نقش جهان/سال چهارم / شماره دو
صفحات: ۶۱-۵۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۷/۱۴
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۹/۱۵

رتبه‌بندی پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی ساختمان با کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی*

Prioritization of Effective Building Energy Consumption Parameters Using AHP

■ فرح حبیب[۱]، زهرا برزگر[۲]، مریم چشمه قصابانی[۳]

چکیده

مصرف انرژی ساختمان متأثر از تکنیک‌های متعددی است که تکنیک‌های فعال و غیرفعال را شامل می‌شود. از جمله تکنیک‌های فعال مرتبط با بدنه ساختمان نوع مصالح، اندازه و نوع پنجره، عایق‌بندی حرارتی، بهره‌گیری از انرژی خورشید و جهت‌گیری ساختمان[۱] است. این پژوهش، رویکردی برای تعیین تأثیر و اولویت‌بندی پارامترهای اصلی تعدادی از تکنیک‌های ساختمانی بر مصرف انرژی ارائه می‌کند. پارامترهای مؤثر در راستای کاهش مصرف انرژی ساختمان شامل تعداد ساکنین، مساحت ساختمان، تعداد طبقات، میزان همجواری، نسبت پنجره به دیوار، نسبت طول به عرض، تعداد بر (نما) ساختمان است. این پارامترها نقش و اهمیت یکسانی در میزان مصرف انرژی ساختمان ندارند؛ از این رو در این مقاله از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[۲] جهت تعیین وزن پارامترهای اشاره شده استفاده شده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که مؤثرترین پارامتر نسبت پنجره به دیوار بود. با توجه به ارزش این پارامتر (۰.۳۶)، فضای پنجره و مصالح آن از نظر مصرف انرژی در اولویت اول جای دارد. پارامتر مهم دیگر تعداد نماهای (برَهای) ساختمان بود. اگر ساختمان دارای ۱، ۲، ۳ یا چهار بر باشد، مصرف انرژی تفاوت قابل توجهی خواهد داشت. کم‌تأثیرترین پارامتر تعداد ساکنین ساختمان بود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی ساختمان، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، تابش خورشید، جهت‌گیری ساختمان.

۱. دانشیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران. (نویسنده مسئول) Email: f.habib@srbiau.ac.ir
۲. استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. Email: zahrabarzegar86@yahoo.com
۳. استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. Email: m.ghasabani@srbiau.ac.ir

* این مقاله از طرح پژوهشی با عنوان «تبیین تأثیر جهت‌گیری ساختمان بر کارایی ایوان از نظر بهینه‌سازی مصرف انرژی (نمونه موردی: ساختمان‌های زیاری چهار اقلیم کشور ایران)» مستخرج شده که در واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی ایران تدوین گردیده است.

۱. مقدمه

کل انرژی‌های مورد نیاز جهان در بخش‌هایی مانند حمل و نقل، صنعت، مسکونی، تجاری و غیره مصرف می‌گردد. اگرچه بیشترین مصرف انرژی در طول سالهای ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۹ متعلق به بخش صنعت بوده است، اما سهم ساختمان‌های مسکونی نیز بسیار بالاست. آمارهای جهانی منتشره مارس ۲۰۱۰ توسط وزارت انرژی کشور ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد که پرمصرف‌ترین بخش خانه‌ها نیز برای تولید گرمایش و سپس آب گرم و پس از آن سرمایش و روشنایی است. بنابراین تجدیدنظر در کیفیت طراحی معمارانه ساختمان‌ها بر اساس اصول اقلیمی در بهینه‌سازی مصرف سوخت بسیار مؤثر خواهد بود. از طرف دیگر استفاده از تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند مازاد انرژی ساختمان‌ها را تأمین نماید و بخش اعظمی از مشکلات مربوط به انرژی‌های فسیلی را برطرف می‌نماید.

با توجه به نقش مؤثر انرژی در توسعه اقتصادی و افزایش مصرف آن به موازات رشد جوامع بشری، عنایت به محدودیت منابع و پیشگیری از مواجه شدن با بحران انرژی، لزوم صرفه‌جویی از طریق مدیریت مصرف ضروری است. به‌ویژه، مصرف بالای انرژی در ساختمان‌ها از عمده‌ترین مشکلات کشورهای درحال توسعه است که در عین حال دارای اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی شایان توجهی است. ساختمان‌ها یک‌سوم کل مصرف انرژی جهانی را به خود اختصاص داده‌اند (Zheng et al., 2010). مصرف انرژی در ساختمان‌ها به سبب چندین عامل از جمله تغییرات آب و هوایی، افزایش بار مصرف انرژی الکتریکی در خانوار، رشد املاک و مستغلات، تنوع امروزی لوازم خانگی، تغییر در ساختار صنعت، مصرف بسیار بالای انرژی در ساختمان‌های فعلی و عدم وجود نظارت کافی دولتی، افزایش روزافزونی می‌یابد. بنابراین، تمرکز تلاش‌ها بر کنترل و مدیریت مصرف انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است (Yao & Zhu, 2011). هدف از مدیریت انرژی، کاهش دادن و منطقی کردن مصرف انرژی به‌نحوی است که توجیه اقتصادی داشته و در عین حال منجر به بروز تأثیراتی منفی در سطح رفاه و آسایش حرارتی نگردد.

این پژوهش، رویکردی برای تعیین تأثیر پارامترهای اصلی تعدادی از تکنیک‌های ساختمانی بر مصرف انرژی ارائه می‌کند. در این مقاله به شناسایی و ارزیابی این پارامترها، که دارای میزان تأثیر متفاوت هستند، پرداخته شده است. پس از مقدمه، ادبیات پژوهش در زمینه AHP و کاربرد آن در پژوهش‌های مرتبط با ساختمان ارائه شده است. بخش دوم، به روش پژوهش اختصاص یافته است و در سومین بخش، بحث و بررسی ارائه شده است. در قسمت پایانی مقاله به نتیجه‌گیری پرداخته شده است.

۱.۱. ادبیات پژوهش

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره است که می‌توان از آن در اولویت‌بندی استفاده نمود. این فرآیند به گونه‌ای طراحی شده است که با ذهن و طبیعت بشری مطابق و همراه می‌شود. AHP مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری‌ها به یک شیوه منطقی است (Saaty, 1980)؛ گزینه‌های متعددی را در اولویت‌بندی دخالت داده و امکان در نظرگرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی را در مسئله فراهم می‌سازد. از ویژگی‌های منحصر به‌فرد در تصمیم‌گیری چندمعیاره تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری اولویت‌بندی است (Chinese et al., 2011). در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه نمود و نسبت به قابل قبول یا مردود بودن آن قضاوت کرد. همچنین این روش از مبنای نظری قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی[۳] بنا نهاده شده است.

در این فرآیند که با نرم‌افزارهای Criterium و Expertchoice نیز قابل اجرا است، به‌منظور دسته‌بندی خواسته‌های مشتریان، یک ساختار سلسله‌مراتبی مشابه دیاگرام ارتباط و دیاگرام درختی ایجاد می‌شود، سپس با استفاده از نظرات مشتریان اهمیت نسبی هریک از خواسته‌ها را در هر دسته‌ای که در آن قرار دارند توسط ماتریس مقایسه زوجی تعیین می‌کند. با ترکیب درجات اهمیت به‌دست آمده، درجه اهمیت کلی هر خواسته محاسبه می‌شود (Ho, 2008; Wong & Heng Li, 2008). مزیت دیگر این روش ساختار دادن به مسئله تصمیم‌گیری با تشکیل سلسله‌مراتب است. طبقه‌بندی معیارها از بالا به پایین موجب می‌گردد مسائل پیچیده به‌صورتی سیستماتیک و با در نظرگرفتن نظرات کارشناسان و تصمیم‌گیرندگان مختلف مورد بررسی قرار گیرند. قابلیت درک آسان، ارائه ساختاری جهت همکاری و مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری، استفاده از هر دو بعد نگرش سیستمی و تحلیل جزءِ به جزءِ برای حل مسائل و دارا بودن مقیاس اندازه‌گیری مختص این روش، از جمله قابلیت‌های AHP است (Saaty, 1980).

AHP بر سه اصل پایه‌گذاری شده است: ساختار مدل، قضاوت‌های مقایسه‌ای گزینه‌ها و معیارها و تعیین ارجحیت‌ها. در نخستین گام، یک مسئله تصمیم‌گیری پیچیده به شکل سلسله‌مراتبی ساخته می‌شود. AHP در ابتدا مسئله پیچیده تصمیم‌گیری را به سلسله مراتب‌های مرتبط با اجزای تصمیم (معیارها و گزینه‌های تصمیم‌گیری) می‌شکند. این سلسله مراتب حداقل دارای سه سطح است: هدف کلی مسئله در بالا، معیارهای چندگانه که گزینه‌ها را تعریف می‌کنند در سطح میانی و گزینه‌های تصمیم در پایین. مرحله دوم مقایسه گزینه‌ها و معیارها است. پس از تجزیه مسئله و تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی، روند ارجحیت با توجه به تعیین اهمیت نسبی معیارها در هر سطح آغاز می‌شود. قضاوت‌های زوجی از دومین سطح شروع شده و در پایین‌ترین سطح که گزینه‌ها قرار دارند پایان می‌پذیرد. در هر سطح معیارها به‌صورت زوجی با توجه به میزان تأثیرشان و بر اساس معیارهای خاص در سطح بالاتر مقایسه می‌گردند (Saaty, 1980; Ho, 2008).

AHP در تعیین سیاست‌های کلی ساختمان‌ها کاربرد وسیعی داشته است (Jaber, et al., 2008; Ramanathan & Ganesh 1995). با وجود برخی از محدودیت‌ها، بنا به نظر محققان متعدد، AHP از جمله تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به‌جهت سهولت کاربرد، مورد استفاده فراوان واقع شده است (Pohekar & Ramachandran, 2004; Jaber, et al., 2008 ; Saaty, 1980). وانگ و همکاران تحقیقی مروری بر پیشینه موضوع ساختمان‌های هوشمند ارائه نموده‌اند. آنها فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی را به‌عنوان ملاحظات سرمایه‌گذاری و تکنیک‌های ارزیابی ساختمان هوشمند مورد بررسی قرار دادند (Wong et al., 2005).

لی و همکاران پژوهشی برای ایجاد مدل شاخص رفاهی انجام داده‌اند که می‌تواند برای ارزیابی ساختمان‌های مسکونی بسیار بلند مورد استفاده قرار گیرد. در مقاله مورد اشاره، از AHP به‌منظور نظام‌مندکردن شاخص‌های رفاهی ساختمان بهره گرفته شده است (Lee et al., 2011). ارزیابی سیستم انرژی مسکونی پایدار فرآیند پیچیده‌ای است که نه تنها در آن جنبه اقتصادی بلکه تأثیرات محیطی و انرژی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. رن و همکاران با ترکیب برنامه‌ریزی خطی (LP) و روش ارزیابی چندمعیاره، طراحی یکپارچه و مدل ارزیابی ایجاد نمودند تا سیستم انرژی مسکونی بهینه را تعیین کند. بر اساس طراحی بهینه از برنامه‌ریزی خطی، گزینه‌های متفاوتی مورد ارزیابی قرار گرفته است که معیارهای مصرف انرژی و محیطی را مدنظر قرار داده است (Ren et al., 2009).

ژنگ و همکاران در مقاله خود روشی بر اساس فرآیند سلسله‌مراتب تحلیلی فازی (Fuzzy-AHP) برای ارزیابی حفظ انرژی ساختمان ارائه نمودند. در این مدل ارائه شده هفت عامل (سازه ساختمان، دیوار، سقف، در و پنجره، تهویه گرمایی و سرمایی، تجهیزات و انرژی) تعریف شده است (Zheng et al., 2010).

رضا و همکاران از AHP در سیستم کف‌سازی پایدار در تهران استفاده کرده‌اند. AHP به‌عنوان یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد استفاده قرار گرفته است که تأثیرات معیارهای ارائه شده را بر شاخص پایداری با استفاده از ساختار سلسله‌مراتبی پنج‌سطحی، اندازه‌گیری نماید .(Reza et al., 2011) یانگ و همکاران روشی برای شناسایی و توزین شاخص‌ها برای ارزیابی بازدهی انرژی ساختمان‌های مسکونی در چین ارائه کرده‌اند. شاخص‌های ارزیابی بازدهی انرژی در ساختمان‌های مسکونی در تابستان داغ و زمستان سرد چین ارائه شده است (Yang et al., 2010). وانگ و لی از AHP در تحلیل چند معیاری انتخاب سیستم‌های هوشمند ساختمان استفاده کرده‌اند. به‌وسیله AHP توزین‌های مهم برای معیارها اولویت‌بندی و تعیین شده اند (et al., 2008 (Wong.

۲.۱. نمونه موردی: پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی

اصولاً انرژی مصرفی ساختمان به نظریه طراحی سازگار با شرایط آب و هوایی مربوط می‌شود. برای مثال، گذاشتن پنجره در یک ساختمان اهمیت به‌سزایی دارد، چرا که نور طبیعی مفید، خنک‌سازی آسان و سیستم تهویه مطلوب را فراهم می‌سازد (Taleb et al., 2011). ویژگی‌های معماری متعددی بر میزان انرژی مصرفی در یک ساختمان تأثیر می‌گذارند؛ به‌عنوان نمونه پوشش ساختمان، جنس مواد سقف، شکل و تعداد طبقات ساختمان از جمله این موارد هستند. دیلی و همکاران در پژوهش خود، وجود رابطه نزدیک بین مصرف انرژی در ساختمان و تخریب محیطی حاصله را تأیید نمودند (Dili et al., 2010). تعیین پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی در بخش ساختمان از مهمترین مراحل طراحی یک ساختمان است. طراحی‌های منفعل در معماری امروز شهرهای شلوغ قابل اجرا نیست. لذا کارایی انرژی این‌گونه ساختمان‌های شهری به مسائلی مانند کل مساحت و اندازه پنجره‌ها، ارتفاع ساختمان، تعداد طبقات، مصالح آن وابسته، جهت‌گیری و تابش دریافتی خورشید وابسته است (Yıldız et al., 2011).

پارامترهای تأثیرگذار بر مصرف انرژی در تحقیقات دیگر شامل شرایط نامساعد، رفتار ساکنین، میزان انتقال حرارت، تعداد ساکنین، نسبت پنجره به دیوار، تعداد پله‌ها، تجهیزات، روشنایی، نسبت طول به عرض و طول عمر ساختمان می‌باشند (Yang et al., 2010; Wong et al., 2008., Taleb et al., 2011., Dili et al., 2010., Yıldız et al., 2011; Borong et al.,2004; Reza et al., 2011). لوکاس با بررسی ۲۷ خانه در ایرلند شمالی اثبات نمود که میان میانگین مصرف سالانه الکتریسیته و مساحت زیربنا رابطه نزدیکی وجود دارد. همچنین تعداد افراد خانواده، سن آنها و مقدار زمانی که در خانه سر می‌کنند، از عوامل مهم مصرف انرژی خانه است (Lucas, et al., 2001). یو روش‌های متعددی برای صرفه‌جویی انرژی ارائه نموده است که یکی از مهمترین آنها کاهش مساحت فضایی است که نیاز به گرمایش دارد (Yeo, et al., 2003). نفوذپذیری ساختمان از طریق بدنه‌هایی مانند در و پنجره به‌عنوان یکی از ضعف‌های بزرگ در کاهش مصرف انرژی بخش گرمایش دیده شده است، اما همین مسئله در مناطقی دیگر به‌عنوان عامل خنکی و کمک‌کننده به بخش سرمایش است. لذا تناسبات و اندازه پنجره کاملاً وابسته به اقلیم محلی است (Tsikaloudaki, et al., 2012). درمورد سطح پنجره طهماسبی و همکاران (Tahmasebi, et al., 2011) به این نتیجه رسیده‌اند که اگر سطح پنجره به مساحت زیربنا حدود ۳٤ درصد و یا کمتر باشد مصرف انرژی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

با توجه به پژوهش‌های مورد مطالعه، عواملی مانند تعداد ساکنین (Lucas, et al., 2001; Chun-sheng et al., 2010)، مساحت ساختمان (Lucas, et al., 2001; Yeo et al., 2003)، تعداد طبقات (Yıldız ۲۰۱۱ ,et al)، میزان همجواری با ساختمان‌های کنار بالا و یا پایین(Shimoda ۲۰۱۰ ,et al)، نسبت سطح پنجره به دیوار (, Tsikaloudaki et al., 2012; Tahmasebi et al., 2011; Lee et al., 2013; Yaşar & Kalfa 2012)، نسبت طول به عرض ساختمان، تعداد بر (نما) ساختمان به‌عنوان شایع‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف انرژی توسط گروه متخصصین تعیین گردیدند.

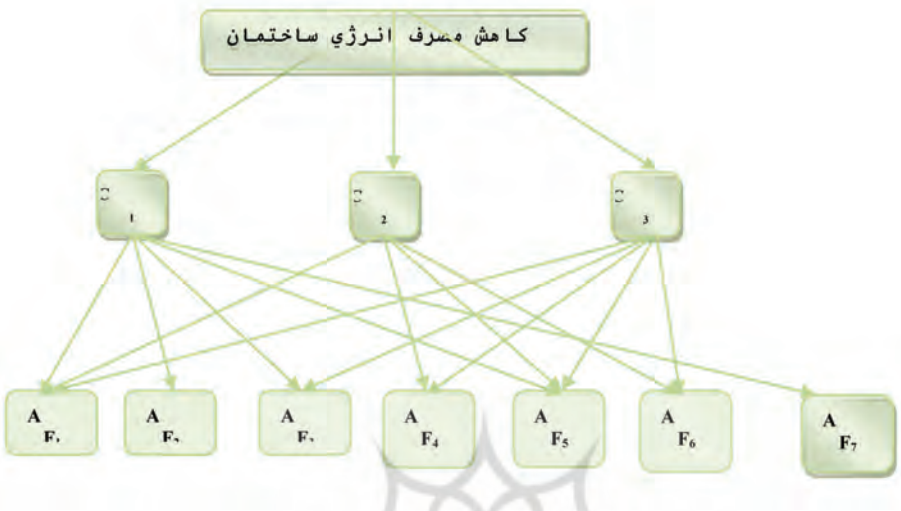
۳.روش پژوهش

در این مقاله از AHP برای اولویت‌بندی پارامترها با استفاده از نرم افزار Expert Choice نسخه ۹/۵ استفاده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد، سلسله‌مراتب مورد نظر در این پژوهش دارای ۳ سطح شامل هدف، معیارها (۳ معیار) و گزینه‌ها (۷ پارامتر مؤثر بر کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی) است. مراحل این تحقیق به این صورت انجام گرفت که نخست از طریق بررسی متون و سابقه تحقیق و سپس انجام مصاحبه با متخصصان در زمینه انرژی ساختمان، معیارهای سلسله‌مراتبی مورد نظر جهت اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر بر کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی تعیین گردید که عبارتند از: E radiation (C1), E cooling (C2), E heating (C3) (شکل ۱).

همچنین، پارامترها (معادل گزینه‌های سلسله‌مراتبی در این پژوهش) حاصل از انجام مطالعات متون، مقالات، پژوهش‌های

تدوین شده گذشته و مصاحبه‌های متعدد با متخصصان انرژی ساختمان در رشته‌های انرژی در معماری، مکانیک و انرژی، فهرست شدند که عبارتند از:

AF1 تعداد ساکنین، AF2: مساحت ساختمان، AF3: تعداد طبقات، AF4: میزان همجواری، AF5: نسبت پنجره به دیوار، AF6: نسبت طول به عرض،AF7: تعداد بر (نما) ساختمان. (شکل ۱)



شکل۱. سلسله‌مراتب موردنظر با هدف کاهش مصرف انرژی ساختمان (مأخذ: نگارندگان)

در ادامه، تیم تصمیم‌گیری شامل کارشناسانی در زمینه مصرف انرژی ساختمان تشکیل شد و از اعضای آن خواسته شد تا بر اساس دانش و تخصص خود ابتدا معیارها را بر اساس هدف و سپس پارامترها را برا اساس معیارها مقایسه نموده و امتیاز دهند. این کار با استفاده از ماتریس‌های مقایسه زوجی٤ و بر اساس مقیاس پنجگانه لیکرت صورت پذیرفت. به این ترتیب که به‌عنوان مثال کارشناسان نظر خود راجع به میزان تأثیر پارامترها بر معیار سوم (E cooling) را به‌صورت مقایسه دوبه‌دویی پارامترها با یکدیگر بیان نمودند. همان‌گونه که اشاره گردید، این امتیازدهی با مقیاس پنجگانه لیکرت و به‌صورت بیان میزان اهمیت تأثیر هر پارامتر در قالب واژه‌های اهمیت بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم اهمیت و بسیار کم اهمیت، صورت پذیرفت. به این ترتیب وزن هر پارامتر ابتدا نسبت به معیارها تعیین گردید. نمونه سؤالات مطروحه در پرسش‌نامه در بخش زیر ارائه گردیده است و گزینه‌ها در هر سه سؤال یکسان است که همان پارامترهای این تحقیق هستند.

جدول۱. مقایسه زوجی (دو به دو) معیارها بر اساس هدف

Goal	C_1	C_2	C_3	W_G
C_1	1	2	3	0.540
C_2	1/2	1	2	0.297
C_3	1/3	1/2	1	0.163

*Inconsistency ratio = 0.01

(مأخذ: نگارندگان)

۱- عامل اصلی میزان تابش خورشیدی بر ساختمان از نظر شما کدام است، به‌ترتیب اولویت امتیاز دهید.

أ. تعداد سکنه

ب. متراژ زیربنا

ج. تعداد طبقه

د. میزان همجواری با همسایگان

ه. نسبت سطح پنجره به نما

و. نسبت طول به عرض ساختمان

ز. ساختمان دوطرفه

۲- عامل اصلی میزان نیاز سرمایشی ساختمان از نظر شما کدام است، به‌ترتیب اولویت امتیاز دهید.

۳- عامل اصلی میزان نیاز گرمایشی ساختمان از نظر شما کدام است، به‌ترتیب اولویت امتیاز دهید.

در گام بعد، وزن هر معیار نسبت به هدف سلسله‌مراتبی به کمک مقیاس لیکرت اشاره شده و ماتریس‌های مقایسه زوجی

محاسبه می‌گردد (جدول ۱). در پایان، از حاصل ضرب وزن هر پارامتر (نسبت به هر معیار) در وزن معیار مربوطه (نسبت به هدف)، وزن نهایی پارامتر محاسبه می‌گردد (شکل و جدول ۲).

٤. بحث

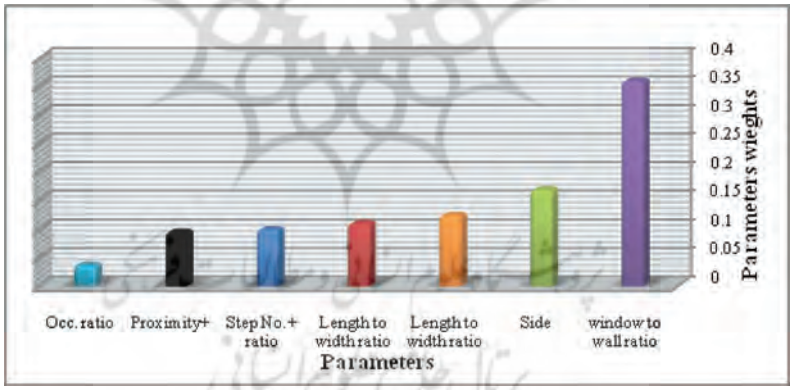
پارامترهای مؤثر بر کاهش مصرف انرژی ساختمان شامل تعداد ساکنین، مساحت ساختمان، تعداد طبقات، میزان همجواری، نسبت پنجره به دیوار، نسبت طول به عرض، تعداد بر (نما) ساختمان است. این پارامترها دارای نقش و اهمیت یکسان در میزان مصرف انرژی ساختمان نیستند؛

در این مقاله از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی جهت تعیین وزن پارامترهای مورد اشاره استفاده شد. در جدول ۲ وزن نهایی پارامترهای مؤثر بر کاهش مصرف انرژی، حاصل از نرم افزار Expert Choice آورده شده است. همچنین اوزان مربوطه در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول۲. وزن پارامترهای مؤثر بر کاهش مصرف انرژی

پارامتر	وزن	اولویت AHP
تعداد ساکنین	0.038	7
میزان همجواری	0.096	6
تعداد طبقات	0.1	5
نسبت طول به عرض	0.111	4
مساحت ساختمان	0.125	3
تعداد بر (نما) ساختمان	0.169	2
نسبت پنجره به دیوار	0.36	1

(مأخذ: نگارندگان)



شکل۲. وزن پارامترهای مؤثر در مصرف انرژی ساختمان، (مأخذ: نگارندگان)

نتیجه‌گیری

مصرف بالای انرژی در ساختمان‌های مسکونی از عمده‌ترین مشکلات کشورهای جهان است که در عین حال دارای اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی شایان توجهی است. در این مقاله به شناسایی و اولویت‌بندی پارامترهای اصلی تعدادی از تکنیک‌های ساختمانی بر مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی پرداخته شد. به این منظور از AHP برای اولویت‌بندی پارامترها استفاده گردید. با وجود برخی از محدودیت‌ها، بنا به نظر محققان متعدد، AHP از جمله تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به‌جهت سهولت کاربرد، مورد استفاده فراوان واقع شده است. سلسله‌مراتبی مورد نظر در این پژوهش دارای ۳ سطح شامل هدف، معیارها (۳ معیار) و گزینه‌ها (۷ پارامتر) است.

با در نظرگرفتن وزن (ارزش) عوامل در فرآیند طراحی ساختمان، پارامترهای متفاوت BO را می‌توان طبقه‌بندی و ارزیابی کرد:

• نخست، مؤثرترین پارامتر نسبت پنجره به دیوار است. با توجه به ارزش این پارامتر (۰,۳۶)، فضای پنجره و مصالح برای طراحان ساختمان مهم است.

• پارامتر مهم دیگر تعداد اضلاع (برَهای) ساختمان است. اگر ساختمان دارای ۱، ۲، ۳ یا ٤ بر باشد، مصرف انرژی تفاوت قابل توجهی خواهد داشت. انتخاب جهت اصلی، بر، و تعداد بر نیز مدنظر قرار گرفته اند.

• کم تأثیرترین پارامتر تعداد ساکنین ساختمان است.

طراحان شهری و معماران در طراحی ساختمان (با در نظرگرفتن BO و پارامترهای مؤثر آن) می‌توانند ساختمان‌هایی طراحی کنند که مصرف انرژی بهینه دارند. اگر BO مورد توجه قرار گیرد، تابش خورشیدی مطلوب‌تری جذب سطح ساختمان می‌شود و در نتیجه مصرف انرژی کاهش خواهد یافت. اما اگر در تعیین جهت‌گیری ساختمان (BO) به عوامل اقلیمی توجه نکنند، تأثیر مستقیمی بر افزایش چشمگیر هزینه‌های مصرف انرژی خواهد داشت. در ضمن طراحان شهری می‌توانند در حین تعیین بلوک ساختمان‌ها به تعداد برهای ساختمان نیز توجه اکید نمایند، زیرا سطوح انتقال‌دهنده گرما از بیرون به درون در تابستان و از درون به بیرون در زمستان است. علاوه بر طراحان شهری، طراحان معمار نیز در حین ارائه نقشه ساختمان باید به نسبت پنجره به دیوار در نماها دقت نمایند و این بدین معناست که هم سطح دیوار و پنجره دارای اهمیت است و هم مصالح و نوع هر دو مورد، زیرا این سطوح می‌توانند با بالا بردن ضریب مقاومت حرارتی سطوح پنجره و دیوار، میزان انتقال حرارت را افزایش دهند.

پی‌نوشت‌ها

۱. Building orientation(B.O)
۲. Analytical Hierarchy Process (AHP)
۳. Axioms
٤. Pair wise comparison

فهرست منابع

• Borong, Lin; Gang, Tan; Peng, Wang; Ling, Song' Yingxin, Zhu and Guangkui Zhai (2004) "Study on the thermal performance of the Chinese traditional vernacular dwellings in summer," *Energy and Buildings 36*, No. 1: 73- 79.

• Chinese, Damiana' Nardin, Gioacchino and Saro, Onorio (2011) "Multi-criteria analysis for the selection of space heating systems in an industrial building," *Energy 36*, No. 1: 556- 565.

• Chun-sheng, Zhao; Shu-wen, Niu and Xin, Zhang (2012) "Effects of household energy consumption on environment and its influence factors in rural and urban areas," *Energy Procedia 14*: 805- 811.

• Dili, A. S.; Naseer, M. A. and Varghese, Zacharia T. (2010) "Passive control methods of Kerala traditional architecture for a comfortable indoor environment: Comparative investigation during various periods of rainy season," *Building and Environment 45*, No. 10: 2218- 2230.

• Ho, William (2008) "Integrated analytic hierarchy process and its applications–a literature review," *European Journal of operational research 186*, No. 1: 211- 228.

• Jaber, J. O.; Jaber, Q. M. Sawalha, S. A. and Mohsen, M. S. (2008) "Evaluation of conventional and renewable energy sources for space heating in the household sector," *Renewable and Sustainable Energy Reviews 12*, No. 1: 278- 289.

• Lee, J. W.; Jung, H. J.; Park, J. Y.; Lee, J. B. and Yoon, Y. (2013) "Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain and daylighting elements," *Renewable Energy 50*: 522- 531.

• Lee, Jaehyuk; Je, Haeseong and Byun, Jeongsoo (2011) "Well-being index of super tall residential buildings in Korea," *Building and Environment 46*, No. 5: 1184- 1194.

• Lucas. B, Hidalgo. E, Gomez.W, and Rosés, R. (2001) "Behavioral factors study of residential users which influence the energy consumption," *Renewable Energy*, 24 (4) 521- 52.

• Pohekar, S. D., and Ramachandran, M. (2004) "Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews 8*, No. 4: 365- 381.

• Ramanathan, R., and Ganesh, L. S. (1995) "Energy alternatives for lighting in households: an evaluation using an integrated goal programming-AHP model," *Energy 20*, No. 1: 63- 72.

• Ren, Hongbo; Gao, Weijun; Zhou, Weisheng and Nakagami, Ken'ichi (2009) "Multi-criteria evaluation for the optimal adoption of distributed residential energy systems in Japan," *Energy Policy 37*, No. 12: 5484- 5493.

• Reza, Bahareh; Sadiq, Rehan and Hewage, Kasun (2011) "Sustainability assessment of flooring systems in the city of Tehran: An AHP -based life cycle analysis," *Construction and Building Materials, No. 25*, Issue 4, April, Pages 2053- 2066.

• Saaty, Thomas L. (2001) *Fundamentals of decision making and priority theory with the Analytic Hierarchy Process*, Pittsburgh: RWS Publications.

• Saaty, Thomas L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

• Shimoda, Yoshiyuki, Yukio Yamaguchi, Tomo Okamura, Ayako Taniguchi, and Yohei Yamaguchi (2010) "Prediction of greenhouse gas reduction potential in Japanese residential sector by residential energy end-use model," *Applied Energy 87*, No. 6: 1944- 1952.

• Tahmasebi, Mohammad Mahdi, Saeed Banihashemi, and Mahmoud Shakouri Hassanabadi (2011) "Assessment of the variation impacts of window on energy consumption and carbon footprint," *Procedia Engineering 21*: 820- 828.

• Taleb, Hanan M., and Steve Sharples (2011) "Developing sustainable residential buildings in Saudi Arabia: A case study," *Applied Energy 88*, No. 1: 383- 391.

• Tsikaloudaki, K., K. Laskos, Th Theodosiou, and D. Bikas (2012) "Assessing cooling energy performance of windows for office buildings in the Mediterranean zone," *Energy and Buildings 49*: 192- 199.

• Wong, J. K. W., Heng Li, and S. W. Wang (2005) "Intelligent building research: a review," *Automation in Construction 14*, No. 1: 143- 159.

• Wong, Johnny KW, and Heng Li (2008) "Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems," *Building and Environment 43*, No. 1: 108- 125.

• Wong, Johnny KW, and Heng Li (2008) "Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems," *Building and Environment 43*, No. 1: 108- 125.

• Yang, Yulan, Baizhan Li, and Runming Yao (2010) "A method of identifying and weighting indicators of energy efficiency assessment in Chinese residential buildings," *Energy Policy 38*, No. 12: 7687- 7697.

• Yao, Jian, and Neng Zhu (2011) "Enhanced supervision strategies for effective reduction of building energy consumption––A case study of Ningbo," *Energy and Buildings 43*, No. 9: 2197- 2202.

• Yaşar, Yalçın, and Sibel Maçka Kalfa (2012) "The effects of window alternatives on energy efficiency and building economy in high-rise residential buildings in moderate to humid climates," *Energy conversion and management 64*: 170181-.

• Yeo, Myoung-Souk, In-Ho Yang, and Kwang-Woo Kim (2003) "Historical changes and recent energy saving potential of residential heating in Korea," *Energy and Buildings 35*, No. 7: 715- 727.

• Yıldız, Yusuf, and Zeynep Durmuş Arsan (2011) "Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment buildings in hot-humid climates," *Energy 36*, No. 7: 4287- 4296.

• Zheng, Guozhong, Youyin Jing, Hongxia Huang, Guohua Shi, and Xutao Zhang (2010) "Developing a fuzzy analytic hierarchical process model for building energy conservation assessment," *Renewable Energy 35*, No. 1: 78- 87.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی