

## بررسی فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش بر اساس تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP

### مقاله علمی - پژوهشی

سید یعقوب ذوالفقاری فر، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران  
احسان روستایی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران  
\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: syzoalfeghary@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۵ - پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۵

صفحه ۱۸۲-۱۶۷

### چکیده

در شرایط کنونی کشور مهمترین ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین ساختمانی بدلیل نقش مهم آن در توسعه پایدار است. سرعت ساخت بالاتر نسبت به روش‌های سنتی موجب شده تا بتوان در زمان کمتر تعداد واحدهای بیشتری را آماده بهره‌برداری نمود. هدف تحقیق بررسی فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش بر اساس تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP بود. تحقیق از نظر هدف کاربردی و از جنبه جمع‌آوری داده‌ها از نوع توصیفی پیمایشی بصورت میدانی و پرسشنامه‌ای از روش نمونه گیری تصادفی بود. جامعه آماری تحقیق اعضای سازمان نظام مهندسی ساختمان شهر یاسوج بود. برای تخمین حجم نمونه از جدول مورگان استفاده شد، که تعداد نمونه برابر ۱۰۰ نفر بود و داده‌های تحقیق با استفاده از روش سلسله مراتبی تحلیل شدند. نتایج نشان داد، مهمترین عوامل موثر در بررسی فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش به ترتیب از قویترین عامل تا ضعیفترین عامل بترتیب اولویت فناوری بام سبز، سیستم قاب ماندگار، پوشش‌های ساختمانی نانو، بتن بیولوژیکال، پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک، سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد، نماهای دو پوسته، پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل بودند.

واژه‌های کلیدی: فناوری‌های نوین ساختمانی، کارایی، تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP

### ۱- مقدمه

اجرا، عمر مفید کم و هزینه زیاد اجرای پروژه‌ها نیازمند ارایه راهکارهایی به منظور استفاده علمی و عملی از سیستم‌های نوین و مصالح ساختمانی جدید برای کاهش وزن و زمان ساخت و نهایتاً کاهش هزینه‌ها است (Ahmadi, 2016). ویژگی‌های مهم در بررسی سیستم‌های نوین ساخت و ساز شامل سازه، ایمنی در برابر آتش، عملکرد حرارتی، آکوستیک، دوام، مصالح تشکیل‌دهنده، سرعت اجرا، سبک‌سازی، نیروی انسانی ماهر، تولید کارخانه‌ای و کنترل کیفیت حمل و نقل و

در عصر حاضر و در دنیای پرقاب‌ت امروز، ارزش روزافزون منابع و بهینه‌سازی و استفاده درست از آن مورد توجه بسیاری از دست‌اندرکاران صنایع مختلف بوده است. صنعت ساختمان سازی اهمیتی استراتژیک و زیربنایی در اقتصاد یک کشور دارد. در نتیجه، استفاده از فناوری‌های نوین در ساخت و ساز، پیاده‌سازی الگوهای علمی، بهبود و تسریع فرایندهای ساخت، کاهش هزینه‌های ساخت و ساز و ... از اهداف مهم اکثر ساخت و سازها بوده است. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی

گروه مسکن و تولید صنعتی ساختمان به عنوان یکی از مهمترین روش‌های حل مشکل مسکن در ایران محسوب می‌شود تا علاوه بر رعایت استانداردها و ضوابط مربوط به پایداری و پایایی ساختمان‌ها در شرایط مختلف اقلیمی و لرزه‌خیزی کشور، سرعت اجرای پروژه‌های ساختمانی به ویژه در پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن افزایش یابد (Khoshnevis, 2014).

شاخص و پارامترهای انتقال انرژی در جدارهای خارجی، گروه‌بندی ساختمان مطابق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و قابلیت استفاده از انرژی‌های موجود در طبیعت در تهویه، سرمایش و گرمایش ۳ شاخصه اصلی در بحث ارزیابی انرژی این سیستم‌ها است. شاخص‌های سرعت اجرا، سبک‌سازی، نیروی انسانی ماهر، تولید کارخانه‌ای و کنترل کیفیت حمل‌ونقل و نصب در محل نیز در زمره شاخص‌های ارزیابی تولید صنعتی یک فن‌آوری نوین ساختمانی می‌گنجد. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی فناوریهای نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش بر اساس تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP بود.

## ۲- پیشینه تحقیق

خوشنویس و همکاران در سال ۱۳۹۳ کاربرد فناوری‌های نوین در ساختمان مبتنی بر مفاهیم توسعه پایدار و صرفجویی در مصرف انرژی را ارزیابی کرد و بیان نمود امروزه در حدود ۴۰٪ انرژی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود که این به نوبه خود منجر به بحران‌های زیست محیطی شده است. بنابراین، ضرورت ایجاد و توسعه هر چه بیشتر مقوله پایداری در حوزه معماری و شهرسازی بخوبی قابل مشاهده است. توسعه پایدار به عنوان شرط ضروری بقای تمدن محسوب می‌شود. اقدامات صورت گرفته در زمینه پایداری ساختمان‌ها دارای تأثیر بسیار زیادی بر روی محیط زیست و انسان می‌باشد. در دهه‌های اخیر تلاش‌هایی در جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها صورت گرفته است و در این راستا شیوه‌های مختلفی بکار گرفته شده است و تلاش شده ضمن دستیابی به ساختمان‌های با مصرف انرژی نزدیک به صفر و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، از مصالحی استفاده شود که کمترین آسیب را به محیط زیست رسانده و تجدیدپذیر بوده و همچنین انرژی

نصب در محل، تعمیر و نگهداری، عمر مفید و دوام، شاخص‌های معماری، سازگاری با طبیعت، حفظ محیط زیست، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و طبیعی است (Alex, 2016). فناوری‌های نوین ساختمانی در حال حاضر در دنیا مبتنی بر سازگاری با طبیعت است و تکنولوژی‌های استفاده شده در ساخت و ساز و فناوری‌های ساختمانی به گونه ای است که در مصرف انرژی صرفه جویی شده و از سوخت‌های تجدیدپذیر و یا پنل‌های خورشیدی و یا ژنراتورهای بادی و ... جهت حفاظت محیط زیست استفاده می‌گردد (Alipour, 2011).

در شرایط کنونی کشور مهم‌ترین ضرورت استفاده از این فناوری‌ها به دلیل نقش مهم آن در توسعه پایدار است (Ardeshiri, 2012). توجه متولیان ساخت و ساز کلیه دستگاه‌های اجرایی عمرانی به ویژه شهرداری‌ها در کلان‌شهرها به استفاده از فناوریهای نوین و ارزش دادن به آنها، می‌تواند باعث نقش‌آفرینی این فناوریها در شکل‌گیری شهرهای مدرن در کشور شود (Elliott, 2015). شرایط حال حاضر کشور به ویژه نیاز بالا به مسکن، استفاده بیشتر از فناوریهای نوین ساختمانی را می‌طلبد، اما به دلایل مختلف تاکنون، میزان توجه و استفاده از این سیستم‌های ساخت، مطابق با ظرفیت آنها و نیاز موجود در کشور نبوده است که از مهم‌ترین دلایل آن میتوان به شناخته نشده بودن این روشها، در سطوح مختلف برای دست‌اندرکاران و مخاطبان بازار ساخت و ساز اشاره نمود (Golabchi, 2006). بسیاری از مهندسان شناخت چندان از فناوریهای نوین ندارند و این آسیب در حوزه شناخت عمومی مردم جدی‌تر به نظر می‌رسد. حتی بسیاری از ساکنان مجموعه‌های ساخته شده با استفاده از این فناوریها، با ویژگیهای مثبت و مزایای فناوری‌های نوین آشنایی ندارند و در برخی موارد مانند هزینه پایین‌تر و سبک‌تر بودن سازه را به عنوان نقطه ضعف این فناوری‌ها تلقی می‌کنند (Halvani, 2015). وضعیت آیین‌نامه‌ها نسبت به سال‌های گذشته بهبود یافته، اما مطالعات شرایط مناطق مختلف کشور به جهت مسائل اقلیمی و آب و هوایی به منظور انتخاب صحیح فناوری نوین اقدام چندان صورت نگرفته و با توجه به پتانسیل‌های فراوان این حوزه، جذب سرمایه‌گذاران برای ورود به این بخش نیز اندک بوده است (Ismaili, 2015).

سبک سازی، افزایش مقاومت در برابر زلزله، افزایش عمر مفید ساختمان‌ها، کاهش هزینه‌ها و نیز بهبود الگوی مصرف انرژی ساختمان‌ها را بیش از پیش مطرح ساخته است ارتقاء سطح علمی و تخصصی جامعه مهندسی کشور و آشنایی با فناوری‌ها و مصالح جدید ساختمانی، همچنین بازنگری در اجرای ساختمانها از روش‌های سنتی به صنعتی و استفاده از فناوری‌های نوین و مطابقت این روش‌ها با معماری ایران و شرایط اقلیمی کشور، راهکارهای مناسبی برای استفاده عملی از این سیستم‌های نوین می‌باشد از جهت دیگر چنین تحولاتی موجب گسترش سرمایه‌گذاری زیربنایی و اصولی در صنعت ساختمان خواهد شد و در نهایت، تقاضا برای ساختمانهای جدید را افزایش می‌دهد (Sheikh Asadi, 2015). الیوت در سال ۲۰۱۵ تأثیرات فناوری نوین ساختمانی در خانه‌های سبز در جهت ارتقا دلبستگی محیطی ساکنین را تحلیل کرد و نتیجه گرفت که فطرت و سرشت انسان همیشه به دنبال آرامش محیطی و طبیعت بکر و سبز است. در گذشته دور این انسان بود که بیشتر تحت تاثیر محیط زیست قرار می‌گرفت، اما امروزه انسان بر محیط زیست خود اثر می‌گذارد و حتی اگر اثری از آن بپذیرد، در واقع بازخورد اثری است که خود ایجاد کرده است. مطالعات و پژوهش‌های زیادی در راستای بررسی تأثیرات گل‌ها و گیاهان بر روی نسل بشر انجام گشته است و نتایج حاصل از آن بیانگر این امر است که حضور در فضای سبز و ارتباط با طبیعت موجب کاهش فشار عصبی و بهبود سلامت روحی و جسمی در انسان‌ها می‌شود (Taghinejad, 1396). الکس و همکاران در سال ۲۰۱۶ با تحقیق استفاده از فناوری‌های نوین ساختمانی برای ساخت ساختمانهای سبز مسکونی و اثر آن در پایداری شهرها با تاکید بر ابعاد زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی نشان دادند که از نظر لوکوربوزیه، خانه پوششی است که در تطابق با برخی از شرایط، رابطه صمیمی را بین محیط خارج و پدیده‌های زیستی انسان، برقرار می‌سازد در خانه بایستی یک فرد یا یک خانواده زندگی کند، یعنی اینکه بخوابد راه برود، دراز بکشد این در حالی که گسترش ساخت و سازهای مسکن که در کوتاه مدت منفعت کلان‌تری را در سرمایه‌گذاری خواهد داشت. باعث بالا رفتن میزان استفاده از زمین در خدمت منافع اقتصادی کوتاه مدت شده است و گسترش فضاهای سبز شهری در مقایسه با سایر

مجسم آنها کم باشد (Khoshnevis, 2014). شیخ اسدی در سال ۱۳۹۵ سیستم‌های نوین ساختمانی از نظر تأثیرات زیست محیطی بررسی نمود. بقای پایداری انسان و محیط انسانی وابسته به حفظ تعادل و تداوم جهان زیستی است که این خود پذیرش نقش و مسئولیت اخلاقی انسان بر منابع بوم‌شناختی و عملکردی آگاهانه و هوشمند را در تنظیم رابطه وی با محیط طبیعی مبلد. شناخت و بررسی فناوری‌های جدید و الگوهای نوین بهینه سازی مصرف انرژی برای از بین بردن آثار مخرب بر محیط و جلوگیری از هدر رفتن انرژی در ساختمان‌ها موضوع اصلی مقاله می‌باشد.

تلاش در جهت ترویج به کارگیری ساخت و ساز بر اساس سیستم‌های نوین ساختمانی می‌تواند در تقلیل مصرف مصالح ساختمانی و انرژی تأثیر گذارد. صنعت ساختمانی کشور باید توجه خاصی به این سیستم‌ها نموده و از پتانسیلهای آنها جهت دستیابی به معماری پایدار بهره برداری نماید (Elliott, 2015). گلابچی در سال ۱۳۸۵ ضرورت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ساختمانی را مطالعه کرد و نتایج تحقیق ایشان نشان داد که نیاز گسترده و روزافزون جامعه به ساختمان و مسکن، ضرورت استفاده از سیستم‌های ساختمانی و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان‌ها در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح ساخته است. در این راستا ارتقاء سطح علمی و تخصصی جامعه مهندسی کشور و آشنایی با سیستم‌ها و مصالح جدید ساختمانی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی اجرا، عمر مفید کم و یا هزینه زیاد اجرای ساختمان‌ها در بخش مسکن نیازمند ارایه راهکارهایی به منظور استفاده عملی از سیستم‌های ساختمانی نوین و مصالح ساختمانی جدید جهت کاهش وزن، کاهش زمان ساخت، دوام بیشتر و نهایتاً کاهش هزینه اجرا می‌باشد. این اقدامات در دراز مدت موجب بهینه سازی ساخت، افزایش تولید مسکن در کشور و رسیدن به شرایط اجرایی مطلوب خواهد شد (Mohammadfam, 2003). زرقانی و تقدیری یزد در سال ۱۳۹۴ با بررسی نقش فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان بیان نمود که نیاز گسترده و روزافزون کشور به تأمین ساختمان و مسکن، ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، ارتقاء کیفیت ساخت،

در این تحقیق میدانی، پرسشنامه بود. جامعه آماری این تحقیق اعضای سازمان نظام مهندسی ساختمان شهر یاسوج می‌باشند. نمونه پژوهش شامل اعضای نظام مهندسی ساختمان که در روز تکمیل پرسشنامه به مراجعین حضوری سازمان نظام مهندسی یاسوج بودند. برای تخمین حجم نمونه از جدول مورگان استفاده شد، که تعداد نمونه برابر ۱۰۰ نفر بودند. داده‌های تحقیق با استفاده از روش سلسله مراتبی تحلیل شدند. همچنین پایائی پرسشنامه یا قابلیت اعتماد آن با استفاده از روش اندازه گیری آلفای کرونباخ محاسبه شد.

سرمایه‌گذاری‌ها از حمایت مالی کمتری برخوردار است این معضل هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه به خصوص در مراکز شهرها وجود دارد تعهدات کشورهای توسعه یافته به موافقت نامه‌ها و منشورهای زیست محیطی همچنین فشار افکار عمومی که دید آگاهانه‌تری به مسایل زیست محیطی دارند ایجادگر، انگیزه‌ای برای شناسایی راه حل‌های نوینی در راستای توسعه‌ی فضای سبز شهری شود (Zarghani, 2015).

### ۳- مواد و روش پژوهش

تحقیق از نظر هدف کاربردی و از جنبه جمع آوری داده‌ها از نوع توصیفی پیمایشی و ابزار گرد آوری داده‌ها و اطلاعات

جدول ۱. مقدار آلفای کرونباخ در پرسشنامه محقق ساخته مورد استفاده

آلفای کرونباخ	بعد
۰/۹۱	نمره

تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. بعلاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول نهایی بنا نهاده شده است که در ادامه به بیان این اصول پرداخته شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، آن را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن‌ها می‌پردازد. در واقع تحلیل سلسله مراتبی روشی برای کمک به تصمیم‌گیران است تا اهداف و راهکارهای خود را در یک محیط پیچیده بدون ساختار و غیر شفاف، اولویت بندی و طبقه بندی کنند. گزینه‌ها در واقع منظور و مقصد هدف در نمودار سلسله مراتبی می‌باشند و پاسخ هدف از میان گزینه‌های ترسیم شده به دست می‌آید. گزینه‌ها آخرین سطح نمودار سلسله مراتبی می‌باشند و بستگی به چگونگی استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی دارد. در مواردی که از این تکنیک به منظور انتخاب یا اولویت بندی استفاده شود، عموماً تعیین گزینه‌ها توسط محقق صورت می‌گیرد، زیرا اوست که تعیین می‌کند از میان کدام گزینه‌ها باید انتخاب صورت گیرد یا گزینه‌هایی باید اولویت بندی شوند.

به منظور تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه اصلی تحقیق از روش FAHP استفاده گردید. کاربردهای این روش عبارتند از پیش بینی نتایج احتمالی، برنامه ریزی اتفاقات پیشنهاد شده و مطلوب در آینده، تسهیل تصمیم‌گیری گروهی، اعمال کنترل بر روی تغییرات در سیستم تصمیم‌گیری، تخصیص منابع، انتخاب گزینه‌ها، مقایسه‌ی هزینه و درآمد، ارزیابی کارکنان و اختصاص افزایش دستمزد، معین کردن انتخاب مکانی و تست‌کردن موقعیت‌های پیشنهادی و بررسی رابطه میان متغیرها می‌باشد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. هم چنین میزان سازگاری و ناسازگاری

#### ۴- نتایج و بحث

مختلفی وجود دارد که معمول‌ترین آنها، مقایسه دو دویی است. در این روش معیارها، دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند و درجه اهمیت هر یک از آنها نسبت به دیگری مشخص می‌شود. در این پژوهش برای این کار از روش استاندارد ارایه شده توسط ساعتی استفاده شده است (جدول ۲).

پس از تعیین ضرایب اهمیت هر یک از معیارها و همچنین ضرایب وزن گزینه‌ها بر اساس هر یک از معیارها، باید از تلفیق ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها نسبت به هدف و گزینه‌ها نسبت به هر یک از زیرمعیارها و معیارها، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها را مشخص نماییم. برای این کار از اصل ترکیب سلسله‌مراتبی ساعتی که منجر به یک بردار اولویت با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله‌مراتبی می‌شود، استفاده شده است. نتایج در اشکال ۱ تا ۱۰ ارایه شده است.

برای پاسخ به پرسش اصلی تحقیق مبنی بر اینکه «مهمترین فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در حیطه ساختمان‌های سازگار با طبیعت در ایران بر اساس تحلیل سلسله‌مراتبی فازی کدامند؟» جدول ۳ ارایه شده است.

مطابق نمودار شکل ۱، مهم‌ترین عوامل موثر در بررسی فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش به ترتیب از قوی‌ترین عامل تا ضعیف‌ترین عامل عبارت از فناوری بام سبز، سیستم قاب ماندگار، پوشش‌های ساختمانی نانو، بتن بیولوژیکال، پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک، سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد، نماهای دو پوسته، پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل هستند.

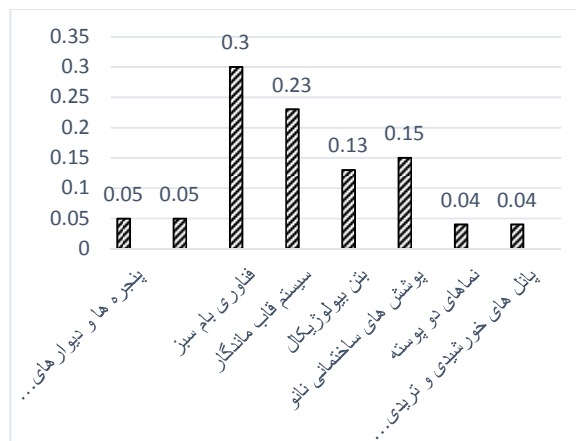
ابتدا در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله‌مراتبی از موضوع بررسی شد که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آنها نشان داده شود. بعد از تعیین سطوح سلسله‌مراتبی، شامل هدف، معیارها، زیرمعیارها (در صورت وجود) و گزینه‌ها، مقایسه زوجی بین مجموعه معیارها جهت تعیین ضریب اهمیت هر یک از آنها نسبت به هدف، انجام می‌شود. در این تحقیق هدف تعیین رویکرد مدیریتی مناسب برای انتخاب بهترین رویکرد برای مدیریت استفاده از فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش و معیارها مطابق جدول ۲ و گزینه‌ها شامل مدیریت نمای ساختمان (A)، مدیریت انرژی ساختمان (B)، مدیریت سازه و استحکامات (C) و مدیریت مصالح (D) می‌باشد. در ادامه برابری اهمیت معیارها، تجزیه و تحلیل سازگاری قضاوت‌ها نیز صورت می‌گیرد. به هنگام مقایسه زوجی معیارها، اگر شاخص ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، ضرایب اهمیت تعیین شده مناسب است. پس از تعیین اهمیت تمام معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها، مقایسه کلی گزینه‌ها نسبت به هدف انجام و نتیجه مقایسه به صورت نمودار ظاهر می‌شود. در این مطالعه معیارهای مورد استفاده عبارت از نماهای دو پوسته (حداکثر نماهای دو پوسته)، سیستم قاب ماندگار، فناوری بام سبز، پوشش‌های ساختمانی نانو، پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل، سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد، بتن بیولوژیکال و پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک بودند. لازم به ذکر است برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، روش‌های

جدول ۲. معیارهای موثر در انتخاب رویکرد مدیریتی مورد مطالعه

کد	معیار
C1	پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک
C2	سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد
C3	فناوری بام سبز
C4	سیستم قاب ماندگار
C5	بتن بیولوژیکال
C6	پوشش‌های ساختمانی نانو
C7	نماهای دو پوسته
C8	پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل

جدول ۳. جدول تناسب کمیت‌ها برای مقایسه دو دویی

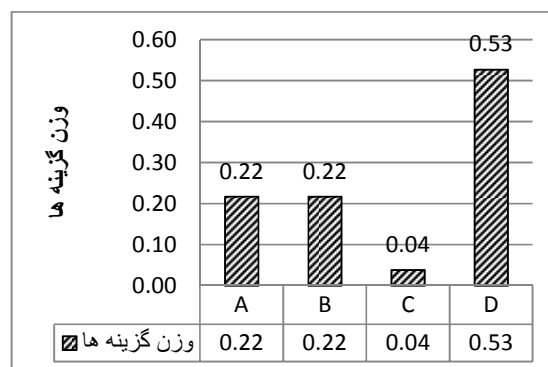
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
C <sub>1</sub>	۱	۱	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۳	۱
C <sub>2</sub>	۱	۱	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱	۳
C <sub>3</sub>	۵	۷	۱	۱	۳	۳	۷	۵
C <sub>4</sub>	۵	۵	۱	۱	۳	۱	۵	۳
C <sub>5</sub>	۳	۳	۱/۳	۱/۳	۱	۱	۳	۵
C <sub>6</sub>	۳	۳	۱/۳	۱	۱	۱	۵	۳
C <sub>7</sub>	۱/۳	۱	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۵	۱	۳
C <sub>8</sub>	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱



شکل ۱. وزن نهایی (اهمیت) معیارهای مورد مطالعه

گزینه‌ها براساس معیار پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک مهمترین رویکرد مدیریتی بترتیب عبارت از مدیریت مصالح، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت نمای ساختمان و مدیریت سازه و استحکامات هستند.

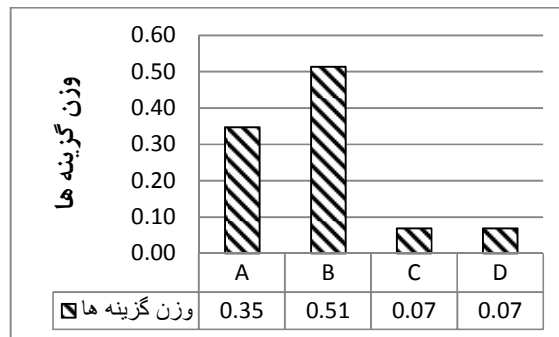
برای پاسخ به سوال اول تحقیق مبنی بر اینکه «۱- فناوری پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۲ ارایه شده است. بر اساس نتایج این نمودار، وزن



شکل ۲. وزن گزینه‌ها براساس معیار پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک

سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد، مهمترین رویکرد مدیریتی بترتیب عبارت از مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت نمای ساختمان، مدیریت مصالح و مدیریت سازه و استحکامات هستند.

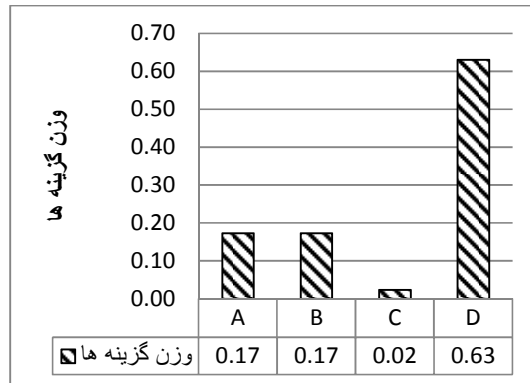
برای پاسخ به پرسش دوم تحقیق مبنی بر اینکه «۲- فناوری سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۳ آورده شده است. وزن گزینه‌ها براساس معیار



شکل ۳. وزن گزینه‌ها بر اساس معیار سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد

مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب عبارت از: مدیریت مصالح، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت نمای ساختمان و مدیریت سازه و استحکامات هستند.

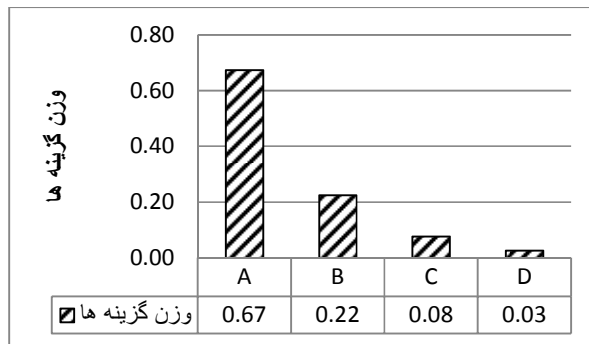
برای پاسخ به سوال سوم فرعی تحقیق مبنی بر «۳- فناوری بام سبز از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۴ آورده شده است. مطابق این نمودار، وزن گزینه‌ها براساس معیار فناوری بام سبز،



شکل ۴. وزن گزینه‌ها بر اساس معیار فناوری بام سبز

وزن گزینه‌ها براساس معیار سیستم قاب ماندگار، مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب عبارت از مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت سازه و استحکامات و مدیریت مصالح هستند.

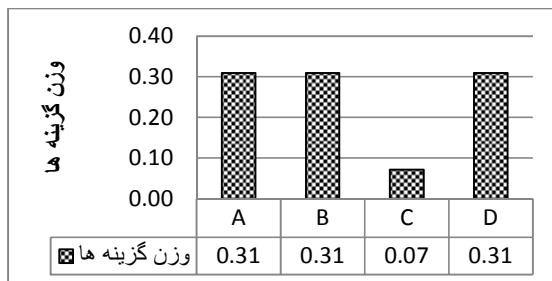
برای پاسخ به سوال چهارم تحقیق مبنی بر «سیستم قاب ماندگار از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان (مدیریت نما، مدیریت انرژی، مدیریت سازه، مدیریت مصالح) چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۵ ارائه شده است. بر اساس



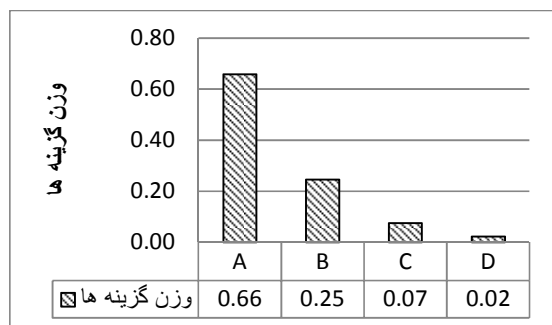
شکل ۵. وزن گزینه ها بر اساس معیار سیستم قاب ماندگار

برای پاسخ به سوال ششم تحقیق مبنی بر «سیستم پوشش‌های ساختمانی نانو از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان (مدیریت نما، مدیریت انرژی، مدیریت سازه، مدیریت مصالح) چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۷ ارائه شده است. مطابق این نمودار، وزن گزینه‌ها نسبت به یکدیگر بر اساس معیار پوشش‌های ساختمانی نانو، مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب عبارت از مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت سازه و استحکامات و مدیریت مصالح هستند.

برای پاسخ به سوال پنجم تحقیق مبنی بر «سیستم بتن بیولوژیکال از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان (مدیریت نما، مدیریت انرژی، مدیریت سازه، مدیریت مصالح) چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۶ آورده شده است. طبق این نمودار، وزن گزینه‌ها بر اساس معیار بتن بیولوژیکال، مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب عبارت از مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت مصالح و مدیریت سازه و استحکامات هستند، که البته بجز مدیریت مصالح سایر رویکردهای مدیریتی به یک اندازه دارای اهمیت بوده‌اند.



شکل ۶. وزن گزینه‌ها بر اساس معیار بتن بیولوژیکال

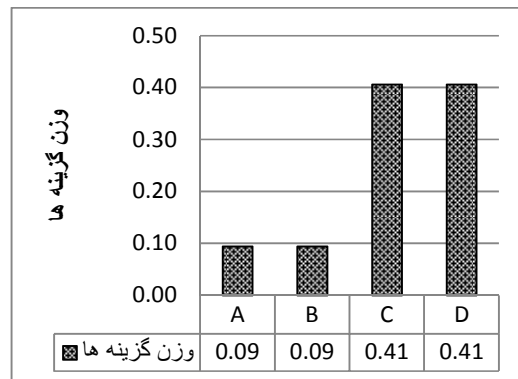


شکل ۷. وزن گزینه‌ها بر اساس معیار پوشش‌های ساختمانی نانو



گزینه‌ها بر اساس معیار نماهای دو پوسته، مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب اولویت عبارت از مدیریت سازه و استحکامات، مدیریت مصالح، مدیریت نمای ساختمان و مدیریت انرژی ساختمان هستند.

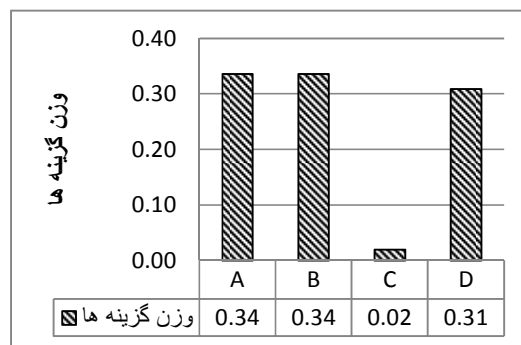
برای پاسخ به سوال هفتم تحقیق مبنی بر «سیستم نمای دو پوسته از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان (مدیریت نما، مدیریت انرژی، مدیریت سازه، مدیریت مصالح) چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۸ آورده شده است. وزن



شکل ۸. وزن گزینه‌ها بر اساس معیار نماهای دو پوسته

پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل، مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب اولویت مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت مصالح و مدیریت سازه و استحکامات هستند.

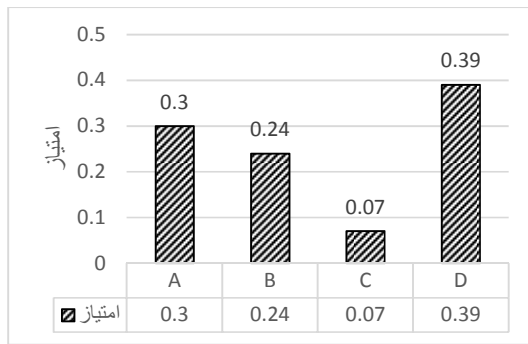
برای پاسخ به سوال هشتم تحقیق مبنی بر «سیستم پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل از نظر کارایی در بخش مدیریت ساختمان (مدیریت نما، مدیریت انرژی، مدیریت سازه، مدیریت مصالح) چه میزان دارای اهمیت است؟» نمودار شکل ۹ ارائه شده است که وزن گزینه‌ها بر اساس معیار



شکل ۹. وزن گزینه‌ها بر اساس معیار پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل

رویکردهای مدیریت نمای ساختمان (A)، مدیریت انرژی ساختمان (B) و در نهایت رویکرد مدیریت سازه و استحکامات (C) از نظر مطلوبیت بررسی فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش رتبه‌بندی شدند.

همانطور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، رویکرد مدیریت مصالح (گزینه D) دارای بیشترین وزن، لذا، مناسب‌ترین گزینه (بهترین رویکرد) برای مدیریت استفاده از فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش خواهد بود. بعد از روش مدیریت نمای ساختمان به ترتیب



شکل ۱۰. محاسبه وزن نهایی انتخاب بهترین رویکرد

## ۵- نتیجه گیری

- تحلیل معیار سیستم قاب ماندگار نشان داد مهمترین رویکرد مدیریتی بترتیب مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت مصالح و استحکامات و مدیریت مصالح بودند.

- براساس معیار بتن بیولوژیکال، مهمترین رویکرد مدیریتی بترتیب: مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت مصالح و مدیریت سازه و استحکامات، که البته بجز مدیریت مصالح سایر رویکردهای مدیریتی به یک اندازه دارای اهمیت بودند.

- با بررسی معیار پوشش‌های ساختمانی نانو، مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب اولویت مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت سازه و استحکامات و مدیریت مصالح بودند.

- با مقایسه معیار نماهای دو پوسته، مهمترین رویکرد مدیریتی بترتیب مدیریت سازه و استحکامات، مدیریت مصالح، مدیریت نمای ساختمان و مدیریت انرژی ساختمان بودند.

- طبق معیار پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل، مهمترین رویکرد مدیریتی بترتیب مدیریت نمای ساختمان، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت مصالح و مدیریت سازه و استحکامات بودند.

- مهمترین عوامل موثر در بررسی فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش به ترتیب از قوی‌ترین عامل تا ضعیف‌ترین عامل بترتیب اولویت فناوری بام سبز، سیستم قاب ماندگار، پوشش‌های ساختمانی نانو، بتن بیولوژیکال، پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک، سیستم قاب

انتخاب رویکرد مدیریتی مناسب برای استفاده از فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی، از اهمیت فوق العاده زیادی برخوردار است چرا که در صورت عدم انتخاب رویکرد مناسب مدیریتی، مشکلات زیادی در اجرای پروژه‌های عمرانی به وجود خواهد آمد و هزینه‌های اضافی را بر پیمانکار و کارفرما تحمیل خواهد نمود و از طرفی نیز ممکن است که کیفیت و کمیت اجرای پروژه را کاهش دهد. انتخاب روش مدیریتی مناسب برای اجرای پروژه‌های عمرانی ملی با توجه به دخیل بودن معیارهای متعدد و همچنین تقابل آنها با یک دیگر نیازمند استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. تاکنون روش‌های مختلفی برای انتخاب رویکرد مناسب مدیریتی ارائه شده است که یکی از این روش‌ها فرآیند تحلیل سلسه مراتبی است. نتایج تحقیق و ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به یکدیگر نشان داد:

- مهمترین رویکرد مدیریتی براساس معیار پنجره‌ها و دیوارهای ترموکرومیک بترتیب اولویت مدیریت مصالح، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت نمای ساختمان و مدیریت سازه و استحکامات بودند.

- در ارزیابی معیار سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد مشاهده شد، مهمترین رویکرد مدیریتی به ترتیب اولویت مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت نمای ساختمان، مدیریت مصالح و مدیریت سازه و استحکامات بودند.

- طبق معیار فناوری بام سبز، مهمترین رویکرد مدیریتی بترتیب اولویت مدیریت مصالح، مدیریت انرژی ساختمان، مدیریت نمای ساختمان و مدیریت سازه و استحکامات بودند.

construction seminar in the capital, Tehran, University of Tehran, Faculty of Engineering, (in Persian).

-Halvani Gholam Hossein, Mir Mohammadi Seyed Jalil, (2015), "New construction constructions, Sobhan works", Tehran, first edition" (in Persian).

-Ismaili Fatemeh, Ahmad Naderi, (2015), "Evaluation of new constructions for construction companies" Second Conference on Civil Engineering and Construction Management, Tehran (in Persian).

-Khoshnevis, Heda; Khoshnevis, Mehrdad; Khajeh Ahmadi, Mahdich, (2014), "Application of new technologies in buildings based on the concepts of sustainable development and energy saving", 2<sup>nd</sup> International Congress of Structures, Architecture and Urban Development, Tabriz, Permanent Secretariat of the International Congress of Structures, Architecture and Urban Development (in Persian).

-Mohammadfam, Iraj, (2003), "New construction constructions", Fanavaran, Tehran, second edition (in Persian).

-Sheikh Asadi, Fatemeh, (2015), "Investigation of modern building systems in terms of environmental impact", International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development, (in Persian).

-Taghinejad, Amir, (1396), "Assessing the Impact of New Constructions on Improving the Safety Performance of Construction Workshops and Providing Appropriate Solutions", M.Sc. Thesis, Tabari Institute of Higher Education, Faculty of Civil Engineering, (in Persian).

-Zarghani, Mehdi; Taqdiri Yazd, Mehdi, (2015), "The Role of New Technologies in the Construction Industry", First International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Economy Development, Shiraz, Islamic Azad University, Fars Science and Research Branch, (in Persian).

فولادی سبک نورد سرد، نماهای دو پوسته، پانل‌های خورشیدی و تریدی پانل بودند.

- رویکرد مدیریت مصالح (گزینه D) دارای بیشترین وزن، لذا مناسب‌ترین گزینه (بهترین رویکرد) برای مدیریت استفاده از فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش خواهد بود. بعد از روش مدیریت نمای ساختمان به ترتیب رویکردهای مدیریت نمای ساختمان (A)، مدیریت انرژی ساختمان (B) و در نهایت رویکرد مدیریت سازه و استحکامات (C) از نظر مطلوبیت بررسی فناوری‌های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش رتبه‌بندی می‌شوند.

## ۶-مراجع

-Ahmadi, Kahyar, (2016), "Evaluation of the use of new constructions in construction sites, Third National Conference on Construction Engineering and Management", Shahrekord Azad University (in Persian).

-Alex et al., (2016), "Using New Building Technologies to Build Residential Green Buildings and Its Effect on Sustainability of Cities with Emphasis on Environmental, Economic, Social Dimensions," University of Ohio Journal, Vol. 4, No. 29, pp. 110-118.

-Alipour, Mohsen et al., (2011), "Factors Affecting New Constructions in Construction Workshops, Proceedings of the First National Congress of Construction Management", Payame Noor University of Tehran.

-Ardeshiri, Ahmad, Mohajerani, Mohammad, (2012), "Evaluation of new constructions in construction workshops, 2<sup>nd</sup> National Conference on Construction Engineering and Management", Tehran, (in Persian)

-Elliott, (2015), "Explaining the Impacts of New Building Technology on Green Houses to Promote Residents' Environmental Attachment", University of Michigan Journal, No. 25, AH213-220.

-Golabchi, Mahmoud, (2006), "The need to use new construction technologies", the second

پیوست ۱: پرسشنامه بررسی فناوری های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش بر اساس تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP

بسمه تعالی

مهندس گرامی پرسشنامه حاضر در خصوص یک مطالعه دانشجویی با موضوع «بررسی فناوری های نوین ساختمانی از نظر کارایی در ایران و انتخاب بهترین روش بر اساس تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP» می باشد. خواهشمند است به سؤالات با دقت پاسخ دهید. از همکاری شما صمیمانه سپاسگزارم.

بخش اول: مطالعات جمعیت شناختی

۱- جنس: مرد <input type="radio"/> زن <input type="radio"/>	۲- سن: کمتر از ۳۰ سال <input type="radio"/> ۳۰ سال به بالا <input type="radio"/>	۳- وضعیت تأهل: متأهل <input type="radio"/> مجرد <input type="radio"/>
۴- سطح تحصیلات: زیر دیپلم <input type="radio"/> دیپلم یا کاردانی <input type="radio"/> کارشناسی <input type="radio"/> کارشناسی ارشد <input type="radio"/> دکتری <input type="radio"/>	۵- سمت:	۶- محل اشتغال:

بخش دوم: سوالات بر اساس معیار سلسله مراتبی

۱- تا چه اندازه معیار «پنجره ها و دیوارهای ترموکرومیک» را نسبت به سایر معیارها مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
معیار «پنجره ها و دیوارهای ترموکرومیک»	سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد						
	فناوری بام سبز						
	سیستم قاب ماندگار						
	بتن بیولوژیکال						
	سیستم ترونکو						
	نماهای دو پوسته						
	پانل های خورشیدی						
	پوشش های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۲- تا چه اندازه معیار «سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد» را نسبت به سایر معیارها مهم تر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
معیار «سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد»	فناوری بام سبز						
	سیستم قاب ماندگار						
	بتن بیولوژیکال						
	سیستم ترونکو						
	نماهای دو پوسته						
	پانل های خورشیدی						
	پوشش های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۳- تا چه اندازه معیار «فناوری بام سبز» را نسبت به سایر معیارها مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
معیار «فناوری بام سبز»	سیستم قاب ماندگار						
	بتن بیولوژیکال						
	سیستم ترونکو						
	نماهای دو پوسته						
	پانل‌های خورشیدی						
	پوشش‌های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۴- تا چه اندازه معیار «سیستم قاب ماندگار» را نسبت به سایر معیارها مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
«سیستم قاب ماندگار»	بتن بیولوژیکال						
	سیستم ترونکو						
	نماهای دو پوسته						
	پانل‌های خورشیدی						
	پوشش‌های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۵- تا چه اندازه معیار «بتن بیولوژیکال» را نسبت به سایر معیارها مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
معیار «بتن بیولوژیکال»	سیستم ترونکو						
	نماهای دو پوسته						
	پانل‌های خورشیدی						
	پوشش‌های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۶- تا چه اندازه معیار «سیستم ترونکو» را نسبت به سایر معیارها مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
سیستم ترونکو	نماهای دو پوسته						
	پانل‌های خورشیدی						
	پوشش‌های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۷- تا چه اندازه معیار «نماهای دو پوسته» را نسبت به سایر معیارها مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
معیار دو پوسته «نماهای»	پانل‌های خورشیدی						
	پوشش‌های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۸- تا چه اندازه معیار «پانل‌های خورشیدی» را نسبت به سایر معیارها مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
معیار «پانل‌های خورشیدی»	پوشش‌های ساختمانی نانو						
	تریدی پانل						

۹- تا چه اندازه معیار «پوشش‌های ساختمانی نانو» را نسبت به معیار « تریدی پانل » مهمتر می دانید؟

معیار الف	معیار ب	کاملاً مهم (۹)	خیلی مهم (۷)	مهم (۵)	کمی مهم (۳)	اهمیت یکسان (۱)	بینابین (۸-۶-۴-۲)
پوشش‌های ساختمانی نانو	تریدی پانل						

# **Investigation of New Construction Technologies in Terms of Efficiency in Iran and Selection of the Best Method Based on FAHP Fuzzy Hierarchical Analysis**

*Sayyed Yaghoub Zolfegharifar, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran.*

*Ehsan Roustaei, M.Sc., Student, Department of Civil Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran.*

*E-mail: syzoalfeghary@gmail.com*

Received: July 2022- Accepted: November 2022

## **ABSTRACT**

In the current situation of the country, the most important necessity is the use of new construction technologies due to its important role in sustainable development. Higher manufacturing speed than traditional methods has made it possible to prepare more units for operation in less time. The purpose of this research is to study new construction technologies in terms of efficiency in Iran and to select the best method based on FAHP fuzzy hierarchical analysis. The research was applied in terms of purpose and descriptive-survey in terms of data collection, and the research data were analyzed using a hierarchical method. The data collection tool in this field research is a questionnaire. The statistical population of this study was members of the Yasuj Building Engineering System Organization. Random sampling method was used. Morgan's table was used to estimate the sample size, which is equal to 100 people. The results showed that the most important factors in the study of new construction technologies in terms of efficiency in Iran and selecting the best method from the strongest to the weakest, respectively, are the priority of green roof technology, durable frame system, nano building coatings, biological concrete, windows and walls. Thermo-chromic, cold rolled light steel frame system, two-shell facades, solar panels and trade panels.

**Keywords:** New Construction Technologies, Efficiency, FAHP Fuzzy Hierarchical Analysis