، (۱۳۸۳)، «**بهینـه سـازی عایق کاری در سـاختمان با اسـتفاده مداوم در شـرایط اقلیمی ایـران از لحاظ بارهای حرارتی سـالیانه**»، نشریه فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۱۷، ۳۳-۵۳، تهران.

۲. الهی بخش، امیرحسـین 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)، «**آشـنایی با نرم افزار اکوتکت**»، انتشـارات 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir