انتخاب سیستم ساختمانی بهینه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با تاکید بر سه روش AHP, SAW,TOPSIS

علیرضا رضاییان [۱]، سید امیرحسین حسینی*[۲]

۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲- کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

چکیده

امروزه با پیچیده شدن فرآیند تصمیم گیری و دخالت عوامل مختلف، نیاز به تصمیم گیریهایی که تمام عوامل موثر در مساله را مدنظر قرار دهند، بیش از پیش نمایان شده است از این رو محققان داخلی و خارجی، به سمت تصمیم گیری‌های چند معیاره رغبت نشان دادلد. ما نیز در این تحقیق، از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره شامل روشهای تحلیل سلسله مراتبی، مجموع ساده وزنی و تاپسیس(تکنیک رتبه‌بندی پیشنهادها با توجه به شباهت به راه حل ایده آل)، برای حل مساله انتخاب سیستم بهینه ساختمانی استفاده کرده‌ایم. سیستم‌هایی که در این مساله مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند عبارتند از: سیستم قاب سبک فولادی سرد نورد شده، سیستم قالب عایق ماندگار، سیستم تری دی پانل و سیستم پیش ساخته بتنی. داده‌های مورد نیاز با استفاده از پرسشنامه در سطح نمونه (۱۵۰ نفر) بررسی شد. پرسشنامه‌ها در میان خبرگان انبوه سازی، مراکز دانشگاهی و کنفرانس‌ها توزیع گردید. بنا بر نتایج تحقیق، استفاده از روش های مختلف تصمیم گیری، نتایج نسبتاً مشابهی را به همراه خواهد داشت؛ به گونه‌ای که با استفاده از هر سه روش تصمیم گیری چند معیاره، سیستم پیش ساخته بتنی در رتبه اول و سیستم قاب سبک فولادی سرد نورد شده در رتبه دوم قرار گرفتند. همچنین سیستم پیش ساخته بتنی، از لحاظ معیارهای اجرایی و اقتصادی، در رتبه اول قرار گرفت و سیستم قاب سبک فولادی سرد نورد شده ، از لحاظ معیار زیست محیطی رتبه اول را به خود اختصاص داد.

کلمات کلیدی: تصمیم گیری چند معیاره، تحلیل سلسله مراتبی، مجموع ساده وزنی، تاپسیس، انتخاب سیستم ساختمانی بهینه

Selecting the Optimal Building System Using Multiple Criteria Decision Making Emphasising on Three Methods of TOPSIS , SAW, AHP

Alireza Rezaiean [۱], Seyed Amirhosein Hoseini*[۲]

۱- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University,karaj branch

۲- MSc, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, karaj branch

Abstract

* مؤلف مسئول: سید امیر حسین حسینی hoseiniamirhosein@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۷/۱۲، تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/٥/٦

Archive of SID
www.SID.ir

Nowadays, various factors complicate the decision making process and the need to make decisions that consider all the factors in question, they are more than ever before. The internal and external researchers, have shown interest in the multi-criteria decision making. In our study, the method includes a multi-criteria decision making method such as Analytical Hierarchy Process, Simple additive weighting and TOPSIS (Technique for order-prefrence by similarity to ideal solution) to solve the selection problem of building efficient systems we have used. Systems that have been evaluated in this issue include: Lightweight Steel Frames, Insulating concrete formwork, 3D-PANEL and Prefabricated reinforced concrete systems. Required data using the questionnaire sample (n = 150) were examined. Questionnaires among the mass of experts, academic institutions and conferences were distributed. According to the research results, using different methods of decision making, the results will yield fairly similar, so that all three methods, Prefabricated reinforced concrete systems in the first place, and the Lightweight Steel Frames system was in the Second place. The Prefabricated reinforced concrete systems, in terms of administrative and economic criterias, in the first place, and the system Lightweight Steel Frames, ranked first in terms of environmental criteria accounted for.

Keywords: Multiple criteria decision making, TOPSIS, Analytical Hierarchy Process, Simple additive weighting, Selecting the optimal Building system

۱- مقدمه

انتخاب سیستم ساخ‌تمانی بهینه، همواره یکی از دغدغه های کارفرمایان بوده است، چرا که در صورت انتخاب نامناسب، تبعاتش تا چندین سال متوجه ذی نفعان پروژه خواهد شد. فرآیند انتخاب سیستم بهینه، به دلیل درگیر بودن معیارهای مختلف، یک تصمیم گیری چند معیاره محسوب می‌شود.

این تحقیق، به دنبال انتخاب سیستم بهینه نوین ساختمانی با استفاده از سه روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[۱]، مجموع ساده وزنی (SAW)[۲] و تاپسیس (TOPSIS)[۳] می‌باشد.

در زمینه انتخاب سیستم ساختمانی بهینه، بلالی، حسینی، زهرائی و روزبهانی در ششمین کنگره ملی مهندسی عمران (۱۳۹۰) تحقیقی با عنوان انتخاب سیستم ساختمانی مناسب با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره AHP گروهی ارائه کردند.

در تحقیق دیگری در زمینه انتخاب سیستم ساختمانی بهینه، حسامی، اکبری کفاش، طاهری امیری، در دومین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت ساخت (۱۳۹۱) تحقیقی با عنوان انتخاب سیستم سازه‌ای مناسب از میان سیستم‌های نوین و سنتی با استفاده از روشAHP ارائه دادند

مزایای تحقیق حاضر نسبت به تحقیقات سابق عبارتند از:

۱ – استفاده از روش‌های تصمیم گیری TOPSIS و SAW علاوه بر روش AHP

۲ – استفاده از زیر معیارهای متعدد به منظور ارزیابی جامع‌تر گزینه‌ها

۳ – جامعه آماری بزرگتر به منظور کسب داده‌های با اطمینان بیشتر

٤ – ارزیابی رایج ترین سیستم‌های نوین ساختمانی در عرصه انبوه سازی

۵ – ادغام رتبه بندی حاصل از روش‌های مختلف تصمیم گیری چند معیاره

۲- اهداف تحقیق

۱ – آشنایی با روش‌های کاربردی تصمیم گیری چند معیاره از جمله AHP ، TOPSIS و SAW

۱- Analytical Hierarchy Process
۲- Simple additive weighting
۳- Technique for order-prefrence by similarity to ideal solution

Archive of SID
www.SID.ir

۲ – آشنایی با معیارهای مهم در ارزیابی و مقایسه سیستم بهینه ساختمانی

۳ – ارائه راهکارهایی برای توسعه صنعتی‌سازی ساختمان در کشور با رویکرد استفاده از سیستم‌های نوین ساختمانی

۳- روش تحقیق

در این پژوهش، چهار سیستم نوین ساختمانی مورد ارزیابی و مقایسه خبرگان قرار گرفته است . این سیستم‌ها عبارتند از: سیستم‌های قاب سبک فولادی سرد نورد شده (LSF)[۱]، سیستم قالب عایق ماندگار (ICF)[۲]، سیستم پانل‌های سه بعدی (3D-PANEL)[۳] و سیستم پیش ساخته بتنی (PRCS)[۴].

علت انتخاب این سیستم ها، مورد تایید بودن آن ها از نظر مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و رواج آن ها در پروژه های انبوه سازی است.[۲]

جهت شناخت معیارهای تاثیرگذار در روند انتخاب سیستم های ساخت مسکن، با بررسی تحقیقات داخلی و خارجی صورت گرفته در این زمینه، از منابع مختلفی برای بدست آوردن معیارها استفاده شده است.

در نهایت ساختار معیارها و زیر معیارها بدین صورت به دست آمد:

جدول ۱: معیارهای به دست آمده برای ارزیابی و مقایسه سیستم‌های نوین ساختمانی

معیارها	زیر معیارها
معیار اجرایی	وجود آیین نامه‌های اجرایی
	قابلیت انطباق با طراحی مدولار
	امکان تنوع در طرح معماری
	کم بودن مراحل اجرایی
	صلبیت سقف
	عدم وابستگی به کاربرد ماشین آلات سنگین
	وضعیت سیستم از لحاظ عایق حرارتی
	وضعیت سیستم از لحاظ عایق صوتی
	عدم محدودیت‌های فصلی در روش اجرایی
	قابلیت پیش ساختگی
	عدم نیاز به نیروی کاری ماهر
	سازگاری با المان‌های غیر سازه‌ای(تاسیسات)
	ایمنی در برابر حریق
	سهولت کنترل کیفی
	دوام و پایایی مصالح و عناصر
	قابلیت ایجاد تغییرات بعدی
معیار اقتصادی	کم بودن هزینه ساخت
	کم بودن زمان ساخت
	سهولت تامین مصالح در داخل کشور
	کم بودن هزینه‌های نگهداری
	سرعت بازگشت سرمایه

۱- Lightweight Steel Frames
۲- Insulating concrete formwork
۳- 3D Sandwich panels
٤- Prefabricated reinforced concrete systems

Archive of SID
www.SID.ir

معیارها	زیر معیارها
معیار زیست محیطی	قابلیت بازیافت مصالح
	کم بودن مصرف انرژی در طراحی، ساخت و بهره برداری
	عدم تولید آلودگی زیست محیطی
	انطباق با شرایط اقلیمی
	تاثیر بر روی بازار کار
	عدم ایجاد مزاحمت ترافیکی در حین ساخت
	تامین سلامتی و ایمنی کارگران
	تامین زیبایی بصری
	سازگاری با فرهنگ ایرانی اسلامی

فرمول کلی تعیین حجم نمونه عبارتست از:

$$n = \frac{z_{\frac{\alpha}{2}}^{2} pq}{e^2} \qquad (1)$$

n : حداقل حجم نمونه مورد نیاز

$z_{\frac{\alpha}{2}}^{2}$: مقدار متغیر استاندارد (که برای سطح اطمینان ۹۵٪ مقدار آن از جدول مربوطه برابر ۱/۹۶ به دست می‌آید)

e : میزان خطایی که محقق در بررسی مرتکب می‌شود که در تحقیقات معمولاً بین ۰/۰۱ تا ۰/۱ انتخاب می‌شود که در این تحقیق مقدار آن مساوی ۰.۰۸ در نظر گرفته شده است.

P : نسبت موفقیت بین افراد نمونه که به علت نامعلوم بودن مقدار ماکزیمم آن (۰/۵) استفاده شده است.

(P-۱) : نسبت عدم موفقیت بین افراد نمونه که به علت نامعلوم بودن مقدار ماکزیمم آن (۰/۵) استفاده شده است. استفاده از این روش باعث می‌شود تا نمونه انتخابی به اندازه کافی بزرگ باشد. [٦] با درج اعداد مربوطه در فرمول فوق، تعداد نمونه برابر ۱۵۰ به دست می‌آید.

٤- روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

ابتدا عملیات نرمال سازی به روش نرم ساعتی بر روی ماتریس مقایسه گزینه‌ها در برابر زیرمعیارها انجام شده و بردار وزن گزینه‌ها به روش میانگین حسابی به دست می‌آید. سپس امتیاز هر یک از گزینه‌ها در برابر زیرمعیارها با رعایت وزن نسبی زیر معیارها به دست می‌آید.

از کنار هم قرار دادن ستون آخر ماتریس های مربوط به عملکرد گزینه ها در برابر زیر معیارها، ماتریس امتیاز گزینه ها در برابر معیارهای اصلی به دست می‌آید: [۳ و ۱]

جدول ۲: ماتریس امتیاز گزینه‌ها در برابر معیارهای اصلی

معیار / گزینه	معیار اجرایی	معیار اقتصادی	معیار زیست محیطی
LSF	۰/۲۵	۰/۲٤۲	۰/۲۹٦
ICF	۰/۲۳	۰/۲٤۳	۰/۲۲۷
۳D-panel	۰/۲٤	۰/۲۳۲	۰/۲۳۵
PRCS	۰/۲۸	۰/۲۸۳	۰/۲٤۲

Archive of SID

www.SID.ir

در این مرحله، لازم است وزن معیارهای اصلی را به دست آوریم؛ بد ین منظور، ابتدا ماتریس مقایسه معیارهای اصلی را به روش نرم ساعتی بی مقیاس می‌کنیم و سپس بردار وزن معیارهای اصلی را به روش میانگین حسابی، به دست می‌آوریم:

جدول ۳: بردار وزن نسبی معیارهای اصلی

معیارها	وزن نسبی معیار
معیار اجرایی	۰/۳۳

$$\begin{bmatrix} 0.25 & 0.242 & 0.296 \\ 0.23 & 0.243 & 0.227 \\ 0.24 & 0.232 & 0.235 \\ 0.28 & 0.283 & 0.242 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.33 \\ 0.43 \\ 0.24 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2628 \\ 0.2333 \\ 0.2356 \\ 0.2682 \end{bmatrix} \quad (۲)$$

معیار اقتصادی	۰/٤۳
معیار زیست محیطی	۰/۲٤

از ضرب ماتریس امتیاز گزینه ها در برابر معیارهای اصلی در ماتریس وزن معیارهای اصلی، امتیاز نهایی گزینه ها به دست می آید که مبنای رتبه بندی گزینه‌ها در روش AHP می‌باشد.

جدول ٤: رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس روش AHP

گزینه	امتیاز گزینه‌ها	رتبه
LSF	۰/۲٦۲۸	۲
ICF	۰/۲۳۳۳۱٥	٤
۳D-PANEL	۰/۲۳٥٦٥۹	۳
PRCS	۰/۲٦۸۲۲٦	۱

٥- روش مجموع ساده وزنی (SAW)

۱- نرمال سازی ماتریس تصمیم گیری به روش نرم خطی

جدول ٥: ماتریس تصمیم گیری نرمال شده به روش نرم خطی

معیار / گزینه	معیار اجرایی	معیار اقتصادی	معیار زیست محیطی
LSF	۰/۸۹	۰/۸٥	۱
ICF	۰/۸۲	۰/۸٦	۰/۷۷
۳D-panel	۰/۸٦	۰/۸۲	۰/۷۹
PRCS	۱	۱	۰/۸۲

Archive of SID

www.SID.ir

۲- تعیین وزن معیارها به روش آنتروپی شانون

ماتریس مربوط به امتیاز گزینه‌ها از لحاظ معیارهای اصلی که به روش نرم ساعتی نرمال شده است را در نظر می‌گیریم:

جدول ٦: ماتریس نرمال شده امتیاز گزینه‌ها از لحاظ معیارهای اصلی

معیار / گزینه	معیار اجرایی	معیار اقتصادی	معیار زیست محیطی
LSF	۰/۲۵	۰/۲٤۲	۰/۲۹٦
ICF	۰/۲۳	۰/۲٤۳	۰/۲۲۷
۳D-PANEL	۰/۲٤	۰/۲۳۲	۰/۲۳۵
PRCS	۰/۲۸	۰/۲۸۳	۰/۲٤۲

۳- آنتروپی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$Ej = -K \sum_{i=1}^{m} [pij . Lnpij] \qquad (۲)$$

٤- K به عنوان مقدار ثابت به صورت زیر محاسبه می‌شود و مقدار Ej را بین صفر و یک نگه می‌دارد.

$$K = \frac{1}{Lnm} = \frac{1}{Ln5} = 0.61 \qquad (۳)$$

۵- با توجه به رابطه فوق، مقدار E برای معیارهای اصلی به دست می‌آید:

جدول ۷: محاسبه E j

	معیار اجرایی	معیار اقتصادی	معیار زیست محیطی
Ej	۰/۸٤۳۹۵۸	۰/۸٤۳۸۲۱	۰/۸٤۲۱۷۸

۵- عدم اطمینان یا درجه انحراف از اطلاعات ایجاد شده به ازای معیارهای j ام (d j) را محاسبه می‌کنیم:

$$dj = 1 - Ej \qquad (٤)$$

جدول ۸: محاسبه d j

	معیار اجرایی	معیار اقتصادی	معیار زیست محیطی
dj	۰/۱۵٦۰٤۲	۰/۱۵٦۱۷۹	۰/۱۵۷۸۲۲

٦- برای اوزان wj از شاخص‌های موجود خواهیم داشت:

$$W_1 = \frac{dj}{\sum_{i=1}^{n} dj} = \frac{0.156042}{0.47} = 0.3319$$

$$W_2 = \frac{dj}{\sum_{i=1}^{n} dj} = \frac{0.156179}{0.47} = 0.3323$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$W_3 = \frac{dj}{\sum_{i=1}^{n} dj} = \frac{0.157822}{0.47} = 0.3358$$

۷- مناسب‌ترین گزینه (A *) به صورت زیر به دست می‌آید:[۱ و ۳]

$$A^* = \left\{ Ai \,|\max \sum wj.rij \right\}$$

جدول ۹: رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس روش SAW

گزینه	امتیاز گزینه در روش SAW	رتبه
LSF	۰/۹۱٤	۲
ICF	۰/۸۱۷	٤
۳D-PANEL	۰/۸۲۳	۳
PRCS	۰/۹۳۹	۱

٦- روش تاپسیس (TOPSIS)

۱- محاسبه ماتریس تصمیم نرمالیزه شده

ابتدا ماتریس مقایسه گزینه ها از لحاظ معیارهای اصلی را با روش نرم اقلیدسی، بی مقیاس می کنیم. در این روش، هر عنصر ماتریس را بر مجموع مجذور مربعات عناصر هر ستون (نرم ستون j ام (به ازای شاخص xi)) تقسیم می‌کنیم:

$$nij = \frac{rij}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} rij^{\,2}}} \qquad (۵)$$

$$N_D = \begin{bmatrix} 0.497 & 0.483 & 0.589 \\ 0.459 & 0.485 & 0.451 \\ 0.477 & 0.462 & 0.467 \\ 0.558 & 0.564 & 0.481 \end{bmatrix}$$

۲- ماتریس بی مقیاس موزون (v) را ایجاد می‌کنیم:

$$V = N_D.W_{n*n} = \begin{bmatrix} 0.1654 & 0.207 & 0.141 \\ 0.1514 & 0.208 & 0.108 \\ 0.158 & 0.1989 & 0.112 \\ 0.184 & 0.2426 & 0.115 \end{bmatrix}$$

۳- راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده ال منفی را محاسبه می‌کنیم:

$$A^+ = \{(\max_i v_{ij}) = \{v_1^+, v_2^+, ..., v_j^-, ..., v_n^+\}$$
$$A- = \{(\min_i vij) = \{v_1^-, v_2^-, ..., v_j^-, ..., v_n^-\} \qquad (٦)$$

$$A^+ = \{0.184, 0.2426, 0.141\}$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$A^{-} = \{0.1514, 0.1989, 0.108\}$$

٤- اندازه فاصله بر حسب نرم اقلیدسی به ازای راه حل ایده آل مثبت و منفی را محاسبه می‌کنیم:

فاصله گزینه i ام با ایده آل‌ها با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$d_{i+} = \{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^{+})^2\}^{0.5}; i = 1,2,...,m$$
$$d_{i-} = \{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^{-})^2\}^{0.5}; i = 1,2,...,m \quad (٧)$$

$$di^{+} = \begin{bmatrix} 0.0403 \\ 0.0579 \\ 0.0588 \\ 0.0258 \end{bmatrix}$$

$$di^{-} = \begin{bmatrix} 0.0365 \\ 0.0094 \\ 0.00761 \\ 0.0552 \end{bmatrix}$$

٥- نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل را محاسبه می‌کنیم:

جدول ١٠: محاسبه نزدیکی نسبی Ai به راه حل ایده آل

گزینه‌ها	$d\,i^{+}$	$d\,i^{-}$	$Ci = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})}$
LSF	٠/٠٤٠٣	٠/٠٣٦٥	٠/٤٧٥
ICF	٠/٠٥٧٩	٠/٠٠٩٤	٠/١٤
٣D-panel	٠/٠٥٨٨	٠/٠٠٧٦١	٠/١١٤
PRCS	٠/٠٢٥٨	٠/٠٥٥٢	٠/٦٨٢

٦- رتبه بندی گزینه‌ها بر حسب ترتیب انحرافات به دست آمده

جدول١١ : رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس روش Topsis

گزینه	Ci	رتبه
LSF	٠/٤٧٥	٢
ICF	٠/١٤	٣
٣D-PANEL	٠/١١٤	٤
PRCS	٠/٦٨٢	١

[١ و ٣]

Archive of SID

www.SID.ir

۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس فنون تلفیقی

در دنیای واقعی، تصمیم گیرندگان، خود را محدو د به یک روش تصمیم گیری نمی کنند و امکان دارد با استفاده از روش های مختلف، به نتایج مختلفی دست پیدا کنند . در این شرایط، فنونی برای تلفیق رتبه تکنیک ها پیشنهاد شده است که عبارتند از : روش میانگین رتبه ها، روش بردا[۱] و روش کپ لند[۲].

جدول ۱۲: رتبه بندی سیستم‌ها براساس روش های تلفیق رتبه بندی

سیستم	روش میانگین رتبه‌ها	روش بردا	روش کپ لند
LSF	۲	۲	۲
ICF	٤	٤	٤
۳D-PANEL	۳	۳	۳
PRCS	۱	۱	۱

۸- محاسبه نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی

نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی معیارهای اصلی و مقایسات زوجی گزینه ها از لحاظ زیرمعیارها محاسبه شده است که تمامی مقایسات زوجی از لحاظ نرخ ناسازگاری، تایید شدند. این محاسبات، اعتبار و پایایی مقایسات زوجی این تحقیق را اثبات می‌کند.

جدول۱۳: محاسبه نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی

مقایسه زوجی	ضریب ناسازگاری
مقایسه معیارهای اصلی	۰.۰۲۱
مقایسه گزینه ها از لحاظ وجود آیین نامه های اجرایی	۰.۰۰۱۱٤۳
مقایسه گزینه ها از لحاظ قابلیت انطباق با طراحی مدولار	۰.۰۰۱۹۲
مقایسه گزینه ها از لحاظ امکان تنوع در طرح معماری	۰.۰۰۱۰۳۹
مقایسه گزینه ها از لحاظ کم بودن مراحل اجرایی	۰.۰۰۵۱٤٤
مقایسه گزینه ها از لحاظ صلبیت سقف	۰.۰۰۲۸۹۲
مقایسه گزینه ها از لحاظ عدم وابستگی به کاربرد ماشین آلات سنگین	۰.۰۰۲۲۳۷
مقایسه گزینه ها از لحاظ وضعیت سیستم از لحاظ عایق حرارتی	۰.۰٤۲۲۹۸
مقایسه گزینه ها از لحاظ وضعیت سیستم از لحاظ عایق صوتی	۰.۰۰۳۲٦٤
مقایسه گزینه ها از لحاظ عدم محدودیت های فصلی در روش اجرایی	۰.۰۳۷۱٤٥
مقایسه گزینه ها از لحاظ قابلیت پیش ساختگی	۰.۰۰۷۳٦٦
مقایسه گزینه ها از لحاظ عدم نیاز به نیروی کاری ماهر	۰.۰۸۸٤۳٦
مقایسه گزینه ها از لحاظ سازگاری با المان های غیر سازه ای(تاسیسات)	۰.۰۰۲۰۲
مقایسه گزینه ها از لحاظ ایمنی در برابر حریق	۰.۰۳۰۹۲
مقایسه گزینه ها از لحاظ سهولت کنترل کیفی	۰.۰۰۳۰۲۳
مقایسه گزینه ها از لحاظ دوام و پایایی مصالح و عناصر	۰.۰٤۳۲۲٦

۱- Borda Method
۲- Copeland Method

www.SID.ir
Archive of SID

مقایسه زوجی	ضریب ناسازگاری
مقایسه گزینه ها از لحاظ قابلیت ایجاد تغییرات بعدی	۰.۰۴۹۱۴۸
مقایسه گزینه ها از لحاظ هزینه ساخت	۰.۰۷۹۹۵
مقایسه گزینه ها از لحاظ زمان ساخت	۰.۰۰۰۶۴
مقایسه گزینه ها از لحاظ سهولت تامین مصالح در داخل کشور	۰.۰۰۸۶۲۳
مقایسه گزینه ها از لحاظ هزینه های نگهداری	۰.۰۱۸۴۹۲
مقایسه گزینه ها از لحاظ سرعت بازگشت سرمایه	۰.۰۸۹۳۸
مقایسه گزینه ها از لحاظ قابلیت بازیافت مصالح	۰.۰۰۰۳۸۵
مقایسه گزینه ها از لحاظ مصرف انرژی در طراحی ، ساخت و بهره برداری	۰.۰۸۵۱۸۶
مقایسه گزینه ها از لحاظ عدم تولید آلودگی زیست محیطی	۰.۰۰۳۵۸۸
مقایسه گزینه ها از لحاظ انطباق با شرایط اقلیمی	۰.۰۶۵۸۳۸
مقایسه گزینه ها از لحاظ تاثیر بر روی بازار کار	۰.۰۴۲۷۵۱
مقایسه گزینه ها از لحاظ عدم ایجاد مزاحمت ترافیکی در حین ساخت	۰.۰۰۳۰۵۸
مقایسه گزینه ها از لحاظ تامین سلامتی و ایمنی کارگران	۰.۰۰۴۰۴۳
مقایسه گزینه ها از لحاظ تامین زیبایی بصری	۰.۰۵۲۸۲۳
مقایسه گزینه ها از لحاظ سازگاری با فرهنگ ایرانی اسلامی	۰.۰۱۴۸۵۹

۹- محاسبه مجموع مربعات خطا

برای این که بتوان نزدیک ترین روش به نتیجه نهایی را به دست آورد، از روش مجموع مربعات خطا استفاده می‌کنیم.

$$RSS = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i))^2 \qquad (9)$$

yi، رتبه نهایی به دست آمده و f(xi)، رتبه به دست آمده توسط هر روش تصمیم گیری چند شاخصه می‌باشد. نتایج به دست آمده مطابق جدول زیر می‌باشد. روشی که دارای مجموع کمتری باشد، خطای کمتری نسبت به رتبه بندی نهایی دارد. [۷]

جدول۱۴: محاسبه مجموع مربعات خطا

روش تصمیم گیری چند معیاره	RSS
AHP	۰
SAW	۰
TOPSIS	۱.۴۱

۱۰- نتیجه‌گیری

۱- استفاده از روش‌های مختلف تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب سیستم بهینه ساختمانی، منجر به نتایج نسبتاً مشابهی در رتبه بندی سیستم‌های ساختمانی می شود؛ چنان که بر اساس هر سه روش AHP، SAW و TOPSIS، سیستم ساختمانی پیش ساخته بتنی (PRCS) و سیستم قاب سبک فولادی (LSF) به ترتیب در رتبه‌های اول و دوم قرار گرفتند.

۲- بر اساس هر سه روش تلفیقی (روش میانگین رتبه ها، روش بردا، روش کپ لند)، رتبه‌بندی سیستم های ساختمانی، کاملاً یکسان به دست آمد و سیستم های پیش ساخته بتنی (PRCS)، قاب سبک فولادی (LSF)، تری دی پانل (۳D-PANEL) و قالب عایق ماندگار

Archive of SID
www.SID.ir

(ICF) به ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفتند. با توجه به یکسان بودن نتایج حاصل از روش های تلفیقی، می‌توان این رتبه بندی را به عنوان رتبه‌بندی نهایی سیستم‌های نوین ساختمانی مورد بحث در این تحقیق، پذیرفت.

۳- بر طبق محاسبات مجموع مربعات خطا، نتایج دو روش AHP و SAW با نتایج روش‌های تلفیقی یکسان بودند، ولی روش TOPSIS نسبت به روش‌های تلفیقی، دارای درصدی خطا می باشد؛ بنابراین در این تحقیق، روش های AHP و SAW بهتر از روش TOPSIS عمل کرده و نتایج قابل قبول‌تری ارائه داده‌اند.

٤- با توجه به اینکه بهترین گزینه از نظر معیار اجرایی، سیستم ساختمانی پیش ساخته بتنی (PRCS) به دست آمد، پیشنهاد می شود در پروژه‌هایی که با محدودیت های اجرایی مواجه بوده و نیازمند ملاحظات خاص اجرایی هستند، پیمانکاران از سیستم ساختمانی پیش ساخته بتنی (PRCS) استفاده نمایند.

٥- با توجه به اینکه بهترین گزینه از نظر معیا ر اقتصادی، سیستم ساختمانی پیش ساخته بتنی (PRCS) به دست آمد، پیشنهاد می شود در پروژه‌هایی که با محدودیت های منابع مالی برای اجرا و بهره برداری مواجه هستند، پیمانکاران از سیستم ساختمانی پیش ساخته بتنی (PRCS) استفاده نمایند.

٦- با توجه به اینکه بهترین گزینه از نظر معیار زیست محیطی، سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی (LSF) به دست آمد، پیشنهاد می‌شود در مناطقی که از لحاظ زیست محیطی حساس و آسیب پذیر هستند، پیمانکاران از سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی (LSF) به منظور اجرای پروژه‌های انبوه سازی استفاده نمایند.

۷- روش بهینه ارائه شده در این تحقیق برای اجرای پروژه های ساختمانی به روش صنعتی سازی، سیستم پیش ساخته بتنی (PRCS) می‌باشد که نه تنها امکان تولید صنعتی آن وجود دارد، بلکه از مزایایی همچون انعطاف پذیری از لحاظ معماری، سازگاری با تاسیسات، سرعت بالای نصب قطعات، بازگشت سریع سرمایه، صرفه جویی در مصرف انرژی، عملکرد مناسب از لحاظ عایق صوتی و حرارتی و ... برخوردار می‌باشد و از این رو، می تواند به عنوان روش مناسب برای اجرای ساختمان و تولید مسکن به روش صنعتی، مورد استفاده قرار گیرد.

۸- روش‌های تصمیم گیری چند معیاره با توجه به خصوصیات ویژه آن ها، می‌توانند در بررسی موضوعات مربوط به انتخاب سیستم بهینه، کاربرد مطلوبی داشته باشند . روش‌های تصمیم گیری چند معیاره از این نظر مفید هستند که زمینه را برای تبدیل مسائل پیچیده به مسائل ساده‌تر فراهم می‌آورند که در چارچوب آن، برنامه ریز بتواند ارزیابی گزینه ها را با کمک معیارها و زیر معیارها انجام دهد . با توجه به این که در مسائل مربوط به انتخاب سیستم ساختمانی بهینه، تعداد معیارها زیاد می باشد و احتیاج به اتخاذ تصمیم بر اساس چند معیار است، استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره می‌تواند کمک شایانی در انتخاب بهترین راه حل ممکن کند.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۱- مراجع

[۱] آذر، عادل، رجب زاده، علی، تصمیم گیری کاربردی با رویکرد MADM، چاپ پنجم، نگاه دانش،۱۳۹۱

[۲] گلابچی، محمود، مظاهریان، حامد، فناوری های نوین ساختمانی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم،۱۳۸۹

[۳] اصغرپور، محمد جواد، تصمیم گیری های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم،۱۳۸۷

[٤] بلالی، وحید، حسینی، عبدا.. ،زهرائی، بنفشه، روزبهانی، عباس، انتخاب سیستم ساختمانی مناسب با استفاده از روش های تصمیم‌گیری چند معیاره AHP گروهی، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۹۰

[۵] حسامی، سعید، اکبری کفاش، احسان، طاهری امیری، محمد جواد، انتخاب سیستم سازه ای مناسب از میان سیستم های نوین و سنتی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP، دومین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت ساخت، ۱۳۹۱

[٦] خاکی، غلامرضا، روش تحقیق با رویکردی بر پایان نامه نویسی، تهران، انتشارات بازتاب، ۱۳۸٦

[۷] نوجوان، مهدی، محمدی، علی اصغر، صالحی، اسماعیل ،کاربرد روش های تصمیم گیری چند معیاره در برنامه ریزی شهری و منطقه ای با تاکید بر روش های TOPSISو SAW MADM، نشریه مدیریت شهری، شماره ۲۸، ۱۳۹۰

[8] Ebgu,Charles,Abullah,Mohd Rofdzi,Selection criteria framework for choosing industrialized building systems for housing projects, 26th Annual ARCOM Conference, 2010

[9] Zabihi,Hosein,Habib,Farah,Mirsaeedi,Leila,Sustainability Assessment Criteria For Buiding Systems in Iran,Middle –East Journal of Scientific Research 13, 2013

Archive of SID

www.SID.ir