Journal of Structural and Construction Engineering, 9(2), 2022, pp. 122-142

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Study of Operational Issues of Cold Formed Steel Residential Buildings and making some suggestions for its improvement

Mehran Zeynalian[1*], Adel Mogharehabed[2]

1- Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Isfahan, Iran.
2- Masters of Engineering Management and Construction, Isfahan, Iran

ABSTRACT

During the recent years, the use of cold formed steel structures has expanded all over the country in housing industry, and they are employed in mass constructions and great projects. Apart from the advantages of this construction system, like high speed execution and lightness, lack of proper performances in different construction's stages of design, constructions and installations have caused many difficulties and problems in use of this modern structural system. Hence, there is a concern that this opportunity would be converted to a threat for the country's construction industry. In this paper, an attempt is made to identify the barriers and problems existing in cold formed steel constructions. It is hoped that by precise planning and the efforts of the authorities, these problems will be minimized.

In the present study, while conducting a case study on a large number of buildings which constructed by LSF, interview with some expert executives, engineers, professors and beneficiaries were performed. The answered questionnaires then analyzed by network analysis process, Dematel and Delphi methods. After that, the most effective factors in lowering quality of this kind of structural systems were identified and ranked. Finally, some suggestions were made in order to improve the quality of this system.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 17 April 2021
Revise Date: 22 August 2021
Accept Date: 24 October 2021

Keywords: *Light Steel Frame System Industrialization Network Analysis Process Dematel Method Operation problems*

doi: 10.22065/JSCE.2021.263441.2316

*Corresponding author: mehran zeynalian.
Email address: m.zeynalian@eng.ui.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

بررسی مشکلات بهره‌برداری از ساختمان‌های مسکونی ساخته شده با سازه‌های LSF و ارایه راهکارهایی برای بهبود آن

مهران زینلیان[1*]، عادل مقاره عابد[2]

۱-دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه اصفهان، ایران
۲- کارشناس ارشد، مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه اصفهان، ایران

چکیده

استفاده از سازه‌های سرد نورد شده فولادی در چند سال گذشته به سرعت در کشور گسترش پیدا نموده و امروزه در پروژه‌های بزرگ انبوه سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با وجود محاسن بسیار بالای این سیستم ساختمانی، عدم استفاده صحیح از این نوع سازه‌ها در مراحل مختلف طراحی، اجرا و ساخت، باعث بروز مشکلاتی در استفاده از این سیستم‌ها شده است؛ و بیم این می‌رود که این فرصت به یک تهدید برای صنعت ساختمان تبدیل شود. با انجام این مطالعه تلاش شده است تا موانع و مشکلات استفاده از این سیستم سازه‌ای در کشور شناسایی شود؛ و امید می‌رود با برنامه ریزی دقیق و تلاش مسئولان امر، این مشکلات به حداقل ممکن برسد. در این پژوهش، ضمن انجام مطالعه موردی بر تعداد زیادی از ساختمانهای اجرا شده با سیستم فولادی سرد نورد شده، با مصاحبه با مجریان، مهندسان، اساتید دانشگاه و بهره برداران و تهیه پرسشنامه، با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای، دیمتل و دلفی، عوامل مؤثر در پایین آمدن کیفیت سازه‌های قاب سبک فولادی رتبه‌بندی و عوامل با اهمیت بیشتر شناسایی شده و در نهایت راهکارهایی برای بهبود کیفیت این سیستم ارائه می شود.

کلمات کلیدی: سیستم قاب فولادی سبک، صنعتی سازی، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای، روش دیمتل، روش دلفی.

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۴۰۰/۰۱/۲۸	۱۴۰۰/۵/۳۱	۱۴۰۰/۸/۰۲	۱۴۰۰/۸/۰۲	۱۴۰۱/۰۲/۳۱	https://doi.org/10.22065/JSCE.2021.263441.2316
					doi: 10.22065/JSCE.2021.263441.2316

*نویسنده مسئول: مهران زینلیان
پست الکترونیکی: m.zeynalian@eng.ui.ac.ir

۱ – مقدمه

در دهه‌های اخیر، مطالعه و بررسی‌های مختلف بر روی ساختمان‌های سنتی و رفتار این‌گونه سازه‌ها نشان داده است که در زمان وقوع زلزله و بلایای طبیعی در کشور، روش‌های سنتی، از نظر اجرای صحیح ساخت و رعایت اصول طراحی، با مشکلات فراوانی روبرو هستند. لذا لازم است حتی الامکان روش‌های جدید صنعتی سازی و ساخت مسکن جایگزین روش‌های سنتی شوند. از جمله مشکلات روش‌های سنتی، می‌توان به هزینهٔ زیاد ناشی از تلفات مصالح و انرژی، زمان زیاد ساخت، بازیافت کم و دشوار مصالح، آسیب‌های شدید سازه‌ای در هنگام وقوع زلزله و ایجاد خساراتی برای محیط‌زیست اشاره کرد.

مشاهدات تجربی از وقوع زلزله های اخیر در کشور عزیزمان ایران بیانگر این موضوع است که متاسفانه بخش قابل توجهی از تلفات انسانی، بدلیل ریزش آوار و مصالح حجیم و سنگین ساختمانی است. همچنین مشکلات ناشی از خفگی بدلیل ورود حجم زیاد گرد و خاک به داخل ریه‌ها و مجاری تنفسی افراد زیر آوار مانده، می‌باشد. سازه‌های سبک فولادی با توجه به سبک بودن، در برابر زلزله از ایمنی بیش‌تری برخوردار بوده که این نکته با توجه به زلزله‌خیز بودن کشور ما بسیار حایز اهمیت می‌باشد. هم‌چنین در مقایسه با سازه‌های سنتی، برای ساخت سازه‌های سبک از معادن طبیعی کم‌تری استفاده می‌شود. با عنایت به این‌که کارخانه‌های تولیدکنندهٔ مصالح با سوخت فسیلی کار می‌کنند، این امر منجر به کاهش مصرف انرژی و صرفه‌جویی در منابع طبیعی کشور خواهد شد. استفاده از این روش ساخت‌وساز به شیوهٔ علمی و اصولی، به دلیل مزیت‌های ذکر شده و با توجه به کیفیت و ایمنی بالاتر، زمان و هزینهٔ تمام شدهٔ پایین‌تر و دور ریز کم‌تر مصالح، می‌تواند تأثیر شگرفی در صنعت مسکن کشور داشته باشد. از طرف دیگر، ساخت‌وساز به روش سنتی دارای حجم بالای کار وابسته به کارگران و استادکاران می‌باشد. این موضوع نیز در مقایسه با روش‌های نوین ساختمانی، باعث طولانی شدن مدت زمان اجرا و بیش‌تر شدن احتمال خطاهای انسانی در پروژه‌ها می‌شود.

برای انجام این پژوهش، با مجریان، بهره‌برداران، اساتید و مهندسین مرتبط با سازه‌های LSF[1] در شهرهای چادگان، تیران، شهرک مجلسی در استان اصفهان، پرند در استان تهران، و ارومیه و اهواز مصاحبهٔ به عمل آمد. هم‌چنین در بازدید از کارگاه های تولید قطعات سازهٔ LSF با تولیدکنندگان این نوع قطعات نیز مصاحبه به عمل آمد.

۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

از جمله مطالعات انجام شده در زمینهٔ سازه‌های سبک فولادی می‌توان به تحقیقی که در سال ۲۰۰۱ توسط فلاح به منظور بررسی سیستم قاب سبک فولادی انجام شد، اشاره کرد. ایشان تصریح کرد که به طور کلی استفاده از این سیستم مزایای فراوانی را داراست که می‌توان به مواردی چون مقاومت در برابر زلزله، سرعت بالای ساخت‌وساز و کیفیت پایدار آن، اشاره کرد [۱]. در سال ۲۰۰۴ دوبینا[2] به بررسی عملکرد پانل‌های برشی دیوارهای فولادی سرد نورد شده، تحت بارگذاری یک‌نواخت و متناوب پرداخته است. برای مقاوم کردن سازه در برابر برش، بهترین راه حل استفاده از نگهدارنده‌ها[3] می‌باشد. نگهدارنده‌ها باعث می‌شوند طبقات سازه با هم متصل شوند و در زمان زلزله و وارد شدن بارهای جانبی، سازه دچار گسیختگی نشود و نیروی وارده به صورت یکنواخت بر سازه وارد شود [۲].

در سال ۲۰۰۵ اولیویرا[4] و همکاران، مقایسه‌ای بین انواع سازه‌های صنعتی از نظر اقتصادی و محیط‌زیست انجام دادند؛ و اظهار داشتند که نسبت به سازه‌های مرسوم، LSF و ICF[5] کم‌ترین نیاز به ماشین‌آلات سنگین، زمان کم‌تر و اثرات مخرب زیست‌محیطی کم‌تری دارند [۳]. در سال ۲۰۱۰ دیوالد[6] بیان کرد که LSF دست کم ۳۰ درصد در کاهش وزن ساختمان و تا ۵۰ درصد در کاهش زمان ساخت تأثیر دارد [۴]. در سال ۲۰۱۱ مهدوی‌نژاد و همکاران، تحقیقاتی را بر روی هزینهٔ تمام شدهٔ سازه‌های قاب سبک فولادی در مقایسه با سیستم‌های متعارف انجام دادند که ۱۱ درصد کاهش در هزینه‌ها را نشان داد [۵].در سال ۲۰۱۲ سانتوس[7] و همکاران با بررسی انرژی اعمالی به بررسی سازه

---

1 Lightweight Steel Framing
2- Dubina
3- Hold Down
4-Oliveria
5- Insulated Concrete Form
6- Dewald
7-santos

های سبک فولادی پرداخته اند[۶]. در سال ۲۰۱۳ ارن[۸] بررسی روش‌های مختلف ساخت سازه‌های قاب سبک فولادی و انواع مختلفی از پلان‌ها از نظر قیمت و انعطاف‌پذیری، ۳۱ نوع پلان حدود ۷۳ متر مربعی ارایه نمود که طرح بهینه‌ای داشتند. هم‌چنین نحوهٔ قرارگیری مناسب بازشوها را نیز مورد بررسی قرار داد[۷]. در سال ۲۰۱۷ الازونی[۹] و زاید[۱۰] تحقیقی با عنوان مدل بهینه سازی زمانبندی عمومی برای پروژه های ساختمانی چندگانه انجام دادند[۸]. در سال ۲۰۱۸ باویسکار رائول[۱۱] تحقیقی با عنوان بهینه سازی زمان-هزینه در مطالعه موردی ساخت و ساز جاده-بزرگراه نشیک سینار هند پرداخت[۹]. درسال ۲۰۱۹ لیو[۱۲] و همکاران دریافتند که سیستم قابLSF به علت داشتن مزایایی نظیر پیش ساختگی و تولید انبوه، سرعت بالای اجرا و ملاحظات زیست محیطی نسبت به روشهای رایج ساختمان سازی، بسیار مورد توجه قرار گرفته است[۱۰].

در سال ۱۳۸۹وثوقی‌فر و همکاران، کاربرد سیستم قاب سبک فولادی و نقش آن در سبک‌سازی سازه‌ها در قیاس با سیستم‌های رایج ساخت و ساز در کشور را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد استفاده از سیستم LSF به دلیل دارا بودن قابلیت‌های کاهش تغییر مکان نسبی، کاهش وزن سازه تا حدود ۴۰ درصد نسبت به سیستم فلزی رایج، کاهش مصرف بتن تا حدود ۶۰ درصد نسبت به سازه‌های بتنی رایج و ۳۰ درصد نسبت به سیستم فلزی رایج، دارای عملکرد مناسب لرزه‌ای می‌باشد [۱۱]. در سال ۱۳۹۳ زینلیان و همکاران، تحقیقاتی بر اساس ریسک‌های فنی و مدیریتی ساختمان در تمام طول عمر مفید آن انجام دادند و در پایان نشان دادند که اجرای سازه‌هایLSF به میزان قابل توجهی نسبت به روش‌های مرسوم قابل اعتمادتر است [۱۲].در سال ۱۳۹۴تقدیری و قنبرزاده به بررسی تحقیقی با عنوان مزایای پیش ساخته سازی در مقایسه ساخت و ساز متعارف پرداخته، که در آن امکان استفاده، مزایا، معایب،جنبه های اقتصادی، الگوهای مؤثر، موانع و توسعه پیش ساختگی در صنعت ساختمان سازی مورد بحث قرار گرفته است و نظارت بهتر بر ارتقاء کیفیت محصولات پیش ساخته، حائز بالاترین ارزش می باشد و از طریق به کارگیری روش های پیش ساختگی می توان ضایعات حاصل از ساخت و ساز را تا نصف کاهش داد[۱۳].در سال ۱۳۹۶ میر جعفری و کوهکن به بررسی سازه های سازه LSF در شهر یزد پرداختند. در این تحقیق سعی بر این بود تا ارزیابی از شاخصهای کیفیت، هزینه و زمان در مورد سازه LSF در شهر یزد داشته باشند. برای بررسی این سه شاخص و ارتباط این شاخص ها با یکدیگر و تاثیرشان بر روند ساخت سازه LSF ، ابتدابه تبیین سازه و ویژگی ها و اجزای آن پرداخته شد و در ادامه با استفاده از پرسشنامه از نظرات کارشناسان و صاحبنظران در مورد سازه LSF و نحوه اجرای آن استفاده کردند. نتایج پژوهش بیانگر آن است که کارشناسان بر این اعتقادند که از بین شاخص های مطرح شده، هزینه بیشترین اهمیت و تاثیر را دارد، خصوصا هزینه سازه که خود بیان کننده اهمیت میزان هزینه اجرای سازه در شهر یزد می باشد. پس از هزینه، زمان سازه و خصوصا آنچه که از این سازه به سرعت اجرای ساختمان مرتبط می شود حایز اهمیت بوده است؛ و نهایتا کیفیت به عنوان شاخص بعدی مطرح می شود که نشان از دیدگاه مثبت و نسبی صاحبنظران و کارشناسان از این سازه می باشد[۱۴]. در سال ۱۳۹۷ نوری و همکاران، به بررسی و ارزیابی شاخص‌های کیفیت و هزینه در سازه‌های فولادی سبک پرداخته و عوامل تأثیرگذار بر اجرای LSF را مورد بررسی قرار دادند[۱۵]. در سال ۱۳۹۸ رحیمی بالا و همکاران، به بررسی عملکرد سازه‌هایLSF در برابر آتش و هم‌چنین در آتش‌سوزی‌های پس از زلزله پرداختند تا زمان تخریب این سازه هنگامی که اجزای آن تحت تأثیر آتش قرار گرفته‌اند، به دست آید [۱۶].در سال ۱۳۹۸حسینی و مفیدی به بررسی تحقیقی با عنوان مطالعه اثرات فناوری های نوین و استاندارد سازی مصالح صنعت ساختمان در بهبود عملکرد زمان و هزینه در پروژه های ساختمانی پرداخته اند، که از بین سیستم های سازه ای و سقفی و بتنی نشان داد که سیستم های سازه ای نوین LSF و ICF نسبت به سایر موارد سیستم سازه ای بهینه تر می باشد[۱۷].

8- Eren
9-Elazouni
10-Zayed
11-Baviskar Rahul
1 Iew 2

۳- روش تحقیق

۳-۱- روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، ضمن انجام مطالعهٔ موردی تعداد زیادی از ساختمان‌های اجرا شده با سیستم فولادی سرد نورد شده، با مصاحبه با مجریان، مهندسان، استادان دانشگاه و بهره‌برداران، و تهیهٔ پرسشنامه، در مرحلهٔ اول، عوامل مؤثر در پایین آمدن کیفیت این ساختمان‌ها در ۴۷ مورد شناسایی شد. پس از آن با استفاده از روش دلفی تعداد عوامل به ۲۵ عامل کاهش یافته و در نهایت با ادغام عامل‌های شبیه به هم و حذف موارد تکراری، این عوامل به ۲۰ عدد رسید. روش دلفی یک تکنیک تصمیم گیری برای جمع آوری و طبقه بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در بین این افراد و بازخورد کنترل شده پاسخ‌ها و نظرات دریافتی و نظرسنجی مجدد در چندین مرحله صورت می‌گیرد. عوامل فوق با توجه به نظر خبرگان و مطالع تحقیقات گذشته به ۵ گروه آموزشی و فرهنگی، اقتصادی، فنی و تخصصی، کیفیت مصالح و قطعات سازهٔ قاب سبک فولادی و مدیریتی دسته‌بندی شدند، سپس با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای[1] و دیمتل[2] عوامل مؤثر در پایین آمدن کیفیت سازه‌های قاب سبک فولادی رتبه‌بندی و عوامل با اهمیت بیش‌تر شناسایی شدند. خاطرنشان می‌سازد در این پژوهش و در مراحل مختلف، از سه پرسشنامه مختلف به شرح زیر استفاده شده است.

پرسشنامهٔ شمارهٔ ۱: این پرسشنامه جهت کاهش تعداد ۴۷ عامل مؤثر بر پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF که در مرحله مصاحبه با نخبگان و متخصصان بدست آمده بودند، استفاده شد. در این پرسشنامه از پرسش‌شوندگان درخواست شده است تا علاوه بر موارد موجود، سایر گزینه‌های مدنظر خود را نیز اعلام کنند. لازم به ذکر است این عوامل پس از بررسی و جمع‌بندی نظرات ۱۵ نفر از خبرگان حوزهٔ اجرا، طراحی و نظارت مرتبط با سازه‌های LSF در هفت پروژه متفاوت انبوه‌سازی LSF با اقلیمهای مختلف که در بخش ۱ معرفی شدند و مطالعات کتابخانه‌ای ، تعیین شده‌اند.

۱- وجود مهندسین بی‌تجربه و ناآشنا با سازه‌های LSF
۲- استفاده از عوامل اجرایی غیرماهر در رابطه با سازه‌های LSF
۳- عدم تخصص کافی پرسنل شهرداری و نظام مهندسی در رابطه با سازه‌های LSF
۴- استفاده از عایق‌های نامناسب صوتی در ساخت سازه‌های LSF
۵- استفاده از عایق‌های نامناسب حرارتی در ساخت سازه‌های LSF
۶- وجود نقشهٔ معماری غیراستاندارد در ساخت سازه‌های LSF
۷- مقاومت پایین در برابر آتش در سازه‌های LSF
۸- عدم اجرای صحیح قوانین و مقررات ساختمانی در رابطه با سازه‌های LSF توسط مهندسین
۹- سرمایهٔ اولیهٔ ناکافی به منظور تأمین هزینه‌های اولیه پروژه‌های سازهٔ LSF
۱۰- پایین بودن میزان دستمزد عوامل اجرایی شاغل در ساخت پروژه‌های LSF
۱۱- عدم توازن درآمد با مسئولیت مهندسین شاغل در ساخت سازه‌های LSF
۱۲- کاهش هزینه‌های تمام شدهٔ ساخت سازه‌های LSF از طرف کارفرما برای سوددهی بیش‌تر
۱۳- بالا بودن هزینه‌های آموزشی تخصصی مرتبط با سازه‌های LSF
۱۴- استفاده از مصالح ارزان قیمت در ساختمان‌های با سازهٔ LSF
۱۵- هزینهٔ بالای مصالح و عایق‌های با کیفیت در سازهٔ LSF
۱۶- عدم به‌روز بودن منابع علمی مرتبط با سازه‌های LSF
۱۷- عدم دسترسی به منابع علمی مرتبط با سازه‌های LSF

[1] Analytic Network Process
[2] Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

۱۸- عدم برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مناسب و متعدد مرتبط با سازه‌های LSF
۱۹- پایین بودن تعداد برگزاری همایش‌های علمی مرتبط با سازه‌های LSF
۲۰- استفاده نکردن از رسانه‌های جمعی در جهت فرهنگ سازی و آشنایی با فناوری سیستم سازه‌های LSF
۲۱- عدم شناخت و آگاهی شهروندان از سیستم سازه‌های LSF
۲۲- استفاده نکردن از پتانسیل مراکز دانشگاهی برای ترویج سازه‌های LSF
۲۳- کمبود مراکز فنی ـ حرفه‌ای برای آموزش فنی به کارگران و مجریان سازه‌های LSF
۲۴- کاربردی نکردن دروس مرتبط با فناوری ساخت سازه‌های LSF در دانشگاه‌ها
۲۵- عدم تخصص کافی اساتید دانشگاه‌ها در رابطه با سازه‌های LSF
۲۶- فقدان اخلاق حرفه‌ای برخی از نیروهای انسانی شاغل در حین اجرای ساختمان‌های با سازه‌های LSF
۲۷- عدم استفاده از تجارب مهندسین و مجریان (داخلی و خارجی) مرتبط با سازه‌هایLSF
۲۸- عدم بازدید دوره‌ای پروژه توسط خبرگان و متخصصین سازه‌های LSF
۲۹- تخصص پایین مجری سازه‌های LSF
۳۰- تخصص پایین دستگاه نظارت سازه‌های LSF
۳۱- نبود برنامه‌ریزی اولیهٔ دقیق در اجرای سازه‌هایLSF
۳۲- عدم توجه به شرایط اقلیمی و فرهنگی محل احداث ساخت سازه‌های LSF
۳۳- تغییرات در مدیریت سازمان‌های دولتی و خصوصی متعهد به ساخت سازه‌هایLSF در حین اجرای پروژه
۳۴- انعقاد قراردادهای غیراستاندارد با مجریان سازه‌های LSF
۳۵- شتاب‌زدگی برای تکمیل ساختمان‌های با سازهٔ LSF
۳۶- نداشتن تجربیات کافی برای مجریانی که اولین بار سازه‌های LSFرا اجرا می‌کنند
۳۷- عدم تعریف درست شرح وظایف حوزه‌های کاری مختلف در هنگام اجرای سازه‌های LSF
۳۸- عدم وجود آیین‌نامهٔ کامل و جامع داخلی مرتبط با سازه‌های LSF
۳۹- استفاده از مصالح غیراستاندارد در ساختمان‌های با سازهٔ LSF
۴۰- در دسترس نبودن مصالح استاندارد در ساختمان‌های با سازهٔ LSF
۴۱- اجرای نادرست سازهٔ LSF(مانند لرزش غیرمتعارف کف و دیوارها)
۴۲- عدم وجود سیاست‌های تشویقی مناسب برای واحدهایی که مصالح استاندارد مرتبط با سازه‌های LSF را تولید می‌کنند
۴۲- ناآشنایی تولیدکنندگان قطعات فولادی سازه‌های LSF برای کار با ماشین‌آلات مخصوص ساخت این سازه‌ها
۴۳- عدم اتخاذ سیاست‌های تشویقی برای تولیدکنندگان قطعات سازه‌های LSF
۴۴- وارد نشدن کامل تکنولوژی سیستم ساخت سازه‌های LSF
۴۵- کم بودن کارخانه‌های تولیدکنندهٔ ورق‌های فولادی گالوانیزهٔ سرد نورد شده مطابق با استانداردهای موجود
۴۶- اجرای نادرست تأسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان‌های LSF

با توجه به تعداد نسبتاً زیاد عوامل فوق که بررسی‌های بعدی را مشکل می‌کند، در این مرحله از پرسش‌شوندگان خواسته شد، به منظور پالایش و تقلیل عامل¬ها، از میان این گزینه‌ها، ۲۵ گزینهٔ مهم‌تر را شناسایی و از ۰ تا ۲۰ نمره‌دهی کرده و به همراه پیشنهادات موجود بیان کنند.

- **پرسشنامهٔ شمارهٔ ۲**: این پرسشنامه مبتنی بر تکنیک دیمتل بوده و دارای یک جدول مقایسات زوجی است که در جدول ۱ نشان داده شده است. از نتایج این پرسشنامه در رابطه با اثرگذاری و اثرپذیری عامل¬های تحقیق بر روی یک‌دیگر استفاده می‌شود. دیمتل که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر پایهٔ مقایسات زوجی می‌باشد، برای انعکاس ارتباطات متقابل میان عامل¬های اصلی استفاده می‌شود؛ به‌طوری که

متخصصان قادرند با تسلط بیش‌تری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات میان عوامل بپردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصل از تکنیک دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، هم رابطهٔ علت و معلولی بین عوامل و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد.

جدول (۱) - ماتریس روابط مستقیم عامل¬ها

	آموزشی فرهنگی	اقتصادی	فنی تخصصی	کیفیت مصالح و قطعات سازه	مدیریتی
آموزشی فرهنگی					
اقتصادی					
فنی تخصصی					
کیفیت مصالح و قطعات سازه					
مدیریتی					

- **پرسشنامهٔ شمارهٔ ۳:** این پرسشنامه مبتنی بر تکنیک فرآیند تحلیل شبکه بوده و دارای ۶ جدول مقایسهٔ زوجی است. از نتایج این پرسشنامه در رابطه با اولویت‌بندی زیر عامل¬ها و عامل¬های تحقیق استفاده می‌شود. در این مقاله به دلیل محدودیت در تعداد صفحات، فقط به‌عنوان مثال، در جدول ۲ ماتریس زیر عامل¬های اقتصادی بیان شده است.

جدول (۲) ماتریس مقایسهٔ زوجی زیرعامل¬های اقتصادی

عامل¬ها	اولویت‌ها																		عامل¬ها
پایین بودن میزان دستمزد عوامل شاغل در ساخت پروژه‌های سازهٔ LSF	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سرمایهٔ اولیهٔ ناکافی منظور تأمین به هزینه‌های پروژه‌های سازهٔ LSF
پایین بودن میزان دستمزد عوامل شاغل در ساخت پروژه‌های سازهٔ LSF	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینهٔ بالای مصالح و عایق‌های باکیفیت LSFدر سازهٔ
به سرمایهٔ اولیهٔ ناکافی منظور تأمین هزینه‌های LSFپروژه‌های سازهٔ	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینهٔ بالای مصالح و عایق‌های باکیفیت LSFدر سازهٔ

۳-۲-روایی و پایایی پرسشنامه

ابزار سنجش می‌بایست از پایایی و روایی لازم برخوردار باشد تا محقق بتواند داده‌های متناسب با تحقیق را گردآوری نماید و از طریق این داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها، فرضیه‌های مورد نظر را بیازماید و به سؤالات تحقیق جواب دهد. منظور از روایی این است که محتوای ابزار و یا سؤالات مندرج در پرسشنامه، به طوردقیق متغیرها و موضوع مورد مطالعه را می‌سنجد یا نه؟[۱۸].

همچنین منظور از اعتبار یا پایایی ابزار اندازه‌گیری نیز این است که اگر سنجش، تحت شرایط مشابه مجدداً تکرار شود، نتایج حاصل تا چه حد، مشابه و قابل اعتماد است؟ ابزار سنجشی معتبر است که دارای ویژگی‌های سازگاری و باز پدیدآوری باشد. یعنی بتوان آن را در موارد متعدد بکار برد و در همه موارد نتیجه یکسانی تولید نماید [۱۸].

در این پژوهش به منظور برآورد و تأمین روایی ابزار تحقیق و پرسشنامه، به دلیل آن که مبتنی بر مقایسه زوجی تمامی عناصر با یکدیگر است احتمال اینکه یک متغیر در نظر گرفته نشود صفر است. بنابراین چون تمامی معیارها در این سنجش مورد توجه قرار گرفته است و طراح قادر به جهت‌گیری خاصی در طراحی سؤالات نمی‌باشد، بنابراین پرسشنامه‌های مبتنی بر مقایسه زوجی فی نفسه از روایی برخوردار هستند. به منظور پایایی پرسشنامه از شاخصی به نام شاخص سازگاری استفاده می‌گردد. این شاخص‌ها بیان می‌کند که اگر میزان سازگاری مقایسات زوجی بیشتر از ۰/۱ باشد بهتر است در مقایسات تجدید نظر گردد.

برای اعتبار سنجی نظرات در پرسشنامه با عباراتی چون ارائه هرگونه پیشنهاد و توضیحات تکمیلی در رابطه با عوامل مؤثر در پایین آمدن کیفیت ساختمانهای LSF و کامل بودن این عوامل مورد ارزیابی قرار گرفته شد برای جلوگیری از القای ذهنیت خاص برای پر کردن پرسشنامه مقایسه زوجی توسط خبرگان، معیارهای جدول براساس حروف الفبا مرتب شدند. باید توجه داشت که کیفیت نظر خبرگان امری به شدت حائز اهمیت است و میزان ادراک هریک از خبرگان از چگونگی رابطه بین معیارهای موجود در تحقیق، در ساختار نهایی سیستم بسیار مؤثر است.

۳-۳-روش دیمتل

روش دیمتل اولین‌بار در اواخر سال ۱۹۷۱ توسط فونتلا[۱] و گابوس[۲] ارایه شد که عموماً برای بررسی مسایل و استفاده از قضاوت خبرگان در زمینه‌های علمی، سیاسی، اقتصادی و اجتماعی به کارگرفته شد [۱۹]. تکنیک دیمتل دارای دو کارکرد عمده می‌باشد:

۱- برای انعکاس ارتباطات متقابل میان عامل¬ها از تکنیک دیمتل استفاده شده است. به دلیل روشنی و شفافیت این تکنیک در انعکاس ارتباطات متقابل میان مجموعهٔ وسیعی از عوامل، متخصصان قادرند با تسلط بیش‌تری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات میان عوامل بپردازند.

۲- ساختاردهی به عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علت و معلولی یکی از مهم‌ترین کارکردها و از مهم‌ترین دلایل کاربرد فراوان آن در فرآیندهای حل مسأله است. بدین صورت که با تقسیم‌بندی مجموعهٔ وسیعی از عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علت و معلولی، تصمیم-گیرنده را در شرایط مناسب‌تری از درک روابط قرار می‌دهد. این موضوع سبب شناخت بیش‌تر از جایگاه عوامل و نقشی که در جریان تأثیرگذاری متقابل دارند، می‌شود.

برای تجمیع نظرات در روش دیمتل مطابق زیر از میانگین حسابی استفاده شده است.

$$Z=\frac{X_1+X_2+X_3+\ldots+X_p}{p} \qquad (۱)$$

[1] - Fontela
[2] - Gabus

در این فرمول p تعداد خبرگان و x_1, x_2 و x_p به ترتیب ماتریس مقایسهٔ زوجی خبرهٔ ۱، خبرهٔ ۲ و خبرهٔ p می‌باشد. در این تحقیق، p برابر ۱۵ نفر است. هم‌چنین به منظور مقایسهٔ عامل¬ها با یک‌دیگر از ۵ مقدار استفاده شده است که بدون تأثیر امتیاز ۰، بسیار کم اثر امتیاز ۱، اثرگذاری کم امتیاز ۲، تأثیر زیاد امتیاز ۳ و بسیار اثرگذار امتیاز ۴ است. گام‌های حل مسأله با این تکنیک به صورت زیر است:

الف – تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (M): زمانی که از دیدگاه چند نفر استفاده می شود، با استفاده از میانگین حسابی نظرات، ماتریس M تشکیل می شود.

ب – نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم: بمنظور نرمال کردن ماتریس M، از رابطه (۲) استفاده می شود. بدین منظور ابتدا جمع سطری درایه‌های ماتریس را محاسبه کرده و معکوس بزرگ‌ترین عدد سطر، K را تشکیل می‌دهد، که از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$N= K\times M \qquad (۲)$$

$$K= \frac{1}{max\sum_{j=1}^{n} Mij} \qquad (۳)$$

ج. محاسبهٔ ماتریس ارتباط کامل (روابط مستقیم و غیرمستقیم):

ماتریس ارتباط کامل از در نظرگیری کلیهٔ روابط مستقیم و غیرمستقیم عامل¬های مسأله موردنظر بدست می‌آید. برای محاسبهٔ ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی تشکیل می‌شود. ماتریس همانی یا ماتریس یک‌به‌یک ماتریس n در n گفته می‌شود که درایه‌های قطر اصلی آن یک و بقیهٔ درایه‌ها صفر باشند. این ماتریس با I_n یا اگر اندازهٔ ماتریس قابل تشخیص باشد به صورت ساده‌تر با I نشان داده می‌شود. سپس ماتریس همانی منهای ماتریس نرمال شده و ماتریس حاصل وارون می‌گردد. در نهایت ماتریس نرمال در ماتریس وارونبه شرح رابطه (۴) ضرب می‌شود.

$$T=N\times(I-N)^{-1} \qquad (۴)$$

د. میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عامل¬ها

یکی از امتیازات روش دیمتل نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری این است که هر عامل می‌تواند بر کلیهٔ عناصر هم‌سطح، سطح بالاتر یا سطح پایین‌تر از خود تأثیر بگذارد؛ و متقابلاً از تک‌تک آن‌ها تأثیر پذیرد. به بیان دیگر عناصر موجود در سیستم می‌توانند مستقل از هم نباشند. اهمیت و وزن هر عامل نیز در نهایت نه فقط توسط عوامل بالادست یا پایین دست، بلکه توسط تمامی عوامل کل مدل تعیین می‌شود. جمع عناصر هر سطر (R) از ماتریس ارتباط کامل نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر دیگر عامل¬های مدل است. جمع عناصر ستون (J) نیز برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل¬های مورد مطالعه است. بنابراین مقدار (R+J)، میزان تأثیر و تأثر عامل موردنظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار (R+J) بیش‌تر باشد، آن عامل تعامل بیش‌تری با سایر عامل¬های مجموعه دارد. مقدار (R-J)، قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر (R-J) مثبت باشد، متغیر علّی محسوب می‌شود که اثرگذار می باشد و دارای تاثیرگذاری بالایی بر روی عامل¬های دیگر می‌باشد؛ و اگر منفی باشد، معلول به حساب می آید که نشان دهنده تاثیر پذیری این عامل دارد.

۳-۴-گام‌های حل مسأله با روش فرآیند تحلیل شبکه

فرآیند تحلیل شبکه از پنج مرحلهٔ اصلی به شرح زیر تشکیل شده است:

۱- ساخت مدل شبکه: در این مرحله معیارهایی که در تصمیم‌گیری نهایی مؤثرند و به روش دیمتل همراه نظرخواهی از خبرگان مشخص شدند، به یک‌دیگر متصل می‌شوند و ساختار شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند. در این پژوهش، عامل¬ها و زیرعامل¬های اثرگذار بر پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF خوشه‌های اصلی را تشکیل می‌دهند. به عبارت دیگر، درون هر خوشه مجموعه‌ای از عامل¬ها و زیرعامل¬های اثرگذار بر پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF قرار دارند که به عنوان گره‌های شبکه شناخته می‌شوند.

۲- تشکیل ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی و بردارهای وزن: ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی تأثیر عامل¬ها و زیرعامل¬ها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شود، تا بتوان به کمک آن‌ها وزن عوامل را به دست آورد. پس از انجام مقایسه‌های زوجی مانند روش تحلیل سلسله مراتبی، محاسبهٔ شاخص سازگاری مقایسه‌ها ضروری می‌باشد.

۳- تشکیل سوپرماتریس اولیه: سوپر ماتریس، ماتریسی از روابط بین اجزای شبکه می‌باشد که از وزن‌های نسبی عامل¬های تحقیق به‌دست می‌آید. برای به‌دست آوردن وزن‌های نسبی کلی در یک سیستم با تأثیرات وابسته، وزن‌های نسبی جزیی وارد ستون‌های مناسب یک ماتریس می‌گردند. در حقیقت سوپر ماتریس، یک ماتریس تقسیم شده به اجزای کوچک‌تر است. بر اساس مقایسهٔ زوجی که در بخش قبل انجام شد، چند ماتریس ساخته و وزن نسبی هر ماتریس محاسبه می‌شود. سپس، وزن‌های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطهٔ متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند.

۴- تشکیل سوپرماتریس وزنی: برای آن‌که از عناصر ستون سوپرماتریس اولیه متناسب با وزن نسبی آن‌ها فاکتور گرفته و جمع ستون برابر ۱ شود، هر ستون ماتریس نرمال می‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به‌دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر ۱ خواهد بود.

۵- سوپرماتریس حدی: این سوپرماتریس مشابه با فرآیندهای زنجیرهٔ مارکوف[۷]با به توان رساندن سوپرماتریس وزن‌دار آن‌قدر به توان می‌رسد (در خود ضرب می‌شود) که سطرهای آن به اعداد ثابتی میل کند[۲۰]. ماتریسی حدی است که مقادیر هر سطر آن با هم برابرند:

$$W = \lim_{k \to \infty} W^{2k+1} \qquad (۵)$$

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱- شناسایی زیرعامل¬های تحقیق

در این پژوهش پس از بازدید از سازه‌های LSF در شهرهای
چادگان، تیران، شهرک مجلسی در استان اصفهان، شهر جدید پرند در استان تهران، ارومیه و اهواز، و مصاحبه با بهره‌برداران و خبرگان حوزهٔ اجرا، طراحی و نظارت، عواملی که در پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF موثر هستند، جمع‌آوری گردید؛ پس از جمع‌بندی نظرات توسط ۱۵ نفر از این خبرگان و مطالعات کتابخانه‌ای، ۴۷ عامل به‌عنوان مهم‌ترین عوامل اثرگذار در پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF به دست آمد.

۴-۲- تقلیل زیرعامل¬های تحقیق

پس از جمع‌آوری ۴۷ عامل که در پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF مؤثر هستند، پرسشنامه‌ای در قالب روش دلفی به ۱۵ نفر از خبرگان این حوزه داده شد و در نهایت با استفاده از روش دلفی تعداد عامل¬ها به ۲۵ عدد رسید. پس از بررسی و بازبینی عامل¬های سازهٔ LSF و

[1] - Markov Chains [7]

مصاحبهٔ مجدد با این خبرگان، در نهایت تعداد این عامل¬ها به ۲۰ عدد تقلیل یافت. دلیل این تقلیل آن است که با ادغام عامل¬های شبیه به هم و حذف موارد تکراری عامل¬های با اهمیت و تناسب بیش‌تر، انتخاب شوند؛ و نیز از طرفی با کاهش عامل_ها، تعداد سؤالات در پرسشنامهٔ مقایسات زوجی کم شده، تمایل خبرگان برای پر کردن پرسشنامه و افزایش سازگاری جواب‌های پرسشنامه بیش‌تر شود. در نهایت این ۲۰ عامل به صورت زیر است:

۱- عدم استفاده صحیح از رسانه‌های جمعی در جهت فرهنگ سازی و آشنایی با فناوری سیستم سازه‌های LSF
۲- برگزاری محدود نمایشگاه‌ها و همایش‌های تخصصی مرتبط با سازه‌های LSF
۳- عدم کفایت آموزشهای مرتبط با فناوری ساخت سازه‌های LSF
۴- کمبود مراجع و آیین‌نامه‌های جامع داخلی مرتبط با سازه‌های LSF
۵- کمبود مراکز فنی ـ حرفه‌ای برای آموزش فنی به کارگران و مجریان سازه‌های LSF
۶- پایین بودن میزان دستمزد عوامل شاغل در ساخت پروژه‌های سازهٔ LSF
۷- سرمایهٔ اولیهٔ ناکافی به منظور تأمین هزینه‌های پروژه‌های سازهٔ LSF
۸- هزینهٔ بالای مصالح و عایق‌های با کیفیت در سازهٔ LSF
۹- اجرای نادرست تأسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان‌های LSF
۱۰- اجرای نادرست سازهٔ LSF (مانند لرزش غیرمتعارف کف و دیوارها)
۱۱- اجرای نادرست معماری ساختمان‌های LSF
۱۲- استفاده از عایق‌های نامناسب صوتی و حرارتی در ساخت سازه‌های LSF
۱۳- کمبود تجربهٔ ساخت سازه‌های LSF
۱۴- استفاده از مصالح غیراستاندارد در ساختمان‌های با سازهٔ LSF
۱۵- فقدان چرخهٔ کامل تکنولوژی سیستم ساخت سازه‌های LSF
۱۶- کم بودن کارخانه‌های تولید کنندهٔ ورق‌های فولادی گالوانیزهٔ سرد نورد شدهٔ استاندارد
۱۷- عدم تعیین مشخصات فنی لازم در قراردادهای مجریان سازهٔ LSF
۱۸- عدم توجه به شرایط اقلیمی و فرهنگی مکان احداث ساخت سازه‌های LSF
۱۹- عدم وجود سیستم ارزشیابی مناسب از تولیدکنندگان مصالح و قطعات، مجریان و ناظران سازه‌های LSF
۲۰- عدم رعایت زمانبندی دقیق در اجرای سازه های LSF

۴-۳- عامل‌های مورد استفاده در این تحقیق

بمنظور امکان بررسی دقیق‌تر و مطالعه بهتر تاثیر عوامل فوق الذکر در پایین آمده کیفیت ساخت سازه‌های LSF ، و با توجه به نظر خبرگان، و تحقیقات گذشته، این عوامل از نظر موضوعی به پنج گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند؛ که شامل عامل‌های آموزشی و فرهنگی، اقتصادی، فنی و تخصصی، کیفیت مصالح و قطعات سازهٔ LSF ، و مدیریتی می‌باشد. دلیل این تقسیم‌بندی آن است که بتوان شبکهٔ تصمیم‌گیری روش فرآیند تحلیل شبکه را که شامل هدف، معیار و زیرمعیار می‌باشد، به نحو مطلوب‌تری ایجاد کرد. از این‌جا به بعد به ۲۰ عامل مؤثر در پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF زیرمعیار و به آن ۵ گروه دسته‌بندی شده معیار گفته می‌شود. تقسیم‌بندی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش به صورت زیر می‌باشد. لازم به ذکر است به منظور سهولت در تحلیل و بررسی معیارها از اسامی اختصار معیار که در مقابل هر زیرمعیار نوشته شده، استفاده گردیده است.

الف. آموزشی و فرهنگی

۱) عدم استفاده صحیح از رسانه‌های جمعی در جهت فرهنگ سازی و آشنایی با فناوری سیستم سازه‌های LSF (A1)

۲) برگزاری محدود نمایشگاه‌ها و همایش‌های تخصصی مرتبط با سازه‌های LSF (A2)

۳) عدم کفایت آموزشهای مرتبط با فناوری ساخت سازه‌های LSF (A3)

۴) کمبود مراجع و آیین‌نامه‌های جامع داخلی مرتبط با سازه‌های LSF (A4)

۵) کمبود مراکز فنی ـ حرفه‌ای برای آموزش فنی به کارگران و مجریان سازه‌های LSF (A5)

ب.اقتصادی

۱) پایین بودن میزان دستمزد عوامل شاغل در ساخت پروژه‌های سازۀ LSF (E1)

۲) سرمایۀ اولیۀ ناکافی به منظور تأمین هزینه‌های پروژه‌های سازۀ LSF (E2)

۳) هزینۀ بالای مصالح و عایق‌های با کیفیت در سازۀ LSF (E3)

ج. فنی و تخصصی

۱) اجرای نادرست تأسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان‌های LSF (F1)

۲) اجرای نادرست سازۀ LSF (مانند لرزش غیرمتعارف کف و دیوارها) (F2)

۳) اجرای نادرست معماری ساختمان‌های LSF (F3)

۴) استفاده از عایق‌های نامناسب صوتی و حرارتی در ساخت سازه‌های LSF (F4)

۵) کمبود تجربه ساخت سازه‌های LSF (F5)

د.کیفیت مصالح و قطعات سازۀ LSF

۱) استفاده از مصالح غیراستاندارد در ساختمان‌های با سازۀLSF (K1)

۲) فقدان چرخۀ کامل تکنولوژی سیستم ساخت سازه‌های LSF (K2)

۳) کم بودن کارخانه‌های تولیدکنندۀ ورق‌های فولادی گالوانیزۀ سرد نورد شده (K3)

ه. مدیریتی

۱) عدم تعیین مشخصات فنی لازم در قراردادهای مجریان سازه LSF (M1)

۲) عدم توجه به شرایط اقلیمی و فرهنگی مکان احداث ساخت سازه‌های LSF (M2)

۳) عدم وجود سیستم ارزشیابی مناسب از تولیدکنندگان مصالح و قطعات، مجریان و ناظران سازه‌های LSF (M3)

۴) عدم رعایت زمانبندی دقیق در اجرای سازه‌های LSF (M4)

۴-۴- الگوی روابط بین معیارها با تکنیک دیمتل

همانطور که قبلا اشاره شد، برای انعکاس ارتباطات متقابل میان معیارهای اصلی، از تکنیک دیمتل استفاده شده است؛ به طوری‌که متخصصان با تسلط بیش‌تری قادر به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات میان عوامل بودند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیمتل، هم رابطهٔ علّی و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری معیارها را به نمایش می‌گذارد. در این بخش به بیان گام‌های حل مساله مطابق با مطالب مطرح شده در بخش ۳-۳ به شرح زیر پرداخته شده است.

گام نخست - محاسبهٔ ماتریس ارتباط مستقیم

پس از تکمیل پرسشنامهٔ مربوط به روش دیمتل توسط خبرگان، با استفاده از میانگین حسابی نظرات آن‌ها ماتریس ارتباط مستقیم (M) تشکیل شد که در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول (۳) ماتریس روابط مستقیم (M)

	آموزشی و فرهنگی	اقتصادی	فنی و تخصصی	کیفیت مصالح	مدیریتی	جمع
آموزشی و فرهنگی	۰	۲	۲/۵	۲	۲/۵	۹
اقتصادی	۲	۰	۱/۵	۱/۷۵	۱/۲۵	۶/۵
فنی و تخصصی	۲/۲۵	۳	۰	۲/۷۵	۱/۷۵	۹/۷۵
کیفیت مصالح	۱	۰/۸	۱/۵	۰	۲	۵/۳
مدیریتی	۲/۵	۳/۵	۲/۷۵	۳/۷۵	۰	۱۲/۵

گام دوم- محاسبهٔ ماتریس ارتباط مستقیم نرمال N=K×M

ابتدا جمع تمامی سطرها محاسبه می‌شود، معکوس بزرگ‌ترین عدد مجموع سطر مطابق با رابطهٔ (۳) $K=\frac{1}{max\sum_{j=1}^{n} Mij}$ بدست آمد. بر اساس جدول (۳) بزرگ‌ترین عدد ۱۲/۵ است و تمامی مقادیر جدول بر معکوس این عدد ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال جدول (۴) حاصل شود.

جدول (۴) ماتریس نرمال شده (N)

	آموزشی و فرهنگی	اقتصادی	فنی و تخصصی	کیفیت مصالح	مدیریتی
آموزشی و فرهنگی	۰	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۶	۰/۲
اقتصادی	۰/۱۶	۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱
فنی و تخصصی	۰/۱۸	۰/۲۴	۰	۰/۲۲	۰/۱۴
کیفیت مصالح	۰/۰۸	۰/۰۶۴	۰/۱۲	۰	۰/۱۶
مدیریتی	۰/۲	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۳	۰

گام سوم- محاسبهٔ ماتریس روابط مستقیم و غیرمستقیم (T)

برای محاسبهٔ ماتریس روابط مسقیم و غیرمستقیم ابتدا ماتریس همانی تشکیل شد. سپس ماتریس همانی منهای ماتریس نرمال شده و ماتریس حاصل معکوس گردید. در نهایت ماتریس نرمال در ماتریس معکوس مطابق با رابطه (۴) ضرب شد. در نهایت ماتریس روابط مستقیم و غیرمستقیم پژوهش به صورت جدول (۵) به دست آمد.

جدول (۵) ماتریس روابط مستقیم و غیرمستقیم

	آموزشی و فرهنگی	اقتصادی	فنی و تخصصی	کیفیت مصالح	مدیریتی	جمع (R)
آموزشی و فرهنگی	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۴۵	۲/۲۱
اقتصادی	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۰	۱/۶۱
فنی و تخصصی	۰/۴۵	۰/۵۴	۰/۳۱	۰/۵۶	۰/۴۱	۲/۲۷
کیفیت مصالح	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۳۲	۱/۴
مدیریتی	۰/۵۳	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۷۱	۰/۳۶	۲/۸۲
جمع (J)	۱/۸۸	۲/۱۹	۱/۹۹	۲/۴۱	۱/۸۴	

گام چهارم- میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها

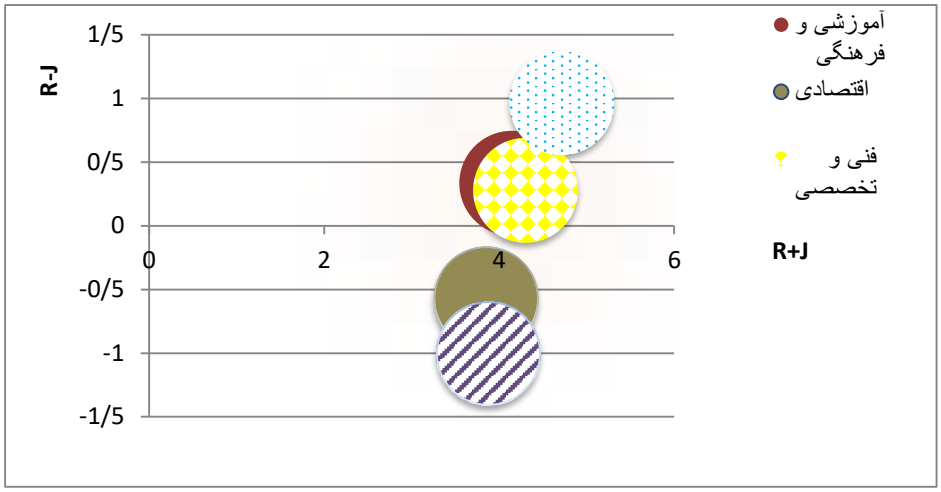
جمع عناصر هر سطر R نشانگر میزان تأثیرگذاری آن معیار بر دیگر معیارهای پژوهش است. معیار مدیریتی با مقدار ۲/۸۲ از بیش‌ترین تأثیرگذاری برخوردار و پس از آن معیار فنی و تخصصی با مقدار ۲/۲۷ بیش‌ترین اثرگذاری را دارد، معیار کیفیت مصالح نیز با مقدار ۱/۴ کم‌ترین تأثیرگذاری را بر سایر معیارها دارد.

بر اساس مقدار J به دست آمده از جدول (۶)، معیار کیفیت مصالح با مقدار ۲/۴۱ تأثیرپذیرترین معیار و پس از آن معیار اقتصادی با مقدار ۲/۱۹ بیش‌ترین اثرپذیری را دارد و معیار مدیریتی با مقدار ۱/۸۴ کم‌ترین تأثیرپذیری را بر سایر معیارها دارد؛ و بر اساس مقدار R+J به دست آمده از جدول (۶)، معیار مدیریتی با مقدار ۴/۶۶ بیش‌ترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه و پس از آن معیار فنی و تخصصی با مقدار ۴/۲۶ بیش‌ترین تعامل و معیار اقتصادی با مقدار ۳/۸ کم‌ترین تعامل را دارد. در نهایت بر اساس مقدار R-J از جدول (۶) معیارهای مدیریتی، آموزشی فرهنگی و فنی تخصصی متغیر علّی و معیارهای کیفیت مصالح و اقتصادی متغیر معلول محسوب می‌شوند.

جدول (۶) میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها

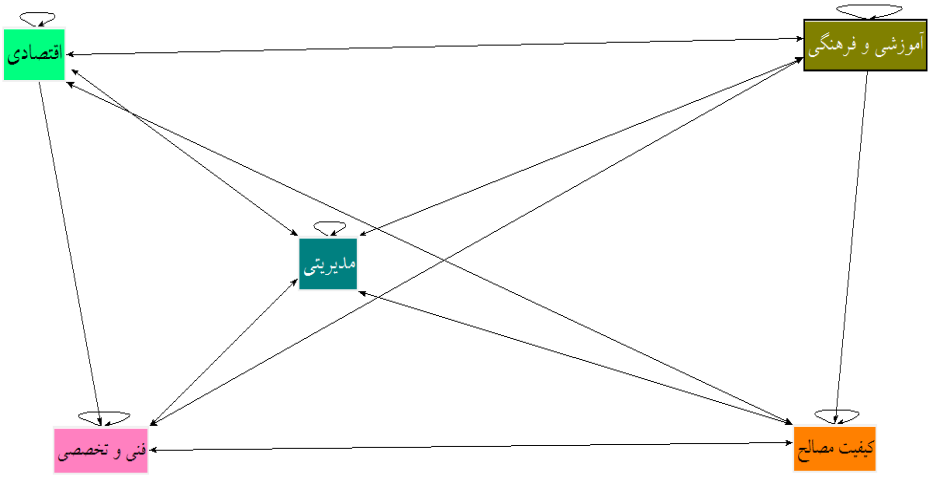
	R	J	R+J	R-J
آموزشی و فرهنگی	۲/۲۱	۱/۸۸	۴/۰۹	۰/۳۳
اقتصادی	۱/۶۱	۲/۱۹	۳/۸	-۰/۵۸
فنی و تخصصی	۲/۲۷	۱/۹۹	۴/۲۶	۰/۲۸
کیفیت مصالح	۱/۴	۲/۴۷	۳/۸۱	-۱/۰۲
مدیریتی	۲/۸۲	۱/۸۴	۴/۶۶	۰/۹۸

شکل زیر میزان اهمیت و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بین معیارها را نشان می‌دهد. محور افقی نمودار تعامل معیارهای مجموعه با یکدیگر و محور عمودی تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری معیارها را نشان می‌دهد.



شکل ۱:اهمیت معیارها

در شکل ۱، معیار مدیریتی به طور قطع تاثیرگذارترین عامل بر مجموعه است و معیارهای دیگر به ترتیب بـه لحـاظ ازدیـاد تاثیرگـذاری و کاهش تأثیر پذیری، معیارهای آموزشی و فرهنگی، فنی و تخصصی، اقتصادی و کیفیت مصالح هستند.



شکل ۲: روابط علت و معلولی بین معیارها

۴-۵- تعیین اولویت معیارها بر اساس هدف

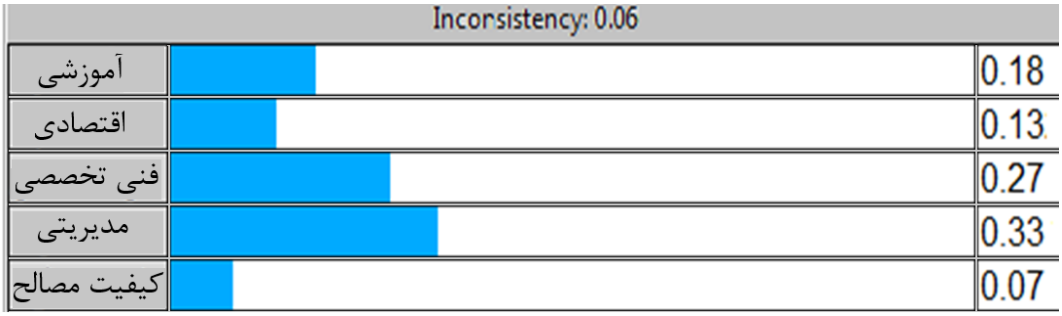
برای انجام تحلیل، نخست معیارهای اصلی بر اساس هدف به صورت زوجی مقایسه شده‌اند. برای این منظور، با استفاده از تکمیل پرسشنامهٔ مربوط به تحلیل مقایسات زوجی توسط ۱۵ نفر از خبرگان و با استفاده از میانگین هندسی نظرات آن‌ها، با استفاده از نرم‌افزار سوپر دسیژن[۱۸]نتایج زیر به‌دست آمد[۲۱]. شکل‌های ۱ و ۲ خروجی نتایج حاصل از نرم‌افزار سوپر دسیژن می‌باشند. چون این تحقیق از ۵ معیار تشکیل شده است؛ بنابراین ۱۰ مقایسهٔ زوجی انجام گرفته است.

1 Super Decision 8

Inconsistency	اقتصادی	فنی تخصصی	مدیریتی	کیفیت مصالح
آموزشی	← 2.52	↑ 2.23	↑ 2	← 2
اقتصادی		↑ 2.7	↑ 1.76	← 2.71
فنی تخصصی			↑ 2.23	← 3.52
مدیریتی				← 3

شکل ۳ :ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها بر اساس هدف

در این شکل معیار آموزشی و فرهنگی ۲/۵۲ واحد مهم‌تر از معیار اقتصادی است چون جهت پیکان فلش به سمت چپ است ولی اگر جهت پیکان فلش به سمت بالا باشد یعنی آن معیار نسبت به معیار دیگر کم اهمیت‌تر است.



شکل ۴: نمایش گرافیکی وزن نسبی معیارها بر اساس هدف

پس از به‌دست آمدن شکل ۳ و با استفاده از نرم‌افزار سوپر دسیژن وزن نسبی معیارها به صورت نمایش گرافیکی شکل ۴ به دست آمده است. بر اساس وزن نسبی به دست آمده، معیار مدیریتی در سازهٔ LSF با وزن نسبی ۰/۳۳ در اولویت اول و پس از آن معیارهای فنی و تخصصی در سازهٔ LSF، آموزشی و فرهنگی، اقتصادی و کیفیت مصالح قرار دارند. نرخ سازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۶ به دست آمده است که کوچک‌تر از ۰/۱ می‌باشد و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد. لازم به ذکر است، نرخ سازگاری، اعتمادپذیری قضاوتها را مشخص ساخته و نشان می‌دهد تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد.

۴-۶- مقایسهٔ زوجی زیر معیارها

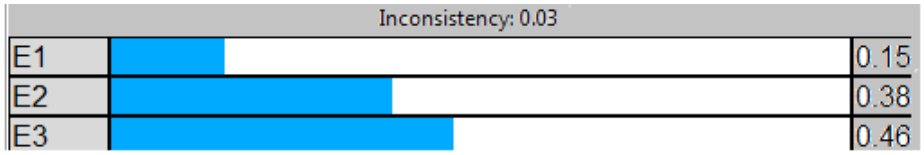
در گام بعدی زیرمعیارهای مطالعه به صورت زوجی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. در این گام نیز مقایسه‌های زوجی در ۵ مرحله به تعداد معیارها صورت گرفته است. در هر مرحله زیرمعیارهای مربوط به هر معیار اصلی به صورت زوجی مورد مقایسه قرار گرفته است. تمامی شکل‌های این بخش از خروجی نتایج حاصل از نرم‌افزار سوپر دسیژن می‌باشد.

۴-۶-۱- تعیین اولویت زیرمعیارهای اقتصادی

ماتریس مقایسهٔ زوجی نظرات خبرگان براساس معیار اقتصادی با استفاده از میانگین هندسی به صورت شکل (۵) به‌دست می‌آید، چون این معیار از ۳ شاخص تشکیل شده است، بنابراین ۳ مقایسهٔ زوجی انجام گرفته است.

Inconsistency	E2	E3
E1	↑ 3.00	↑ 2.52
E2		↑ 1.47

شکل۵: ماتریس مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای اقتصادی

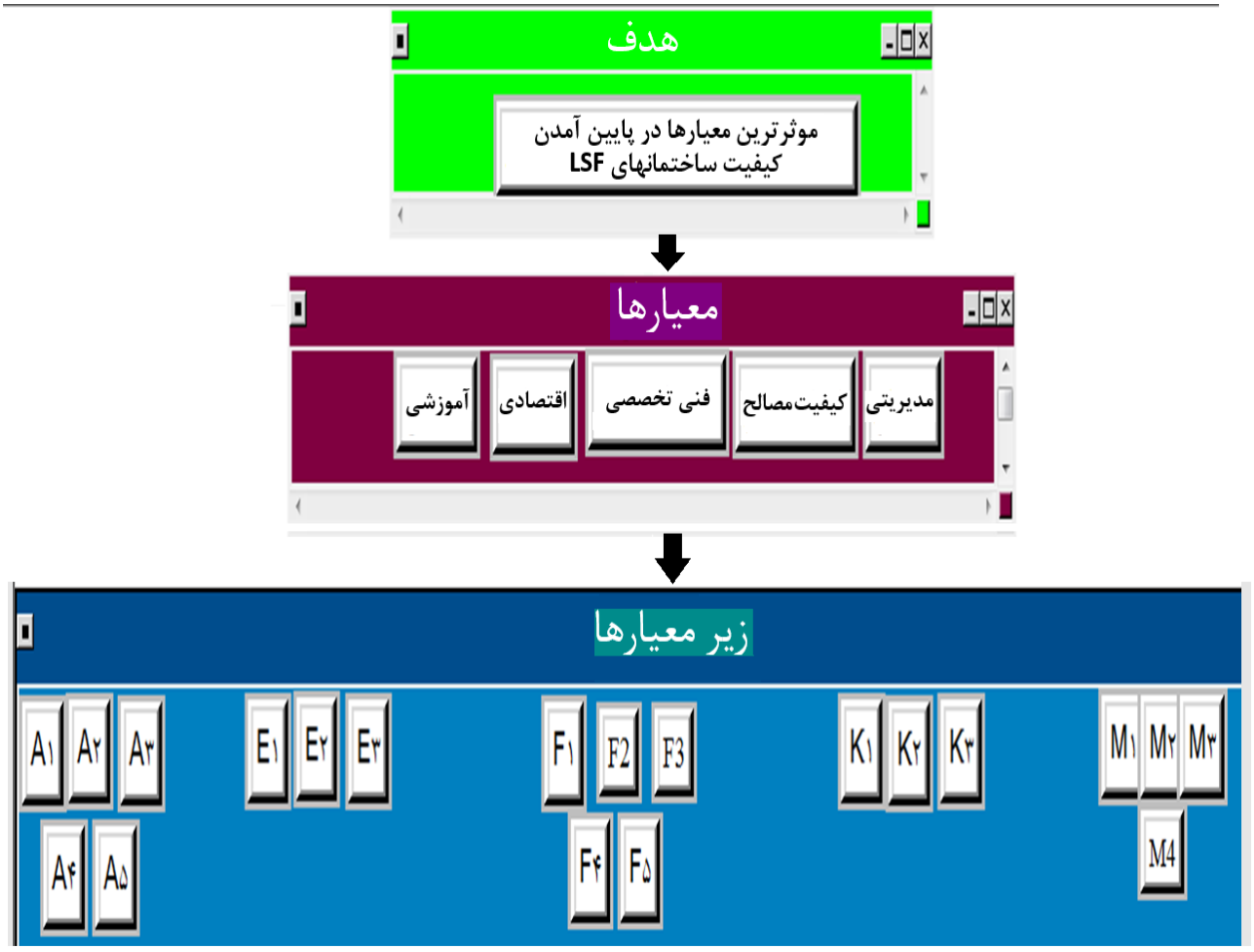


شکل ۶: نمایش گرافیکی وزن نسبی زیرمعیارهای اقتصادی۴

پس از به‌دست آمدن شکل ۵ و با استفاده از نرم‌افزار سوپر دسیژن وزن نسبی زیرمعیارها به صورت نمایش گرافیکی شکل ۶ به‌دست آمده است. بر اساس وزن نسبی به‌دست آمده، زیرمعیار E3 که "هزینهٔ بالای مصالح و عایق‌های باکیفیت در سازهٔ LSF" است با وزن نسبی ۰/۴۶ در اولویت اول و پس از آن زیرمعیارهای "سرمایهٔ اولیهٔ ناکافی به منظور تأمین هزینه‌های پروژه‌های سازهٔ LSF" و "پایین بودن میزان دستمزد عوامل شاغل در ساخت پروژه‌های سازهٔ LSF" در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. همچنین خاطرنشان می‌سازد نرخ سازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۳ به دست آمد که کوچک‌تر از ۰/۱ می‌باشد. بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد. در این مقاله به دلیل محدودیت در تعداد صفحات، فقط نتایج بدست آمده از تحلیل زیرمعیارهای اقتصادی بیان شد. بقیهٔ زیر معیارها نیز مشابه این مرحله به شرح زیر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته اند.

۴-۷- اولویت‌بندی نهایی شاخص‌ها با تکنیک فرآیند تحلیل شبکه

لازم به ذکر است با توجه به روابط شناسایی شده در مطالعهٔ حاضر، روابط بین معیارهای این مطالعه به صورت زیر در شکل ۷ خواهد بود:



شکل ۷: ساختار شبکهٔ تصمیم گیری در نرم‌افزار سوپردسیژن

بر اساس محاسبات صورت گرفته، رتبه‌بندی کلی عوامل مؤثر در پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF با استفاده از نتایج بدست آمده از نرم-افزار سوپردسیژن به ترتیب زیر است:

۱) عدم وجود سیستم ارزشیابی مناسب از تولیدکنندگان مصالح و قطعات، مجریان و ناظران سازه‌های LSF
۲) کمبود مراکز فنی- حرفه‌ای برای آموزش فنی به کارگران و مجریان سازه‌های LSF
۳) استفاده از مصالح غیراستاندارد در ساختمان‌های با سازۀ LSF
۴) کمبود تجربۀ ساخت سازه‌های LSF
۵) هزینۀ بالای مصالح و عایق‌های باکیفیت در سازۀ LSF
۶) عدم تعیین مشخصات فنی لازم در قراردادهای مجریان سازۀ LSF
۷) اجرای نادرست سازۀ LSF (مانند لرزش غیرمتعارف کف و دیوارها)
۸) عدم کفایت آموزشهای مرتبط با فناوری ساخت سازه‌های LSF
۹) سرمایۀ اولیۀ ناکافی به منظور تأمین هزینه‌های پروژه‌های سازۀ LSF
۱۰) فقدان چرخۀ کامل تکنولوژی سیستم ساخت سازه‌های LSF
۱۱) عدم توجه به شرایط اقلیمی و فرهنگی مکان احداث ساخت سازه‌های LSF
۱۲) عدم استفاده صحیح از رسانه‌های جمعی در جهت فرهنگ سازی و آشنایی با فناوری سیستم سازه‌های LSF
۱۳) استفاده از عایق‌های نامناسب صوتی و حرارتی در ساخت سازه‌های LSF
۱۴) عدم رعایت برنامۀ زمانبندی دقیق در اجرای سازه‌هایLSF
۱۵) اجرای نادرست تأسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان‌های LSF
۱۶) عدم تناسب دستمزد عوامل شاغل در ساخت پروژه‌های سازۀ LSF
۱۷) کمبود مراجع و آیین نامه‌های جامع داخلی مرتبط با سازه‌های LSF
۱۸) کم بودن کارخانه‌های تولیدکنندۀ ورق‌های فولادی گالوانیزۀ سرد نورد شدۀ استاندارد
۱۹) اجرای نادرست معماری ساختمان‌های LSF
۲۰) عدم برگزاری نمایشگاه‌ها و همایش‌های تخصصی متنوع، متناسب و مرتبط با سازه‌های LSF

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

. در این تحقیق، ضمن مطالعه موردی تعدادی از پروژه های ساخته شده با سیستم LSF و مصاحبه با متخصصان، عوامل موثر بر پایین آمدن کیفیت این سیستم سازه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، از روش دیمتل و روش فرآیند تحلیل شبکه استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل دیمتل، معیار مدیریتی، اثرگذارترین معیار، و معیار کیفیت مصالح، اثرپذیرترین معیار در پایین آمدن کیفیت ساختمان‌های LSF شناسایی شد. همچنین، مشخص گردید که معیار مدیریتی بیش‌ترین تعامل و ارتباط را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارد. معیارهای مدیریتی، آموزشی، فرهنگی، فنی و تخصصی متغیر علّی، و معیارهای کیفیت مصالح و اقتصادی متغیر معلول محسوب می‌شوند. با توجه به تحلیل نتایج می‌توان گفت معیار مدیریتی، مهم‌ترین معیار در میان معیارهای مورد مطالعه در بهبود کیفیت ساختمان-های با سازۀ LSF است.

. بر اساس مقایسۀ زوجی زیرمعیارهای آموزشی و فرهنگی، "کمبود مراکز فنی- حرفه‌ای برای آموزش فنی به کارگران و مجریان سازه‌های LSF" و "عدم کفایت آموزشهای مرتبط با فناوری ساخت سازه‌های LSF" با اختلاف نزدیک به هم، در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند؛ و پس از آن "عدم استفاده صحیح از رسانه‌های جمعی در جهت فرهنگ سازی و آشنایی با فناوری سیستم سازه‌های LSF"، "کمبود مراجع و آیین‌نامه‌های جامع داخلی مرتبط با سازه‌های LSF" و "برگزاری محدود نمایشگاه‌ها و همایش‌های تخصصی مرتبط با سازه‌های LSF" با درصد کمی در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. بنابراین یافته ها می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر، از نظر وجود مراجع، آیین‌نامه‌ها و

برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی و همایش‌ها مشکل ویژه‌ای وجود ندارد. همچنین، متخصصان در زمینه LSF تربیت نیروی انسانی ماهر را یکی از مهمترین دغدغه‌های خود اعلام کردند.

براساس مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای اقتصادی، "هزینهٔ بالای مصالح و عایق‌های با کیفیت در سازهٔ LSF" و "سرمایهٔ اولیهٔ ناکافی به منظور تأمین هزینه‌های پروژه‌های سازهٔ LSF" با درصد نزدیک به هم در رتبهٔ اول و دوم قرار دارند؛ و زیرمعیار "پایین بودن میزان دستمزد عوامل شاغل در ساخت پروژه‌های سازهٔ LSF" با درصد کمی اختلاف در رتبهٔ آخر قرار دارد؛ که نشان می‌دهد پایین بودن دستمزد تأثیر زیادی بر پایین آمدن کیفیت سازه‌های LSF نسبت به سایر سیستمهای موجود ساختمانی ندارد.

با توجه به مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای فنی و تخصصی، " کمبود تجربه ساخت سازه‌های LSF " و "اجرای نادرست سازهٔ LSF (مانند لرزش غیرمتعارف کف و دیوارها)" با درصد نزدیک به هم در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند؛ و پس از آن "استفاده از عایق‌های نامناسب صوتی و حرارتی در ساخت سازه‌های LSF"، "اجرای نادرست تأسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان‌های LSF" و در آخر "اجرای نادرست معماری ساختمان‌های LSF" قرار دارند. با استفاده از نتایج فوق می‌توان نتیجه گیری کرد که تربیت کردن نیروی انسانی ماهر و اجرای صحیح سازهٔ ساختمان‌های LSF از اهمیت بالاتری نسبت به بقیهٔ زیر معیارهای فنی و تخصصی برخوردار است.

بر اساس مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای کیفیت مصالح، "استفاده از مصالح غیراستاندارد در ساختمان‌های با سازهٔ LSF"، "فقدان چرخهٔ کامل تکنولوژی سیستم ساخت سازه‌های LSF" و "کم بودن کارخانه‌های تولیدکنندهٔ ورق‌های فولادی گالوانیزهٔ سرد نورد شده"، در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که کم بودن کارخانه‌های تولیدکنندهٔ ورق‌های فولادی گالوانیزهٔ سرد نورد شده در کشور، تأثیر کم‌تری در کیفیت پایین سازه‌های LSF دارد.

همچنین با مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای مدیریتی، می‌توان نتیجه گرفت که "عدم وجود سیستم ارزشیابی مناسب از تولیدکنندگان مصالح و قطعات، مجریان و ناظران سازه‌های LSF" و "عدم تعیین مشخصات فنی لازم در قراردادهای مجریان سازهٔ LSF" با درصدی نزدیک به هم، در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند؛ که بر اساس آن می‌توان به اهمیت هر دو عامل در مجموعهٔ مدیریتی سازه‌های LSF پی برد. پس از آن نیز "عدم توجه به شرایط اقلیمی و فرهنگی مکان احداث ساخت سازه‌های LSF" و "عدم رعایت زمانبندی دقیق در اجرای سازه‌های LSF" قرار دارند.

با توجه به نتایج فوق می‌توان چنین ارزیابی کرد که دولت و شرکت‌های مجری سازه‌های LSF می‌بایست با فراهم آوردن زیر ساخت‌ها از قبیل احداث کارخانه‌های تولید کننده مصالح اولیه، بتوانند هزینه و زمان تمام شده ساخت و ساز را کاهش دهند. احداث این کارخانه‌ها علاوه بر تولید مصالح، می‌تواند سبب اشتغال زایی در سطح کشور شود. همچنین تکنولوژی سازه‌های LSF از کشورهای مختلف وارد ایران شده است اما آموزش لازم برای اجرای ساخت این سازه‌ها به صورت کامل وارد نشده است و نیز تلاش خود را به فراهم آوردن زیرساخت‌های لازم جهت آموزش و ارزیابی مستمر و مناسب نیروی انسانی ماهر بمنظور طراحی، نظارت، و اجرای سازه‌های LSF معطوف دارند. همچنین، به منظور استفادهٔ مطلوب از ساختمان‌های LSF باید راهکارهایی برای بومی سازی و مطابقت این شیوه‌ها با ویژگی‌های اقلیمی و تهیهٔ پیوست‌های فرهنگی اجتماعی ارائه گردد. هم‌چنین تغییر رویکرد سازمان‌های مسئول از جمله مسکن و شهرسازی و سازمان نظام مهندسی ساختمان در زمینهٔ کنترل و نظارت بر بخشهای مختلف طراحی، نظارت و اجرا و ساخت اجزاء ساختمانی مرتبط، اتخاذ سیاست‌های تشویقی برای تولیدکنندگان مصالح با کیفیت و قطعات LSF، استفاده از رسانه‌های جمعی در جهت فرهنگ‌سازی و آشنایی با این فناوری، اجرای صحیح قوانین و مقررات در ساخت این سازه‌ها، از دیگر راهکارها برای بهبود کیفیت ساخت سازه‌های LSF می‌باشند.

همچنین، با تکمیل چرخهٔ تکنولوژی سیستم ساخت سازه‌های LSF در کشور، می‌توان ضمن کاهش قیمت تمام شده، کیفیت این سازه‌ها را بالا برد. منظور از تکمیل چرخهٔ تکنولوژی این سیستم آن است که می‌توان تولید قطعات جانبی مانند بسطهای تأسیساتی و سازه، پانل‌های سیمان الیافی و دیواره‌های چوبی[9] (OSB) را در سطح کشور با جدیت بیش‌تری توسعه داد تا با تولید آن در داخل، از قیمت بالای آن کاست. هم‌چنین با تعیین مشخصات فنی لازم در قراردادهای مجریان سازهٔ LSF، می‌توان از هرگونه کاستی و نقص در تحویل این ساختمان‌ها جلوگیری کرد. در نهایت با استفاده از پتانسیل مراکز دانشگاهی می‌توان به ترویج سازه‌های LSF و آشنایی بیش‌تر مهندسین با این سازه ها پرداخت.

[1] Oriented Standard Board [9]

سیستم قاب سبک فولادی از لحاظ سبک بودن دارای دیوارها و سقفهای نازک است که موجب می شود از نظر صوتی مشکل داشته باشد. برای حل این مشکل سازه LSF مجریان اقدام به ایجاد راهکارهایی شامل اضافه کردن انواع جاذب های صوتی و عایق های صوتی و افزایش جرم مصالح و غیره در اجرای سقف ها و دیوارها کرده اند حال آنکه با ورود این سیستم به ایران از لحاظ عدم آگاهی نحوه اجرا و نداشتن کارگران مجرب اجرای این راهکارها با مشکلات و نواقصی همراه بوده است که این سیستم را از نظرصوتی دچار مشکل کرده است، از طرفی دیگر برخی مواقع بدلیل کاهش هزینه های اجرا ناشی از خرید مصالح بیشتر و کاهش هزینه دستمزد مجریان پاره ای از راهکارها به درستی انجام نمی شود که در مجموع موجب نارضایتی بهره برداران از این ساختمان ها می شود.

مراجع

[1] Fallah, Mohammad Hassan. 2001. The potential use of lightweight stell framing for residential building construction in Iran, Ph.D. Thesis, University of Sheffield.

[2] Dubina, Dan. Fu¨lo¨p, Ludovic. 2004. Performance of wall-stud cold-formed shear panels under monotonic and cyclic loading. Part I: Experimental research. *Elsevier Journal*. Thin Walled Structures 42:321–38.

[3] Oliveria, Francisco.Mendonca, Paulo. Couto, Joao. Camoes, Aiers. 2005. Environmental impact and comparative economic analysis among different building constructive systems used in Portugal. Recent Advances in Environmental Science and Biomedicine.

[4] Dewald, Barnard. 2010. Light steel construction and modular homes as alternative building methods in South Africa. University of Pretoria.

[5] Mahdavinejada, M. Hajiana, M. Doroodgar, A. 2011. Role of LSF technology in economic housing for urban sustainability, case of Iran. *International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities*.

[6] Santos P, Simoes da silva L, Unguream V, 2012, Energy Efficiency of Light-Weight Steel-Framed Building, ECCS, ISBN 978-92-9147-105-8, N. 129.

[7] Eren, Ozlem. 2013. A Comparison with Light Steel Frame Constructional Building Systems for Housing. World Applied *Sciences Journal*, 25 (3): 354-368.

[8] Ashraf Mohammed S. El-Abbasy Elazouni; and Tarek Zayed, F. ASCE Journal of Computing in Civil Engineering,Vol. 31, Issue 4 July 2017.

[9] International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Baviskar Rahul. V, Devalkar R V 2018, Rights Reserved, Page | 2496 ISSN: 2454-132 XImpact factor: 4.295, Volume 4, Issue 2.

[10] Liew, J., Y. Chua, and Z. Dai. Steel concrete composite systems for modular construction of high- rise buildings. in Structures. 2019. Elsevier.

[11] Vosoughifar, Hamidreza, Turk, Shahram, Taremi, Majid.1389. Investigating the application of light steel frame system in effective stylization of structures in comparison with common systems in the country. International Conference on Lightening and Earthquake, May 1-2, Kerman, (In Farsi).

[12] Zeyinlian, Mehran. 2014. Technical-economic comparison of LSF structures with other buildings in earthquake-prone regions of Iran. Journal of Construction and Equipment, August 1993, pp. 46-57, (In Farsi).

[13] Taqdiri, Alireza, Ghanbarzadeh Qomi, Sara, 2015. Advantages of prefabrication compared to conventional construction. Journal of Architecture and Urban Planning. Volume 8 Number 15, (In Farsi).

[14] Mir Jafari, Seyed Shahabuddin and Koohkan, Sajjad, 2017. Evaluation of quality, cost and time indices in light steel structures, case study: LSF structures in Yazd, Fifth International Congress of Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Tehran, (In Farsi).

[15] Nouri, Elham and Jamali, Milad, 1397. Investigation of cost and quality of lightweight metal structures, 3rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design, Tabriz, (In Farsi).

[16] Rahimi Bala, Mohammad and Hosseini, Khashayar, 2009. General review of the performance of LSF construction structures against fire, the 5th International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning with a Sustainable Development Approach, Shiraz, (In Farsi).

[17] Hosseini, Seyed Azim and Mofidi, Hamed, 2009. Study of the effects of new technologies and standardization of construction industry materials in improving time and cost performance in construction projects, 7th National Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Babol. Komeh Alam Avaran Danesh Scientific Research Institute, (In Farsi).

[18] Hafeznia, Mohammad Reza, 2013. Introduction to research methodology in humanities. Nineteenth edition. Tehran: Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books, 409 pages, (In Farsi).
[19] Gabus, A. Fontela, E. 1972. World problems, An Invitation to Further Thought within The Framework of DEMATEL, Battelle Geneva Research Centre, Switzerland, Geneva.
[20] Saaty, Thomas L. 1996. *Decision Making with Dependence and feedback*: The Analytic Network Process. RWS Publication, Pittsburgh, PA.
[21] Momeni Mansour, Sharifi Salim Alireza. 2015. multi-criteria decision models and software. Third Edition. Tehran: Momeni and Sharifi Salim Publications, 218 pages, (In Farsi).