نشریه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت
Journal of Quality & Standard Management (JQSM)
www.jstandardization.ir

نوع مقاله: پژوهشی

مدلسازی ارزیابی الزامات فنی سازه‌های سبز با رویکرد تحلیل شبکه و گسترش کیفیت فازی

محمدسعید مظفریمهر

استاد مدعو، گروه مدیریت و حسابداری، دانشکده مدیریت، دانشگاه پیام نور، مرودشت، ایران

سابقه مقاله

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

چکیده

با توجه به اهمیت مباحث توسعه پایدار، مدیریت انرژی و نقشی که ساختمان‌ها در مصرف انرژی دارند، موضوع سازه‌های سبز از منظر علمی و عملی مورد توجه قرار گرفته است. مدیریت پروژه ساختمان سبز، کوششی در جهت تأمین کیفیت یکپارچه از نظر اقتصادی، اجتماعی و محیطی است. استفاده معقول از منابع طبیعی و مدیریت صحیح ساختمان‌سازی به حفظ منابع طبیعی و کاهش مصرف انرژی کمک نموده (محافظت از انرژی) و سبب افزایش کیفیت محیطی شده است. این مطالعه با هدف مدلسازی ارزیابی الزامات فنی سازه‌های سبز مبتنی بر نیاز مشتریان تدوین شده است. ابتدا موضوع منابع محدود انرژی و مدیریت پروژه ساختمان سبز مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه به ساختمان سبز به عنوان نسل جدید ساختمان پرداخته شده است. به منظور ارزیابی الزامات فنی سازه‌های سبز، در گام نخست نیازمندی‌های مشتریان شناسایی و با روش تحلیل شبکه فازی تعیین اولویت شده است. برای ترجمه نیازهای مشتریان به الزامات فنی ساختمان سبز و تدوین ماتریس ارتباطات آنها، از تابع کیفیت فازی استفاده شده است. از آنجا که ابزار سنجش اوزان و تعیین روابط، عبارات کلامی خبرگان بوده است برای غلبه بر عدم اطمینان موجود، از منطق فازی و اعداد فازی مثلثی برای کمی کردن دیدگاه خبرگان استفاده شده است. نتایج تحلیل شبکه فازی نشان داد شاخص مدیریت هزینه از بیشترین اولویت برخوردار است. شاخص زیبایی‌شناسی بنا در اولویت دوم، شاخص مدیریت انرژی و مدیریت ریسک نیز در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در نهایت نتایج تابع کیفیت فازی نشان داد در ساخت یک ساختمان سبز، هزینه ساخت از بیشترین اهمیت برخوردار است. مقاومت سازه در اولویت دوم و فضاهای موردنیاز، اندازه سازه، طراحی فضای عمومی و زمان ساخت در اولویت‌های بعدی قرار دارند. به منظور ارزیابی الزامات فنی سازه‌های سبز باید در گام‌های نخستین بر مدیریت هزینه متمرکز شد.

کلمات کلیدی: الزامات فنی ساخت، سازه سبز، مدیریت هزینه، مدیریت انرژی، مدیریت ریسک

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

۱ مقدمه

با گسترش جمعیت انسانی، افزایش پیچیدگی شهرنشینی، رشد اقتصادی، صنعت و دیگر مسائل مرتبط، سبب می‌شود کشورها به اجبار منابع انرژی بیشتری را درخواست کنند. این حقیقت که جهان منابع محدودی دارد کشورها را وادار می‌کند تا به افزایش مطالعات انرژی و خط‌مشی‌های استفاده از آن بیفزایند. یکی از منابع مهم و اصلی مصرف انرژی، ساختمان‌ها هستند. ساختمان سبز راه‌کاری جهت مواجهه با این افزایش تقاضای انرژی، کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری آن می‌باشد (کاباک[1] و همکاران، ۲۰۱۴). مدیریت پروژه ساختمان سبز، کوششی در جهت تأمین کیفیت یکپارچه از نظر اقتصادی، اجتماعی و محیطی است. استفاده معقول از منابع طبیعی و مدیریت صحیح ساختمان‌سازی به حفظ منابع طبیعی و کاهش مصرف انرژی کمک نموده (محافظت از انرژی) و سبب افزایش کیفیت محیطی شده است (شولز[2] و همکاران، ۲۰۱۸). در یک ساختمان سبز کیفیت پایه و اساس طراحی پایدار می‌باشد. کیفیت مطلوب بدون توجه به طبیعت فراهم نخواهد شد و بایستی استفاده از مصالح با قابلیت ماندگاری طولانی نیز در نظر گرفته شود. رسیدن به استانداردهای بالای کیفیت، امنیت و آسایش که درواقع سلامت انسان‌ها را تأمین می‌نماید از مهم‌ترین اهداف معماری پایدار است که نیل به چنین شرایطی با به‌کارگیری مدیریت کارآمد و جدیدترین تکنولوژی‌ها انجام می‌پذیرد (ژائو[3] و همکاران، ۲۰۱۹).

همگام با رشد روزافزون ساخت‌وساز در هر منطقه و هر شرایط، که نسبت به نیازهای انسان متفاوت است، باعث مصرف هنگفتی از مواد و انرژی‌های تجدید ناپذیر مانند مواد معدنی و نفت و ... می‌شود (سپهری و عزیزی، ۱۳۹۶). محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشارات گازهای گلخانه‌ای، ضرورت توجه به انرژی‌های تجدیدناپذیر را بر همگان روشن ساخته است. در معماری، با توجه به محدودیت انرژی‌های فسیلی بایستی طرح‌هایی انجام پذیرد که بهره

1 Kabak
2 Schulz
3 Zhao

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

بردن از انرژی تجدیدپذیر همیشگی باشد. معماری ساختمان سبز همواره می‌کوشد تا محیط‌زیست پیرامونش را همان‌گونه که هست حفظ کرده و به آن احترام بگذارد. هم‌چنین سعی دارد با استفاده از فناوری‌ها و ابزارهای جدید و مدرن، در جهت حفظ هرچه بیشتر محیط‌زیست، اقدام نماید (والا و همکاران، ۱۳۹۶).

ساختمان سبز الگویی از ساخت سازمان سازگار با طبیعت بوده که به عنوان نسل جدید ساختمان مطرح شده است. هدف یک ساختمان سبز افزایش کارایی ساخت جهت استفاده بهینه از انرژی، آب و مواد است. همچنین تلاش می‌شود تا از طریق مکان‌یابی، طراحی، ساخت، عملیات و نگهداری در سراسر چرخه عمر ساختمان، تأثیرات منفی سازه بر سلامتی انسان‌ها و محیط‌زیست کاهش یابد (وایس[1] و همکاران، ۲۰۱۹). سازمان سازه سبز ایالات متحده[2] پیشروترین رهبر و آموزشگاه جهان در حوزه سازه‌های سبز در دنیا است. این سازمان استانداردی را در زمینه ساختمان سبز ارائه کرده است که با عنوان گواهینامه LEED[3] شناخته می‌شود. لید (LEED) یک سیستم درجه‌بندی برای ساختمان‌ها است. براساس استانداردهای لید، ساختمان‌ها امتیازاتی را برای صرفه‌جویی در انرژی، دسترسی آسان به وسایل نقلیه عمومی، جمع‌آوری آب‌های روان، صرفه‌جویی در مصرف آب و...کسب می‌کنند. بر حسب مجموع امتیازی که ساختمان کسب کرده است گواهی به آن اعطا می‌گردد؛ که به ترتیب گواهی پلاتین، طلا، نقره و در آخر برای کمینه امتیاز مجاز، گواهی تصدیق اعطاء می‌گردد (ماتونی و همکاران، ۲۰۱۸).

کسب این گواهی مستلزم رعایت معیارهایی در هفت حوزه اصلی عبارتند از: ۱- پایداری سایت ۲- کارائی آب ۳- انرژی و اتمسفر ۴- مصالح و منابع ۵- کیفیت فضای داخلی ۶- ماهیت خلاقیت در طراحی ۷- اولویت‌های منطقه‌ای.

1 Vyas
2 USGBC (U.S. Green Building Council)
3 Leadership in Energy and Environmental Design 3

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

هدف از ایجاد ساختمان سبز بهبود یافتن آب و هوا و جلوگیری از تأثیرات منفی ساخت و ساز بر محیط‌زیست است. دراین طرح کمینه‌سازی ضایعات و استفاده از مصالح قابل بازیافت که با سرعت بیشتری به چرخه اکوسیستم باز می‌گردند یک اصل محسوب می‌شود. استانداردهای ساخت سبز شامل قوانین کاهش مصرف منابع غیرقابل تجدید، توسعه محیط طبیعی، حذف یا کاهش مصرف مواد سمی و یا آسیب رساندن برطبیعت، درصنعت ساختمان‌سازی می‌باشد (پاک و اسلامی، ۱۳۹۷). با استفاده از تکنولوژی‌های امروز برآنیم در بحث معماری سبز فعالیت‌های مؤثری انجام دهیم و بخش عمده این فعالیت‌ها را در ساختمان‌های هوشمند می‌توان مشاهده نمود. کمک به محیط‌زیست و حفظ منابع آن در عین حال کم‌کردن هزینه‌های مصرفی و ایجاد فضای آسایش برای انسان را می‌توان هدف اصلی و مشترک معماری پایدار و ساختمان‌های هوشمند دانست. با توجه به اینکه ساخت خانه‌های هوشمند می‌تواند بخش عمده‌ای از نیازهای کاربران فضا را برآورده کند، نیاز است پارامترهای مربوط به چنین ساختمان‌هایی بررسی شود (صبوری، ۱۳۹۵).

مطالعات انجام شده پیشین حاکی از اهمیت ساختمان سبز به عنوان یک عنصر کانونی در زمینه توسعه پایدار در عصر حاضر است. در ایران نیز «انجمن مدیریت سبز ایران» متولی بحث ساختمان سبز می‌باشد. در مطالعات داخلی مانند صبوری (۱۳۹۵)، محمدی و همکاران (۱۳۹۵) و مسائلی (۱۳۹۷) تنها بر اهمت موضوع ساختمان سبز تأکید شده است. اولین مسأله‌ای که زمینه‌ساز انجام این پژوهش است کمبود مطالعات کاربردی در زمینه ساختمان سبز در کشور است. از آنجاکه ساختمان سبز شامل زیرساخت‌ها، تولید و بهره‌برداری است بنابراین در این پژوهش به عنوان گام نخست به دنبال ارائه مدلی برای ارزیابی الزامات فنی ساختمان سبز هستیم که در مطالعات گذشته انجام نشده است. برای بسط مفهوم ساخت سبز از فضای علمی‌به حوزه کاربردی باید الزامات فنی ساختمان سبز شناسایی شود.

مسأله دوم آن است که در مطالعات داخلی دیگر مانند فتحی و شریفی (۱۳۹۷) و سپهری و عزیزی (۱۳۹۶) موضوع ارزیابی زیرساخت‌های سازمان سبز مورد مطالعه قرار گرفته است اما

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

متغیرهای مطالعه مستقل از هم در نظر گرفته شده‌اند حال آنکه در مطالعات خارجی مانند ماتونی و همکاران (۲۰۱۸)، وو و همکاران (۲۰۱۹) و ژائو و همکاران (۲۰۱۹) بر ارتباط درونی این عناصر تأکید شده است. بنابراین در این مطالعه از رویکرد تحلیل شبکه برای حل این مسأله استفاده شده است.

مسأله سوم آن است که تأکید صرف بر جنبه‌های فنی ما را از نیازمندی‌ها و خواسته‌های مشتریان (شهروندان) دور می‌سازد. باید این واقعیت را در نظر گرفت ساختمان سبز باید مبتنی بر نیازهای مشتریان باشد. با رویکرد تابع کیفیت می‌توان مبتنی بر نیازمندی‌های مشتریان به شناسایی و تعیین اولویت الزاماتی فنی ساختمان سبز پرداخت. از این منظر مطالعه حاضر مبتنی بر پژوهشی که پیشتر توسط ایگناتیوس[1] و همکاران (۲۰۱۶) انجام داده‌اند، ابتدا نیازمندی‌های مشتریان از یک خانه سبز را شناسایی خواهد کرد. سپس الزامات فنی ساخت‌وساز سبز از دیدگاه خبرگان مشخص خواهد شد. در ادامه ماتریس ارتباطات نیازمندی‌ها- الزامات فنی تعیین می‌گردد و براین اساس با ساخت خانه کیفیت سبز، دستیابی به اهداف یک سازه سبز مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در نهایت مدل ارزیابی الزامات فنی ساختمان سبز با رویکرد تحلیل شبکه و تابع کیفیت فازی ارائه خواهد شد.

۲ پیشینه پژوهش

امروزه محیط‌زیست، صرفه جویی در مصرف انرژی‌های فسیلی و توسعه پایدار به مباحث بسیار مهم و رایج در سطح بین المللی تبدیل شده‌اند. به‌طوری که حفظ منابع انرژی، جلوگیری از آلوده کردن زمین و محیط‌زیست، کاهش میزان مصرف انرژی‌های فسیلی و هم‌زیستی با شرایط طبیعی و اقلیمی‌مبدل به یکی از مهم‌ترین تدابیر در معماری شده است. مبحث ساخت و ساز سبز (معماری انرژی)، مقوله ی نسبتا جدیدی است. هدف آن کاهش عمده اثرات زیست محیطی

1 Ignatius

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

ساختمان‌ها و در عین حال تأمین یک محیط سالم در داخل ساختمان برای کاربران است (فتحی و شریفی، ۱۳۹۷). در کشورهای توسعه یافته، قوانین و دستورالعمل‌های مشخصی در جهت ساخت‌وساز منطبق با محیط‌زیست اندیشیده شده و در واقع پاسخی به دغدغه این کشورها به اهمیت صنعت ساختمان‌سازی با رویکرد بهترین بهره‌وری اقتصادی و زیست‌محیطی و برقراری توسعه پایدار می‌باشد. ساختمان سبز به ساختمان و محلی گفته می‌شود که از لحاظ محیطی مسئول چرخاندن چرخه زندگی درون خود است. ساختمان سبز می‌تواند آینده زمین را که به نظر می‌رسد رو به نابودی است نجات داده و به نسل‌های بعد فرصت زندگی توأم با آسایش و آرامش را دهد. ساختمان‌های سبز دارای مزایایی هستند که باعث انجام عمل مذکور در سطح جهان می‌گردند (مسائلی، ۱۳۹۷).

بر اساس آمار به دست آمده جهانی، نزدیک به ۴۰ درصد از انرژی مصرفی در جهان در منازل مسکونی مصرف می‌شود. پرواضح است چگونگی طراحی، ساخت، استفاده و بازسازی ساختمان‌ها، نقش بسزایی در کاهش مصرف انرژی خواهد داشت. چالش‌های مذکور در بحث انرژی نیاز به تکنولوژی‌های جدید و اثرگذار، استانداردهای جدید و تجدیدنظر در مورد مایحتاج ساختمان دارد. چنین نگاه جامعی به صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان، الزام ایجاد ساختمان‌ها با عملکرد بالا و مصرف کم انرژی را طلب می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). آمار و ارقام‌های متفاتی پیرامون مصرف انرژی، گواه اهمیت انجام پژوهش پیرامون ساختمان‌های سبز می‌باشد. آمار منتشر شده نشان می‌دهد ساختمان‌ها حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد مصرف کل انرژی در آمریکا، بریتانیا، اتحادیه اروپا، ژاپن و برخی کشورهای آسیای جنوب شرقی را به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر آن، سهم زیادی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و کربن نیز مربوط به ساختمان‌های سبز است. بنابراین بازنگری روش و الزامات فنی سازه‌های مسکونی امری ضروری تلقی می‌شود (دگزیت و همکاران، ۲۰۱۰؛ کاباک و همکاران، ۲۰۱۴؛ جاتو و همکاران، ۲۰۱۴؛ ایگناتیوس و همکاران، ۲۰۱۶).

در آینده ساختمان‌ها باید با ویژگی‌هایی طراحی شده باشند که چالش‌های پیش‌بینی شده از پیشرفت‌های تکنولوژیکی، محیط‌زیست و اجتماعی را برآورده نمایند. هنگامی‌که سیستم‌های

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

مخابراتی و کنترل به طور فزاینده و پیچیده در طراحی ساختمان یکپارچه می‌شوند، درها به سوی نوآوری بی پایان باز شده و هنگامی‌که این امر در روش‌های ساختمانی وارد شود، مصرف انرژی را نیز شامل شده و در نتیجه محیط‌زیست بهتر محافظت می‌شود. از طریق ساخت و ساز هوشمند، یک محیط راحت‌تر ساخته شده که در عین حال می‌تواند میزان کربن محیط را نیز کاهش دهد. ساختمان سبز ترکیبی از فن‌آوری و شیوه زندگی برای تغییر کارایی آب و افزایش بهره‌وری انرژی است (طاهرپور و همکاران، ۱۳۹۷). رشد روزافزون جمعیت شهرها و محدودیت‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی از یک سو و از سوی دیگر مشکلات به وجود آمده از قبیل گرمایش زمین، تغییرات آب و هوایی و تخریب لایه اوزون، سبب به وجود آمدن مشکلات زیست محیطی گسترده و به طور کلی تغییرات اکوسیستمی فراوانی در سطح کره زمین شده است. از این رو، استفاده از فناوری‌های نوین، منجر به بالاتر رفتن بازده و جلوگیری از هدر رفتن انرژی به ویژه در بخش ساختمان که طبق آمار منتشر شده، بیشترین میزان مصرف انرژی در جهان را به خود اختصاص داده است، خواهد شد. به همین دلیل، توجه هر چه بیشتر به استفاده از این تکنولوژی‌ها در ساختمان‌ها، با توجه به مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان الزامی‌بوده و سبب کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی خواهد شد (پاک و اسلامی، ۱۳۹۷).

منیعی و همکاران (۱۳۹۸) مطالعه‌ای با عنوان شناسایی لحظه‌ای سیستم در سازه‌های هوشمند به کمک روش آنالیز اجزای پراکنده برمبنای تبدیل موجک انجام داده‌اند. در این پژوهش یک روش آنالیز اجزای پراکنده توسعه یافته برمبنای انتقال موجک به منظور شناسایی لحظه‌ای سیستم پیشنهاد می‌گردد. در ادامه، با بکارگیری انتقال موجک و یک میراگر جرمی تنظیم شونده نیمه فعال الگوریتمی برای توسعه یک سازه هوشمند ارائه می‌شود؛ به طوری که اگر در اثر تحریکات محیطی شدید در پارامترهای مودال سازه تغییری ایجاد شود مشخصات مکانیکی به کمک انتقال موجک به گونه‌ای تنظیم مجدد می‌گردد که همواره در برابر این تغییرات مقاوم و پایدار باشد. ارزیابی عملکرد و دقت روش پیشنهادی از طریق مثال‌های عددی انجام می‌گیرد. نتایج به دست آمده حاکی از آن

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

است که انتقال موجک با دقت قابل قبول سیستم را به‌صورت لحظه‌ای شناسایی و پاسخ‌های دینامیکی سازه مجهز به میراگر جرمی تنظیم شونده را نیز به طور مؤثری کاهش می‌دهد.

مسائلی (۱۳۹۷) مطالعه‌ای با عنوان نقش بهره‌وری انرژی در ساختمان سبز انجام داده است. در این مطالعه که با روش مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام شده است، به طور اجمال موارد ذکر شده مورد بررسی قرار گرفته و توصیه هایی نیز برای بهره‌وری بیشتر در ساختمان ارائه گردیده است. همچنین مطالعات موجود بر روی سیستم‌ها و فناوری‌های سبز، موانع پیاده‌سازی استراتژی‌های سبز و مزایای رقابتی حاصل از بکارگیری استراتژی‌های سبز، بررسی گردیده‌اند. نتایج نشان داده است آورده‌های اساسی ساختمان سبز عبارتند از: حفاظت از محیط‌زیست و منابع آب و انرژی، نوآوری شکل بنا، ماندگاری و طول عمر ساختمان، سلامت و راحتی ساکنین، کاهش هزینه‌های جاری زندگی.

فتحی و شریفی (۱۳۹۷) به بررسی اصول طراحی و ساخت در سازه‌های سبز با تأکید بر اصل صرفه‌جویی انرژی معماری سبز با روش تحلیل عامل اکتشافی پرداخته‌اند. این مطالعه به دنبال معرفی مقوله سازه‌های سبز و مفاهیم اساسی گوناگون در طراحی و ساخت و ساز سبز و بررسی اصل مهم این معماری در کاهش انرژی مصرفی و آسیب وارد شده به محیط‌زیست می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد شاخص‌هایی چون کاهش هزینه، افزایش قابلیت اطمینان، کاهش خطر، مدیریت ریسک، استقرار و پایش در بالاترین سطح اولویت نسبت به سایر فاکتورها قرار دارند.

پاک و اسلامی (۱۳۹۷) مطالعه‌ای با عنوان سازه‌های سبز و نقش آن در مدیریت هوشمند مصرف انرژی با روش دیمتل ارائه کرده‌اند. در پژوهش حاضر، با توجه به اهمیت مباحث انرژی،محیطی و اکولوژیکی در بحث رشد و توسعه به بررسی تأثیر سازه‌های سبز و فناوری‌های مؤثر در این سازه‌ها در مدیریت و کاهش مصرف انرژی پرداخته شده است. در پایان این نتیجه حاصل شد که استفاده از این فناوری‌ها در بلند مدت با توجه به کمبود منابع انرژی در آینده، می‌تواند بسیار مقرون به صرفه بوده و نقش مهمی را در کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی ایفا نماید.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

والا و همکاران (۱۳۹۶) مطالعه‌ای در زمینه نحوه هوشمندسازی سازه‌های سبز با معماری اکوتک برای جایگزینی سازه‌های اداری انجام داده‌اند. این تحقیق با روش تحلیلی توصیفی و استفاده از ابزار رایج کتابخانه و اسنادی صورت گرفته است. همچنین این مطالعه با هدف بررسی اصول طراحی درمعماری اکوتک و معماری سبز، سازه‌های سبز را معرفی کرده و با توجه به مزایای این سازه‌ها به دنبال ارائه راه‌کارهایی جهت هوشمندسازی و کنترل سیستم‌ها در جهت هوشمند است و به دنبال ارائه اصول طراحی سازه‌های سبز در جایگزینی سازه‌های اداری می‌باشد.

سپهری و عزیزی (۱۳۹۶) مطالعه‌ای با عنوان شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان سبز با روش مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام داده‌اند. در این مطالعه حال با در نظر گرفتن صرفه جویی در مصرف انرژی، ابتدا تعریفی از شاخص‌های پایداری و نحوه محاسبه آن در ساختمان سبز ارائه گردیده است. سپس به ارزیابی و سنجش پایداری در سازه‌ها پرداخته و با توجه به نتایج به دست آمده راه‌کارهایی جهت ایجاد جزئیات متفاوت در سازه برای جذب انرژی‌های نو و تجدیدپذیر و به کارگیری آن می‌پردازد. در پایان به بررسی دو نمونه موردی و بررسی جزییات پایداری پرداخته شده است.

محمدی و همکاران (۱۳۹۵) مطالعه‌ای با عنوان ساختمان سبز و مروری بر سیستم‌های رتبه‌بندی آن با روش رویکرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی انجام داده‌اند. این مطالعه به بررسی استانداردهای مطرح در ساختمان سبز پرداخته و نحوه رتبه‌بندی ساختمان سبز از منظر این استانداردها را مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج نشان داده است گواهینامه‌های ساختمان سبز که تمامی انواع ساختمان ها را مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد، می‌تواند برای انواع سازه‌ها، شامل ساخت و سازهای جدید و همچنین نوسازی‌های کلی سازه‌های موجود، فضای تجاری، هسته یا پوسته یک ساختمان، مدرسه یا منزل استفاده شود. نگاهی به این استانداردها می‌تواند راه را برای تدوین معیارهای مناسب در جهت رشد و توسعه سازه‌های سبز در ایران فراهم کند.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

وایس و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه‌ای با عنوان طراحی یک سیستم رتبه‌دهی برای ساختمان سبز انجام داده‌اند. این مطالعه در کشور هند انجام شده است و برای تحلیل داده‌ها از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده کرده‌اند. مهم‌ترین معیارهای مد نظر در این مطالعه عبارتند از: کاهش هزینه، سیستم گرمایشی مطلوب، افزایش قابلیت اطمینان، مدیریت انرژی، مدیریت ریسک، استقرار و پایش. نتایج نشان داده است که در میان این عناصر مدیریت انرژی از بیشترین اهمیت برخوردار است.

وو و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه ای با عنوان توسعه استانداردی برای ارزیابی ساختمان سبز ارائه کرده‌اند. این مطالعه که در کشور چین انجام شده است به‌طور مشخص تنها بر دکوراسیون محیط داخلی سازه‌های سبز تمرکز داشته است. این پژوهشگران از روش تحلیل کیفی و تحلیل محتوا برای طراحی این استاندارد استفاده کرده‌اند. نتایج کدگزاری اولیه و ثانویه حاکی از آن است که در سیستم نورپردازی درونی و مدیریت انرژی گرمایش درونی مهم‌ترین مسائل در طراحی دکوراسیون فضای درونی سازه‌های سبز می‌باشند و استفاده از مواد قابل تجزیه و بازیافت نیز باید در دستور کار قرار گیرند.

ژائو و همکاران (۲۰۱۹) یک مطالعه مروری بر تحقیقات در زمینه ساختمان سبز با رویکرد تحلیل شبکه انجام داده‌اند. دستاوردهای این مطالعه نشان داده است صنعت ساخت‌وساز در سیر تکاملی خود پیشرفت‌های زیادی کرده است. با توجه به روندهای پیش رو به نظر می‌رسد سازه‌های سبز نسل آینده سازه‌ها خواهند بود. در واقع مفهوم سازه‌های سبز از فضای داخلی خانه و ساختمان فراتر رفته است و به فضای بیرون و دنیای پیرامون کشیده شده است. در سازه‌های سبز، می‌توان بهترین خدمات را دریافت کرد، در حالی که هزینه‌ها به شدت کاهش یافته و سطح ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست افزایش یافته است. و موضوع قراردادن سیستم آب مناسب در ساختمان سبز بسیار مهم است.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

کاندوس و دبرا [1](۲۰۱۹) مطالعه‌ای با عنوان مفهوم‌سازی و ایجاد مقیاسی برای سیستم‌های ساختمان هوشمند انجام داده‌اند. در این مطالعه نخست به تشریح اهمیت ساختمان هوشمند پرداخته شده است و سپس نقش اینترنت اشیاء در طراحی خانه‌های هوشمند بیان شده است. سپس مهمترین عوامل مؤثر بر طراحی ساختمان هوشمند از منظر اینترنت اشیاء شناسایی شده است. این عوامل براساس ادبیات پژوهش گردآوری شده است این عوامل عبارتند از: سیستم یکپارچه ساخت، سیستم کنترل از راه دور، سیستم هشداردهی، سیستم گرمایش و تهویه مطبوع، سیستم کنترل و پایش امنیت، سیستم مدیریت انرژی، سیستم چیدمان درونی، مدیریت نمای بیرونی. برای رتبه‌بندی اهمیت عوامل از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد و در نهایت مشخص گردید سیستم یکپارچه ساخت و سیستم هشداردهی از بیشترین اهمیت برخوردار هستند.

چن [2](۲۰۱۷) مطالعه‌ای تحت عنوان طراحی سیستم گرمایشی برای سازه‌های هوشمند انجام داد. دستاوردهای این مطالعه نشان داده است صنعت ساخت‌وساز در سیر تکاملی خود پیشرفت‌های زیادی کرده است. با توجه به روندهای پیش رو به نظر می‌رسد سازه‌های هوشمند نسل آینده سازه‌ها خواهند بود. در واقع مفهوم سازه‌های هوشمند از فضای داخلی خانه و ساختمان فراتر رفته است و به فضای بیرون و دنیای پیرامون کشیده شده است. در سازه‌های هوشمند، می‌توان بهترین خدمات را دریافت کرد، در حالی که هزینه‌ها به شدت کاهش یافته و سطح ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست افزایش یافته است و موضوع قراردادن سیستم گرمایشی مناسب در ساختمان هوشمند بسیار مهم است.

به‌طور کلی نتایج پژوهش‌های مختلف حکایت از اهمیت بحث پیرامون ساختمان سبز دارد. از سوی دیگر بحث ساختمان سبز از مباحث تئوریک و آکادمیک (علم) به حوزه صنعت و ساخت (عمل) نیز تسری یافته است. اکنون صحبت از اهمیت ساختمان سبز کافی نیست و ضروری است تا الزامات فنی ساخت سازه‌های سبز با رویکردی علمی-کاربردی مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

1 Candus, C., Debra, S.
2 Chen, E. T

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

جدول (۱) الزامات فنی ساختمان سبز

عوامل پژوهش	منبع
طراحی فضای عمومی	ایگناتیوس و همکاران (۲۰۱۶)؛ ماتونی و همکاران (۲۰۱۸)؛ فتحی و شریفی (۱۳۹۷)
شکل سازه	ایگناتیوس و همکاران (۲۰۱۶)؛ کاباک و همکاران (۲۰۱۴)
اندازه سازه	کاباک و همکاران (۲۰۱۴)؛ ایگناتیوس و همکاران (۲۰۱۶)
نورپردازی	ژائو و همکاران (۲۰۱۹)؛ فتحی و شریفی (۱۳۹۷)
ساختار سازه	ماتونی و همکاران (۲۰۱۸)؛ فتحی و شریفی (۱۳۹۷)
فضاهای مورد نیاز	ژائو و همکاران (۲۰۱۹)؛ کاباک و همکاران (۲۰۱۴)؛
جایگاه سازه	صبوری (۱۳۹۵)؛ فتحی و شریفی (۱۳۹۷)؛ پاک و اسلامی (۱۳۹۷)
هزینه ساخت	ژائو و همکاران (۲۰۱۹)؛ کاباک و همکاران (۲۰۱۴)
زمان ساخت	وایس و همکاران (۲۰۱۹)؛ ماتونی و همکاران (۲۰۱۸)
مقاومت سازه	مسائلی (۱۳۹۷)؛ ایگناتیوس و همکاران (۲۰۱۶)؛ ماتونی و همکاران (۲۰۱۸)

۳ روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر فلسفی مبتنی بر روش اثبات‌گرایانه است و با رویکردی قیاسی انجام شده است. قلمرو مکانی این تحقیق شورای ساختمان سبز ایران در شهر شیراز می‌باشد بنابراین از نظر هدف به‌صورت کاربردی در شورای ساختمان سبز شیراز انجام شده است. از نظر قلمرو زمانی نیز این مطالعه در دسته مطالعات پیمایش مقطعی قرار می‌گیرد.

جامعه مورد بررسی در مطالعه حاضر را خبرگان و کارشناسان ارشد حوزه سازه‌های سبز در شهر شیراز تشکیل می‌دهند. برای نمونه‌گیری از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شده است. ملاک انتخاب خبرگان، کمینه ده سال سابقه‌کاری و مدرک تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد بوده است. براین اساس خبرگان مورد نظر انتخاب شده‌اند.

رویکرد ترکیبیFDANP-FQFD

جهت تعیین اهمیت الزامات فنی سازه‌های سبز باید از دیدگاه مشتریان استفاده شود. تابع کیفیت فازی روشی است که می‌تواند نیازمندی‌های مشتریان را به الزامات فنی توسعه محصول ترجمه نماید. برای این منظور می‌توان از روش‌های ترکیبی استفاده کرد. به این ترتیب که ابتدا براساس

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

ادبیات پژوهش و مصاحبه‌های تخصصی مهم‌ترین نیازمندی‌های مشتریان و الزامات فنی شناسایی شده است. سپس با روش فرایند تحلیل شبکه نیازهای مشتریان تعیین وزن شده است. در نهایت نیز ماتریس ارتباطات طراحی شده است. براساس روابط نیازمندی‌های مشتریان با الزامات فنی و اوزان نیازمندی‌ها در نهایت میزان اهمیت هر یک از الزامات فنی تعیین شده است.

برای تحلیل داده‌ها از رویکرد ترکیبی تحلیل شبکه و تابع کیفیت فازی (FDANP-FQFD) استفاده شده است. نخست با استفاده از روش دیمتل فازی، رابطه میان نیازمندی‌های مشتریان تعیین شده است. سپس نیازمندی‌های مشتریان با روش تحلیل شبکه فازی، اولویت‌بندی شده‌اند. در نهایت ماتریس ارتباطات نیازمندی‌ها-الزامات فنی تشکیل شده و با استفاده از تابع کیفیت فازی، الزامات فنی سازه‌های سبز، تعیین اولویت شده‌اند. جهت تحلیل داده‌ها و محاسبات فازی از نرم‌افزار MatLab و محاسبات حدی تحلیل شبکه از نرم‌افزار Super Decision استفاده شده است.

۴ یافته‌های تحقیق

مطالعه موردی

جهت بکارگیری رویکرد ترکیبی FDANP-FQFD در یک مورد مطالعه، به اولویت‌بندی الزامات فنی سازه‌های سبز مبتنی بر نیازمندی‌های مشتریان پرداخته شده است. پنل خبرگان QFD در مطالعه حاضر شامل ۱۷ نفر از مدیران شورای ساختمان سبز شیراز بوده است. از نظر جنسیت ۱۳ نفر مرد و ۴ نفر نیز زن می‌باشند. بیشتر افراد یعنی ۹ نفر بین ۳۰ تا ۴۰ سال سن دارند. همچنین ۱۲ نفر از خبرگان کارشناسی ارشد بوده و ۵ نفر نیز مدرک تحصیلی دکتری دارند. در نهایت ۸ نفر بین ۵ تا ۱۰ سال تجربه در حیطه کاری مرتبط داشته و ۸ نفر نیز بیش از ۱۵ سال تجربه کاری دارند.

براساس ادبیات پژوهش و مصاحبه‌های تخصصی انجام شده، نیازمندی‌های مشتریان در قالب ۴ نیاز اصلی و ۱۷ شاخص دسته‌بندی شده است.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

۴-۱ تشکیل شبکه روابط نیازمندی‌های مشتریان

براساس مدل تحقیق، گام بعدی شناسایی روابط درونی شاخص‌های شناسایی شده می‌باشد. جهت انعکاس روابط درونی میان معیارهای اصلی از تکنیک دیمتل فازی استفاده شده است. ابتدا دیدگاه خبرگان گردآوری و فازی‌سازی شده است. چون از دیدگاه چند کارشناس استفاده شده با استفاده از رابطه (۲)، ماتریس ارتباط مستقیم فازی یا $\widetilde{\boldsymbol{X}}$ تشکیل شده است:

جدول (۲) محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم فازی

$\widetilde{\boldsymbol{X}}$	VoC1	VoC2	VoC3	VoC4
VoC1	(0, 0.1, 0.3)	(0.41, 0.61, 0.81)	(0.56, 0.76, 0.89)	(0.36, 0.56, 0.74)
VoC2	(0.29, 0.49, 0.69)	(0, 0.1, 0.3)	(0.26, 0.46, 0.66)	(0.49, 0.69, 0.82)
VoC3	(0.43, 0.63, 0.83)	(0.23, 0.43, 0.63)	(0, 0.1, 0.3)	(0.5, 0.7, 0.9)
VoC6	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.24, 0.43, 0.61)	(0.27, 0.46, 0.64)	(0, 0.1, 0.3)

برای نرمال‌سازی مقادیر باید مقادیر $\widetilde{\boldsymbol{a}}_{\boldsymbol{i}}^{(\boldsymbol{k})}$ (رابطه ۳) و $\widetilde{\boldsymbol{b}}^{(\boldsymbol{k})}$ (رابطه ۴) محاسبه شوند. با تقسیم درایه‌های ماتریس $\widetilde{\boldsymbol{X}}$ بر بیشینه مقادیر $\sum \boldsymbol{u_{ij}}$ ماتریس نرمال فازی $\widetilde{\boldsymbol{N}}$ بدست آمده است:

$$\widetilde{\boldsymbol{b}}^{(\boldsymbol{k})} = \mathbf{2.75}; \quad \widetilde{\boldsymbol{N}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2.75}} * \widetilde{\boldsymbol{X}}$$

جدول (۳) محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نرمال فازی

$\widetilde{\boldsymbol{N}}$	VoC1	VoC2	VoC3	VoC4
VoC1	(0, 0.04, 0.11)	(0.15, 0.22, 0.3)	(0.2, 0.28, 0.32)	(0.13, 0.2, 0.27)
VoC2	(0.1, 0.18, 0.25)	(0, 0.04, 0.11)	(0.09, 0.17, 0.24)	(0.18, 0.25, 0.3)
VoC3	(0.16, 0.23, 0.3)	(0.08, 0.16, 0.23)	(0, 0.04, 0.11)	(0.18, 0.25, 0.33)
VoC6	(0.11, 0.18, 0.25)	(0.09, 0.16, 0.22)	(0.1, 0.17, 0.23)	(0, 0.04, 0.11)

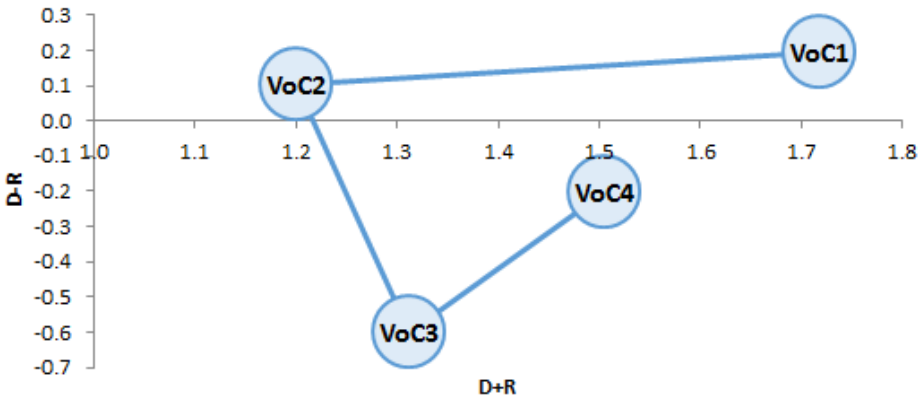
برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل از رابطه $\mathbf{N} \times (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{N})^{-\mathbf{1}}$ استفاده شده است.

جدول (۴) ماتریس ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی

$\widetilde{\boldsymbol{T}}$	VoC1	VoC2	VoC3	VoC4
VoC1	(0, 0.04, 0.11)	(0.15, 0.22, 0.3)	(0.2, 0.28, 0.32)	(0.13, 0.2, 0.27)
VoC2	(0.1, 0.18, 0.25)	(0, 0.04, 0.11)	(0.09, 0.17, 0.24)	(0.18, 0.25, 0.3)
VoC3	(0.16, 0.23, 0.3)	(0.08, 0.16, 0.23)	(0, 0.04, 0.11)	(0.18, 0.25, 0.33)
VoC6	(0.11, 0.18, 0.25)	(0.09, 0.16, 0.22)	(0.1, 0.17, 0.23)	(0, 0.04, 0.11)

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

برای فازی‌زدایی از روش مرکز سطح رابطه (۹) استفاده شده است. براساس نتایج ماتریس ارتباطات کامل، مدیریت هزینه، بیشترین تأثیر را بر سایر معیارها دارد و زیبایی خانه نیز بیشترین تأثیرپذیری را از سایر معیارها دارد. همچنین در شکلبردار افقی (D+R)، میزان تأثیر و تأثر، عامل مورد نظر در سیستم است. بردار عمودی (D-R)، قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر عِلّی محسوب و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. براین اساس مدیریت هزینه و مدیریت انرژی، متغیرهای عِلّی بوده و زیباشناسی سازه و مدیریت ریسک، متغیرهای معلول هستند.



شکل (۲) نمودار مختصات دکارتی روابط نیازمندی‌های مشتریان

به روش مشابه روابط درونی زیرمعیارها نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نظر به طولانی بودن و مشابهت مراحل، تنها ماتریس ارتباط کامل فازی‌زدایی شده به عنوان W_{33} استفاده خواهد شد.

۴-۲ اولویت‌بندی نیازمندی‌های مشتریان

در گام بعدی معیارهای اصلی براساس هدف به‌صورت زوجی مقایسه شده‌اند. چون شش معیار وجود دارد بنابراین ۱۰ مقایسه زوجی از دیدگاه گروهی از خبرگان انجام شده است. سپس دیدگاه

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

خبرگان فازی‌سازی شده و با میانگین هندسی تجمیع شده است. ماتریس مقایسه زوجی حاصل به‌صورت جدول) قابل ارائه است.

جدول (۵) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی پژوهش

	VoC1	VoC2	VoC3	VoC4	W	Crisp
VoC1	(1, 0, 1)	(2, 2.33, 2.66)	(1.05, 1.42, 1.82)	(1.77, 2.24, 2.99)	(0.264, 0.382, 0.553)	0.382
VoC2	(0.38, 0, 0.5)	(1, 1, 1)	(0.69, 0.88, 1.16)	(1.5, 1.82, 2.16)	(0.162, 0.236, 0.314)	0.227
VoC3	(0.55, 0, 0.95)	(0.86, 1.14, 1.45)	(1, 1, 1)	(1.33, 1.74, 2.35)	(0.17, 0.247, 0.375)	0.253
VoC4	(0.33, , 0.57)	(0.46, 0.55, 0.67)	(0.43, 0.57, 0.75)	(1, 1, 1)	(0.101, 0.135, 0.195)	0.138

بنابراین بسط فازی عناصر هر سطر به‌صورت زیر خواهد بود:

$$(1, 0, 1)\oplus(2, 2.33, 2.66)\oplus(1.05, 1.42, 1.82)\oplus(1.77, 2.24, 2.99) = (5.81, 5.99, 8.48)$$

$$(0.38, 0, 0.5)\oplus(1, 1, 1)\oplus(0.69, 0.88, 1.16)\oplus(1.5, 1.82, 2.16) = (3.57, 3.7, 4.82)$$

$$(0.55, 0, 0.95)\oplus(0.86, 1.14, 1.45)\oplus(1, 1, 1)\oplus(1.33, 1.74, 2.35) = (3.74, 3.88, 5.75)$$

$$(0.33, , 0.57)\oplus(0.46, 0.55, 0.67)\oplus(0.43, 0.57, 0.75)\oplus(1, 1, 1) = (2.22, 2.12, 2.99)$$

براساس بردار ویژه بدست آمده، مدیریت هزینه با وزن ۰/۳۸۲ از بیشترین اولویت برخوردار است. زیبایی‌شناسی سازه با وزن ۰/۲۵۳ در اولویت دوم قرار دارد. مدیریت انرژی با وزن ۰/۲۲۷ در اولویت سوم قرار دارد. مدیریت ریسک با وزن نرمال ۰/۱۳۸ در اولویت چهارم قرار دارد. نرخ ناسازگاری در حدود ۰/۰۱۳ بدست آمده است که کوچکتر از ۰/۱ است و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد. به روش مشابه، زیرمعیارهای مربوط به هر معیار به‌صورت زوجی مقایسه شده‌اند.

نظر به طولانی بودن و مشابهت مراحل، خروجی حاصل از این مقایسه‌های زوجی به عنوان W_{32} استفاده خواهد شد. برای تعیین وزن نهائی، خروجی مقایسه معیارهای اصلی براساس هدف و روابط درونی میان معیارها، در سوپرماتریس اولیه یا ناموزن وارد شده است. این سوپرماتریس

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

ابتدا نرمال شده و به‌صورت سوپرماتریس موزون درآمده است. با محاسبه شکل حدی سوپرماتریس موزون اوزان نهایی هریک از شاخص‌های پژوهش محاسبه شده است. وزن نهایی نیازمندی‌های مشتریان در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱) وزن نهایی نیازمندی‌های مشتریان

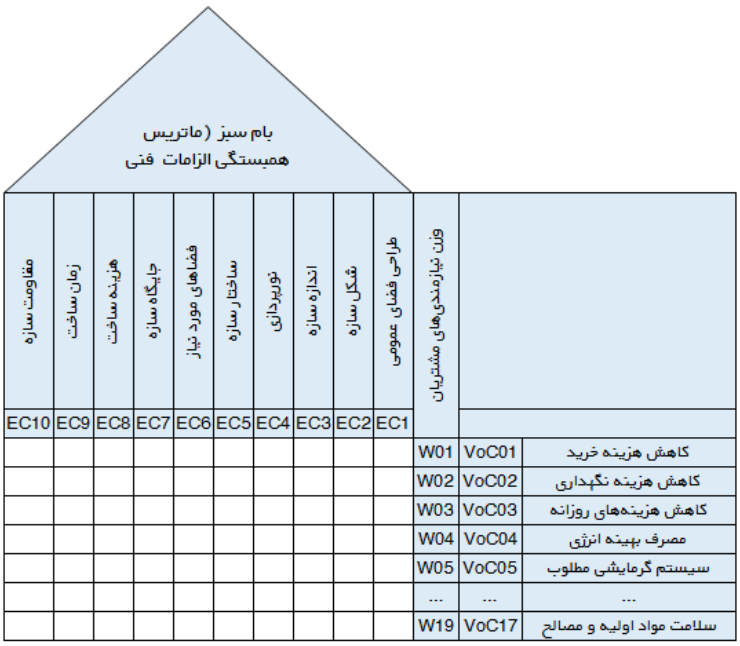
نماد	شاخص‌ها	وزن اولیه	وزن نرمال	رتبه
VoC01	کاهش هزینه خرید	۰.۳۲۵	۰.۱۸۳	۱
VoC02	کاهش هزینه‌های روزانه	۰.۴۷۴	۰.۱۱۷	۲
VoC03	کاهش هزینه نگهداری	۰.۲۰۰	۰.۰۸۲	۴
VoC04	استفاده از انرژی‌های طبیعی در مصرف روزمره	۰.۱۹۳	۰.۰۴۴	۱۰
VoC05	مصرف بهینه انرژی	۰.۲۴۹	۰.۰۵۷	۶
VoC06	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق	۰.۱۷۳	۰.۰۳۹	۱۲
VoC07	سیستم گرمایشی مطلوب	۰.۱۴۲	۰.۰۳۲	۱۳
VoC08	سیستم آب مناسب	۰.۲۴۴	۰.۰۵۵	۷
VoC09	نوآوری شکل بنا	۰.۳۷۹	۰.۰۹۶	۳
VoC10	فضای داخلی منحصربه‌فرد	۰.۱۸۲	۰.۰۴۶	۹
VoC11	سازگاری بنا با محیط	۰.۱۹۱	۰.۰۴۸	۸
VoC12	متمایز بودن ظاهر سازه	۰.۲۴۸	۰.۰۶۳	۵
VoC13	خطرات سلامت انسانی	۰.۳۰۳	۰.۰۴۲	۱۱
VoC14	خطرات زیست‌محیطی	۰.۲۲۴	۰.۰۳۱	۱۴
VoC15	مخاطرات فیزیکی ساختمان	۰.۱۷۸	۰.۰۲۴	۱۵
VoC16	طراحی با مصالح نزدیک به طبیعت	۰.۱۴۲	۰.۰۲۰	۱۷
VoC17	سلامت مواد اولیه و مصالح	۰.۱۵۳	۰.۰۲۱	۱۶

براساس اوزان نیازمندی‌های مشتریان با روش تحلیل شبکه فازی، مشخص شده است که هزینه خرید از بیشترین اهمیت برای مشتریان برخوردار است. عدم پشتیبانی مدیران ارشد با وزن ۰/۱۷۱ در اولویت نخست قرار دارد. کاهش هزینه‌های روزانه در اولویت دوم قرار دارد. نوآوری شکل بنا سومین شاخص با اهمیت است. کاهش هزینه نگهداری، متمایز بودن ظاهر سازه و مصرف بهینه انرژی در اولویت‌های بعدی قرار دارند. براساس این اوزان به تعیین اولویت الزامات فنی با استفاده از خانه کیفیت پرداخته شده است.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

۳-۴ اولویت‌بندی الزامات فنی ساختمان سبز با روش QFD فازی

برای اولویت‌بندی الزامات فنی ساختمان سبز با استفاده از روش تابع کیفیت فازی (FQFD) که توسط دات و همکاران[1] (۲۰۱۵) معرفی شده، استفاده شده است. اولین گام در تشکیل خانه کیفیت تعیین عوامل مؤثر بر الزامات فنی ساختمان سبز است. در این مطالعه انواع «نیازهای مشتریان» به عنوان عوامل مؤثر بر «الزامات فنی ساختمان سبز» در نظر گرفته شده است. عوامل مؤثر بر الزامات فنی ساختمان سبز عبارتند از: مدیریت هزینه، مدیریت انرژی، زیبایی‌شناسی و مدیریت ریسک. الزامات فنی ساختمان سبز عبارتند از: طراحی فضای عمومی، شکل سازه، اندازه سازه، نورپردازی، ساختار سازه، فضاهای مورد نیاز، جایگاه سازه، هزینه ساخت، زمان ساخت، مقاومت سازه.



شکل ۳- طراحی خانه کیفیت سبز

1 Luu Quoc Dat, Thinh Thi Phuong, Hsing-Pei Kao, Shuo-Yan Chou, Pham Van Nghia, A new integrated fuzzy QFD approach for market segments evaluation and selection, Applied Mathematical Modelling, Volume 39, Issue 13, 1 July 2015, Pages 3653-3665

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

برای تعیین وزن عوامل مؤثر بر الزامات فنی ساختمان سبز از دیدگاه گروهی از خبرگان استفاده شده است. اگر از n خبره برای تعیین وزن k معیار استفاده شده باشد در این صورت W_{it} وزنی است که کارشناس D_t به معیار C_i داده است. وزن عوامل مؤثر بر الزامات فنی ساختمان سبز با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه فازی تعیین شده است.

برای تعیین میزان رابطه میان «نیازمندی‌های مشتریان» و «الزامات فنی ساختمان سبز» از دیدگاه گروهی از خبرگان استفاده شده است. اگر از n خبره برای تعیین رابطه k معیار و m عامل استفاده شده باشد در این صورت r_{ijt} میزان رابطه‌ای است که کارشناس D_t برای معیار C_i و عامل C_j در نظر گرفته است. همچنین از یک طیف ۵ درجه برای بیان میزان رابطه معیار C_i و عامل C_j استفاده شده است. برای این منظور از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. لزوماً تمامی عناصر سطرها با عناصر ستون‌ها ارتباط ندارند. اما اگر چنانچه یکی از الزامات فنی (عناصر ستون) با نیازمندی‌های تولید در مقیاس محدود ارتباط معقولی نداشته باشد آن خصوصیت زاید بوده یا اینکه یک یا چند خواسته کیفی مشتری درنظر گرفته نشده است. عدم وجود ارتباط بین یک خواسته مشتری با الزمات فنی، حاکی از عدم لحاظ تعدادی از الزامات فنی و مهندسی است و لذا ستون‌های ماتریس باید توسعه یافته و تکمیل شود. ماتریس ارتباطات فازی شدهٔ نیازمندی‌های مشتریان-الزامات فنی، در جدول ۲) آمده است.

جدول ۲- ماتریس ارتباطات نیازمندی‌های مشتریان-الزامات فنی

V	Ec01	Ec02	Ec03	…	Ec10
VoC 01	(0.092, 0.128, 0.165)	(0.092, 0.128, 0.165)	(0.073, 0.092, 0.128)	…	(0.092, 0.128, 0.165)
VoC 02	(0.058, 0.082, 0.105)	(0, 0.012, 0.023)	(0.047, 0.058, 0.082)	…	(0.047, 0.058, 0.082)
VoC 03	(0.066, 0.074, 0.082)	(0.041, 0.057, 0.074)	(0.066, 0.074, 0.082)	…	(0.066, 0.074, 0.082)
VoC 04	(0.035, 0.039, 0.044)	(0.004, 0.013, 0.022)	(0.004, 0.013, 0.022)	…	(0.004, 0.013, 0.022)
VoC 05	(0.028, 0.04, 0.051)	(0, 0.006, 0.011)	(0.028, 0.04, 0.051)	…	(0.045, 0.051, 0.057)
VoC 06	(0.031, 0.035, 0.039)	(0.031, 0.035, 0.039)	(0.016, 0.02, 0.027)	…	(0.004, 0.012, 0.02)

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

ادامه جدول (۲)

V	Ec01	Ec02	Ec03	…	Ec10
VoC 07	(0.026, 0.029, 0.032)	(0.026, 0.029, 0.032)	(0.026, 0.029, 0.032)	…	(0.016, 0.023, 0.029)
VoC 08	(0.028, 0.039, 0.05)	(0, 0.006, 0.011)	(0.028, 0.039, 0.05)	…	(0.044, 0.05, 0.055)
VoC 09	(0.01, 0.029, 0.048)	(0.077, 0.086, 0.096)	(0.048, 0.067, 0.086)	…	(0.048, 0.067, 0.086)
VoC 10	(0.037, 0.041, 0.046)	(0.023, 0.032, 0.041)	(0.037, 0.041, 0.046)	…	(0.037, 0.041, 0.046)
VoC 11	(0.024, 0.034, 0.043)	(0.019, 0.024, 0.034)	(0, 0.005, 0.01)	…	(0.039, 0.043, 0.048)
VoC 12	(0.025, 0.031, 0.044)	(0, 0.006, 0.013)	(0.031, 0.044, 0.057)	…	(0.05, 0.057, 0.063)
VoC 13	(0.017, 0.021, 0.029)	(0.017, 0.021, 0.029)	(0.021, 0.029, 0.038)	…	(0.021, 0.029, 0.038)
VoC 14	(0.003, 0.009, 0.015)	(0, 0.003, 0.006)	(0, 0.003, 0.006)	…	(0.025, 0.028, 0.031)
VoC 15	(0, 0.002, 0.005)	(0.02, 0.022, 0.024)	(0.01, 0.012, 0.017)	…	(0.02, 0.022, 0.024)
VoC 16	(0, 0.002, 0.004)	(0, 0.002, 0.004)	(0.008, 0.01, 0.014)	…	(0.01, 0.014, 0.018)
VoC 17	(0.011, 0.015, 0.019)	(0.002, 0.006, 0.011)	(0.011, 0.015, 0.019)	…	(0.017, 0.019, 0.021)

ماتریس ارتباطات نیازمندی‌های مشتریان-الزامات فنی فازی شده براساس اوزان نیازمندی‌های مشتریان به‌صورت موزون در آمده است و نتایج آن در ارائه شده است. برای تعیین وزن نهایی الزامات فنی ساختمان سبز کافی است تا میانگین موزون هر عامل با استفاده از جدول زیر تعیین شود. برای این منظور کافی است تا از میزان رابطه عامل jام با معیار iام و همچنین وزن معیار iام استفاده شود.

رابطه (۱)

$$W_j = \left(\frac{1}{k}\right) \otimes \left(\left(r_{j1} \otimes W_{i1}\right) \oplus \ldots \oplus \left(r_{jk} \otimes W_k\right) \right)$$

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

جدول ۱۰- وزن نهایی الزامات فنی ساختمان سبز

	الزامات فنی	وزن
Ec01	طراحی فضای عمومی	۰.۱۱۵
Ec02	شکل سازه	۰.۰۸۶
Ec03	اندازه سازه	۰.۱۰۶
Ec04	نورپردازی	۰.۰۸۲
Ec05	ساختار سازه	۰.۰۶۹
Ec06	فضاهای مورد نیاز	۰.۱۰۷
Ec07	جایگاه سازه	۰.۰۷۳
Ec08	هزینه ساخت	۰.۱۴۳
Ec09	زمان ساخت	۰.۰۹۰
Ec10	مقاومت سازه	۰.۱۲۹

براین اساس مشخص است هزینه ساخت با وزن ۰/۱۴۳ از بیشترین اهمیت برخوردار است. مقاومت سازه در اولویت دوم است و فضاهای موردنیاز، اندازه سازه، طراحی فضای عمومی، فضاهای مورد نیاز و زمان ساخت در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در راستای نتایج به دست آمده از این تحقیق، پیشنهاداتی به مدیران انجمن مدیریت سبز ایران به شرح ذیل، ارائه می‌گردد:

در خصوص عامل تأثیرگذار مدیریت هزینه که یکی از بخش‌های مهم در صرفه‌جویی انرژی زمینه طراحی و ساختمان‌سازی است، پیشنهاد می‌شود با به‌کارگیری فنون طراحی و ساخت سبب صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی شده و در نتیجه آلودگی ناشی از آن را نیز به میزان زیادی کاهش دهند. لازم به ذکر است، اهمیت مدیریت هزینه در مصرف انرژی در ساختمان بیش از بیش بر همگان روشن گردیده است. فعالیت در این زمینه، در راستای تدوین مقررات، استانداردها و راهنماها در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان در تمامی نقاط جهان در حال انجام است.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

درخصوص عامل تأثیرگذار زیبایی‌شناسی پیشنهاد می‌گردد با به‌کارگیری متخصصین و کارشناسان امر در حوزه طراحی و ارائه ایده‌های خلاقانه، به این مهم تأکید و توجه بیشتری ورزند. بدیهی‌است که متمایز بودن سازه سبز از سایر سازه‌های معمولی، نقش مهمی در جلب رضایت مشتریان دارد.

در خصوص عامل تأثیرگذار مدیریت انرژی، با توجه به این مهم که فعالیت‌های مختلف اقتصادی و تولیدی در کشور ما یکی از مصادیق اسراف در مصرف انرژی در جهان به شمار می رود، پیشنهاد می‌شود با تدوین تمهیدات در جهت صرفه‌جویی در این زمینه، موجب جهشی عظیم در اقتصاد کشور شوند. یکی از بخش‌های مهم در این زمینه طراحی و ساختمان‌سازی است که با بکارگیری فنون طراحی و ساخت اصولی، می‌توان صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی ایجاد نمود و در نتیجه آلودگی ناشی از آن را به کمینه کاهش داد.

درخصوص عامل تأثیرگذار مدیریت ریسک، بدیهی است که ساختمان‌ها تأثیرات جدی بر محیط‌زیست دارند و اگر تحت کنترل و نظارت نباشند، خسارات غیرقابل جبرانی به زندگی بشر وارد خواهند کرد. ساختمان‌های سبز نه‌تنها بخش مفید و خالص منابع طبیعی را مصرف می‌کنند، بلکه تغییرات قابل توجهی را در آب و هوا ایجاد خواهند کرد. بنابراین نیاز به اجرای پروژه‌های سبز ساختمانی بیش از گذشته احساس می‌شود. ساختمان سبز می‌تواند آینده زمین را که به نظر می‌رسد رو به نابودی است نجات دهد و برای نسل‌های بعد فرصت زندگی توأم با آسایش و آرامش را به ارمغان آورد. زیرا این ساختمان‌ها، اصول مشخصی را در طراحی، بهره‌وری انرژی، استحکام و سایر موارد تعریف شده در این استاندارد رعایت می‌نمایند.

محدودیت‌های پژوهش

با توجه به انجام این پژوهش در شهر شیراز، بدیهی است که دستاوردهای حاصله از نتایج پژوهش قابل تعمیم به دیگر استان‌های کشور نمی‌باشد. لذا به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود به انجام

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

مطالعه در سایر استان‌های دیگر مبادرت ورزیده و شباهت‌ها و تفاوت‌های آن را با نتایج پژوهش حاضر، مقایسه نمایند.

داده‌های پژوهش حاضر با استفاده از روش‌های آماری کمی تجزیه و تحلیل شده است. لذا به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ای مشابه را با به‌کارگیری روش‌های کیفی تحلیل محتوا و با انجام مصاحبه با خبرگان امر انجام دهند.

۶ مراجع

پاک، علی؛ اسلامی، مهدی. (۱۳۹۷)، سازه‌های سبز و نقش آن در مدیریت هوشمند مصرف انرژی، کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام، دانشگاه تبریز.

سپهری، حسین؛ عزیزی، غزال. (۱۳۹۶)، شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان سبز. هفتمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری.

صبوری، فاطمه. (۱۳۹۵)، جایگاه هوشمند سازی ساختمان ها در معماری سبز (پایدار)، دومین همایش بین المللی معماری، عمران و شهرسازی در آغاز هزاره سوم، تهران، کنسرسیوم آنابافت شهر انجمن معماری و شهرسازی استان البرز، جامعه مهندسان شهرساز موسسه بناشهر پایدار - موسسه فرهنگی هنری سلوی نصر.

طاهرپور، کامران؛ میری، سارا؛ رحیمی، معین. (۱۳۹۷)، ساختمان های هوشمند پایدار سبز (سربازان انرژی آینده)، چهارمین سمپوزیوم بین المللی علوم مدیریت، تهران، وسسه آموزشی عالی مهر اروند و مرکز راه‌کارهای دستیابی به توسعه پایدار.

فتحی، رزیتا؛ شریفی، جواد. (۱۳۹۷)، بررسی اصول طراحی و ساخت در سازه‌های سبز با تأکید بر اصل صرفه جویی انرژی معماری سبز، کنفرانس عمران،معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام، تبریز، دانشگاه تبریز - دانشگاه شهید مدنی آذربایجان - دانشگاه علمی کاربردی شهرداری تبریز.

محمدی، کامران؛ آذر، سیاوش؛ مرجوح، جواد. (۱۳۹۵)، ساختمان سبز و مروری بر سیستم‌های رتبه بندی آن، اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی مدیریت ساخت و پروژه، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

مسائلی، نوید. (۱۳۹۷)، نقش بهره‌وری انرژی در ساختمان سبز، چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط‌زیست با محوریت توسعه پایدار، تهران، مرکز راه‌کارهای دستیابی به توسعه پایدار -موسسه آموزش عالی مهر اروند.

منیعی، سالار؛ کرمی، کاوه؛ فاتحی، پژمان. (۱۳۹۸)، شناسایی لحظه‌ای سیستم در سازه‌های هوشمند به کمک روش آنالیز اجزای پراکنده برمبنای تبدیل موجک، فصلنامه مهندسی عمران دانشگاه امیرکبیر، دوره ۵، شماره ۴، ص ۱ تا ۲۱.

والا، بهنام؛ گلمکانی، محمد؛ شمس، پویا؛ یزدی، بهزاد. (۱۳۹۶)، نحوه هوشمند سازی ساختمان های سبز با معماری اکوتک برای جایگزینی ساختمان های اداری. چهارمین کنفرانس بین المللی فناوری های نوین در مهندسی عمران،معماری و شهرسازی.

Candus, C., Debra, S. (2019), Intelligent building systems : Conceptualization and scale development; Building and Environment, 101 (21), 1-18.

Chang, B., Chang, C. W., & Wu, C. H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. Expert systems with Applications, 38(3), 1850-1858.

Chen, E. T. (2017). The Internet of Things: Opportunities, Issues, and Challenges. In The Internet of Things in the Modern Business Environment (pp. 167-187). IGI Global.

Dat, L. Q., Phuong, T. T., Kao, H. P., Chou, S. Y., & Van Nghia, P. (2015). A new integrated fuzzy QFD approach for market segments evaluation and selection. Applied Mathematical Modelling, 39(13), 3653-3665.

Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., & Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. Energy and buildings, 42(8), 1238-1247.

Ignatius, J., Rahman, A., Yazdani, M., Šaparauskas, J., & Haron, S. H. (2016). An integrated fuzzy ANP–QFD approach for green building assessment. Journal of Civil Engineering and Management, 22(4), 551-563.

Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J., & Canteras-Jordana, J. C. (2014). A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. Automation in Construction, 45, 151-162.

Kabak, M., Köse, E., Kırılmaz, O., & Burmaoğlu, S. (2014). A fuzzy multi-criteria decision making approach to assess building energy performance. Energy and Buildings, 72, 382-389.

Mattoni, B., Guattari, C., Evangelisti, L., Bisegna, F., Gori, P., & Asdrubali, F. (2018). Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 950-960.

Schulz, C., Affolderbach, J., & Braun, B. (2018). Green Building as Urban Climate Change Strategy. In Green Building Transitions (pp. 3-14). Springer, Cham.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

Vyas, G. S., Jha, K. N., & Patel, D. A. (2019). Development of Green Building Rating System Using AHP and Fuzzy Integrals: A Case of India. Journal of Architectural Engineering, 25(2), 04019004.
Wu, Z., Li, H., Feng, Y., Luo, X., & Chen, Q. (2019). Developing a green building evaluation standard for interior decoration: A case study of China. Building and Environment.
Zhao, X., Zuo, J., Wu, G., & Huang, C. (2019). A bibliometric review of green building research 2000–2016. Architectural Science Review, 62(1), 74-88.

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245

Research paper

Modeling the evaluation of technical requirements of green structures with network analysis approach and fuzzy quality expansion

Mohammad Saeed Mozafari Mehr

Received:2020/09/27
Accepted:2020/12/23

Abstract

Given the importance of sustainable development, energy management and the role of buildings in energy consumption, the issue of green structures has been considered from a scientific and practical perspective. Green building project management is an effort to ensure integrated quality in economic, social and environmental terms. Reasonable use of natural resources and proper management of construction have helped to preserve natural resources and reduce energy consumption (energy conservation) and have increased environmental quality. This study has been developed with the aim of modeling the evaluation of technical requirements of green structures based on customer needs. First, the issue of limited energy resources and green building project management is examined. In the following, the green building as a new generation of buildings is discussed. In order to evaluate the technical requirements of green structures, in the first step, the needs of customers are identified and prioritized by fuzzy network analysis method. To translate the needs of customers to the technical requirements of green buildings and compile their communication matrix, the fuzzy quality function has been used. Since the tools for measuring weights and determining relationships have been the verbal expressions of experts, to overcome the existing uncertainty, fuzzy logic and triangular fuzzy numbers have been used to quantify the views of experts. The results of fuzzy network analysis showed that the cost management index has the highest priority. Building aesthetics index in the second priority, energy management index and risk management are in the next priorities. Finally, the results of the fuzzy quality function showed that in the construction of a green building, the construction cost is of the greatest importance. Structural strength is the second priority and required spaces, structure size, public space design and construction time are in the next priorities. In order to assess the technical requirements of green structures, the first steps should be focused on cost management.

Keywords: Construction Technical Requirements, Green Structure, Cost Management, Energy Management, Risk Management

DOI: 10.22034/JSQM.2020.250344.1245