مهندسی ساختمان و علوم مسکن، دوره چهاردهم، شماره ۳، شماره پیاپی ۲۸، پاییز ۱۴۰۰
فصلنامه علمی
مهندسی ساختمان و علوم مسکن behs.bhrc.ac.ir
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

بررسی و شناخت اجرای نمای خشک و تأثیر آن روی ساختمان‌های بلند مرتبه

سعید بهرامی[۱*]، مهناز رضایی[۲]، رضا محبی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه غیاث‌الدین جمشید کاشانی، آبیک، قزوین، ایران
۲. استادیار، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه معماری و شهرسازی، دانشکده عمران و مکانیک، دانشگاه غیاث‌الدین جمشید کاشانی، آبیک، قزوین، ایران
* کرج، ایران، صندوق پستی ۳۱۴۷۸۷۴۸۱۸، saeid.bahrami.one@gmail.com

چکیده

در طراحی و ساخت یک ساختمان، بحث نما بسیار پراهمیت است. در حقیقت طراحی و انتخاب نما یکی از مهم‌ترین بخش‌های ساختمان‌سازی است. موارد بسیار زیادی را در طراحی و انتخاب یک نمای اصولی باید در نظر داشت، ازجمله: زیبایی نما، مصالح مورد نیاز برای اجرا، هزینه‌های پروژه، دوام و پایداری نما، و نحوه و زمان اجرا. با پیشرفت فناوری و مدرن شدن معماری، صنعت دکوراسیون و ساختمان، نمای ساختمان و روش‌های اجرای آن هم دستخوش تغییراتی شده‌اند. از این تغییرها می‌توان به رایج شدن روش‌های اجرای نمای خشک اشاره کرد. و اینکه آیا این نما با توجه به مؤلفه‌هایی که دارد، می‌تواند مثل نمای‌تر (سنتی) مورد توجه قرار گیرد؟ چرا هنوز این نما جایگاه خود را پیدا نکرده است؟ در این مقاله به شناسایی عوامل مؤثر در اجرای نماهای خشک پرداخته شده است و با استفاده از روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی به اولویت‌بندی عوامل شناسایی‌شده پرداخته شد و گزینهٔ مناسب نمای مشهود و نامشهود انتخاب گردید. بررسی نتایج به دست آمده حاصل از نظرسنجی با ۲۰ نفر از کارشناسان خبره در زمینهٔ اجرای نمای خشک نشان داد که زیرمعیار وابستگی به وجود افراد با مهارت و با تجربه در جایگاه اول قرار دارد. در ادامه می‌توان به زیرمعیار حفظ انرژی داخلی ساختمان در جایگاه دوم، سپس زیرمعیار مدت زمان اجرا و دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما در جایگاه سوم اشاره نمود. زیرمعیار دسترسی به دانش فنی از کمترین اهمیت برخوردار است و در روش تاپسیس و در نمای دو پوسته نسبت به سایر نماهای خشک اولویت دارد.

کلیدواژگان

ارتقای غنای بصری، نمای خشک، منظر شهری، ساختمان بلند مرتبه، نمای دو پوسته

Investigating and Recognizing the Implementation of Dry Facade and Its Impact on High-Rise Buildings

Saeed Bahrami[1*], Mahnaz Rezaei[2], Reza Mohebbi[3]

1. Master student, Ghiasuddin Jamshid Kashani University, Abyek, Qazvin, Iran
2. Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Civil Engineering and Mechanics, Ghiasuddin Jamshid Kashani University, Abyek, Qazvin, Iran
* P.O. Box 3147874818، Karaj, Iran, saeid.bahrami.one@gmail.com

Abstract

In the design and construction of a building, the facade discussion is very important. In fact, facade design and selection is one of the most important parts of construction. There are many things to consider in designing and choosing a principled facade, including the beauty of the facade, the materials needed to execute the facade, the project costs, the durability and the stability of the facade, as well as the manner and time of execution. With the progress of technology and the modernization of architecture, the decoration and building industry, the facade of the building and the methods of its implementation have also undergone changes. Among these changes, we can mention the common methods of executing dry facades. And whether this facade can be considered as a wet (traditional) facade due to its components? And why is this facade still standing? Has not found himself? In this article, the effective factors in the implementation of dry views have been identified and using the hierarchical decision-making method, the identified factors have been prioritized and the appropriate option of visible and invisible view has been selected. The results of a survey with 20 experts in the field of dry facade showed that the sub-criterion of dependence on the presence of skilled and experienced people is in the first place, then the sub-criterion of maintaining the internal energy of the building in the second place then the sub-criterion for the duration of the access to the materials that make up the facade was mentioned in the third place. The sub-criterion of access to technical knowledge is of the least importance and is superior to other dry views in the TOPSIS method and in the two-shell view.

Keywords

Enhance Visual Richness, Dry Facade, Urban Landscape, High-Rise Building, Double-Skin Facade

۱- مقدمه

یک بعد مهم شهر، منظر است که در همه سطوح کلان تا خرد شهر حضور دارد. منظر بازتاب بیرونی همه آن چیزی است که درون شهر اتفاق می‌افتد. منظر یک شهر گویای بسیاری از ویژگی‌های درونی جامعه است. همچنین، منظر گویای آمال و آرزوها، ضعف‌ها و قوت‌ها، اولویت‌ها و روایتگر داستان زندگی مردم آن و به‌طور کلی، آئینه شهر در طول تاریخ است [1].

یکی از عناصر مهم منظر شهری، بدنه‌های شهری است. بدنه‌های شـهری از مؤثرترین عناصر تأثیرگذار در کیفیت فضاهای شهری محسـوب مـی‌گردنـد و اصلاح آنها می‌تواند به بالا رفتن کیفیت منظر عینی شهر منجر شود [2].

سطوح تشکیل‌دهنده هر بدنه نما نامیده می‌شود که مهمترین عنصر عمودی منظر شهری است [3].

در طراحی و ساخت یک ساختمان، بحث نما بسیار حائز اهمیت است. برخلاف روش‌های قدیمی در اجرای نمای خشک، برای اجرای نما از هیچ‌گونه ملات استفاده نمی‌شود. همان‌گونه که از عنوان متریال نمای خشک مشخص است، تفاوت اصلی این نما با نمای معمولی (ملاتی) در نوع اتصال مصالح نما به سازه ساختمان است. به این ترتیب که در نمای خشک، سطح رویه یا همان نما (سرامیک، سنگ، سمنت برد و غیره) به وسیله یک سری اتصالات مکانیکی و تجهیزات (عمدتاً فلزی) به سازه ساختمان متصل می‌گردد. مصالحی که برای نمای خشک استفاده می‌شود عبارت‌اند از: سمنت برد، انواع سرامیک پرسلانی، ورق آلومینیوم، کاشی، آجرهای سفالی و غیره. این امر باعث می‌شود که نمای خشک دارای گستردگی تنوع رنگ و بافت بسیار زیادی باشد. یکی از دلایلی که نیاز به وجود سیستم اجرای نمای خشک را ایجاد کرد، سخت بودن اجرا و مشکلات متفاوتی بود که در اجرای نما به روش سنتی وجود داشت. برای مثال، ریختن نما بر اثر عوامل مختلف در اجرای نما به صورت ملاتی، یکی از مشکلات رایج این روش بود. از طرفی با توسعه و گسترش تولید و همچنین پیشرفت فناوری، محصولات قابل استفاده در نمای ساختمان به سمت مدرن شدن پیش رفتند و محصولاتی جدید برای نما تولید گردید که به وسیله مزایا و ویژگی‌های مختلف خود، توجه طراحان ساختمان و مهندسان معماری را به خود جلب کردند. اما با اجرای نما به صورت ملاتی محدودیت‌هایی برای انتخاب نوع مصالح به وجود می‌آمد. برای مثال، سرامیک‌های پرسلانی، جذب آب پایینی دارند که حداکثر ۰/۵ درصد است و به همین دلیل، میزان چسبندگی ملات سیمان به این نوع از مصالح در حد بسیار پایین و حتی صفر است. برخلاف روش‌های سنتی، در این سیستم برای اجرای نما خبری از ملات نیست. در حقیقت، در نمای خشک، نوعی سیستم نصب سبک با اتصالات مکانیکی جایگزین ملات برای نصب نما به ساختمان می‌شود. نمای خشک متشکل از لایه‌های متعددی است که شامل: پوسته بیرونی، فضای داخلی تهویه‌پذیر، لایه عایق حرارتی و دیواره داخلی ساختمان است. بنابراین، بین دیواره اصلی ساختمان و مصالحی که برای پوسته ساختمان استفاده می‌شود، فاصله‌ای تعیین‌شده وجود دارد. تمام لایه‌های نمای خشک با استفاده از سازه‌هایی از جنس فولاد و آلومینیوم، به سازه اصلی و اسکلت ساختمان نصب می‌شوند. اجرای نمای خشک شامل دو دستهٔ مشهود یا نمایان و نامشهود یا غیرنمایان تقسیم‌بندی می‌شوند. در سیستم‌های نمای خشک نمایان، قسمتی از بست‌هایی که برای نگه داشتن سرامیک استفاده می‌شوند، از بیرون ساختمان هم قابل مشاهده هستند. البته راه‌هایی هم برای کاهش جلب توجه این بست‌ها وجود دارد، از جمله: رنگ کردن قسمت های نمایان بست به رنگ رویه نما. در صورت انجام دادن این کار، حتما باید از رنگ‌های پایدار در برابر مسایل آب و هوایی استفاده شود، چون این بست‌ها در معرض آسیب‌دیدگی براثر عوامل جوی قرار دارند. در اجرای سیستم نمای خشک غیرنمایان، پس از نصب نما، بست‌های مورد استفاده در نصب نما مشاهده نمی‌شوند. بدین گونه که قبل از نصب نما، بر روی سطح رویه ساختمان عملیات و مراحلی انجام می‌شود که بسته به نوع روش اجرا، ممکن است به صورت حفره‌ها و یا شیارهایی در قسمت پشت یا لبه‌های رویی نما باشد.

۲- پیشینهٔ تحقیق

استفاده از نمای خشک دارای محاسن و مزایایی است که از جملهٔ آنها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۲-۱- سرعت اجرای نما

از آن جایی که در نمای خشک از چهارچوب‌های فلزی به عنوان قالب و الگوی اجرای نما استفاده می‌شود، نما را می‌توان بدون استفاده از داربست آماده کرد. این روند باعث می‌شود تا سرعت اجرای نمای خشک به صورت قابل‌ملاحظه‌ای افزایش پیدا کند و تا ۵۰ درصد در زمان اجرای پروژه صرفه‌جویی خواهید داشت.

۲-۲- کیفیت بالا

یکی از مزیت‌های نمای خشک این است که برای اجرای آن می‌توان از هر نوع مصالحی، از جمله: کامپوزیت، اچ پی ال[1]، سنگ، سرامیک، آجر، آلوکوتا[2]، چوب پلاست، چوب، سمنت برد، مش استرچ متال یا اکسپندد متال[3] و غیره به روش صنعتی استفاده کرد. این ویژگی نمای خشک سبب شده تا بسیاری از مشکلاتی که طراحان، مهندسان، متخصصان و مدیران پروژه‌ها با آن روبه‌رو هستند، برطرف شود و با استفاده از این مصالح در هر سایز، ضخامت و رنگی که لازم است، به بالا رفتن کیفیت نما و اجرای کامل طرح مورد نظر خود خواهند رسید. از طرفی، با تولید صنعتی مصالح مورد نیاز برای رویه نما و مقاطع زیرسازی نما ازجمله پروفیل‌های آهنی، آلومینیومی یا گالوانیزه و استیل، با کاهش خطاهای انسانی و در نتیجه بالا رفتن کیفیت نهایی مصالح و نمای اجرا شده مواجه می‌شویم.

۲-۳- کاهش اتلاف انرژی

به دلیل استفاده از عایق حرارتی در سیستم نمای خشک می‌توان اعلام کرد که این نما جلوی اتلاف انرژی ساختمان را می‌گیرد و باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود. در این سیستم، ابتدا به صورت مستقل و با استفاده از چسب یا اتصالات مکانیکی، یک لایه عایق حرارتی به بدنه ساختمان متصل می‌شود. بعد از این اتصال چهارچوب یا اسکلت نگه‌دارنده که می‌تواند از جنس چوب، فولاد یا آلومینیوم باشد، روی ساختمان نصب می‌شود. با این روش فاصله‌ای

---

[1] HPL به صفحاتی اطلاق می‌شود که از ترکیب لایه‌های سلولزی و رزین‌های فنولیک به وجود می‌آیند، این ترکیب پس از قرار گرفتن در دمای بالای ۱۸۰C و فشار بار ۲ ۸۰ تبدیل به صفحاتی محکم با مشخصات فنی ویژه می‌گردد. سطوح نهایی این صفحات توسط لایه‌های رنگین و پوشش ضدخش پوشانده می‌شود.

[2] نمای Alucotta با استفاده از پروفیل‌های آلومینیومی اجرا می‌شود. این سیستم که بسیار زیبا و لاکچری طراحی شده در هر نوع ساختمانی چه در داخل و چه بیرون قابل استفاده است.

[3] مش استرچ متال یا اکسپندد متال محصولاتی هستند که به عنوان یک روش خاص در نمای بیرونی ساختمانها استفاده می‌شوند، به ویژه به عنوان پوسته فلزی روی نما.

معین میان نمای خشک و عایق حرارتی وجود خواهد داشت که خود این فضای خالی هم عایقی در برابر اتلاف انرژی است.

۲-۴- قابلیت تعویض یا تعمیر نما

چنانچه المانی از پوشش نمای خشک آسیب ببیند، به راحتی می‌توان قسمت کوچکی از پوشش و نما را باز کرد. در صورتی که قابلیت تعمیر وجود داشت، می‌توان آسیب آن ناحیه را برطرف نمود و یا در صورت غیرقابل تعمیر بودن، آن قسمت را به طور کامل با قطعه‌ای جدید تعویض کرد. این قابلیت در بسیاری از انواع نماهای دیگر وجود ندارد و در صورت آسیب دیدن قسمتی از نما، مجبور به پرداخت هزینه‌ی زیادی برای تعویض کامل آن خواهید شد.

۲-۵- نصب آسان

برای نصب سیستم نمای خشک نیاز به کارگر حرفه‌ای نیست، چرا که نصب آجر و ریل‌ها در این سیستم، به صورت مکانیکی است. بنابراین، در نصب آن دغدغه‌ی خاصی وجود نخواهد داشت و خبری از دستمزدهای بسیار گزاف نیست.

۲-۶- عدم ایجاد ضایعات ساختمانی و آلودگی صوتی

از آنجایی که سیستم نمای خشک به صورت مستقیم روی دیوار ساختمان قابل اجراست و نیاز به برداشتن سطح دیوار موجود نیست، اجرای این سیستم هیچ نوع ضایعات یا زباله‌ی ساختمانی ایجاد نمی‌کند و مزاحمتی از نوع آلودگی صوتی برای دیگران ندارد.

۲-۷- قابلیت اجرا

همان‌طور که قبلا توضیح داده شد، برای ساختمان‌های مرتفع در این سیستم از ملات استفاده نمی‌شود. به همین دلیل، برای پروژه‌ها و ساختمان‌های مرتفع بسیار سریع و آسان‌تر از سایر نماها، مانند: نمای آجری می‌توان نمای خشک را نصب کرد [۴].

در ادامه، به بررسی وضعیت پایداری در نمای کرتین وال در سازه‌های ساختمانی پرداخته شد. نمای کرتین وال که از نماهای خشک محسوب می‌شود، به ویژگی‌هایی اشاره نموده که عبارت‌اند از: عایق کامل رطوبتی و حرارتی و صوتی، بهینه‌سازی در انتقال نور و دمای محیط، کاهش مصرف انرژی، سبکی ساختار و کاهش بار مرده ساختمان، سرعت بالای اجرا، زیبایی و جذابیت زیاد در شب و روز، مقرون‌به‌صرفه بودن، رفتار تنشی مناسب در مقابل نیروی زلزله، نهایت استفاده از شفافیت نور در روز، امکان نصب بازشو، امکان استفاده از طیف عظیم طرح‌ها و رنگ‌های شیشه، و امکان ترکیب آسان با سایر پوشش‌های نما.

در خصوص ملاحظات طراحی ساختمان‌های بلند تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است. در مبحث حریق نیز در طراحی ساختمان‌های بلند از دیدگاه ایمنی در مقابل آتش‌سوزی باید به کنترل دود و آتش‌سوزی در فضاهای عمومی و راه‌های فرار توجه کرد، که نمای این ساختمان‌ها به دلیل تأثیری که در فضاهای داخلی ساختمان و محیط اطراف خود دارد، بایستی مقاومت لازم را در برابر حریق و گسترش آن داشته باشد.

سیستم کرتین وال فریم لس کانال یو از سیستم‌های سبک و مقرون‌به‌صرفه شناخته شده که به لحاظ فنی، اجرای آن در ساختمان‌های با ارتفاع بالا توصیه نمی‌شود و با توجه به نوع اتصال شیشه و میزان تحمل بار در این سیستم ابعاد مدول‌ها می‌بایست به صورت محدود و حتی‌الامکان با ارتفاع کم در نظر گرفته شود. در حالتی که نمای کرتین وال از جلوی لبه دال یکسره عبور می‌کند، باید بین لب دال و دیواره نما به طور کامل پر شود که به این سیستم مانع حریق (آتش بند) محیطی گفته می‌شود [5].

به بررسی نمای خشک سرامیک پرداخته شده و در پژوهش اشاره گردیده است که در سیستم نمای خشک برای اتصال المان‌ها به یکدیگر از ملات استفاده نمی‌شود. برای اتصال المان‌های مخصوصی که در این سیستم به کار می‌روند، از تجهیزات فلزی مانند ریل استفاده می‌شود. صنعت نمای خشک امروزه زیبایی و نوع طراحی نماهای ساختمان نشان‌دهنده رتبه‌کاری، نوع فعالیت و حتی طرز فکر، ایده‌ها و دیدگاه‌های مدیران آن مؤسسه و سازمان می‌باشد. از این رو مدیران ارشد شرکت‌ها علاوه بر روش‌های نوین تبلیغات می‌کوشند تا نوع، محل و به‌ویژه نمای ساختمان مرکزی سازمان خود را به‌گونه‌ای طراحی و انتخاب نمایند تا نشان‌دهنده نوع و اهمیت فعالیت آنها باشد [6].

به بررسی نماهای دو پوسته در اقلیم گرم و خشک پرداخته شده و مسأله برافروختگی در حفره بین دو پوسته در ماه‌های گرم سال، از چالش‌های استفاده از این سیستم در اقلیم گرم و خشک ایران است. طراحی این نما با انجام دادن مطالعات تکمیلی از قبیل بررسی تأثیر دریچه تهویه و عمق حفره و یا سایه‌اندازی مناسب، می‌تواند در مناطق گرم و خشک عملکرد مناسبی داشته باشد. این پژوهش ضمن مقایسه عملکرد حرارتی ساختمان دارای نمای دو پوسته با ساختمان فاقد آن، به تعیین استراتژی‌های کاربرد نمای دو پوسته در ساختمان‌های واقع در اقلیم گرم و خشک می‌پردازد. روش استفاده شده در این تحقیق، مدل‌سازی و دو محاسبات نرم‌افزاری است. به منظور بررسی و تحلیل نتایج محاسبات قبلی، اتاقکی دارای نمای دو پوسته شبیه‌سازی شد. نتایج حاکی از آن مدل ساخته شده عادی و اتاقکی فاقد نمای دو پوسته در نرم‌افزار از مدل بدون ۱۴/۴ کیلووات بر مترمربع بود که مقدار کل مصرف انرژی اتاقک دارای پوسته دوجداره بهبود یافته، پوسته دوجداره کمتر است. این موضوع نشان می‌دهد این نما در صورت طراحی مناسب می‌تواند حتی در مناطق گرم و خشک عملکرد مناسبی داشته باشد. لذا انجام دادن مطالعات تکمیلی از قبیل بررسی تأثیر دریچه تهویه و عمق حفره و یا سایه اداری مناسب می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش برافروختگی در حفره بین دو پوسته و افزایش عملکرد این نما در اقلیم گرم و خشک داشته باشد [7, 8].

در پژوهش‌های خارجی برای بررسی در نماهای خشک، می‌توان به پژوهش‌های راتیح در سال ۲۰۱۹ اشاره نمود که به ارزیابی تغییرهای دما و رطوبت نسبی در نمای سبز ساختمان پرداخت و نتایج حاصل از پژوهش وی برای استفاده از نمای سبز مستلزم سیستم خنک‌کننده است که سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود و در نتیجه، افزایش هزینه را به همراه دارد. اطلاعات به دست آمده از طریق اندازه‌گیری میدانی حاصل گردید. همچنین، استفاده از سیستم‌های حرارتی با توجه به شرایط اقلیمی استفاده از نماهای سبز را از دایرهٔ انتخاب خارج می‌نماید [9].

در سال ۲۰۱۹ به ارزیابی عملکرد شیشه نیمه‌شفاف کادمیوم تلوراید[1] بر پایه صرفه‌جویی در مصرف برق در نمای ساختمان‌ها پرداخته شد. استفاده از

[1] سلول‌های خورشیدی با صفحه نازک (کادمیم تلوراید) یکی از قابل رقابت‌ترین قطعات فتوولتائیک هستند که از نظر هزینه و ضریب عملکرد مورد توجه هستند.

مواد نیمه‌شفاف فتوولتائیک[1]، از خواص نوری و الکتریکی با تولید برق از نور خورشید برای استفاده در محیط داخلی استفاده می‌کند و در مصرف برق حدود ۲۰ درصد صرفه‌جویی را به همراه دارد [10].

در سال ۲۰۱۹ به تأثیر نمای شیشه‌ای در محیط داخلی ساختمان‌ها در مناطق گرم پرداخته شد و در آن اشاره گردید که طراحی نمای شیشه بدون توجه به شرایط آب‌وهوایی، سبب هدر رفت انرژی خواهد شد [11].

پوسته‌های ساختمانی مرز بین فضای داخل و خارج ساختمان هستند و نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی بر عهده دارند. نمای دو پوسته یکی از گزینه‌ها به عنوان پوسته ساختمانی است. اصطلاح نمای دو پوسته در واقع همان ایده نمای انعطاف‌پذیر متشکل از دو جداره مختلف است که با یک حفره میانی از هم جدا می‌شوند. حفره میانی وظایف جمع‌آوری تابش خورشیدی در زمستان (اثر گلخانه‌ای) یا تخلیه آن در تابستان را بر عهده دارد [۱۳,۱۲].

نمای دو پوسته شامل یک لایه داخلی و یک پوسته اضافی است که به‌طور معمول، پوسته خارجی شفاف است که توسط یک حفره هوا جدا می‌شود و ممکن است به عنوان یک نوار حرارتی به عنوان یک کانال تهویه یا اغلب به عنوان ترکیبی از آن دو، عمل کند. علاوه بر این حفره اغلب دستگاه‌های سایه‌دار مانند پرده‌ها را برای محافظت از اتاق‌های داخلی از گرمای بیش از حد از طریق افزایش خورشید استفاده می‌کند [14,15].

معماران و مهندسان ساختمان معتقدند که استفاده از فضاهای دو پوسته می‌تواند تهویه مناسب‌تر و عایق حرارتی، بارگیری‌های خنک‌کننده و مصرف انرژی را کاهش دهد، نور روز را تسهیل کند و کنترل نویز را افزایش دهد [16].

استفاده از این سیستم‌ها با ویژگی‌های مختلف معماری می‌تواند عملکرد حرارتی کل سیستم را بهبود بخشد و حدود ۳۰ درصد کاهش مصرف انرژی را فراهم کند [17].

۳- روش تحقیق

استفاده از نمای خشک در ساختمان مزایای دیگری هم دارد. در این مقاله، قابلیت اجرا برای ساختمان‌های بلندمرتبه مورد بحث و ارزیابی قرار می‌گیرد که معیارهای اصلی پژوهش شامل افزایش عمر ساختمان، کاهش وزن سازه، حذف پرتی مصالح، سازگاری با دمای محیط، امکان بازیافت مصالح، یکپارچه و به هم پیوسته بودن سطح زیرین و سطح ساختمان، سازگاری با سیستم فلزی یا بتنی سازه است. پژوهش حاضر از دسته پژوهش‌های کاربردی است. روش تحقیق حاضر کتابخانه‌ای و میدانی است. ابزار گردآوری اطلاعات نیز در بخش کتابخانه‌ای سایت‌های معتبر اینترنتی، مقالات و مراجع معتبر داخلی و خارجی است. در بخش میدانی نیز از پرسش‌نامه مقایسه زوجی با نظرسنجی از ۲۰ نفر از کارشناسان خبره که در زمینهٔ اجرای نما فعالیت دارند انتخاب می‌شود.

دلیل انتخاب تعداد محدود ۲۰ نفر استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی ۳ و تاپسیس فازی در اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری در معیارها و زیرمعیارهای اصلی در نظر گرفته شده می‌باشد. به دلیل محدودیت در جامعه آماری نیز از روش تمام شماری همان تعداد ۲۰ نفر به عنوان حجم نمونه انتخاب می‌شوند.

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی روشی برای تحلیل ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از منطق فازی است. در روش مرسوم فرایند تحلیل سلسله مراتبی از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی افراد خبره برای انجام دادن مقایسه استفاده می‌شود. اما باید به این نکته توجه داشت که مقاسه زوجی به روش سنتی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را به‌طور کامل ندارد.

استفاده از اعداد فازی سازگاری بیشتری با عبارات کلامی و گاه مبهم انسانی دارد. بنابراین، بهتر است که با به‌کارگیری اعداد فازی به تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. در بحث روایی و پایایی پرسش‌نامه و در قسمت روایی از نظرهای کارشناسان خبره و استادان محترم دانشگاهی استفاده شده است. در بخش پایایی به جای استفاده از شاخص‌های پایایی از نرخ ناسازگاری به جهت استفاده از پرسش‌نامه مقایسه زوجی استفاده شده است و نرخ ناسازگاری در کلیه زیرمعیارهای پژوهش کوچکتر از ۰/۱ حاصل شده است و کلیه معیارهای درنظر گرفته شده با یکدیگر سازگارند.

۴- معیارهای اصلی انتخاب نمای بیرونی ساختمان

معیارهای اصلی انتخاب نمای بیرونی ساختمان در جدول شماره ۱ ارایه شده است:

جدول ۱ مؤلفه‌های اصلی انتخاب نمای خشک

Table 1 Main components of dry facade selection

مؤلفه	مشخصه
دمای داخلی ساختمان	C1:
هزینه‌ها	C2:
فرسایش و دوام	C3:
مدت زمان اجرا	C4:
نیروی انسانی	C5:
دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما	C6:
زیبایی منظر و جذب مخاطب	C7:

همچنین، جدول ۲ به معرفی زیرمعیارها و محاسبه نرخ سازگاری پژوهش می‌پردازد:

جدول ۲ معرفی زیرمعیارها و محاسبه نرخ سازگاری پژوهش

Table 2 Introduction of sub-criteria and calculation of research adaptation rate

شرح زیرمعیار	مشخصه	CR
حفظ انرژی داخلی ساختمان	S11	0.012
پسماندهای ساخت	S12	0.009
تأثیرپذیری از شرایط اقلیمی	S13	0.008
عایق حرارتی	S14	0.008
عایق صوتی	S15	0.013
ایمنی	S16	0.013
هزینه‌های طراحی و دفترچه نما	S21	0.021
هزینه‌های تأمین و حمل و بارگیری	S22	0.021
هزینه‌های تعمیرات و نگهداری	S23	0.026

[1] سلول‌های خورشیدی از نوع نیمه‌رسانا هستند که از سیلیسیوم ساخته می‌شوند، سلول فتوولتائیک از چندین لایه نازک سیلیکون ساخته شده و زمان برخورد نور خورشید الکترون درون سلول جدا می‌شود. با جذب کردن نور، الکترون اتم سیلیکون منحرف می‌شود و حفره مثبت را برجا می‌گذارد.

0.014	S24	هزینهٔ نصب و افراد بامهارت و باتجربه
0.016	S25	تأثیرپذیری از افزایش قیمت‌ها و تورم
0.021	S31	کیفیت مصالح
0.024	S32	روش ساخت
	S33	مقاومت مصالح در برابر عوامل محیطی
0.089	S41	مدت زمان اجرا، دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما
0.014	S42	مدت زمان اجرا و ساخت
0.015	S43	مدت زمان اجرا، تعویض و تعمیر
0.013	S44	مدت زمان اجرا، ماندگاری
0.013	S51	وابستگی به وجود افراد بامهارت و باتجربه
0.021	S52	تعداد نیروی انسانی مورد نیاز
0.021	S61	وجود مواد اولیه در داخل کشور
0.026	S62	فقدان منابع تأمین خارجی
0.014	S63	دسترسی به ابزارهای ساخت
0.016	S64	دسترسی به دانش فنی
0.026	S71	تنوع رنگ و ظاهر نما
0.014	S72	قابلیت ایجاد بازشو

۵- نتایج تحلیل داده‌ها

در این بخش از روش سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی به اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای معرفی شده در بخش قبل پرداخته می‌شود (جدول ۳):

جدول ۳ ماتریس مقایسه زوجی‌های اصلی پژوهش

Table 3 Comparison matrix of the main research pairs

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	(1, 1, 1)	(0.61, 0.76, 1)	(3.66, 4.56, 5.42)	(1.77, 2.15, 2.53)	(1.28, 1.46, 1.66)	(1.57, 2.05, 2.55)	(1.5, 1.86, 2.22)
C2	(1, 1.31, 1.63)	(1, 1, 1)	(3.5, 3.92, 4.4)	(1.79, 2.1, 2.55)	(1.51, 1.72, 1.95)	(1.58, 1.94, 2.33)	(0.83, 1.09, 1.42)
C3	(0.18, 0.22, 0.27)	(0.23, 0.26, 0.29)	(1, 1, 1)	(0.56, 0.68, 0.87)	(0.57, 0.78, 1.09)	(0.96, 1.13, 1.37)	(0.95, 1.15, 1.43)
C4	(0.39, 0.47, 0.56)	(0.39, 0.48, 0.56)	(1.16, 1.47, 1.79)	(1, 1, 1)	(0.47, 0.64, 0.85)	(0.42, 0.48, 0.56)	(0.52, 0.64, 0.82)
C5	(0.6, 0.69, 0.78)	(0.51, 0.58, 0.66)	(0.92, 1.28, 1.75)	(1.18, 1.57, 2.11)	(1, 1, 1)	(0.7, 0.84, 1.01)	(0.36, 0.42, 0.51)
C6	(0.39, 0.49, 0.64)	(0.43, 0.52, 0.63)	(0.73, 0.88, 1.04)	(1.03, 1.24, 1.5)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(0.67, 0.81, 0.97)
C7	(0.45, 0.54, 0.67)	(0.71, 0.92, 1.21)	(0.7, 0.87, 1.05)	(1.22, 1.57, 1.94)	(1.94, 2.41, 2.81)	(1.03, 1.24, 1.5)	(1, 1, 1)

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی به‌دست آمده، بردار ویژه محاسبه گردیده است. ابتدا بسط فازی هر سطر محاسبه می‌شود. هر درایه ماتریس مقایسه زوجی $\tilde{X}$ به صورت $\tilde{x}_{ij}$ نمایش داده می‌شود. بسط فازی هر سطر نیز با نماد $\tilde{S}_i$ نمایش داده شده است. بنابراین، بسط فازی هر سطر به صورت زیر محاسبه خواهد شد (رابطه ۱):

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \qquad (۱)$$

برای نرمال‌سازی ترجیحات هر معیار، باید مجموع مقادیر آن معیار بر مجموع تمامی ترجیحات (عناصر ستون) تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند، بنابراین، جمع فازی هر سطر در معکوس مجموع ضرب می‌شود (رابطه ۲).

$$\text{اگر } \tilde{F} = (l, m, u) \quad \text{آنگاه} \quad \tilde{F}^{-1} = \left(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l}\right) \qquad (۲)$$

بنابراین، بر اساس رابطه ۳ خواهیم داشت:

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\right)^{-1} = (0.02, 0.017, 0.014) \qquad (۳)$$

$$x^1_{max} = \frac{l+m+u}{3} \quad ; \quad x^2_{max} = \frac{l+2m+u}{4} \quad ; \quad x^3_{max} = \frac{l+4m+u}{6} \qquad (۴)$$

$$\text{Crisp number} = Z^* = \max\{x^1_{max}, x^2_{max}, x^3_{max}\}$$

برای نرمال نمودن مقادیر فازی به‌دست آمده جدول ۴ ذیل تنظیم می‌شود:

جدول ۴ فازی‌زدایی اوزان نرمال محاسبه‌شده اصلی مطالعه

Table 3 De-fuzzy normal weights of the main calculated study

Crisp	X1max	X2max	X3max	De-fuzzy	Normal
C1	0.242	0.240	0.238	0.242	0.233
C2	0.229	0.227	0.225	0.229	0.220
C3	0.093	0.092	0.090	0.093	0.089
C4	0.152	0.150	0.149	0.152	0.146
C5	0.137	0.135	0.134	0.137	0.131
C6	0.096	0.095	0.094	0.096	0.092
C7	0.092	0.091	0.090	0.092	0.088

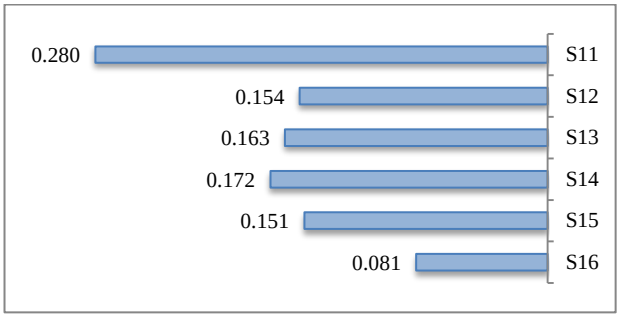

Fig. 1 Graphic representation of the main research priorities

شکل ۱ نمایش گرافیکی اولویت‌های اصلی پژوهش

پس از اولویت‌بندی معیارها به اولویت‌بندی زیرمعیارهای معرفی شده در هر شاخهٔ اصلی پرداخته می‌شود و برای خلاصه نمودن نتایج از ارایه جداول مقایسه زوجی صرفنظر شده و جداول فازی‌زدایی هر یک از معیارهای اصلی آورده شده است.

۶ - معیارهای اصلی انتخاب نمای بیرونی ساختمان

۶-۱- دمای داخلی ساختمان

بر اساس جداول شماره ۲ و ۴، رتبه‌بندی زیرمعیارهای دمای داخلی ساختمان در انتخاب نمای خشک به شرح جدول ۵ زیر است:

جدول ۵ رتبه‌بندی زیرمعیارهای دمای داخلی ساختمان

Table 5 Ranking of building indoor temperature sub-criteria

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S21	0.268	0.266	0.264	0.268	0.254
S22	0.176	0.175	0.174	0.176	0.168
S23	0.173	0.172	0.170	0.173	0.166
S24	0.256	0.255	0.254	0.256	0.242
S25	0.177	0.176	0.175	0.177	0.17

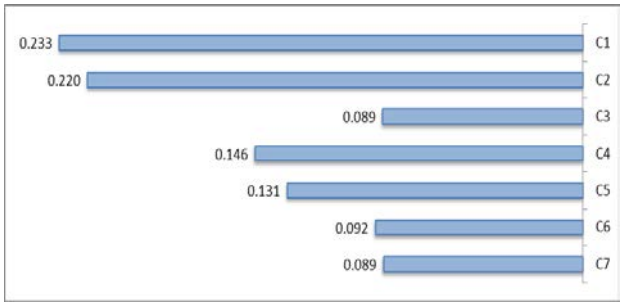

Fig. 2 Ranking of building indoor temperature sub-criteria

شکل ۲ رتبه‌بندی زیرمعیارهای دمای داخلی ساختمان

۶-۲- هزینه‌ها

بر اساس جداول شماره ۲ و ۴ رتبه‌بندی زیرمعیارهای هزینه‌ها در انتخاب نمای خشک به شرح جدول ۶ ذیل است:

جدول ۶ رتبه‌بندی زیرمعیارهای اصلی هزینه‌ها

Table 6 Ranking of the main sub-criteria costs

Normal	De-fuzzy	X3max	X2max	X1max	Crisp
0.254	0.268	0.264	0.266	0.268	S21
0.168	0.176	0.174	0.175	0.176	S22
0.166	0.173	0.170	0.172	0.173	S23
0.242	0.256	0.254	0.255	0.256	S24
0.17	0.177	0.175	0.176	0.177	S25

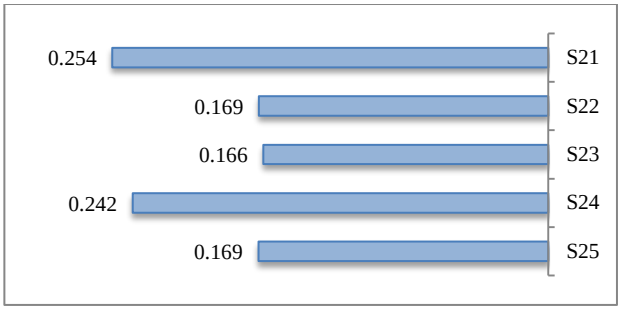

Fig. 3 Ranking of sub-criteria of costs

شکل ۳ رتبه‌بندی زیرمعیارهای هزینه‌ها

۶-۳- فرسایش و دوام

بر اساس جداول شماره ۲ و ۴ رتبه‌بندی زیرمعیارهای فرسایش و دوام در انتخاب نمای خشک به شرح جدول ۷ ذیل است:

جدول ۷ رتبه‌بندی زیرمعیارهای فرسایش و دوام

Table 7 Ranking of erosion and durability sub-criteria

Crisp	X1max	X2max	X3max	De-fuzzy	Normal
S31	0.586	0.585	0.584	0.586	0.552
S32	0.269	0.268	0.267	0.269	0.255
S33	0.205	0.204	0.203	0.205	0.193

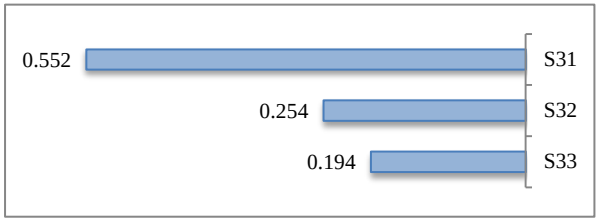

Fig. 4 Ranking of erosion and durability sub-criteria

شکل ۴ رتبه‌بندی زیرمعیارهای فرسایش و دوام

۶-۴- مدت زمان اجرا

بر اساس جداول شماره ۲ و ۴ رتبه‌بندی زیرمعیارهای مدت زمان اجرا در انتخاب نمای خشک به شرح جدول ۸ ذیل است:

جدول ۸ رتبه‌بندی زیرمعیارهای مدت زمان اجرا

Table 8 Ranking of implementation time sub-criteria

Crisp	X1max	X2max	X3max	De-fuzzy	Normal
S41	0.403	0.401	0.4	0.403	0.383
S42	0.260	0.259	0.258	0.26	0.247
S43	0.264	0.263	0.261	0.264	0.252
S44	0.125	0.123	0.121	0.125	0.118

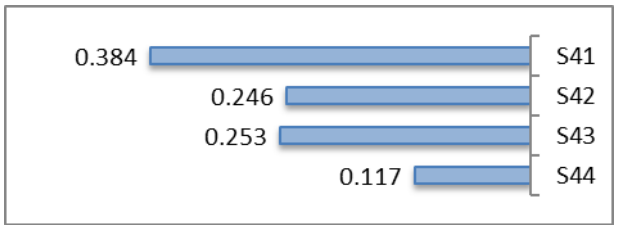

Fig. 5 Ranking of runtime sub-criteria

شکل ۵ رتبه‌بندی زیرمعیارهای مدت زمان اجرا

۶-۵- نیروی انسانی

بر اساس جداول شماره ۲ و ۴ رتبه‌بندی زیرمعیارهای نیروی انسانی در انتخاب نمای خشک به شرح جدول ۹ ذیل است:

جدول ۹ رتبه‌بندی زیرمعیارهای نیروی انسانی

Table 9 Ranking of human resources sub-criteria

Crisp	X1max	X2max	X3max	De-fuzzy	Normal
S51	0.596	0.594	0.592	0.596	0.588
S52	0.421	0.419	0.417	0.421	0.412

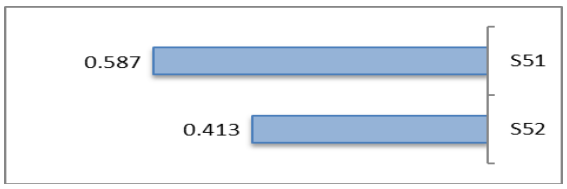

Fig. 6 Ranking of human resources sub-criteria

شکل ۶ رتبه‌بندی زیرمعیارهای نیروی انسانی

۶-۶- دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما

بر اساس جداول شماره ۲ و ۴ رتبه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به مصالح تشکیل‌دهنده نما در انتخاب نمای خشک به شرح جدول ۱۰ ذیل است:

جدول ۱۰ رتبه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما

Table 10 Ranking of sub-criteria for access to facade materials

Crisp	X1max	X2max	X3max	De-fuzzy	Normal
S61	0.359	0.358	0.357	0.359	0.345
S62	0.279	0.277	0.276	0.279	0.267
S63	0.238	0.234	0.23	0.238	0.227
S64	0.167	0.165	0.163	0.167	0.161

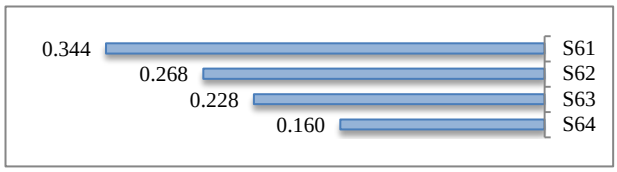

Fig. 7 Ranking of sub-criteria for access to facade materials

شکل ۷ رتبه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما

۶-۷- زیبایی منظر و جذب مخاطب

بر اساس جداول شماره ۲ و ۴ رتبه‌بندی زیرمعیارهای زیبایی منظر و جذب مخاطب در انتخاب نمای خشک به شرح جدول ۱۱ ذیل است:

جدول ۱۱ رتبه‌بندی زیرمعیارهای زیبایی منظر و جذب مخاطب

Table 11 Ranking of sub-criteria of landscape beauty and audience attraction

Crisp	X1max	X2max	X3max	De-fuzzy	Normal
S71	0.643	0.640	0.637	0.643	0.631
S72	0.377	0.375	0.373	0.377	0.369

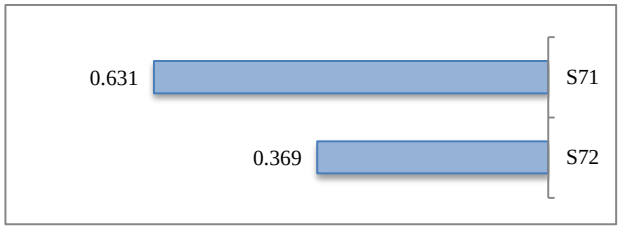

Fig. 8 Ranking of sub-criteria of landscape beauty and audience attraction

شکل ۸ رتبه‌بندی زیرمعیارهای زیبایی منظر و جذب مخاطب

در رتبه‌بندی زیبایی منظر و جذب مخاطب زیرمعیار تنوع رنگ و ظاهر نما در جایگاه اول قرار دارد و در اولویت‌بندی نهایی زیرمعیارها در جدول ۱۲ خلاصه می‌گردد:

جدول ۱۲ تعیین اولویت نهایی شاخص‌ها با تکنیک FAHP[1]

Table 12 Determining the final priority of indicators with FAHP technique

معیارها	وزن معیارها	SubCriteria	W	Total W	Rank
دمای داخلی ساختمان	0.233	S11	0.281	0.064	2
		S12	0.154	0.035	16
		S13	0.162	0.037	10
		S14	0.167	0.041	9
		S15	0.139	0.034	17
		S16	0.097	0.02	23
هزینه‌ها	0.220	S21	0.254	0.055	5
		S22	0.168	0.038	12
		S23	0.166	0.038	13
		S24	0.242	0.052	7
		S25	0.17	0.036	11
فرسایش و دوام	0.089	S31	0.552	0.05	8
		S32	0.255	0.024	21
		S33	0.193	0.016	25
مدت زمان اجرا	0.146	S41	0.383	0.057	3
		S42	0.247	0.034	15
		S43	0.252	0.035	14
		S44	0.118	0.018	24
نیروی انسانی	0.131	S51	0.588	0.076	1
		S52	0.412	0.055	6
دسترسی به مصالح تشکیل دهندهٔ نما	0.092	S61	0.345	0.033	19
		S62	0.267	0.024	20
		S63	0.227	0.022	22
		S64	0.161	0.014	26
زیبایی منظر و جذب مخاطب	0.089	S71	0.631	0.057	4
		S72	0.369	0.032	18

[1] فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) عبارت است از فازی‌سازی روش AHP کلاسیک با استفاده از اعداد و محاسبات فازی. هنگامی که اولویت‌ها عدم اطمینان و عدم دقت را نشان می‌دهند، اعداد قطعی و دقیق برای نشان دادن قضاوت زمانی خیلی مناسب نیست. در جهت مقابله با ابهام، اعداد فازی مثلثی و AHP در روش فازی برای حل تصمیم‌گیری مسایل ادغام شده‌اند.

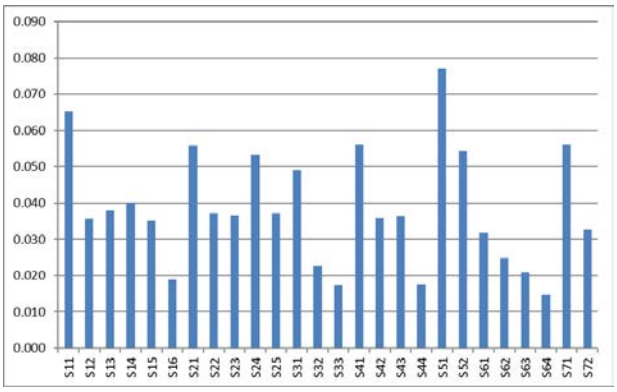

Fig. 9 Final ranking of sub-criteria

شکل ۹ رتبه نهایی زیرمعیارها

استفاده از نمای خشک با توجه به معیارهای اولویت‌بندی شده در انواع نماهای خشک دسته‌بندی شده به صورت جدول ۱۳ ذیل با استفاده از روش تاپسیس رتبه‌بندی می‌گردند. وزن‌دهی و رتبه‌بندی به روش تاپسیس بر اساس بیشترین فاصله تا هدف غایی منفی و کمترین فاصله با هدف غایی مثبت انجام می‌شود:

- نمای ترکیبی رومی با آجر (A1)
- نمای بلوکی (A2)
- نمای ترکیبی سنگدانه‌های تگرگی رودخانه‌ای و رنگی (A3)
- نمای استیل (A4)
- نمای دو پوسته (A5)
- نمای کرتین وال (A6)
- نمای ترکیبی چوب و شیشه و رومی (A7)
- نمای تیشه‌ای یا چکشی (A8)
- نمای طبیعی یا مصنوعی گیاهی یا سبز (A9)

جدول ۱۳ اولویت‌بندی به روش تاپسیس

Table 13 Prioritization by TOPSIS method

نوع نما	فاصله تا ایده‌آل مثبت	فاصله تا ایده‌آل منفی	ضریب نزدیکی	رتبه
ترکیبی رومی با آجر	۱۳۴.۰	۲۶۲.۰	۶۵۹.۰	۲
نمای بلوکی	۲۱۱.۰	۱۸۹.۰	۴۷۴.۰	۷
سنگدانه‌های تگرگی رودخانه‌ای و رنگی	۲۳۵.۰	۱۶۲.۰	۴۰۹.۰	۹
نمای استیل	۲۲۹.۰	۱۷۳.۰	۴۲۹.۰	۸
نمای دو پوسته	۱۲۹.۰	۲۶۸.۰	۶۷۵.۰	۱
نمای کرتین وال	۱۹۸.۰	۲.۰	۴۹۹.۰	۵
نمای ترکیبی چوب و شیشه و رومی	۲۱.۰	۱۸۹.۰	۴۷۵.۰	۶

نمای تیشه‌ای یا چکشی	۱۸۴.۰	۲۱۹.۰	۵۴۶.۰	۳
نمای طبیعی یا مصنوعی گیاهی یا سبز	۱۸۱.۰	۲۱۴.۰	۵۳۹.۰	۴

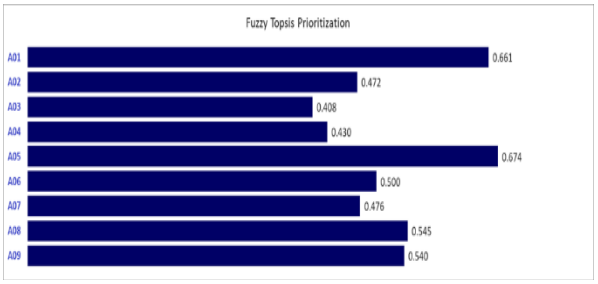

Fig. 10 Final priority of options

شکل ۱۰ اولویت نهایی گزینه‌ها

۷- نتیجه‌گیری و بحث

در رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای معرفی شده در این پژوهش، جایگاه اول متعلق به دمای داخلی ساختمان است. در جایگاه دوم و سوم، به ترتیب هزینه‌ها و مدت زمان اجرا قرار دارد. شایان ذکر است که شرایط اقلیمی در عوامل مؤثر قرار نگرفته است، زیرا از موارد آشکار مهندسی به‌شمار می‌رود. برای مثال، استفاده از رومی‌ها با تخلخل زیاد در مناطق سرد و مرطوب، به ذهن هر فردی می‌رسد که استفاده از آن خالی از اشکال نیست. بنابراین، از عوامل مؤثر حذف گردید و عوامل در نظر گرفته‌شده بعد از در نظر گرفتن شرایط اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

در رتبه‌بندی زیرمعیارهای زیست‌محیطی، زیرمعیار حفظ انرژی داخلی ساختمان در جایگاه اول قرار دارد. سپس، زیرمعیارهای عایق حرارتی و تأثیرپذیری از شرایط اقلیمی به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارد. در ارزش‌گذاری جایگاه زیرمعیارهای هزینه‌ها، زیرمعیار هزینه‌های دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما در جایگاه اول قرار دارد. سپس، زیرمعیارهای هزینهٔ نصب و نیروی انسانی در جایگاه دوم و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری در آخرین جایگاه به لحاظ اهمیت قرار دارد.

در ارزش‌گذاری جایگاه زیرمعیارهای فرسایش و دوام، زیرمعیار کیفیت مصالح در جایگاه اول قرار دارد. سپس، زیرمعیارهای روش ساخت و مقاومت مصالح در برابر عوامل محیطی به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارد.

در ارزش‌گذاری جایگاه زیرمعیارهای مدت زمان اجرا، زیرمعیار مدت زمان اجرا، دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما در جایگاه اول قرار دارد. سپس، زیرمعیارهای مدت زمان اجرا، تعویض و تعمیر و مدت زمان اجرا، ساخت به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارد.

در ارزش‌گذاری جایگاه زیرمعیارهای نیروی انسانی، زیرمعیار وابستگی به وجود افراد با مهارت و تجربه، و با تجربه در جایگاه اول قرار دارد.

در ارزش‌گذاری جایگاه زیرمعیارهای دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما، زیرمعیار وجود مواد اولیه در داخل کشور در جایگاه اول قرار دارد. سپس، زیرمعیارهای فقدان منابع تأمین خارجی و دسترسی به ابزارهای ساخت، به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارد.

در ارزش‌گذاری جایگاه زیرمعیارهای زیبایی منظر و جذب مخاطب، زیرمعیار تنوع رنگ و ظاهر نما در جایگاه اول قرار دارد. در ارزش‌گذاری جایگاه نهایی زیرمعیارهای پژوهش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی زیرمعیار وابستگی به وجود افراد با مهارت و تجربه، و با تجربه در جایگاه اول قرار دارد. سپس، می‌توان به زیرمعیار حفظ انرژی داخلی ساختمان در جایگاه دوم، سپس زیرمعیار مدت زمان اجرا، دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما در جایگاه سوم اشاره نمود. زیرمعیار دسترسی به دانش فنی از کمترین اهمیت برخوردار است.

با استفاده از روش تاپسیس فازی نمای دو پوسته در جایگاه با اهمیت انتخاب می‌شود. بنابراین، زیرمعیار وابستگی به وجود افراد بامهارت و باتجربه در جایگاه اول قرار دارد. سپس، می‌توان به زیرمعیار حفظ انرژی داخلی ساختمان در جایگاه دوم، سپس زیرمعیار مدت زمان اجرا دسترسی به مصالح تشکیل‌دهندهٔ نما در جایگاه سوم اشاره نمود. زیرمعیار دسترسی به دانش فنی از کمترین اهمیت برخوردار است و در روش تاپسیس و در نمای دو پوسته نسبت به سایر نماهای خشک اولویت دارد.

۸- منابع

[1] H. Zamani, *Guide to preparing an urban landscape management framework aimed at promoting visual identity*, Master Thesis in Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, 2011. (in Persian فارسی)

[2] M. Khakzand, M. Mohammadi, F. Jam, K. Aghabozorgi, Identification of factors affecting body design: A city with an emphasis on aesthetic and environmental dimensions, *Journal of Urban Studies*, pp. 1-10, 2014. (in Persian فارسی)

[3] E. Souri, J. Pakzad, Codification of lighting criteria for facades of residential buildings in Tehran, Tehran Municipality Beautification Organization, Tehran, 2011. (in Persian فارسی)

[4] https://salco-company.com

[5] M. Aslanabadi, An Investigation on the stability of the curtain wall facade in building structures, Studies of Geography, *Civil Engineering and Urban Management*, Vol. 5, No. 1, pp. 83-94, Spring 1398. (in Persian فارسی)

[6] Sh. Aghaeizadeh, Dry Ceramic Facade, *Sixth International Conference on Research in Science and Engineering and Third International Congress on Civil Engineering*, Architecture and Urban Planning of Asia, 1400. (in Persian فارسی)

[7] F. Shakeri, Using a two-shell facade in the design of hot and dry climate architecture, *the First National Conference on Architecture and Urban Planning: ideas, theories and methods*, Malayer, 2016. (in Persian فارسی)

[8] S. M. Madahi, M. Abbasi, Analysis of the thermal behavior of the outer shell - showing the building with traditional and modern materials and technologies with the aim of optimizing energy consumption, case study: Residential buildings in Mashhad, Iran, Scientific Journals System, No. 29, 1398. https://iranjournals.nlai.ir/handle/123456789/418136 (in Persian فارسی)

[9] W. Ratih, Z. Juliana, C. Wahyu, Data on records of temperature and relative humidity in a building model with green facade systems, *Journal of Data in Brief*, Available online, 2019.

[10] H. Alrashidi, W. Issa, N. Sellami, A. Ghosh, T. Mallic, S. Sundaram, Performance Assessment of Cadmium Telluride-based Semi-Transparent Glazing for Power Saving in Facade, 2019. https://iranjournals.nlai.ir/handle/123456789/418136

[11] M. Ahmed, A. E. D. AhmedSayed, M. AnwarFikry, Impact of glass facades on internal environment of buildings in hot arid zone, *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 58, Issue 3, September 2019.

[12] E. Gratia, A. De Herde, Greenhouse effect in double-skin facade, *Energy Build*, 39(2), pp. 199-211, 2007.

[13] N. Hashemi, R. Fayaz, M. Sarshar, Thermal behavior of a ventilated double skin facade in hot arid climate, *Energy Build*, 42(10), pp. 1823-32, 2010.

[14] W. Choi, J. Joe, Y. Kwak, J. H. Huh, Operation and control strategies for multi-storey double skin facades during the heating season, Energy and Buildings, 49, 2012.

[15] J. Darkwa, Y. Li, D. H. C. Chow, Heat transfer and air movement behaviour in a double-skin facade, Sustainable Cities and Society, 10 (0), pp. 130-139, 2014.
[16] M. Haggag, Integrating Intelligent Glass Facades into Sustainable Buildings, *Proceeding of the 2nd International Conference on Energy and Sustainability*, Bologna, Italy, 2009.
[17] Oesterle, et. al, Double-Skin Facades, Prestel Verlag, London, 2001.