مهندسی عمران شریف
دوره‌ی ۲-۲۸، شماره‌ی ۳، ص. ۲۱-۳۰

Original Article

کاربرد روش دلفی و شیوه‌ی دیمتل در شناسایی و ساختاردهی به متغیرهای اثرگذار بر کیفیت سازه‌ها در تهران

مهرداد شکوه‌عبدی* **(دانشجوی دکتری)**
مرتضی زاهدی (استادیار)
دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه علم وصنعت ایران
احمد ماکویی (استادیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

در شرایطی که به‌لحاظ وجود مدارک فنی و قانونی، کمیت و کیفیت مهندسان و متخصصان، وجود سازمان‌ها و نهادهای مسئول و نظایر آن کمبود جدی در کشور وجود ندارد، معهذا کیفیت ساختمان‌سازی از نظر مقاومت سازه‌یی در برابر زلزله در شهر بزرگی مثل تهران نیاز به ارتقاء دارد. در نوشتار حاضر بررسی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت ساخت و ساز در تهران با اتکاء بر مطالعات میدانی و بررسی نظر خبرگان هدف قرار گرفته است. در این زمینه از روش دلفی (DELPHI)[۱] به‌عنوان روش اخذ آراء خبرگان، و از شیوه‌ی دیمتل (DEMATEL)[۱] به‌منظور ساختاردهی نظام‌مند اطلاعات مأخوذه بهره گرفته شده است. این روش‌ها از روش‌های شناخته‌شده در حوزه‌ی «تصمیم‌گیری‌های چندمتغیره‌ی گروهی» هستند. در این نوشتار پس از ارائه‌ی کلیاتی از ضرورت‌های تحقیق، شیوه‌های مورد استفاده مختصراً تشریح شده است. سپس، فرایند به‌کارگیری شیوه‌ها در شناسایی، دسته‌بندی و چگونگی اثرگذاری متقابل عوامل بر یکدیگر ــ که ممکن است به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم صورت پذیرد ــ مورد توجه قرار گرفته است. اولویت‌بندی عوامل در چارچوب شاخص‌های ریاضی، از نتایج تکمیلی شیوه‌ی دیمتل است که سپس ارائه می‌شود. در انتها، تجزیه و تحلیل شاخص‌های ریاضی در راستای استنتاج نتایج مدیریتی و کاربردی مورد بحث قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: ساخت و ساز، روش دلفی، شیوه‌ی دیمتل، خبرگان، کیفیت، کنترل کیفیت (QC)، مدیریت کیفیت (QM)، ساختمان، سازه، زلزله.

m_shokouh_abdi@parsgc.com
mzahedi213@iust.ac.ir
amakui@iust.ac.ir

۱. مقدمه

چنانچه در موضوع ساختمان‌سازی «رعایت کمینه‌های آیین‌نامه‌یی» را به‌عنوان مرز کیفیت مطلوب سازه‌یی در نظر بگیریم، شواهد اجرایی موجود، گزارش‌های حاصل از مطالعات مقاوم‌سازی توسط مشاورین مختلف،[۲] بررسی‌های میدانی،[۳و۴] و مقالات ارائه‌شده در سمینارهای متعدد[۵-۱۰] طی سالیان اخیر با موضوع «ساخت و ساز» و «مقاوم‌سازی لرزه‌یی» ساختمان‌ها، جملگی بر ضرورت ارتقاء کیفیت ساخت و ساز در شهر بزرگی مثل تهران تأکید می‌کنند.

براساس نتایج یک پروژه‌ی مطالعاتی،[۳] از ۱۲۸۴ پرونده‌ی بررسی‌شده توسط واحد کنترل مضاعف شهرداری تهران طی سال‌های ۱۳۷۵-۸۰، معادلِ ۱۸ درصد ساختمان‌ها در بخش طراحی، ۴۲ درصد در بخش اجرا، و ۴۰ درصد ساختمان‌ها در هر دو بخش نیاز به بهبود دارند. گزارش مطالعات انجام‌شده توسط مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ و گروه مطالعاتی ژاپنی ــ معروف به «گزارش جایکا»[۱۱] ــ نیز به‌نحو دیگری بر این موضوع اشاره دارد؛ چنان‌که در مقدمه‌ی خود اعلام می‌دارد سناریوی بیشترین خسارت ناشی از زلزله در تهران به‌لحاظ ماهیت و بزرگا، که براساس مدل گسل ری برآورد شده، منجر به تخریب حدود ۵۰۰ هزار ساختمان یا ۵۵ درصد کل ساختمان‌ها و تلفات تقریباً ۴۰۰،۰۰۰ نفر خواهد شد.[۱۱]

اگرچه آمار ارائه‌شده مربوط به سال‌ها پیش است، معهذا بهبود و ارتقاء وضعیت ساخت و ساز در تهران کماکان از مباحث مطرح در حوزه‌های تصمیم ساز و فنی کشور است.

یافتن راهکارهای مناسب برای ارتقاء سطح کیفیت سازه‌یی ساخت و ساز، قبل از هر چیز در گرو شناسایی و تحلیل عوامل موثر بر کیفیت ساخت و ساز در بخش‌های طراحی و اجراست. این در حالی است که در نگاه نخست، اصولا در

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۸۸/۱۱/۲۱، اصلاحیه ۱۳۸۹/۶/۳، پذیرش ۱۳۹۰/۲/۲۷.

Archive of SID
www.SID.ir

کشور از نظر وجود پتانسیل‌های زیرساختی از قبیل قوانین و مدارک فنی، کمیت و کیفیت مهندسان و متخصصان، وجود سازمان‌ها و نهادهای مسئول، وجود مصالح استاندارد و موارد موارد نظیر آن، کمبود جدی وجود ندارد.

در پژوهش انجام‌شده، ضمن اخذ آراء و نظریات خبرگان و متخصصین عرصه‌ی ساخت و ساز، نسبت به شناسایی و تحلیل عوامل تأثیرگذار بر کیفیت سازه‌یی ساختمان‌ها اقدام شده است. در این راستا، روش دلفی ــ از مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره (MADM)[1] گروهی ــ و نیز شیوه‌ی آزمایش و ارزیابی تصمیم‌گیری (دیمتل)[2] به‌منظور ساختاردهی نظام‌مند به اطلاعات مأخوذه از خبرگان، مورد توجه و استفاده قرار گرفته‌اند.

شایان ذکر است که عوامل مورد اشاره، به ساختمان‌های شخصی‌ساز تا پنج‌طبقه در شهر تهران مربوط بوده و البته ممکن است در سایر رده‌های ساختمان‌سازی نیز موضوعیت داشته باشند. ضمناً خبرگان مورد مراجعه در چهارگروه دولتی، دانشگاهی، مشاور و مجری قرار دارند.

۲. روش دلفی

استفاده از قضاوت خبرگان به‌منظور مشخص‌کردنِ راه‌حل‌های ممکنِ یک مسئله، شاخص‌های مؤثر بر یک مشکل مفروض یا شاخص‌های مؤثر در یک ارزیابی، شامل مراحل زیر است:

- آفریدن و برانگیختن «ایده‌ها» در اعضای گروه تصمیم‌گیرندگان (خبرگان)؛
- نتیجه‌گیری و استخراج «ایده‌های اساسی» از قضاوت خبرگان؛
- ساختاردهی نظام‌مند به اطلاعات (ایده‌ها و شاخص‌های حاصل از قضاوت خبرگان) با استفاده از نظریه‌ی گراف؛
- مدل‌سازی یا شبیه‌سازی به‌منظور حل مسئله، روشن‌شدن اهداف، تشریح ساختار پویای یک سیستم و مشخص‌شدن ارجحیت عناصر و پروژه‌های موجود برای اجرا؛
- اجرای پروژه یا پروژه‌های انتخاب‌شده.

روش دلفی یکی از روش‌های استفاده از قضاوت خبرگان است.[1] در اوایل دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی، پروژه‌یی مشهور به «دلفی» به‌منظور بررسی نظرات خبرگان درمورد تعداد بمب اتمی روسیه که موجب بروز خسارات معینی در آمریکا می‌شود تعریف شد و از آنجا، شیوه‌یی به‌همین نام به‌منظور مطالعه و بررسی قضاوت خبرگان به وجود آمد. این روش، تلفیقی از دو روش «فکرنویسی[3]» در مرحله‌ی آفریدن ایده و «ممیزی[4]» در مرحله‌ی نتیجه‌گیری و استخراج ایده‌های اساسی از قضاوت خبرگان است.

هدف از این روش، دسترسی به مطمئن‌ترین توافق گروهی از آراء خبرگان برای یک موضوع مورد بحث است که با استفاده از پرسش‌نامه و نظرخواهی از خبرگان، به‌تکرار و با توجه به بازخورد حاصل از آن‌ها صورت می‌پذیرد. روش دلفی یک «ممیزی» از عقاید خبرگان، با سه ویژگی عمده است: پاسخ بی‌طرفانه به پرسش‌نامه‌ها، تکرار دفعات ارسال پرسش‌نامه و دریافت بازخورد از آن‌ها، و تجزیه‌وتحلیل آماری از پاسخ به سؤالات به‌صورت گروهی. دفعات تکرار ارسال پرسش‌نامه‌ها ممکن است بین ۳ الی ۵ متغیر باشد، و این تغییر بستگی به درجه‌ی توافق گروهی پاسخ‌دهندگان و اطلاعات اضافی لازم از آن‌ها دارد. روش دلفی زمانی متوقف می‌شود که توافق گروهی در بین خبرگان پاسخ‌دهنده حاصل شده باشد یا به‌قدر کافی تبادل اطلاعات انجام شده باشد.

اگرچه کاربرد روش دلفی از سال‌ها پیش و در زمینه‌های متعدد ــ نظیر پیش‌بینی فنّاوری و نظایر آن ــ گسترش یافته، استفاده از این روش در مباحث مرتبط با «مهندسی و مدیریت ساخت[5]» در دهه‌ی اخیر رواج یافته است. طی تحقیقی که در سال ۲۰۰۱ در زمینه‌ی انتخاب «سیستم تأمین کالا[6]» انجام شد، پژوهش‌گران ابراز می‌دارند که روش دلفی در استخراج نظریات اجرایی در فضایی نسبتاً نظری، مثل مدل‌های چندمتغیره‌ی انتخاب سیستم تأمین کالا، ابزاری توان‌مند و مناسب است.[12]

تحقیق دیگری که در زمینه‌ی «تغییرات هزینه‌ی مصالح» در پروژه‌های ساختمانی و نحوه‌ی پیشگیری از وقوع آن، با استفاده از روش دلفی و مراجعه به خبرگان صورت پذیرفت و منجر به ارائه‌ی نوشتار در سال ۲۰۰۶ درکنفرانس بانکوک شد، مؤید کارآیی روش دلفی در مباحث موضوع مهندسی و مدیریت ساخت است.[13]

کاربرد روش دلفی برای ارائه‌ی مدلی به‌منظور تصمیم‌گیری نظام‌مند نسبت به شرکت یا عدم شرکت در یک مناقصه (یا مزایده) و نحوه‌ی قیمت‌دهی، موضوع جالب دیگری در حوزه‌ی مباحث مدیریت ساخت است که در قالب مقاله‌یی در کنفرانس پاکستان (۲۰۰۸) ارائه شده است.[14]

اخیراً، در سال ۲۰۱۰، مقاله‌یی در زمینه‌ی کاربرد روش دلفی منتشر شد که حاکی از آن است که اساساً استفاده از روش دلفی در محیط‌های تحقیقیِ دارای فاکتورهای متداخل ــ محیط‌هایی که نیازمندِ دسترسی به اطلاعات با حساسیت بالاست و کاربرد روش‌های سنتی تحقیق از قبیل «ممیزی»، «مصاحبه» و «توفان فکری گروهی» در آن‌ها فاقد کارایی لازم است ــ کسب اطلاعات مورد نیاز را از طریق خبرگان واجد صلاحیت با استفاده از «ممیزی»های طراحی‌شده‌ی راهبردی برای محققین فراهم می‌آورد. معهذا همین تحقیق اعلام می‌دارد که روش دلفی هنوز هم در تحقیقات مهندسی و مدیریت ساخت (CEM) جایگاه گسترده‌یی پیدا نکرده است.[15]

۳. شیوه‌ی آزمایش و ارزیابی تصمیم‌گیری (دیمتل)

شاخص‌ها، راهکارها یا عوامل مؤثر بر یک معلول ــ که از مراحل «آفریدن ایده‌ها» و «استخراج ایده‌ها» منتج می‌شوند ــ را باید با ساختاری صحیح و مناسب از ارتباطات مستقیم و غیرمستقیم‌شان با یکدیگر سازمان‌دهی کرد. برای این ساختاردهی (سلسله‌مراتب) می‌توان از اصول نظریه‌ی گراف، ماتریس هم‌جوار، ماتریس دسترسی، گراف‌های نشان‌دار و فلوگراف‌ها استفاده کرد. فرایند ساختاردهی نظام‌مند به مجموعه‌یی از اطلاعات موجود، موجب دسترسی به مدل منسجم و تعریف‌شده‌ی سلسله مراتب از روابط روشن در بین عوامل مفروض خواهد شد.

«آزمایش و ارزیابی تصمیم‌گیری» (دیمتل)، یکی از شیوه‌های مربوط به نظریه‌ی گراف در ساختاردهی نظام‌مند به اطلاعات ناشی از قضاوت خبرگان است.[1] این شیوه در اواخر سال ۱۹۷۱ میلادی، عمدتاً برای بررسی مسائل بسیار پیچیده‌ی جهانی به وجود آمد. در بررسی این قبیل مسائل جهانی، اهداف راهبردی و عینی به‌منظور دسترسی به راه حل‌های مناسب مد نظر قرار گرفت، و در این راستا از خبرگانِ موضوعات علمی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، و هنر در قالب انجام مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه نظرخواهی شد. همچنین در ممیزی مورد استفاده، سه گونه سؤالات مختلف طرح شد: سؤالات مربوط به ویژگی‌ها و شاخص‌های مؤثر یک مسئله‌ی مفروض، سؤالات مربوط به روابط ممکن از شاخص‌ها (یا مسائل مختلف) با مشخص‌کردن شدت آن روابط به‌صورت امتیازدهی، و سؤال برای بررسی ماهیت عناصر مشخص‌شده و نقد آن‌ها به‌منظور بررسی احتمالی و مجدد.

Archive of SID

www.SID.ir

دیمتل در ساختاردهی به دنباله‌یی از اطلاعات مفروض کاربرد دارد، بدین‌ترتیب که شدت ارتباطات را از طریق امتیازدهی بررسی می‌کند، بازخوردهای توأم با اهمیت آن‌ها را تجسس کرده و روابط انتقال‌ناپذیر را می‌پذیرد. این در حالی‌است که اطلاعات تجربی نشان داده که قضاوت خبرگان از طریق ارتباطات مستقیم عناصر با یکدیگر، کم و بیش خصوصیات انتقال‌پذیری را تأمین می‌کند.

یکی از مقالات منتشره در سال ۲۰۰۹ حاکی از آن است که گرچه استفاده از شیوه‌ی دیمتل قدری زمان‌بر به نظر می‌رسد، موجب تعامل بیشتر بین تصمیم‌گیرندگان و خبرگان می‌شود.[۱۶]

۴. خبرگان مراجعه‌شده

در تحقیق انجام‌شده،[۱۷] علاوه بر بررسی‌های میدانی و نشست‌های کارشناسی با متخصصین امر، به ۱۴ نفر از خبرگان صنعت ساخت و ساز مراجعه شد. خبره[۷] طبق تعریف عمومی ارائه شده در دایره‌المعارف ویکی‌پدیا عبارت است از «شخصی که برمبنای تحقیقات، تجربه یا شغل و در محدوده مشخصی از مطالعات دارای دانش یا توانایی گسترده می‌باشد.» در ادبیات مربوط به روش دلفی تاکنون تعریفی دقیق و شفاف از فرد «خبره» ارائه نشده است. معهذا تلاش‌های انجام شده در این زمینه توسط محققین طی سالیان اخیر، منجر به ارائه شاخص‌های کلی از فرد «خبره» گردیده است «دانش»، «تجربه»، «موقعیت شغلی» از جمله شاخص‌های مورد اشاره در تحقیقات اخیر می‌باشد.[۱۸] در تحقیق انجام شده خبرگان مورد مراجعه دارای شاخص‌های خبرویت به شرح: الف) دانش فنی حداقل در سطح لیسانس، ب) تجربه کاری بیش از ۲۰ سال و ج) سابقه مسئولیت کلیدی مرتبط با موضوع بیش از ۱۰ سال بوده‌اند.

به‌منظور ایجاد پوشش کامل در شناسایی و اخذ آراء، خبرگانِ چهار حوزه‌ی اجرایی، دولتی، دانشگاهی و مهندسین مشاور انتخاب شدند. ترکیب کلی خبرگان انتخاب‌شده عبارت است از:

- خبرگان حوزه‌ی اجرایی: ۳ نفر
- خبرگان حوزه‌ی دولتی: ۴ نفر
- خبرگان حوزه‌ی دانشگاهی: ۴ نفر
- خبرگان حوزه‌ی مهندسین مشاور: ۳ نفر

برخی از این خبرگان هم‌زمان دارای سوابق فعالیت حرفه‌یی در بیش از یک زمینه‌ی فعالیتی هستند. ازجمله‌ی این موارد می‌توان به خبرگانی اشاره کرد که علاوه بر سابقه‌ی مشاور، در زمینه‌های اجرایی نیز سوابق گسترده‌ی حرفه‌یی داشته و صاحب‌نظرند.

دیگر نکته‌یی که لازم است بیان شود آن است که در تحقیق انجام‌شده بدون هرگونه پیش‌داوری نسبت به نتایج، جمع‌بندی آراء طیف خبرگان را در شناسایی جامع عوامل تأثیرگذار با رویکردی مدیریتی و همه‌جانبه ــ و نه تک‌بعدی (مثلاً فقط اجرایی) ــ مد نظر قرار داشته است. در فرایند مراجعه به خبرگان نیز اظهار نظرهای صورت‌گرفته توسط ایشان بیان‌گر این واقعیت است که در شناسایی عوامل تأثیرگذار کیفی سازه‌ها از منظر مدیریتی، ما با یک فضای چندمتغیره‌ی وابسته به یکدیگر مواجه‌ایم که هریک از خبرگان بنا به سوابق اجرایی و علمی خویش، تنها بخشی از عوامل اصلی را مورد توجه قرار دادند. مراجعه به صاحب‌نظران حوزه‌های چهارگانه‌ی اجرایی، مشاوره، دولتی و دانشگاهی موجب شناسایی هرچه کامل‌تر عوامل تأثیرگذار می‌شود. بدیهی است براساس فرایند رفت و برگشتی دلفی، نهایتاً آراء خبرگان علی‌رغم خبره‌بودن در حوزه‌های مختلف تجمیع و هم‌گرا می‌شود.

۵. شناسایی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت سازه‌ها به روش دلفی

به‌منظور شناسایی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت سازه‌ها، مقدمتاً طی مصاحبه‌یی با هریک از خبرگان، از ایشان وضعیت موجود ساخت و ساز از منظر کیفیت سازه‌یی و عوامل مؤثر بر آن سؤال شد. براین اساس، فهرستی از عوامل شناسایی شده که بالغ بر ۳۹ مورد است که به‌لحاظ موضوعی دسته‌بندی و در شش گروه مرتب شدند. این فهرست مرتب‌شده به‌همراه شرح کاملی از نکات و جزئیات مورد اشاره‌ی خبرگان مجدداً برای آنان ارسال شد و نظرخواهی مرحله‌ی بعد صورت پذیرفت. در این مرحله از نظرخواهی، فرد خبره ضمن آگاهی از جمع‌بندی‌های انجام‌شده تا آن مرحله ــ شامل سابقه‌ی پژوهش، فهرست و موقعیت حرفه‌یی خبرگان، فهرست عوامل دسته‌بندی شده و شرح کامل نظریات ارائه‌شده توسط خبرگان ــ با سؤالاتی در زمینه‌ی «جامع و کامل بودن عوامل شناسایی شده و ارائه‌ی هرگونه نقطه‌نظر جدید و توضیحات تکمیلی» مواجه شد. جمع‌بندی این مرحله از نظرخواهی نیز متعاقباً به اطلاع خبرگان رسانیده شد و تأیید /اعلام نظر آنان دریافت شد.

فرایند فوق که مبتنی بر روش دلفی است، موجب تجمیع و هم‌گرایی نظریات خبرگان در شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر کیفیت سازه‌ها شد. فهرست دسته‌بندی‌شده‌ی متغیرهای مزبور منتج از فرایند مراجعه به آراء خبرگان عبارت است از:

الف) کیفیت مصالح

- ــ وجود مصالح ساختمانی استاندارد در بازار؛
- ــ میزان یکپارچگی در مشخصات برخی مصالح تولیدی؛
- ــ وجود نظام جامع کنترل کیفیت مصالح.

ب) عملکرد عوامل دست اندرکار (براساس قانون)

- ــ عملکرد سرمایه‌گذار یا مالک ساختمان؛
- ــ عملکرد طراح ساختمان؛
- ــ عملکرد مجری ساختمان؛
- ــ عملکرد عوامل اجرایی ساختمان؛
- ــ عملکرد ناظر ساختمان.

ج) عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول (براساس قانون)

- ــ عملکرد وزارت مسکن و شهرسازی؛
- ــ عملکرد وزارت کار و امور اجتماعی؛
- ــ عملکرد سازمان نظام مهندسی ساختمان؛
- ــ عملکرد شهرداری؛
- ــ عملکرد وزارت صنایع؛
- ــ عملکرد وزارت بازرگانی؛
- ــ عملکرد وزارت آموزش عالی؛

Archive of SID

www.SID.ir

- عملکرد سایر سازمان‌ها و نهادها؛
- انسجام و هماهنگی سیاست‌های کلان کشور.

د) وضعیت قوانین و مدارک فنی

- وجود برنامه‌ی جامع ملی برای ارتقاء کیفیت ساخت؛
- انسجام قوانین و مقررات و وجود قانون کلی کنترل ساختمان؛
- تعیین متولی کیفیت ساخت و ساز؛
- تبیین و تدقیق وظایف سازمان نظام مهندسی ساختمان؛
- تبیین و تدقیق وظایف شهرداری؛
- مسائل نظام سهمیه‌بندی کار؛
- کیفیت مقررات و مدارک نظام طراحی ساختمان؛
- کیفیت مقررات مربوط به نظام اجرای ساختمان؛
- کیفیت مقررات مربوط به نظام نظارت ساختمان؛
- کیفیت قوانین حمایتی مصرف‌کننده و نحوه‌ی برخورد با متخلفین؛
- تبیین شاخص کیفیت ساخت و ساز؛
- کفایت و کیفیت مدارک فنی؛
- کیفیت مقررات شهرسازی شهرداری‌ها؛
- مسائل مربوط به قانون کار؛
- وجود نظام کنترل مالی و مالیاتی.

هـ) مباحث آموزشی و فرهنگی

- وضعیت آموزشی مهندسین در بخش اجرایی؛
- وضعیت نظام آموزشی و تربیت تکنسین؛
- وضعیت نظام آموزشی و تربیت کارگران فنی ماهر؛
- فرهنگ‌سازی کلی و عمومی؛
- اخلاق حرفه‌یی.

و) کاربرد روش‌های نوین ساخت و ساز

- کاربرد روش‌های نوین و صنعتی‌سازی ساختمان؛
- ایجاد نوآوری.

لازم به ذکر است موارد برشمرده صرفا عناوین کلی عوامل تأثیرگذار بوده و نوشتار حاضر درصدد توضیح و تشریح عوامل مزبور نیست. شرح مختصری از برخی از این عوامل پیش‌تر در مقاله‌یی ارائه شده است[۱۹] و متعاقباً شرح کامل عوامل برشمرده، بنا به اهمیت موضوع به‌لحاظ موضوعات فنی مدیریتی کشور طی گزارش مستقلی ارائه خواهد شد.

۶. ساختاردهی نظام‌مند به عوامل اثرگذار با استفاده از شیوه‌ی دیمتل

چنانچه پیش‌تر نیز بیان شد، فرایند ساختاردهی نظام‌مند به مجموعه‌یی از اطلاعات موجود موجب دسترسی به مدلی منسجم و تعریف‌شده (سلسله مراتبی) از روابط روشن در بین عوامل مفروض می‌شود. شیوه‌ی دیمتل یکی از شیوه‌های مورد استفاده در ساختاردهی نظام‌مند به عوامل شناسایی شده، و مبتنی بر اصول نظریه‌ی گراف است. این شیوه نیز مشابه روش دلفی از شیوه‌های اثبات‌شده، آشنا و رایج حوزه‌ی مهندسی صنایع است که مبنای متقن ریاضی دارد.

در ادامه، مراحل به‌کارگیری این شیوه در ساختاردهی به عوامل تأثیرگذار بر کیفیت سازه‌ها و نتایج حاصله ارائه می‌شود.

۱.۶. شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده‌ی سیستم

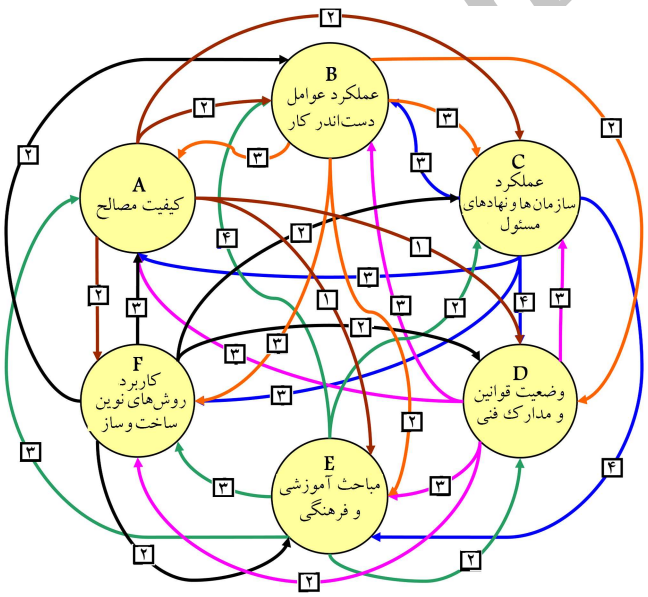
در پژوهش حاضر منظور از عناصر تشکیل‌دهنده‌ی سیستم همان عوامل تأثیرگذار بر کیفیت سازه‌هاست که پیش‌تر براساس نظر خبرگان و به‌روش دلفی مورد شناسایی قرار گرفت. تشکیل شبکه‌ی ارتباطی عناصر با درنظرگیری تمامی ۳۹ عامل شناسایی‌شده، به‌دلیل پیچیدگی تعیین روابط متقابل هر عنصر با سایر عناصر امری پیچیده است و می‌تواند از دقت کار بکاهد. بدین‌ترتیب، تشکیل شبکه‌ی ارتباطی عناصر و انجام تحلیل دیمتل به‌ازای شش گروه اصلی صورت می‌پذیرد.

۲.۶. تشکیل نمودار تأثیر عناصر

در این مرحله عناصر تشکیل‌دهنده‌ی سیستم در رئوس یک نمودار قرار گرفته و روابط حاکم بین ایستگاه‌ها یا رئوس مثلا به‌صورت نفوذ عناصر بر یکدیگر تعیین می‌شود. مقایسه‌ی عناصر با یکدیگر به‌صورت زوجی بوده و قضاوت خبرگان فقط برای ارتباطات مستقیم عناصر با یکدیگر مورد پرسش واقع می‌شود. بدین‌معنا که مثلاً نفوذ A بر D از طریق واسطه‌های B و C مورد پرسش واقع نشده، بلکه قضاوت برای رابطه‌ی ممکن و مستقیم بین A و D صورت می‌پذیرد. در شکل ۱ نمودار مربوط به دسته عوامل تأثیرگذار بر کیفیت سازه‌ها نشان داده شده است.

۳.۶. تعیین قانون تصمیم‌گیری گروهی

در پژوهش انجام شده، شدت تأثیر عناصر در قالب امتیازدهی از صفر تا ۴ مورد



شکل ۱. نمودار تأثیر دسته عوامل اثرگذار بر کیفیت سازه‌ها.

www.SID.ir

سؤال واقع می‌شود. شدت تأثیر و امتیاز نظیر آن چنین تعیین می‌شود:

- تأثیر خیلی زیاد امتیاز ۴
- تأثیر زیاد امتیاز ۳
- تأثیر کم امتیاز ۲
- تأثیر خیلی کم امتیاز ۱
- بدون تأثیر امتیاز ۰

شایان ذکر است که به‌دلیل پرهیز از تمایل عمومی قضاوت‌کنندگان به انتخاب وضعیت «متوسط» و درنتیجه انحراف در نتایج، از درنظرگرفتن این شدت تأثیر اجتناب شده است. با توجه به متفاوت‌بودن نظرات ارائه‌شده توسط خبرگان درمورد شدت تأثیر عناصر با یکدیگر، تحلیل نهایی براساس «میانه» نظر خبرگان صورت خواهد پذیرفت.

۴.۶. تعیین شدت تأثیر عناصر بر یکدیگر

تعیین شدت تأثیر عناصر بر یکدیگر، ازگام‌های مهم و دقیق پژوهش انجام شده است. بدین منظور پرسش‌نامه‌یی طراحی و طی آن قضاوت خبرگان نسبت به شدت تأثیر عناصر بر یکدیگر براساس قانون مندرج درگام سوم مورد سؤال واقع شد. مقادیر نوشته شده روی بردارهای شکل ۱، میانه نظریات خبرگان را در این زمینه نشان می‌دهد.

۵.۶. تشکیل ماتریس شدت روابط مستقیم

براساس نمودار تنظیم‌شده در شکل ۱، می‌توان شدت تأثیر عناصر بر یکدیگر را به‌صورت «ماتریس شدت روابط مستقیم» نشان داد (ماتریس ۱). ورودی هر تقاطع در ماتریس روابط مستقیم، نشان‌دهنده‌ی شدت نفوذ عنصر موجود از آن ردیف بر عنصر موجود از آن ستون است. بدین‌ترتیب، صفر در هر تقاطع نشان‌دهنده‌ی عدم وجود رابطه بین عناصر نظیر از آن تقاطع خواهد بود.

$$\hat{M} = \begin{array}{c} \\ A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} A & B & C & D & E & F \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۰ & ۲ & ۲ & ۱ & ۱ & ۲ \\ ۳ & ۰ & ۳ & ۲ & ۲ & ۳ \\ ۳ & ۳ & ۰ & ۴ & ۴ & ۳ \\ ۳ & ۳ & ۳ & ۰ & ۳ & ۲ \\ ۳ & ۴ & ۲ & ۲ & ۰ & ۳ \\ ۳ & ۲ & ۲ & ۲ & ۲ & ۰ \end{bmatrix} \end{array}$$

ماتریس ۱. شدت روابط مستقیم $\hat{M}$.

۶.۶. تعیین شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم

در این مرحله هر ورودی از ماتریس $\hat{M}$، در وارونه‌ی بیشترین مجموع ردیفی از آن ماتریس ضرب می‌شود. این عمل ضرب موجب انحراف از روند حاکم بر پاسخ‌های موجود نمی‌شود، زیرا آن پاسخ‌ها برای روابط ممکن به‌صورت مستقیم (بین هر دو عنصر A و B) است و به‌وضوح آثار غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر کم‌تر از آثار مستقیم آنها خواهد بود. ماتریس ۲ نشان‌گر «شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم» است.

$$M = \begin{array}{c} \\ A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} A & B & C & D & E & F \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۰ & ۰/۱۱۸ & ۰/۱۱۸ & ۰/۰۵۹ & ۰/۰۵۹ & ۰/۱۱۸ \\ ۰/۱۷۶ & ۰ & ۰/۱۷۶ & ۰/۱۱۸ & ۰/۱۱۸ & ۰/۱۷۶ \\ ۰/۱۷۶ & ۰/۱۷۶ & ۰ & ۰/۲۳۵ & ۰/۲۳۵ & ۰/۱۷۶ \\ ۰/۱۷۶ & ۰/۱۷۶ & ۰/۱۷۶ & ۰ & ۰/۱۷۶ & ۰/۱۱۸ \\ ۰/۱۷۶ & ۰/۲۳۵ & ۰/۱۱۸ & ۰/۱۱۸ & ۰ & ۰/۱۷۶ \\ ۰/۱۷۶ & ۰/۱۱۸ & ۰/۱۱۸ & ۰/۱۱۸ & ۰/۱۱۸ & ۰ \end{bmatrix} \end{array}$$

ماتریس ۲. شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم.

۷.۶. تعیین مجموع آثار مستقیم و غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر

در این مرحله، مجموع دنباله‌ی نامحدودی از آثار مستقیم و غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر (توأم با کلیه‌ی بازخوردهای ممکن) به‌صورت یک تصاعد هندسی و براساس قوانین موجود از گراف‌ها محاسبه می‌شود. محاسبه‌ی این مجموع نیاز به استفاده از ماتریس $(I-M)^{-۱}$ دارد. مجموع دنباله‌ی نامحدود از اثرهای مستقیم و غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر عبارت است از:

$$S_{t\to\infty} = M + M^۲ + M^۳ + \ldots + M^t = M(I-M^t)/(I-M);$$

$$\lim_{t\to\infty} M^t = ۰$$

$$S_{t\to\infty} = M/(I-M) = M(I-M)^{-۱}$$

بااستفاده از رابطه‌ی فوق می‌توان شدتِ کلیه‌ی روابط مستقیم و غیرمستقیم (برآمده از پاسخ‌های خبرگان) را برای نمودار مفروض محاسبه کرد. بدین‌ترتیب درمورد ماتریس ۲ خواهیم داشت:

$$M(I-M)^{-۱} = \begin{array}{c} \\ A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} A & B & C & D & E & F \end{array} \\ \begin{bmatrix} ۰/۲۹۱ & ۰/۳۷۳ & ۰/۳۴۴ & ۰/۲۷۸ & ۰/۲۹۲ & ۰/۳۶۳ \\ ۰/۵۹۶ & ۰/۴۱۲ & ۰/۵۱۶ & ۰/۴۴۱ & ۰/۴۶۵ & ۰/۵۴۴ \\ ۰/۷۲۲ & ۰/۶۸۶ & ۰/۴۷ & ۰/۶۲۳ & ۰/۶۵۶ & ۰/۶۵۴ \\ ۰/۶۳۲ & ۰/۶۰۱ & ۰/۵۴۷ & ۰/۳۶۳ & ۰/۵۴ & ۰/۵۳۳ \\ ۰/۶۲۱ & ۰/۶۳ & ۰/۴۹۳ & ۰/۴۵۵ & ۰/۳۷۴ & ۰/۵۶۷ \\ ۰/۵۳ & ۰/۴۵۸ & ۰/۴۱۷ & ۰/۳۸ & ۰/۴۰۹ & ۰/۳۳۴ \end{bmatrix} \end{array}$$

ماتریس ۳. شدت نسبی موجود از روابط مستقیم و غیرمستقیم.

برای مثال، شدت اثرگذاری مستقیم C به B (ماتریس ۲) معادل ۰/۱۷۶ است. این شدت از طریق غیر مستقیم C به A به B معادل ۰/۰۲۱ = ((۰/۱۱۸)(۰/۱۷۶)، از طریق C به D به B معادل ۰/۰۴۱ = ((۰/۱۷۶)(۰/۲۳۵)، از طریق C به E به B معادل ۰/۰۵۵ = ((۰/۲۳۵)(۰/۲۳۵) و از طریق C به F به B معادل ۰/۰۲۱ = ((۰/۱۱۸)(۰/۱۷۶) است. به‌همین منوال، شدت اثرگذاری غیرمستقیم C به B از طریق مثلاً C به D به E به B معادل ۰/۰۱۰=(((۰/۲۳۵)(۰/۱۷۶)(۰/۲۳۵) است. سرانجام شدت غیرمستقیم از C به B در حد نامحدود از زنجیره‌های متعدد هم‌گرا بالغ بر ۰/۵۱ = (۰/۱۷۶ − ۰/۶۸۶) خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

۸.۶. محاسبه‌ی شدت روابط غیرمستقیم

شدت احتمالیِ روابط غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر از مجموع تصاعد هندسی زیر حاصل می‌شود:

$$S^{I}_{t\to\infty} = M^{۲} + M^{۳} + M^{۴} + \ldots + M^{t} = M^{۲}(I-M)^{-۱}$$

بدین‌ترتیب «شدت روابط غیرمستقیم عناصر اثرگذار» به‌شرح ماتریس ۴ خواهد بود:

$$M^{۲}(I-M)^{-۱} =$$

	A	B	C	D	E	F
A	۰٫۲۹۱	۰٫۲۵۵	۰٫۲۲۶	۰٫۲۱۹	۰٫۲۳۴	۰٫۲۴۵
B	۰٫۴۲	۰٫۴۱۲	۰٫۳۴	۰٫۳۲۴	۰٫۳۴۷	۰٫۳۶۸
C	۰٫۵۴۵	۰٫۵۰۹	۰٫۴۷	۰٫۳۸۸	۰٫۴۲۱	۰٫۴۷۸
D	۰٫۴۵۶	۰٫۴۲۵	۰٫۳۷۱	۰٫۳۶۳	۰٫۳۶۳	۰٫۴۱۵
E	۰٫۴۴۵	۰٫۳۹۵	۰٫۳۷۵	۰٫۳۳۷	۰٫۳۷۴	۰٫۳۹۱
F	۰٫۳۵۴	۰٫۳۴	۰٫۲۹۹	۰٫۲۷	۰٫۲۹۱	۰٫۳۳۴

ماتریس ۴. شدت نسبی موجود از روابط غیرمستقیم.

با ملاحظه‌ی ماتریس ۴ درمی‌یابیم که تمام عناصر (A به A، B به B، ...، F به F) خودحلقه[۸] هستند. این بدان معناست که عناصر به‌طور غیرمستقیم و به‌واسطه‌ی سایر عناصر بر خود نیز تأثیر می‌گذارند. همچنین از مقایسه‌ی ماتریس‌های ۲ و ۴ ملاحظه می‌شود که شدت نسبی حاصل از روابط غیرمستقیم در تمام موارد بیش از شدت روابط مستقیم (بعضاً تا چند برابر) است. این بدان مفهوم است که در بررسی تأثیرات عناصر بر یکدیگر، نباید تنها به تأثیرات مستقیم اکتفا کرد و باید توجه داشت که اثرات غیرمستقیم می‌تواند به‌مراتب مهم‌تر و تعیین‌کننده‌تر از اثرات مستقیم باشد. نکته‌ی قابل توجه آن که تشخیص میزان اثرات غیرمستقیم در پژوهش انجام‌شده به‌طور ذهنی امکان‌پذیر نبوده و لازم است برای این منظور از ریاضیات به شرح فوق بهره گرفته شود.

۹.۶. تعیین سلسله‌مراتب یا ساختار ممکن دسته عوامل اثرگذار

ترتیب نفوذ عناصر بر یکدیگر و نیز تحت نفوذ قرارگرفتن آن‌ها توسط سایر عناصر، مشخص‌کننده‌ی ساختار ممکن از سلسله‌مراتب آن عناصر در بهبود یا حل مسئله است. بدین‌منظور برای دسترسی به ساختار ممکن از روابط مستقیم و غیرمستقیم، ترتیب واقع‌شدن عناصر از نظر نفوذ بر دیگر عناصر و همچنین ترتیب آن‌ها از نظر تحت نفوذ قرار گرفتن، در جدول ۱ بررسی می‌شود.

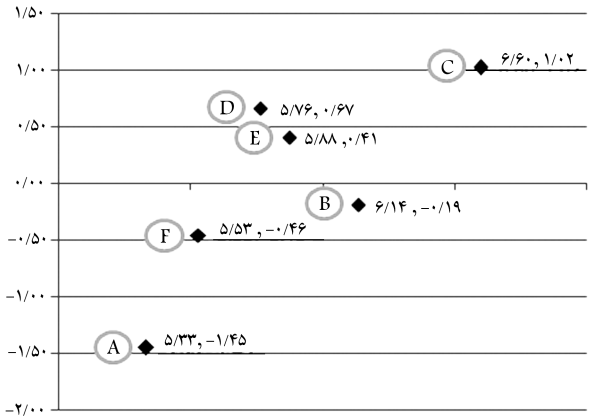
بیشترین مجموع ردیفی (R) نشان‌دهنده‌ی ترتیب عناصری است که قویاً بر عناصر دیگر نفوذ دارند، (مانند عنصر C در جدول ۱). بیشترین مجموع ستونی (J) نشان‌دهنده‌ی ترتیب عناصری است که تحت نفوذ واقع می‌شوند، (مانند عنصر A در جدول ۱ که بیشترین نفوذ را از بقیه‌ی عناصر دریافت می‌کند). بنابراین ترتیب عناصرِ ستون (R) نشان‌دهنده‌ی سلسله‌مراتبِ عناصر نفوذکننده است و ترتیب عناصرِ از ستون (J) نشان‌دهنده‌ی سلسله‌مراتبِ عناصر تحت نفوذ خواهد بود.

محل واقعی هر عنصر در سلسله‌مراتب نهایی توسط ستون‌های ($R+J$) و ($R-J$) مشخص می‌شود، به‌طوری که ($R+J$) نشان‌دهنده‌ی مجموع

جدول ۱. ترتیب نفوذ / تحت نفوذ واقع شدن عناصر.

براساس بیشترین مجموع ستونی (اثرپذیری)		براساس بیشترین مجموع ردیفی (اثرگذاری)	
ترتیب عناصر	J	ترتیب عناصر	R
A	۳٫۳۹۲۸	C	۳٫۸۱۰۶
B	۳٫۱۶۰۱	D	۳٫۲۱۶
F	۲٫۹۹۵۷	E	۳٫۱۴۰۲
C	۲٫۷۸۶۶	B	۲٫۹۷۵
E	۲٫۷۳۵	F	۲٫۵۳۵۷
D	۲٫۵۴۸۳	A	۱٫۹۴۱۱

براساس $R-J$		براساس $R+J$	
ترتیب عناصر	$R-J$	ترتیب عناصر	$R+J$
C	۱٫۰۲۴	C	۶٫۵۹۷۲
D	۰٫۶۶۷۷	B	۶٫۱۳۵۱
E	۰٫۴۰۵۲	E	۵٫۸۷۵۳
B	−۰٫۱۸۵۱	D	۵٫۷۶۴۳
F	−۰٫۴۶	F	۵٫۵۳۱۴
A	−۱٫۴۵۱۷	A	۵٫۳۳۳۹



شکل ۲. موقعیت عناصر در سلسله‌مراتب ممکن.

شدت یک عنصر (در طول محور طول‌ها) هم به‌لحاظ نفوذکنندگی و هم به‌لحاظ نفوذپذیری است. ($R-J$) نشان‌دهنده‌ی موقعیت یک عنصر در طول محور عرض‌هاست. این موقعیت درصورت مثبت‌بودن ($R-J$) به‌طور قطع یک نفوذکننده است و درصورت منفی‌بودن قطعاً تحت نفوذ (دریافت‌کننده) خواهد بود.

سلسله‌مراتب نهاییِ روابط مستقیم و غیرمستقیم، به‌ازای تحلیل دسته‌عوامل تأثیرگذار برکیفیت سازه‌یی ساختمان‌ها، با توجه به ارزش‌های ($R+J$) و ($R-J$) به قرار شکل ۲ است.

Archive of SID
www.SID.ir

۷. بهره‌گیری از ساختار سلسله‌مراتبی در توسعه‌ی درک تصمیم‌گیرندگان

توافق خبرگان بر روابط موجود در بین عناصر یک سیستم، موجب تشکیل نموداری خواهد شد (شکل ۱) که می‌تواند بسیار پیچیده و متشکل از حلقه‌ها و چرخه‌های متعدد باشد. بنابراین، اطلاع از ترتیب عناصر برحسب نفوذ بر سایر عناصر (ستون R)، ترتیب عناصر برحسب نفوذپذیری آن‌ها (ستون J)، و ساختار نهاییِ نفوذکنندگان (مثبت‌بودن $R-J$) و نفوذشوندگان (منفی‌بودن $R-J$)، به‌انضمام شدت آن‌ها از نظر نفوذکردن یا نفوذپذیری ($R+J$) می‌تواند به گسترش قابل ملاحظه‌ی درک تصمیم‌گیرندگان از ساختار مسئله‌ی مورد بحث بینجامد. برخی نتایج حاصل از ساختار سلسله‌مراتبی عناصر عبارت است از:

۱. جدول ۱ نشان می‌دهد که به‌طور طبیعی ترتیب نفوذکنندگی عناصر (R) از ترتیب نفوذپذیری‌شان (J) متفاوت است. معهذا ترتیبات مذکور الزاماً عکس یکدیگر نیستند.

۲. ستون R در جدول ۱ نشان می‌دهد که عنصر C (عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول) دارای بیشترین میزان (۲۱٫۶٪) و عنصر A (کیفیت مصالح) دارای کم‌ترین میزان (۱۱٫۰٪) اثرگذاری /نفوذکنندگی بر سایر عناصرند. همچنین از ستون R در جدول ۱ مشاهده می‌شود که سه عنصر (دسته عامل) دارای بیشترین میزان اثرگذاری بر بقیه‌ی عناصرند:

- عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول (C): ٪۲۱٫۶
- وضعیت قوانین و مدارک فنی (D): ٪۱۸٫۳
- مباحث آموزشی و فرهنگی (E): ٪۱۷٫۸
- مجموع تأثیر سه عنصر نخست نفوذکننده (اثرگذار): ٪۵۷٫۷

بحث فوق بیان‌گر آن است که دامنه‌ی نفوذ عنصر بالا (C) به میزان دو برابر دامنه‌ی نفوذ عنصر پایین (A) در جدول بوده و عناصر از نقطه‌نظر اثرگذاری /نفوذکنندگی بر بقیه‌ی عناصر نقش‌های متفاوتی دارند.

۳. به‌همین ترتیب ستون J در جدول ۱ نشان می‌دهد که عنصر A (کیفیت مصالح) دارای بیشترین میزان (۱۹٫۲٪) و عنصر D (وضعیت قوانین و مدارک فنی) دارای کم‌ترین میزان (۱۴٫۵٪) اثرپذیری /نفوذپذیری از سوی سایر عناصرند. همچنین سه عنصر (دسته عامل) دارای بیشترین میزان اثرپذیری از سوی بقیه‌ی عناصر عبارت‌اند از:

- کیفیت مصالح (A): ٪۱۹٫۲
- عملکرد عوامل دست اندرکار (B): ٪۱۷٫۹
- کاربرد روش‌های نوین ساخت و ساز (F): ٪۱۷٫۰
- مجموع تأثیر سه عنصر نخست نفوذکننده (اثرگذار): ٪۵۴٫۱

بحث فوق بدان معناست که میزان نفوذپذیری عناصر بالا و پایین جدول سلسله‌مراتب به یکدیگر نزدیک است و عناصر از منظر نفوذپذیری از سوی سایر عناصر وضعیت نسبتاً مشابهی دارند.

۴. ستون $R+J$ در جدول ۱، میزان مجموع «اثرگذاری و اثرپذیری» یا «نفوذکنندگی و نفوذپذیری» عناصر را نشان می‌دهد. مقادیر مندرج در این ستون، وضعیت تأثیر کلی هر عنصر را در شبکه‌ی تأثیر عوامل اثرگذار نشان داده و بدین‌ترتیب ذهن تصمیم‌گیرنده را در تشخیص ترتیب و میزان کلی تأثیر عوامل نسبت به سایر عناصر یاری می‌کند.

دقت در مقادیر $R+J$ عناصر در جدول ۱ نشان می‌دهد که مقادیر مزبور بسیار به هم نزدیک‌اند و دو عنصر بالا (C: عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول با میزان ۱۸٫۷٪) و پایین (A: کیفیت مصالح با میزان ۱۵٫۱٪) فقط به میزان ۳٫۶٪ با یکدیگر اختلاف دارند. این بدان معناست که مجموع «اثرگذاری + اثرپذیری» عناصر در شبکه‌ی تأثیر عناصر نسبت به یکدیگر تقریباً یکسان است و از این منظر امتیازی نسبت به یکدیگر ندارند. بنابراین تبیین دقیق‌تر نقش عناصر مستلزم توجه به سایر شاخص‌ها است.

۵. ستون $R-J$ در جدول ۱ نشان‌دهنده‌ی تفاضل قدرمطلق اثرگذاری و اثرپذیری عناصر است. تفاضل مزبور در شبکه‌ی تأثیر عوامل نسبت به هم چنانچه مثبت باشد به‌معنای «نفوذ کنندگی» عنصر و اگر منفی باشد بیان‌گر «نفوذپذیری» آن است. بدین‌ترتیب مشاهده می‌شود که عناصر نفوذکننده و تحت نفوذ عبارت‌اند از:

- **عناصر نفوذکننده (به‌ترتیب):**
  - عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول (C)
  - وضعیت قوانین و مدارک فنی (D)
  - مباحث آموزشی و فرهنگی (E)
- **عناصر تحت نفوذ (به‌ترتیب):**
  - کیفیت مصالح (A)
  - تأخیر در کاربرد روش‌های نوین ساخت و ساز (F)
  - عملکرد عوامل دست‌اندرکار (B)

۶. عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول (گروه C)، براساس قانون اثرگذارترین گروه روی بقیه‌ی گروه‌ها است. شاخص R یا اثرگذاری گروه C به‌میزان ۲۱٫۶٪ و حدوداً دوبرابر میزان تأثیر گروه دارای کم‌ترین میزان اثرگذاری (گروه A) است. همچنین شاخص $R+J$ در مورد این گروه، دارای بیشترین مقدار خود (یعنی ۱۸٫۷٪) است. این گروه اگرچه از بقیه‌ی گروه‌ها نیز تأثیر می‌پذیرد ($J=$ ٪۱۵٫۸)، وجه غالب عملکردی خود را به‌صورت اثرگذارنده یا نفوذکننده ($(R-J)_C = ۱٫۰۲ > ۰$) نشان می‌دهد. این بدان معناست که بهبود یا ضعف وضعیت گروه C، تأثیرات تعیین‌کننده‌یی در وضعیت بقیه‌ی گروه‌ها ایجاد می‌کند.

علاوه بر گروه C، گروه‌های دیگری که دارای عملکرد مثبت یعنی اثرگذارنده یا نفوذکننده ($R-J>۰$) هستند، به‌ترتیب عبارت‌اند از گروه‌های D (وضعیت قوانین و مدارک فنی) با $(R-J)_D = ۰٫۶۷$ و E (مباحث آموزشی و فرهنگی) با $(R-J)_E = ۰٫۴۱$). بدین‌ترتیب بهبود وضعیت این دو گروه نیز می‌تواند در راستای ارتقاء سطح کیفیت ساخت و ساز مورد توجه قرار گیرد.

۷. گروه A یعنی «کیفیت مصالح»، اثرپذیرترین یا نفوذپذیرترین عنصر در میان شش گروه مورد بررسی است. میزان اثرپذیری گروه A بالغ بر ۱۹٫۲٪ مجموع کل اثرپذیری است که از میزان متوسط اثرپذیری فاصله‌ی چندانی ندارد. این بدان معناست که توزیع سهم اثرپذیری عوامل در طیف وسیع و چندان متغیری صورت نپذیرفته و عوامل مورد بررسی وضعیت کم‌وبیش یکسانی دارند. گروه A اگرچه تأثیراتی نیز بر سایر عوامل دارد، وجه غالب عملکردی ($R-J$) خود را به‌صورت منفی ــ یعنی اثرپذیر (تحت نفوذ) ــ نشان می‌دهد ($(R-J)_A = -۱٫۴۵ < ۰$).

Archive of SID

www.SID.ir

گروه‌های دیگری نیز که مشابه گروه A دارای وجه غالب عملکردی به‌صورت منفی ($R-J<0$) هستند و به‌عبارت دیگر اثرپذیر یا تحت نفوذند به‌ترتیب عبارت‌اند از: گروه‌های F (تأخیر در کاربرد روش‌های نوین ساخت و ساز) با $(R-J)_F=-0/46$ و B (عملکرد عوامل دست اندرکار براساس قانون) با $(R-J)_B=-0/19$. بهبود وضعیت پارامترهای مورد اشاره دراین بندآثار مثبتی بر ارتقاء سطح کیفیت ساخت و ساز خواهد داشت، اما باید توجه کرد که در شرایط محدودیت منابع ــ اعم از زمان، پول و نظایر آن ــ چنانچه ملاحظه‌ی دیگری مورد نظر نباشد پرداختن به پارامترهای با عملکرد مثبت $(R-J)$، از مزیت نسبی و کارایی بالاتر نسبت به عناصر با عملکرد منفی $(R-J)$ برخوردار است.

۸. جمع‌بندی

۱. براساس شواهد موجود و بررسی‌های میدانی انجام‌شده، کیفیت سازه‌های تا پنج‌طبقه‌ی شخصی‌ساز در تهران از نظر مقاومت در برابر زلزله نیاز به ارتقاء دارد. برای شناسایی عوامل مؤثر بر کیفیت ساخت سازه‌ها و تبیین سلسله‌مراتب آن‌ها، می‌توان از روش‌ها و شیوه‌های رایج در حوزه‌ی مدیریتی صنایع، تحت عنوان «روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره‌ی گروهی» (MADM) که مبتنی بر ریاضیات و نظریه‌های مدیریتی هستند، استفاده کرد. در بررسی انجام‌شده، با انتخاب متدولوژی مراجعه به قضاوت خبرگان، از روش دلفی و شیوه‌ی دیمتل بهره‌گیری شده است.

۲. کاربرد روش دلفی در شناسایی «عوامل تأثیرگذار بر کیفیت نامناسب سازه‌ها» پس از مراجعه به خبرگان حوزه‌های دولتی، دانشگاهی، مشاور و اجرایی، منجر به شناسایی ۳۹ عامل شده است. روند طی‌شده در جامعیت‌بخشی و هم‌گراکردن آراء خبرگان در این روش، روندی نظام‌مند است. براساس اهمیت نتایج حاصله از نقطه‌نظر ادبیات فنی کشور، شرح کامل عوامل متعاقباً طی گزارش مستقلی ارائه خواهد شد.

۳. عامل‌های شناسایی‌شده (۳۹ عامل) را می‌توان در قالب ۶ گروه اصلی دسته‌بندی کرد:

الف) کیفیت مصالح (۳ عامل)

ب) عملکرد عوامل دست‌اندرکار (براساس قانون) (۵ عامل)

ج) عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول، براساس قانون (۹ عامل)

د) وضعیت قوانین و مدارک فنی (۱۵ عامل)

ه) مباحث آموزشی و فرهنگی (۵ عامل)

و) کاربرد روش‌های نوین ساخت و ساز (۲ عامل)

۴. کاربرد شیوه‌ی دیمتل منجر به شناسایی تأثیرات مستقیم (ماتریس ۲) و غیرمستقیم (ماتریس‌های ۳ و ۴) عناصر بر یکدیگر می‌شود. تشخیص تأثیرات غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر که در مسئله‌ی مورد بررسی مقادیر قابل توجهی را (بعضاً تا چندبرابر اثرات مستقیم) شامل می‌شود و حتی موجب ایجاد «خودحلقه» درمورد تمامی عناصر نیز شده است، به‌صورت ذهنی امکان‌پذیر نیست و استفاده از ریاضیات در این زمینه ضروری است. بدیهی است اطلاع تصمیم‌گیرندگان از میزان اثرگذاری غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر، کمک شایان توجهی به اتخاذ راه‌حل‌های بهینه مدیریتی می‌کند.

۵. تعیین سلسله مراتب عناصر در شیوه‌ی دیمتل، با استفاده از دو رویکرد «اثرگذاری یا نفوذکنندگی» (R) و «اثرپذیری یا تحت نفوذ بودن» (J) مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین جمع قدرمطلق دو رویکرد مورد اشاره $(R+J)$ و نیز تفاضل آن‌ها $(R-J)$، نتایج مهمی را در تجزیه و تحلیل نقش عوامل به دست می‌دهد.

۶. بررسی شاخص R نشان می‌دهد که گروهC (عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول براساس قانون) دارای بیشترین میزان (۲۱/۶٪) و گروه A (کیفیت مصالح) دارای کم‌ترین میزان (۱۱/۰٪) اثرگذاری یا نفوذکنندگی بر سایر گروه‌ها هستند. این بدان معناست که دامنه‌ی نفوذ عنصر بالا (C) دو برابر عنصر پایین (A) است و لذا عناصر از حیث اثرگذاری یا نفوذکنندگی بر بقیه‌ی عناصر نقش‌های متفاوتی ایفا می‌کنند.

۷. بررسی شاخص J نشان می‌دهد که گروه A (کیفیت مصالح)، اثرپذیرترین یا تحت‌نفوذترین عنصر در میان شش گروه مورد بررسی است. مع‌هذا میزان اثرپذیری گروه A بالغ بر ۱۹/۲٪ مجموع کل اثرپذیری است که از میزان متوسط اثرپذیری فاصله‌ی چندانی ندارد. این بدان معناست که میزان اثرپذیری گروه‌ها کم‌وبیش یکسان است.

۸. شاخص $R+J$ یا مجموع اثرگذاری و اثرپذیری، نشان‌گر وضعیت مشابه درمورد همه‌ی گروه‌هاست و در دامنه‌ی محدودی ــ از ۱۸/۷٪ (گروه C) تا ۱۵/۱٪ (گروه A) ــ تغییر می‌کند. این بدان معناست که برای تبیین دقیق‌تر نقش عناصر، توجه به بقیه‌ی شاخص‌ها ضرورت دارد.

۹. شاخص $R-J$، تفاضل قدرمطلق اثرگذاری و اثرپذیری عناصر را نشان می‌دهد. تفاضل مزبور در شبکه‌ی تأثیر عوامل نسبت به یکدیگر چنانچه مثبت باشد به‌معنای «نفوذکنندگی» عنصر و اگر منفی باشد بیان‌گر «نفوذپذیری» آن است. بدین‌ترتیب گروه‌های C، D و E به‌ترتیب جزء عناصر نفوذکننده‌و گروه‌های A، F و B به‌ترتیب جزء عناصر تحت نفوذ هستند.

۱۰. گروه C (عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول براساس قانون) اثرگذارترین گروه روی بقیه‌ی گروه‌ها است. شاخص R این گروه به‌میزان ۲۱/۶٪ و حدود دو برابر گروه دارای کم‌ترین اثرگذاری (گروه A) است. همچنین شاخص $R+J$درمورد این گروه بیشترین مقدار خود یعنی ۱۸/۷٪ را دارد. این گروه اگرچه از بقیه‌ی گروه‌ها نیز تأثیر می‌پذیرد ($J=15/8$٪)، وجه غالب عملکردی خود را به‌صورت اثرگذارنده یا نفوذکننده $((R-J)_C=1/02>0)$ نشان می‌دهد. نتیجه‌ی این بحث آن است که بهبود یا ضعف وضعیت گروه C، تأثیرات تعیین‌کننده‌یی در بقیه‌ی گروه‌ها ایجاد می‌کند.

۱۱. علاوه بر گروه C، گروه‌های D (وضعیت قوانین و مدارک فنی) و E (مباحث آموزشی و فرهنگی) نیز دارای عملکرد مثبت $(R-J>0)$ یعنی اثرگذارنده یا نفوذکننده هستند. بدین‌ترتیب بهبود وضعیت این دو گروه نیز می‌تواند در راستای ارتقاء سطح کیفیت ساخت و ساز مورد توجه قرارگیرد.

۱۲. گروه A (کیفیت مصالح)، اثرپذیرترین یا تحت نفوذترین عنصر در میان شش گروه مورد بررسی است. میزان اثرپذیری (J) گروه A بالغ بر ۱۹/۲٪ است که از مقدار میانگین فاصله‌ی چندانی ندارد. گروه A اگرچه تأثیراتی نیز بر سایر گروه‌ها دارد، ولی وجه غالب عملکردی $(R-J)$ خود را به‌صورت منفی $(R-J<0)$ یعنی اثرپذیر (تحت نفوذ) نشان می‌دهد $((R-J)_A=-1/45<0)$.

۱۳. گروه‌های دیگری نیز که مشابه گروه A دارای وجه غالب عملکردی به‌صورت منفی $(R-J<0)$ هستند یا به‌عبارت دیگر اثرپذیر یا تحت نفوذند، به‌ترتیب

Archive of SID

www.SID.ir

گروه‌های F (تأخیر در کاربرد روش‌های نوین ساخت و ساز) و B (عملکرد عوامل دست‌اندرکار براساس قانون) هستند. اگرچه بهبود وضعیت این سه گروه در هر حال آثار مثبتی بر ارتقاء سطح کیفیت ساخت و ساز خواهد داشت، لازم است توجه داشته باشیم که در شرایط محدودیت منابع ــ اعم از زمان، پول و نظایر آن ــ چنانچه ملاحظه‌ی دیگری مورد نظر نباشد، پرداختن به پارامترهای با عملکرد مثبت $(R-J)$، دارای مزیت نسبی و کارایی بالاتری نسبت به عناصر با عملکرد منفی $(R-J)$ است.

۱۴. در شیوه‌ی دیمتل عنصر «پارامتر هدف» که در اینجا همان کیفیت سازه‌ها (Q) است، در فرایند ریاضی مربوط دخالت داده نمی‌شود، و این تنها عناصر تأثیرگذار بر پارامتر هدف هستند که در یک وضعیت گروهی و تعاملی نسبت به یکدیگر مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند. بدین‌ترتیب در تحلیل دیمتل، «ترتیب اثرگذاری عناصر بر پارامتر هدف» تعیین نمی‌شود، بلکه «سلسله مراتبِ عناصر» به نسبت اهمیت هریک در شبکه‌ی تعاملی عناصر به دست می‌آید. بدیهی است این روند دارای محدودیت‌ها و تقریب خود است اگرچه تخمین قابل قبول و غیرمستقیمی را نسبت به اهمیت و سلسله‌مراتب عناصر ارائه می‌دهد.

۱۵. در تحقیق انجام شده، تأثیرات تعاملی عناصر نسبت به یکدیگر به روشی دیگر و با استفاده از مدل پویایی‌شناسی سیستم نیز بررسی شده است که نتایج حاصل از آن، و نیز نقد و بررسی آثاری که در کیفیت ساخت و ساز مؤثرند و این که چرا باید چنین باشد، در مقاله‌یی دیگر تشریح خواهد شد.

۹. نتیجه‌گیری

الف) عوامل موجود در ایجاد کیفیت مطلوبِ ساخت و ساز در تهران، از نوع عوامل سیستمی است و مجموعه‌ی گسترده‌یی از عوامل اثرگذار (۳۹ عامل) را شامل می‌شود. این عوامل را می‌توان در قالب شش گروه دسته‌بندی کرد. عوامل یا گروه‌های مزبور علاوه بر اثرگذاری مستقیم بر پارامتر هدف (کیفیت ساخت و ساز) به‌طور متقابل بر یکدیگر نیز اثرگذارند.

ب) ساختاردهی و تعیین سلسله‌مراتب گروه‌های اثرگذار به‌صورت ذهنی امکان‌پذیر نیست و با استفاده از شیوه‌های ریاضی صورت می‌پذیرد. براساس بررسی‌های انجام‌شده، «عملکرد سازمان‌ها و نهادهای مسئول» اثرگذارترین و نافذترین گروه از مجموعه گروه‌های اثرگذار بر کیفیت ساخت و ساز سازه‌ها در ساختمان‌های محدوده‌ی تحقیق است.

ج) اگرچه محدوده‌ی جغرافیایی تحقیق بنا به ضرورت شهر تهران انتخاب شده است، بدیهی است روش و نتایج حاصل از تحقیق علاوه بر جنبه‌ی مستقیم، قابل توصیه به‌صورت یک «متدولوژی» در سایر مناطقِ دارای مشکل مشابه و از جمله شهرهای کشور و سایر کشورها است.

پانوشتها

1. multiple attribute decision making (MADM)
2. decision making trial and evaluation laboratory
3. brain writing
4. survey
5. construction engineering and management (CEM)
6. procurement systems
7. expert
8. self loop

منابع (References)

1. Asgharpour, M.J., "Group decision making and game theory in operation research", Tehran University Press 2607 (2003).
2. Tazand, Consulting Engineers, "Studies of seismic evaluating and rehabilitation of 26 building projects", Tehran, 1994 (2006).
3. Sazeh Memary Emrooz, Consulting Engineers, "Evaluation of re-control devision of Tehran Municipolity Since 1996 to 2001, Tehran (2001).
4. Sazeh Memary Emrooz, Consulting Engineers, "The QC organization for construction, Tehran (2007).
5. Mahdian F. "Earthquake damage assessment of Tehran buildings and ways to reduce it", *Proceeding of The 1st seminar on Construction in capital*, Tehran University (2002).
6. Sarvghad Moghaddam, A., "Persuation and punishment methods in reducing damage ability of Tehran buildings, *The proceeding of 1st seminar on construction in capital*, Tehran University (2002).
7. Rahgozar R., Safari H., Aadelpour A. "Evaluation of concrete buildings damage in banar abbas" *The Proceeding of 6th international conference of civil Engineering*, Isfahan University of Technology (2003).
8. Bahram Ghafari, M., "Control poverty in capital's municipality some suggestions ", The proceeding of 2nd seminar on construction in capital, Tehran University (2006).
9. Shafeiee B., Lestozzi P., Motevalli, M., Mirghaderi, S.R., "A survey on the situation of steel building construction in Iran", The proceeding of 2nd seminar on construction in capital, Tehran University (2006).
10. Abasi A., "Assessment and quality control of residental buildings costruction in Tehran", The proceeding of 2nd national conference of rehabilitation and retrofitting in Iran, Kerman, The proceeding of 2nd seminr on repel againstnatural disasters, Tehran University (2007).
11. Japan International Cooperation Agency (JICA), *The Comprehensive Master Plan Study on Urban Seismic Disaster Prevention and Management for the Greater*

Archive of SID

www.SID.ir

Tehran Area in the Islamic Republic of Iran, Final Report/ Main Report (2000).

12. Chan, A.P.C.; Yung, E.H.K.; Lam, P.T.I.; Tam, C.M. and Cheung, S.O. "Application of delphi method in selection of procurement systems for construction projects", *Construction Management and Economics,* **19**(7), pp. 699-718 (November 2001).
13. Veronika, A.; Srintini, L. and Trigunarsyah, B., *Corrective Action Recommendation for Project Cost Variance in Construction Material Management,* The Tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Bangkok, Thailand (2006).
14. Khanzadi, M.; Dabirian, S. and Heshmatnejad, H., *Applying Delphi Method and Decision Support System for Bidding*, First International Conference on Construction In Developing Countries (ICCIDC–I), Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice, Karachi, Pakistan (August 2008).
15. Matthew, R. Hallowell and Gambatese, J.A. "Qualitative research: Application of the delphi method to CEM research", *Journal Constr. Engrg. and Mgmt.*, **136**(1), pp. 99-107 (January 2010).
16. Sakalauskas, L. and Zavadskas, E.K. "Optimization and intelligent decisions", *Technological and Economic Development of Economy, Baltic Journal on Sustainability,* **15**(2), pp. 189-196 (2009).
17. Shokouh Abdi, M. "Quality Management evaluation of building's structures in Tehran and The ways to it", PhD Thesis, civil dep., The University of Science and Technology (2009).
18. John Baker Mphil, Karina Lorell, Neil Harris, "How expert are the experts? An Exploration of the concepts of expert, within delphi panel techniques", NURSERESEARCHER **14**, (1), pp.59-70 (2006).
19. Shokouh Abdi, M., Zahedi, M., Makuie A., "Effective elements on building's structures quality in tehran", The proceeding of Iranian rehabilitation national conference, Yazd University, The proceeding of The 1st international conference on seismic retrofitting and the 3rd national conference on country retrofitting (2008).

Archive of SID

www.SID.ir