شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر عمر ساختمان های بتنی در شهر مشهد

فرزاد قادری بافتی
استادیار، گروه مدیریت ساخت ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان، شیروان، ایران.
علیرضا افشاری *
استادیار، گروه مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۷

ارجاع به مقاله:
فرزاد قادری بافتی، علیرضا افشاری، شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر عمر ساختمان های بتنی در شهر مشهد، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۳؛ ۹ (۲): ۵۰-۵۹.

چکیده

امروزه، پیدایش مساله بحران انرژی و مشکلات زیست محیطی ناشی از آن، با ورود به بسیاری از فعالیت‌های حوزه طراحی معماری و شهری که سهم زیادی در مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست دارند، چالش‌های زیادی را از خود به جای گذاشته است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی در شهر مشهد انجام شد. بر اساس نتایج روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص شد عوامل موثر بر عمر ساختمان های بتنی در شهر مشهد عامل فنی، عامل اقتصادی، عامل مدیریتی، حوادث طبیعی و غیر طبیعی و نگهداری و مراقبت از ساختمان بودند و در اولویت بندی عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی در شهر مشهد با استفاده از فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی مشخص شد مهمترین معیار اصلی معیار مدیریتی با وزن معیار ۰/۲۱۴ و در زیر معیار فنی، عدم عمل آوری مناسب بتن قبل و بعد از انجام بتن ریزی با وزن معیار ۰/۱۸۲، زیر معیار اقتصادی، بکارگیری از کارگران غیرماهر در عملیات بتن سازی به لحاظ کاهش هزینه‌ها با وزن معیار ۰/۱۸۷، زیر معیار مدیریتی، عدم نظارت و کنترل فرایند انجام تاسیسات برقی و مکانیکی طبق مقررات ملی ساختمان با وزن معیار ۰/۱۹۵، زیر معیار حوادث طبیعی و غیر طبیعی، نشت و نم زدگی و استفاده غیر اصولی از بنا با وزن معیار ۰/۱۹۸ و زیر معیار نگهداری و مراقبت از ساختمان، عدم سرویس‌های دوره‌ای تاسیسات ساختمانی مثل آسانسور با وزن معیار ۰/۲۱ به عنوان مهمترین عوامل در کاهش عمر ساختمان‌های بتنی در شهر مشهد مشخص شدند.

کلمات کلیدی
عمر ساختمان، ساختمان بتنی، شهر مشهد، تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی.

۱- مقدمه

تفاوت طول عمر مفید ساختمان‌های بتنی در ایران در مقایسه با کشورهای پیشرفته دیگر بسیار زیاد است. در کشورهای صنعتی و پیشرفته به دلیل رعایت اصول سازه‌ای و استفاده از مصالح متناسب با اقلیم و همچنین در نظر گرفتن اختلاف دما و جلوگیری از انبساط و انقباض، عمر مفید ساختمان بتنی را حتی تا ۳۰۰ سال افزایش می‌دهند. اما در کشورهای غیر پیشرفته به علت نداشتن اطلاعات کافی در خصوص عوامل موثر در کاهش و افزایش عمر مفید ساختمان تخمین عمر مفید ساختمان بتنی نسبت به کشورهای صنعتی و

Identification and ranking factors affecting the lifespan of concrete buildings in Mashhad

Farzad Ghaderi Bafti
Assistant Professor, Department of Construction Management, Islamic Azad University, Shirvan Branch, Shirvan, Iran.
Ali Reza Afshari *
Assistant Professor, Department of Construction Management, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran.

***Corresponding author's email address:**
afshari_2000@yahoo.com

How to cite this article:
Farzad Ghaderi Bafti, Ali Reza Afshari, Identification and ranking factors affecting the lifespan of concrete buildings in Mashhad, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2025; 9(2):50-59.

Abstract

Today, the emergence of the energy crisis and the resulting environmental problems have left many challenges by entering many activities in the field of architectural and urban design, which have a large share in energy consumption and environmental pollution. The present study was conducted with the aim of identifying and prioritizing the factors affecting the life of concrete buildings in the city of Mashhad. Based on the results of the analytic hierarchy process, it was determined that the factors affecting the lifespan of concrete buildings in Mashhad were technical factors, economic factors, managerial factors, natural and unnatural disasters, and building maintenance and care. In prioritizing the factors affecting the lifespan of concrete buildings in Mashhad using the analytic hierarchy process, the most important main criterion was the managerial criterion with a criterion weight of 0.214, and under the technical criterion, the lack of proper curing of concrete before and after concreting with a criterion weight of 0.182, under the economic criterion, the use of unskilled workers in concrete construction operations in terms of reducing costs with a criterion weight of 0.187, under the managerial criterion, the lack of supervision and control of the process of carrying out electrical and mechanical installations according to national building regulations with a criterion weight of 0.195, under the criterion of natural and unnatural disasters, leakage and dampness and unprincipled use of the building with a criterion weight of 0.198, and under the criterion of building maintenance and care, the lack of periodic services of building facilities such as elevators with a criterion weight of 0.21 as the most important factors in reducing the lifespan of concrete buildings. They were identified in the city of Mashhad.

Keywords
Building life, concrete building, Mashhad city, hierarchical analysis.

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

پیشرفته کمتر است که اختلاف بسیار زیادی است و نیاز است عوامل موثر بر عمر مفید ساختمان‌ها شناسایی و اولویت بندی شوند. در شرایط فعلی کشور ایران و ایجاد تورم در بخش مسکن و افزایش بی سابقه مصالح و بنا، سازندگان به سمت ساخت ساختمانهای بتنی میل پیدا نموده‌اند. با وجودی که ساخت ساختمان بتنی محدودیتهای خاص خودش اعم از زمانبر بودن ساخت، کاهش مانور معماری، عدم کنترل کیفیت بتن در زمان ساخت و غیر به لحاظ طول عمر بالا، مقرونه به صرفه بودن و کاهش هزینه‌های ساخت به صورت چشمگیری در شهر مشهد شاهد ساخت و ساز و بنای اسکلتهای بتنی هستیم، اما ناآگاهی، عدم تجربه کافی و غیره، دست به دست هم داده تا کیفیت ساخت این پروژه‌ها در حد معمول باشد. در صورتی که با برنامه‌ریزی مناسب و اطلاع از عوامل موثر بر طول عمر این سازه‌ها، میتوان برنامه‌ای تدوین نمود تا شاهد کیفیت بالای این ساختمانها، که به صورت سیستماتیک افزایش عمر آنان را به دنبال دارد تحولی بزرگ در صنعت ساختمان را شاهد باشیم [۱].

معمول‌ترین روشهای ساخت ساختمانها در سراسر دنیا سه روش ساختمان با مصالح بنایی، ساختمان با اسکلت فلزی و ساختمان با اسکلت بتنی است. امروزه تمام ساختمانها به یکی از دو روش اسکلت فلزی و اسکلت بتنی ساخته میشوند. در اسکلت فلزی، تیرآهنها هستند که مهمترین نقش را ایفا میکنند و در واقع با اتصال و جوشکاری این مقاطع فولادی به یکدیگر، اسکلت ساختمان طراحی و ساخته میشود. اما در ساختمان اسکلت بتنی، اگر چه که آن را با اسم بتنی میشناسیم اما تنها از بتن ساخته نشده است. قرارگیری میلگردها در بین لایه‌های بتن سبب میشود تا بتن از نظر استحکام کششی بسیار تقویت شود. این امر منجر به دستیابی به بتن مسلح شده و میلگردهای به کار رفته در بتن مسلح را میلگردهای تقویتی میگویند. تفاوت طول عمر مفید ساختمان‌های بتنی در ایران در مقایسه با کشورهای پیشرفته دیگر بسیار زیاد است. در کشورهای صنعتی و پیشرفته به دلیل رعایت اصول سازه‌ای و استفاده از مصالح متناسب با اقلیم و همچنین در نظر گرفتن اختلاف دما و جلوگیری از انبساط و انقباض، عمر مفید ساختمان بتنی را حتی تا ۳۰۰ سال افزایش می‌دهند. اما در کشورهای غیر پیشرفته به علت نداشتن اطلاعات کافی در خصوص عوامل موثر در کاهش و افزایش عمر مفید ساختمان تخمین عمر مفید ساختمان بتنی نسبت به کشورهای صنعتی و پیشرفته کمتر است که اختلاف بسیار زیادی است. عمر مفید ساختمان بتنی بر اساس سن واقعی، سن بهره برداری و سن سندی تعیین می‌شود [۲].

سن واقعی ساختمان در واقع از زمانی حساب می‌شود که پروانه ساخت آن ساختمان آماده شده و ساخت و ساز شروع شود. از زمانی که یک ساختمان مورد استفاده قرار بگیرد و بهره برداری از آن آغاز شود سن بهره برداری آن ساختمان محاسبه می‌شود. سن سندی همانطور که از عنوان سن پیداست، سن سندی یک ساختمان از زمانی آغاز می‌شود که سند ساختمان ثبت شود. برای تعیین عمر مفید ساختمان بتنی این سه سن را بررسی می‌کنند و معمولا سن بهره برداری و سن سندی را بیشتر مد نظر قرار می‌دهند. عمر مفید یک ساختمان بتنی از زمان بهره برداری تخمین زده می‌شود. در بعضی مواقع سند را بعد از چندین سال از زمان بهره برداری ثبت می‌کنند، بنابراین برای تخمین عمر مفید آن ساختمان باید این مسئله به دقت پیگیری شود. عمر مفید ساختمان بتنی با توجه به عوامل مختلفی بررسی می‌شود برای افزایش عمر مفید ساختمان بهتر است همه اصول استاندارد ساخت سازه را در نظر گرفت. بطور مثال معایب و مزایای قالب‌های تونلی غیرضروری بودن اجرای تمام دیوارهای داخلی به صورت بتن مسلح که باعث عدم تغییر پلان و افزایش بار مرده ساختمان و می‌لگرد مصرفی می‌شود. عملکرد بهتر در برابر بارهایی مثل زلزله کاهش هدر رفت مصالح مصرفی افزایش سرعت بسیار بالا در اجرا کاهش هزینه‌های نیروی انسانی و دیگر موارد. که اگر قبل از انجام امور ساخت و ساز و حتی در حین ساخت، نظارت کافی بر مراحل ساخت سازه اعمال نگردد و عملیات ساخت و ساز بدون رعایت اصول استاندارد انجام شود، قطعا عمر مفید سازه کم می‌شود [۳].

با نگاهی به پیشینه‌های انجام شده می‌توان برداشت نمود که در تحقیقات گذشته پژوهشی به این مضمون انجام نشده است و بنابر این ضروریست تحقیقی با این عنوان انجام شود و مسیر را به منظور افزایش طول عمر سازه‌های بتنی هموار تر نمایند. بنابر این این پژوهش به دنبال پاسخ به این سوال است که عوامل موثر بر عمر مفید ساختمانهای بتنی در شهر مشهد کدام است و اولویت بندی آنان چگونه است؟ تا با پاسخ به این سوال و ارائه پیشنهادات مناسب و همسو به برنامه ریزی برای افزایش عمر مفید ساختمانهای بتنی در مشهد کمک نماییم.

۲- پیشینه پژوهش

شیرزادی جاوید و فعله گری (۱۴۰۲) متغیرهای اقلیمی- منطقه‌ای و تاثیر آن‌ها را در ارزیابی چرخه‌ی عمر ساختمان و مصرف سالانه انرژی آن مورد بررسی قرار دادند. بدین ترتیب سه مدل یکسان در سه موقعیت با اقلیم متفاوت در آمریکای شمالی (بوستون، آریزونا و کبک) توسعه داده شده و ارزیابی چرخه عمر برای این سه مدل در دو سناریوی مختلف بررسی شده است. نتایج نشان داد با استفاده از مصالح مناسب که با ویژگی‌های آب و هوایی منطقه سازگاری دارد، بیش از ٪۲۸ در مصرف انرژی سالانه ساختمان در مرحله‌ی بهره‌برداری صرفه‌جویی شود. گرچه لایه عایق حرارتی به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند، اما موجب افزایش ٪۳ در مقدار گازهای گلخانه‌ای انتشار یافته در طول چرخه عمر مدل می‌شود. این مقدار با توجه به این‌که حجم عایق حرارتی به کار گرفته شده در مجموع کمتر از ٪۲ از حجم کل مدل است، مقدار قابل تاملی است [۴].

اکرامی کاخکی و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی تاثیر حذف ستون میانی بر امکان رخداد خرابی پیشرونده در قاب‌های خمشی بتن آرمه با استفاده از تحلیل حساسیت پرداختند. در نهایت تاثیر حذف همزمان چند ستون در خرابی پیشرونده قاب‌ها نشان داد که حالت ۵ حذف ستون‌ها، دارای کمترین شاخص حساسیت و بیشترین شاخص تنومندی می‌باشد، در نتیجه شرایط بهتری در خرابی پیشرونده دارد [۵].

محمد پور و مناف پور (۱۴۰۱) به بررسی هزینه چرخه عمر قابهای بتن آرمه تاب آور با سطح طراحی لرزه‌ای ارتقا یافته پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که، ارتقا سطح طراحی سازه‌های

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

بتنی هزینه اولیه اسکلت و هزینه کل ساختمان را به ترتیب ۲۳ و ۵ درصد افزایش می‌دهد. این در حالی است که هزینه‌های تعمیر اسکلت سازه و کل ساختمان به ترتیب ۴۳ و ۱۸ درصد کاهش می‌یابد که در نهایت منجر به کاهش ۱۳ درصدی هزینه چرخه عمر سازه‌ها می‌گردد [۶].

یوسفی و قلی پور (۱۳۹۷) در مطالعه ای سعی کردند که مصرف انرژی طول عمر یک ساختمان واقعی با جزییات کامل را برآورد کنند تا ضمن ارائه پارامترهای موثر و چالش های موجود در هر بخش، روند محاسبه به عنوان یک الگو قابل استفاده باشد. بدین منظور، یک ساختمان واقعی با اسکلت بتنی و پلان متداول که اخیرا در شهر تهران ساخته شده، به عنوان نمونه انتخاب گردید و ضمن تشریح روند محاسبه مصرف انرژی طول عمر، انرژی مراحل مختلف چرخه حیات آن برآورد شد. دستاوردهای این مطالعه حاکی از آن است که سهم انرژی نهفته اولیه ساختمان معادل ۱۳٪ از کل انرژی طول عمر آن می باشد و در محدوده متداول ارقام جهانی قرار دارد. همچنین نتایج نشان می دهد که ۸۵٪ مصرف انرژی طول عمر ساختمان نمونه بتنی مربوط به دوره بهره برداری است که با توجه به طول عمر نسبتا کم ساختمان ها در ایران نسبت به مقادیر جهانی، رقم بالایی محسوب می شود [۷].

ویکتور و همکاران (۲۰۲۱) به قابلیت اطمینان سازه لرزه‌ای پیشرفته در ساختمان‌های بتنی مسلح با استفاده از مهاربندهای کمانش ناپذیر پرداختند. در این مقاله، ما ساختمان‌های بتن‌آرمه با مهاربندهای کمانش ناپذیر (مهاربندهای کمانش تاب)را برای رسیدن به این هدف طراحی می‌کنیم. برای این منظور، سه سازه قاب بتن مسلح سنتی با سطوح طبقات ۳، ۶ و ۹ با استفاده از روش شناخته شده الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب به منظور کاهش هزینه و به حداکثر رساندن عملکرد لرزه‌ای طراحی شده‌اند. در این مقاله، سازه‌های بتن مسلح معادل با مهاربندهای کمانش ناپذیر طراحی شده‌اند. هر دو سیستم سازه‌ای در معرض چندین تحریک زمین باریک ثبت شده در مکان‌های خاک نرم مکزیکوسیتی که در سطوح مختلف شدت از نظر شتاب طیفی در حالت اول ارتعاش سازه مقیاس گذاری شده‌اند، قرار دارند. تحلیل دینامیکی فزاینده، شکنندگی لرزه‌ای و قابلیت اطمینان سازه‌ای بر حسب بیشینه دریفت بین طبقه‌ای برای تمامی ساختمان‌ها محاسبه شده‌است. برای سه سازه انتخاب شده و مدل‌های معادل با مهاربندهای کمانش ناپذیر، نتیجه گرفته می‌شود که نرخ افزایش سالانه هنگامی که مهاربندهای کمانش ناپذیر در نظر گرفته می‌شوند، به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد [۸].

رست و همکاران (۲۰۱۸) به رفتار لرزه‌ای سازه‌های بتن آرمه نامنظم تحت زلزله‌های متعدد پرداختند. این مدل‌ها شامل ویژگی‌های تخریبی مناسبی هستند که می‌توانند اثرات تجمع تخریب را از لحاظ کاهش سختی و از بین رفتن قدرت در سطح مواد بتن و فولاد حاصل از زلزله‌های مکرر نشان دهند. سپس ویژگی‌های ساختاری این ساختمان‌ها برای رسیدن به یک مورد منظم، با حفظ همان سختی کلی، تغییر یافت [۹].

سید و همکاران (۲۰۱۸) به برآورد آسیب ساختمان‌ها پس از زلزله با استفاده از منطق فازی پرداختند. در تحقیق حاضر روشی بر اساس منطق فازی برای ارزیابی صدمات بعد از زلزله در ساختمان‌ها ارائه شده است. در این روش، میزان صدمه از اطلاعات گزارش شده توسط پرسنل آموزش دیده و نظارت‌های انجام شده از پارامترهای بصری مثل "اجزای سازه " و " اجزای غیر سازه ای" بدست آمده اند. در این تحقیق تاثیرات تعداد و وزن قانون فازی بررسی می‌شود. همچنین، تاثیر مقایر مرتبط با توابع عضویت در سطح صدمات کلی با استفاده از قانون وزن فازی تک شاخصی و میزان صدمه دارای بیشترین مقدار عضویت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، در حالی که بقیه مقادیر صدمه‌ها علیرغم تاثیر کم نیز در نظر گرفته می‌شوند. یک الگوریتم ژنتیک نیز برای بهینه سازی وزن‌های مرتبط با میزان صدمه سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. پایگاه اطلاعاتی گردآوری شده که بیش از ۲۷۰۰۰ ساختمان را پوشش می‌دهد برای آموزش و ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیش بینی تئوری بدست آمده از پردازش اتوماتیک برای فرم‌های ارزیابی در هر ساختمان با میزان صدمه کلی مقایسه می‌شوند (صدمه مشاهده شده) و توسط ناظران میزان صدمه تعیین می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که ارزیابی تئوری متناسب با مقادیر مشاهده شده برای ۹۰ درصد از ساختمان‌های ارزیابی شده است [۱۰].

حسن (۲۰۱۷) به ارزیابی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های بتن مسلح در لرزه‌های میدان نزدیک پرداخت. حرکات میدان نزدیک زمین در مقایسه با حرکات میدان دور زمین، تحت تأثیر شدیدتر واکنش زلزله‌ای سازه قرار می‌گیرند. دلیل این مسئله این است که حرکات منبع نزدیک زمین با جهت مندی به سمت جلو، حاوی دوره‌های پالس بلند هستند. بنابراین تأثیرات تراکمی ثبت‌های گسل دور خیلی جزئی هستند. خسارت و فروپاشی سازه‌های مهندسی که در زلزله‌های دهه گذشته مشاهده شد نشان دهنده پتانسیل خسارت در سازه‌های موجود تحت حرکات میدان نزدیک زمین است. یک موضوع مهم مطالعه شده توسط مهندسان زلزله بعنوان بخشی از یک رویکرد عملکرد-محور، تعیین تقاضا و ظرفیت فروپاشی تحت زلزله میدان نزدیک است. روش‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد ساختمانی زلزله‌ای بعنوان بخشی از توسعه یک مهندسی زلزله عملکرد محور پیشنهاد شده است. مطالعه حاضر نتایج خصوصیات مهم حرکات گسل نزدیک زمین در هنگام واکنش زلزله‌ای سازه‌های بتن آرمه را با استفاده از روش تحلیل پویای غیرخطی افزایشی بررسی کرده است. بخاطر این حقیقت که حرکات مختلف زمین منجر به طرح‌های "شدت در مقابل واکنش" مختلفی می‌گردد، این تحلیل بار دیگر تحت حرکات مختلف زمین انجام می‌شود تا می‌انگین‌های آماری مهمی بدست آید. مدلسازی عددی نشان داد که نتایج منبع نزدیک باعث می‌شوند که قسمت عمده انرژی زلزله‌ای از گسیختگی در یک پالس دوره طولانی منسجم منفرد بصورت حرکت و جابجایی‌های دائمی زمین ظاهر شود. و در نهایت اینکه آسیب پذیری ساختمان‌های بتن آرمه را می‌توان بر اساس تأثیرات حرکات گسل نزدیک و پالس مانند زمین ارزیابی کرد [۱۱].

۳- روش تحلیل سلسله مراتبی[1]

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف ترین فنون تصمیم گیری چند منظوره است که در سال ۱۹۷۰ توسط توماس ال‌ساعتی ابداع گردید. فرایند واکاوی سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. انتخاب معیارها[2] بخش اول واکاوی تحلیل سلسله مراتبی است.

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

سپس بر اساس معیارهای شناسایی شده زیرمعیارها[3] ارزیابی می‌شوند. علت سلسله مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و راهبردهای سازمان در راس هرم آغاز کرد و با گسترش آنها سنجه‌ها را شناسایی کرد تا به پایین هرم برسیم. این روش، مانند آنچه در مغز انسان انجام می شود، به تجزیه تحلیل مسائل می پردازد. این روش هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب معیارهای کیفی همراه با معیارهای کمی را به طور همزمان امکان پذیر می‌سازد. اساس روش تحلیل سلسله مراتبی بر مقایسه های زوجی یا دو به دوی گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری است. برای چنین مقایسه‌ای نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از تصمیم گیرندگان است. این امر به تصمیم گیرنده این امکان را می‌دهد که فارغ از هرگونه نفوذ و مزاحمت خارجی، تنها روی مقایسه دو معیار یا گزینه تمرکز کند. علاوه بر این مقایسه دوبه دویی، به دلیل اینکه پاسخ دهنده، فقط دو عامل را نسبت به هم می‌سنجد و به‌عوامل دیگر توجه ندارد، اطلاعات ارزشمندی را برای مسئله مورد بررسی فراهم می‌آورد و فرآیند تصمیم گیری را منطقی می‌سازد [۱۲].

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف ترین فنون تصمیم گیری چند منظوره است که در سال ۱۹۷۰ توسط توماس ال ساعتی ابداع گردید. فرایند واکاوی سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. انتخاب معیارها[4] بخش اول واکاوی تحلیل سلسله مراتبی است. سپس بر اساس معیارهای شناسایی شده زیرمعیارها[5] ارزیابی می‌شوند. علت سلسله مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و راهبردهای سازمان در راس هرم آغاز کرد و با گسترش آنها سنجه‌ها را شناسایی کرد تا به پایین هرم برسیم. این روش، مانند آنچه در مغز انسان انجام می شود، به تجزیه تحلیل مسائل می پردازد. این روش هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم گیری روبروست می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب معیارهای کیفی همراه با معیارهای کمی را به طور همزمان امکان پذیر می‌سازد. اساس روش تحلیل سلسله مراتبی بر مقایسه های زوجی یا دو به دوی گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری است. برای چنین مقایسه‌ای نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از تصمیم گیرندگان است. این امر به تصمیم گیرنده این امکان را می‌دهد که فارغ از هرگونه نفوذ و مزاحمت خارجی، تنها روی مقایسه دو معیار یا گزینه تمرکز کند. علاوه بر این مقایسه دوبه دویی، به دلیل اینکه پاسخ دهنده، فقط دو عامل را نسبت به هم می‌سنجد و به‌عوامل دیگر توجه ندارد، اطلاعات ارزشمندی را برای مسئله مورد بررسی فراهم می‌آورد و فرآیند تصمیم گیری را منطقی می‌سازد. فرایند سلسله مراتبی تصمیم گیران را قادر می سازد اثرات متقابل و همزمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین کنند. این فرایند، تصمیم گیرندگان را یاری می کند تا اولویت ها را بر اساس اهداف، دانش و تجربه ی خود تنظیم نمایند؛ به نحوی که بتوان احساسات و قضاوت های خود را به طور کامل در نظر گرفت. پس از بررسی اطلاعات پرسشنامه‌ها باید از صحت اطلاعات اطمینان جست که این مهم با محاسبه ضریب ناسازگاری به دست می آید که باید از ۰/۱ کمتر باشد [۱۳].

این روش یکی از روش‌های پرکاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. پنل خبرگان تحلیل سلسله مراتبی فازی این پژوهش را خبرگان و متخصصان آشنا به ساختمانهای بتنی در شهر مشهد که به طور اجرایی در ادارات، نهادهای دولتی و شرکتهای پیمانکاری فعالیت می‌کنند و همچنین پژوهشگران حوزه‌های مرتبط با موضوع پژوهش تشکیل می‌دهند. روش تحلیل سلسله مراتبی فازی با مشارکت افرادی انجام می‌پذیرد که در موضوع پژوهش دارای دانش و تخصص باشد. این افراد با عنوان پانل خبرگان شناخته می شود. گزینش اعضای واجد شرایط برای پانل خبرگان از مهمترین مراحل این روش به حساب می آید؛ زیرا اعتبار نتایج کار بستگی به شایستگی و دانش این افراد دارد. این افراد بر خلاف آنچه در پیمایش های کمی معمول است، بر مبنای نمونه-گیری احتمالی انتخاب نمی‌شوند؛ زیرا روش ساز و کاری برای تصمیم‌گیری گروهی است و نیاز به متخصصان واجد شرایطی دارد که درک و دانش عمیقی از موضوع پژوهش داشته باشند. روشن است که این افراد را نمی توان از این طریق انتخاب کرد. معمولا انتخاب اعضای پانل از طریق نمونه گیری غیر احتمالی صورت می‌گیرد. یکی از روش های استفاده شده در این زمینه، نمونه‌گیری هدفدار یا قضاوتی است. این روش بر این فرض استوار است که دانش پژوهشگر درباره جامعه برای دستچین کردن اعضای پانل قابل استفاده است. درصورتیکه پژوهشگر، خود تمام افراد مناسب را برای عضویت در پانل نشناسند، می توان از روش نمونه گیری گلوله برفی نیز استفاده کند که نوع دیگری از روش‌های غیر احتمالی به حساب می‌آید. در این روش، پژوهشگر کار تعیین اعضا را با شناسایی فرد یا گروهی از افراد آگاه، آغاز و از این طریق به دیگر افراد مناسب برای کار دست می یابد. این روش به ویژه هنگامی به کار می رود که شناخت افراد مناسب برای پژوهشگر دشوار باشد. تعداد مناسب برای اعضای پانل خبرگان، نکته مهم دیگری است که در تشکیل پانل باید به آن توجه کرد. مانند هر نوع نمونه‌گیری دیگر، حجم نمونه به عواملی مانند امکان دسترسی به افراد، زمان لازم و هزینه گردآوری اطلاعات بستگی دارد. در روش دلفی که اعضای پانل باید از متخصصان موضوع پژوهش باشند، این محدودیت ها افزایش پیدا میکند. از طرف دیگر، ایجاد اتفاق نظر میان اعضا به عنوان هدف از کاربرد این روش با افزایش آمار دشوارتر می شود. هر چند تعداد اعضای پانل در پژوهش‌های پیشین بین ۱۰ تا ۱۶۸۵ نفر متغیر بوده است، اما هنگامی که میان اعضای پانل تجانس وجود داشته باشد، حدود ۱۰ تا ۲۰ عضوتوصیه شده است. بر این اساس، اعضای پانل خبرگان برای این پژوهش به صورت نمونه گیری غیر احتمالی و ترکیبی از روشهای هدف دار یا قضاوتی وزنجیره ای برگزیده شده اند. بر این اساس، ابتدا ۱۰۰ نفر از افرادی نامزد میشوند که پژوهشگران برای مشارکت در این پژوهش مناسب می دانند. در این مطالعه تحلیل سلسله مراتبی فازی، جامعه آماری شامل ۲۰ نفر از خبرگان آشنا با ساختمانهای بتنی در شهر مشهد بود. جامعه آماری شامل مدیران و کارشناسان در سازمان ها، ادارات، دانشگاه دولتی و آزاد مشهد بود که به شیوه تمام شماری ۲۰ نفر از متولیان امر انتخاب شدند. روش گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه ای و میدانی بود. در ابتدا اطلاعات و

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

مدارک پیرامون ادبیات موضوع از طریق بررسی کتب، مقالات علمی، آئین‌نامه ها و مقررات داخلی و خارجی حول محور موضوع، استخراج گردید. در مرحله بعد، جهت درک میزان انطباق یافته های حاصل از مباحث تئوریک مطرح شده در بررسی‌های کتابخانه ای با واقعیتهای موجود در ساختمانهای بتنی در شهر مشهد، یک سری مطالعات میدانی صورت گرفت. در نتیجه با توجه به مطالعات و مصاحبه هایی که با متخصصین صورت گرفت، پرسشنامه ای تدوین گشت و در نهایت به تجزیه و تحلیل اطلاعات پرداخته شد و عوامل موثر بر عمر ساختمانهای بتنی در شهر مشهد از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی اولویت بندی شد. توماس ساعتی چهار اصل زیر را به عنوان اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است. این اصول عبارتند از:

شرط معکوسی[6]: اگر ترجح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر $\frac{1}{n}$ خواهد بود.

همگنی[7]: عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشد. به بیان دیگر ترجیح عنصر A بر عنصر B نمی تواند بینهایت یا صفر باشد.

وابستگی[8]: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر بالاتر خود می تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می تواند ادامه داشته باشد.

انتظارات[9]: هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد، پروسه ارزیابی باید مجدد انجام گیرد.

تحلیل سلسله مراتبی روشی است که امکان تصمیم گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی و ترکیبی را فراهم می کند. پیاده‌سازی تحلیل سلسله مراتبی در یک تصمیم گیری شامل ۴ فاز است:

تشکیل درخت سلسله مراتبی (پیاده سازی): اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مساله می باشد که در آن، هدف، معیارها و گزینه ها نشان داده می شوند. در تحقیق، سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مساله پیچیده واقعی می باشد که در راس آن هدف کلی مساله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه ها قرار دارند. این کار به ساده تر کردن فهم مسئله و دقت بیشتر تصمیم گیرنده و توجه بیشتر به نکات و ظرافت های پیش رو، در حل آن کمک شایانی می کند.

مقایسات زوجی: در تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطر نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می گردد. این وزن ها را وزن نسبی نامیده می‌شود. سپس با تلفیق این وزن‌ها، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرنده‌ها از قضاوت‌های شفاهی استفاده می‌کنند. بگونه‌ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود، تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالت‌های جدول ۱ است.

استخراج وزن ها از ماتریس تصمیم: چهار روش عمده در محاسبه وزن های ماتریس مقایسات زوجی موجود است که شامل روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتم، روش بردار ویژه و روشهای تقریبی (مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی، میانگین هندسی). سه روش اول وزن ها را به طور دقیق بدست می-آورند، روش های تقریبی دقت روش های قبلی را ندارند، با این حال به علت سهولت و حجم محاسبات کمتر بسیار مورد استفاده قرار می گیرند، این روش ها شامل روش های مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی و میانگین هندسی می باشد. یکی از ساده‌ترین روشها جهت محاسبه وزن های نسبی استفاده از میانگین حسابی میباشد.

جدول ۱ مقادیر ترجیحات برای مقایسه های زوجی

ترجیحات	مقدار عددی
یکسان	۱
کمی مرجح	۳
ارجحیت قوی	۵
ارجحیت خیلی قوی	۷
کاملا مرجح	۹
ترجیحات بین فواصل فوق	۲، ۴، ۶ و ۸

محاسبه نرخ ناسازگاری: تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس قضاوت اولیه تصمیم گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هر گونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی به دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری معیاری است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویتهای حاصل از مقایسات اعتماد کرد. برای مثال اگر گزینه A نسبت به B مهمتر (ارزش ترجیحی ۵) و B نسبتا مهمتر (ارزش ترجیحی ۳) باشد، آنگاه باید انتظار داشت A نسبت به C خیلی مهمتر (ارزش ترجیحی ۷ یا بیشتر) ارزیابی گردد یا اگر ارزش ترجیحی A نسبت به B، ۲ و B نسبت به C، ۳ باشد آنگاه ارزش A نسبت به C باید ارزش ترجیحی ۴ را ارائه کند. شاید مقایسه دو گزینه امری ساده باشد، اما وقتیکه تعداد مقایسات افزایش یابد اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نبوده و باید با به کارگیری نرخ سازگاری به این اعتماد دست یافت. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر اینصورت مقایسه‌ها باید تجدید نظر شود. قدم‌های زیر برای محاسبه نرخ ناسازگاری به کار گرفته می‌شود:

گام ۱. محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب کنید بردار جدیدی را که به این طریق بدست می‌آورید، بردار مجموع وزنی بنامید.

گام ۲. محاسبه بردار سازگاری: عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار اولویت نسبی تقسیم کنید. بردار حاصل بردار سازگاری نامیده می‌شود.

گام ۳. بدست آوردن λ_{max}، میانگین عناصر برداری سازگاری λ_{max} را به دست می‌دهد.

گام ۴. محاسبه شاخص سازگاری: شاخص سازگاری بصورت فرمول ۴-۱ تعریف می‌شود:

(۱-۴)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

n عبارتست از تعداد گزینه‌های موجود در مساله

گام ۵. محاسبه نسبت سازگاری: نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی مطابق فرمول ۴-۲ بدست می‌آید.

(۲-۴)

$$IR = \frac{CI}{RI}$$

نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می‌کند.

۴- نتایج تحقیق

پژوهشگران در این پژوهش کمی به شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی میپردازد. با توجه به موضوع و سوالات، تحقیق حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی و از حیث روش اکتشافی و علت و معلولی است. که اطلاعات آن به شیوه میدانی و غیر میدانی و از طریق پرسشنامه زوجی جمع آوری گردیده است. در این تحقیق پانل خبرگان عبارت است از، مهندسین شاغل در پروژه-های ساختمانهای بتنی مسکونی در مشهد، که تعداد کل آن‌ها حدود ۲۰ نفر شناسایی گردید. برای تحقیق حاضر شیوه نمونه‌گیری در دسترس به علت کم بودن تعداد و در دسترس بودن همه اعضا در نظر گرفته شد. با توجه به اهداف پژوهش بهترین راه برای جمع آوری اطلاعات استفاده از پرسش نامه تشخیص داده شد. پس از مطالعات متعدد و مصاحبه با افراد و صاحب نظران استفاده از پرسشنامه‌های استاندارد برای تحقیق مشخص گردید. در این تحقیق از پرسشنامه محقق ساخت عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد استفاده شد این پرسشنامه دارای ۸۵ سوال و ۵ بعد میباشد. گویه‌های مرتبط با هر سوال بر اساس مقیاس ۹ گزینه‌ای از کاملاً بی‌اهمیت و بسیار بااهمیت نمره‌گذاری شده است.

اولویت بندی عوامل شناسایی شده با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار اکسل انجام شد. ابتدا نرخ سازگاری هر ۶ بعد در ماتریس مقایسات زوجی را به دست آوردیم، برای تشکیل ماتریس مقایسات زوجی ابتدا سیستم سلسله مراتبی با استفاده از تکنیک‌های مقایسه زوجی تشکیل شد.

جدول ۲ سرفصل هر یک از سوالات پرسش‌نامه عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد

ردیف	سرفصل سوالات	تعداد گویه
۱	معیارهای اصلی	۵
۲	زیر معیارهای فنی	۶
۳	زیر معیارهای اقتصادی	۶
۴	زیر معیارهای مدیریتی	۶
۵	زیر معیارهای حوادث طبیعی و غیر طبیعی	۶
۶	زیر معیارهای نگهداری و مراقبت از ساختمان	۶

برای مقایسات زوجی ماتریسی برای معیارها ایجاد شده است. سیستمی‌از اعداد را برای مشخص کردن میزان اهمیت یک معیار بر دیگری ایجاد نمود که در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳ معیارها در مقایسات زوجی

شدت اهمیت	واژگان زبانی قضاوت
۱	اهمیت برابر
۳	اهمیت متوسط
۵	اهمیت قوی
۷	اهمیت بسیار قوی
۹	بیش‌ترین میزان اهمیت
۲، ۴، ۶، ۸	میزان‌های میانه بین ارزش‌های فوق

پردازش و تحلیل داده‌ها و به دست آوردن مقایسات زوجی عوامل اصلی موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد بشرح جداول ۴ است:

جدول ۴ ماتریس مقایسات زوجی عوامل اصلی موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد

۱	عامل فنی	۱	۲/۳۴	۲/۳۳	۳/۴۱	۲/۵۵
۲	عامل اقتصادی	۲/۳۹	۱	۲/۲۲	۲/۳۱	۲/۸۱
۳	عامل مدیریتی	۲/۴۱	۲/۵۹	۱	۳/۵۷	۲/۴۴
۴	عامل حوادث طبیعی و غیر طبیعی	۲/۴۱	۲/۲۹	۲/۳۳	۱	۲/۵۸
۵	عامل نگهداری و مراقبت از ساختمان	۲/۵۴	۲/۰۹	۲/۴۴	۲/۳۷	۱
		۱۰/۷۵	**۱۰/۳۱**	**۱۰/۳۲**	**۱۲/۶۶**	**۱۱/۳۸**

جدول ۵ ماتریس مقایسات زوجی نرمال شده عوامل اصلی موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد

۱	عامل فنی	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲۲
۲	عامل اقتصادی	۰/۲۲	۰/۱	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۵
۳	عامل مدیریتی	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱	۰/۲۸	۰/۲۱
۴	عامل حوادث طبیعی و غیر طبیعی	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۲۳
۵	عامل نگهداری و مراقبت از ساختمان	۰/۲۴	۰/۲	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۰۹

جدول ۶ متوسط سطرها در ماتریس مقایسات زوجی عوامل اصلی موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد

عامل فنی	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲۲	۱/۰۴	۰/۲۰۸
عامل اقتصادی	۰/۲۲	۰/۱	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۹۶	۰/۱۹۲
عامل مدیریتی	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱	۰/۲۸	۰/۲۱	۱/۰۷	۰/۲۱۴
عامل حوادث طبیعی و غیر طبیعی	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۹۸	۰/۱۹۶
عامل نگهداری و مراقبت از ساختمان	۰/۲۴	۰/۲	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۹۵	۰/۱۹

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

همانطور که ملاحظه می‌گردد بر اساس نتایج متوسط سطرها در ماتریس مقایسات زوجی نرمال شده، عوامل اصلی موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد به شرح جدول ۷ است.

همچنین همانطور که ملاحظه میگردد بر اساس نتایج متوسط سطرها در ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارها، اهمیت ابعاد به شرح جداول ۸ تا ۱۲ است:

جدول ۷ اولویت بندی عوامل اصلی موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد

ردیف	عامل	وزن عامل
۱	عامل مدیریتی	۰/۲۱۴
۲	عامل فنی	۰/۲۰۸
۳	عامل حوادث طبیعی و غیر طبیعی	۰/۱۹۶
۴	عامل اقتصادی	۰/۱۹۲
۵	عامل نگهداری و مراقبت از ساختمان	۰/۱۹

جدول۸ اولویت بندی زیر معیارهای فنی

ردیف	عامل	وزن زیرمعیار
۱	عدم عمل آوری مناسب بتن قبل و بعد از انجام بتن ریزی	۰/۱۸۲
۲	جانمایی نامناسب تاسیسات برقی و مکانیکی به علت عدم تطابق نقشه معماری و تاسیسات و سازه	۰/۱۷۵
۳	عدم محاسبه درز انقطاع استاندارد در هنگام ساخت بنای بتنی	۰/۱۷۳
۴	کیفیت پایین ماشین الات حمل و نقل و تولید بتن	۰/۱۷۲
۵	عدم نظارت دقیق بر کیفیت بتن ریزی در پروژه‌های ساختمانی	۰/۱۵۷
۶	اعمال بارگذاری بیش از حد نقشه‌های محاسباتی در اثر تغییرات معماری ساختمان و تغییر کاربری	۰/۱۴۲

جدول۹ اولویت بندی زیر معیارهای اقتصادی

ردیف	عامل	وزن زیرمعیار
۱	بکارگیری از کارگران غیرماهر در عملیات بتن سازی به لحاظ کاهش هزینه‌ها	۰/۱۸۷
۲	استفاده از مواد و مصالح درجه ۲ یا ۳ و یا حتی درجه ۴ به منظور پایین اوردن هزینه‌های ساخت	۰/۱۸۳
۳	استفاده از مصالح مستعمل(میلگردووو) در ساخت	۰/۱۷
۴	تغییر در نوع اجرای تاسیسات مکانیکال و الکتریکال جهت صرفه جویی در هزینه	۰/۱۶۲
۵	عدم استفاده از فناوری‌های به روز بتن به علت افزایش هزینه	۰/۱۵۵
۶	استفاده از بتن‌های ارزان به لحاظ کاهش هزینه	۰/۱۴۳

جدول ۱۰ اولویت بندی زیر معیارهای مدیریتی

ردیف	عامل	وزن زیرمعیار
۱	عدم نظارت و کنترل فرایند انجام تاسیسات برقی و مکانیکی طبق مقررات ملی ساختمان	۰/۱۹۵
۲	عدم سازوکارهای مناسب مدیریتی به منظور افزایش کیفیت بتن	۰/۱۹۵
۳	دستکاری نتایج بتن در اثر تبانی با آزمایشگاه	۰/۱۷
۴	در نظر گرفتن بعد مسافتی بچینگ تا محل پروژه	۰/۱۶۳
۵	عدم برنامه زمانبندی منابع مناسب به منظور بتن ریزی در پروژه‌های ساختمانی	۰/۱۴۷
۶	عدم انجام آزمایشات دوره‌ای در بچینگ	۰/۱۲۸

جدول ۱۱ اولویت بندی زیر معیارهای حوادث طبیعی و غیر طبیعی

ردیف	عامل	وزن زیرمعیار
۱	نشت و نم زدگی و استفاده غیر اصولی از بنا	۰/۱۹۸
۲	وجود حشرات مخرب از قبیل موریانه	۰/۱۹
۳	اغتشاشات، جنگ و بمباران	۰/۱۷۷
۴	نشست تدیجی قسمتی از ساختمان در اثر عدم تحکیم زیر پی	۰/۱۶۲
۵	عقب نشینی ساختمان و اجبار به تخریب	۰/۱۳۸
۶	رانش، زلزله، آتش سوزی، سیل و یخبندان	۰/۱۳۳

جدول ۱۲ اولویت بندی زیر معیارهای نگهداری و مراقبت از ساختمان

ردیف	عامل	وزن زیرمعیار
۱	عدم سرویس‌های دوره‌ای تاسیسات ساختمانی مثل آسانسور و. .	۰/۲۱
۲	طرح و توسعه معماری بنا بعد از بهره برداری کامل	۰/۲۰
۳	بی توجهی به تخریب‌های پیش رونده در هنگام بهره برداری توسط ساکنین	۰/۱۷۳
۴	دفع نامناسب مواد خورنده بتن و تخریب پیش رونده با مواد اسیدی	۰/۱۴۲
۵	عدم تعمیر و مرمت یا مقاوم سازی سازه به موقع به علت بهره برداری نادرست توسط ساکنین	۰/۱۳۸
۶	تخریب بتن و یا قطع نمودن ارماتورهای بتن به لحاظ تغییر در معماری	۰/۱۳۷

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

۵- نتایج و پیشنهادات

امروزه، پیدایش مساله بحران انرژی و مشکلات زیست محیطی ناشی از آن، با ورود به بسیاری از فعالیت‌های حوزه طراحی معماری و شهری که سهم زیادی در مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست دارند، چالش‌های زیادی را از خود به جای گذاشته است. به همین منظور والیان امر را به سمتی سوق می‌دهد، تا به راه حلی برای کاهش مصرف، بهره وری بیشتر ساختمان‌ها و برطرف کردن مشکلات زیست محیطی دست یابند. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر عمر ساختمانهای بتنی در شهر مشهد انجام شد. پانل خبرگان این پژوهش مهندسین شاغل در پروژه‌های ساختمان‌های بتنی مسکونی در مشهد است، به تمام اعضای شناسایی شده پرسشنامه توزیع که در نهایت تعداد ۲۰ پرسشنامه عودت شد. به منظور جمع آوری داده‌ها از پرسشنامه محقق ساخته عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی مسکونی در شهر مشهد استفاده شد. این پرسشنامه دارای ۸۵ سوال و ۵ بعد میباشد. گویه‌های مرتبط با هر سوال بر اساس مقیاس ۹ گزینهای از کاملاً بی‌اهمیت و بسیار بااهمیت نمره‌گذاری شده است. روایی و پایایی پرسشنامه مورد تائید واقع شد و بر اساس آزمون شاخص t مشخص شد عوامل موثر بر عمر ساختمانهای بتنی در شهر مشهد ۱ـ عامل فنی، ۲ـ عامل اقتصادی، ۳ـ عامل مدیریتی، ۴ـ حوادث طبیعی و غیر طبیعی و ۵ـ نگهداری و مراقبت از ساختمان بودند و در اولویت بندی عوامل موثر بر عمر ساختمانهای بتنی در شهر مشهد با استفاده از فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی مشخص شد مهمترین معیار اصلی معیار مدیریتی با وزن معیار ۰/۲۱۴ و در زیر معیار فنی، عدم عمل آوری مناسب بتن قبل و بعد از انجام بتن ریزی با وزن معیار ۰/۱۸۲، زیر معیار اقتصادی، بکارگیری از کارگران غیرماهر در عملیات بتن سازی به لحاظ کاهش هزینه‌ها با وزن معیار ۰/۱۸۷، زیر معیار مدیریتی، عدم نظارت و کنترل فرایند انجام تاسیسات برقی و مکانیکی طبق مقررات ملی ساختمان با وزن معیار ۰/۱۹۵، زیر معیار حوادث طبیعی و غیر طبیعی، نشت و نم زدگی و استفاده غیر اصولی از بنا با وزن معیار ۰/۱۹۸ و زیر معیار نگهداری و مراقبت از ساختمان، عدم سرویس‌های دوره‌ای تاسیسات ساختمانی مثل آسانسور و. . . با وزن معیار ۰/۲۱ به عنوان مهمترین عوامل در کاهش عمر ساختمان‌های بتنی در شهر مشهد مشخص شدند.

در اولویت بندی زیر معیارهای عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی در شهر مشهد در عوامل فنی به ترتیب: ۱ـ عدم عمل آوری مناسب بتن قبل و بعد از انجام بتن ریزی با وزن معیار ۰/۱۸۲، ۲ـ جانمایی نامناسب تاسیسات برقی و مکانیکی به علت عدم تطابق نقشه معماری و تاسیسات و سازه با وزن معیار ۰/۱۷۵، ۳ـ عدم محاسبه درز انقطاع استاندارد در هنگام ساخت بنای بتنی با وزن معیار ۰/۱۷۳، ۴ـ کیفیت پایین ماشین الات حمل و نقل و تولید بتن با وزن معیار ۰/۱۷۲، عدم نظارت دقیق بر کیفیت بتن ریزی در پروژه‌های ساختمانی با وزن معیار ۰/۱۵۷ و اعمال بارگذاری بیش از حد نقشه‌های محاسباتی در اثر تغییرات معماری ساختمان و تغییر کاربری با وزن معیار ۰/۱۴۲ بودند.

در بحث زیر معیارهای عامل اقتصادی به ترتیب: ۱ـ بکارگیری از کارگران غیرماهر در عملیات بتن سازی به لحاظ کاهش هزینه‌ها با وزن معیار ۰/۱۸۷، ۲ـ استفاده از مواد و مصالح درجه ۲ یا ۳ و یا حتی درجه ۴ به منظور پایین اوردن هزینه‌های ساخت با وزن معیار ۰/۱۸۳، ۳ـ استفاده از مصالح مستعمل در ساخت بنا با وزن معیار ۰/۱۷، ۴ـ تغییر در نوع اجرای تاسیسات مکانیکال و الکتریکال جهت صرفه جویی در هزینه با وزن معیار ۰/۱۶۲، ۵ـ عدم استفاده از فناوری‌های به روز بتن به علت افزایش هزینه با وزن معیار ۰/۱۵۵ و ۶ـ استفاده از بتن‌های ارزان به لحاظ کاهش هزینه با وزن معیار ۰/۱۴۳ بودند.

در بحث زیر معیارهای عامل مدیریتی به ترتیب: ۱ـ عدم نظارت و کنترل فرایند انجام تاسیسات برقی و مکانیکی طبق مقررات ملی ساختمان با وزن معیار ۰/۱۹۵، ۲ـ عدم سازوکارهای مناسب مدیریتی به منظور افزایش کیفیت بتن با وزن معیار ۰/۱۹۵، ۳ـ دستکاری نتایج بتن در اثر تبانی با آزمایشگاه با وزن معیار ۰/۱۷، ۴ـ در نظر گرفتن بعد مسافتی بچینگ تا محل پروژه با وزن معیار ۰/۱۶۳، ۵ـ عدم برنامه زمانبندی منابع مناسب به منظور بتن ریزی در پروژه‌های ساختمانی با وزن معیار ۰/۱۴۷ و ۶ـ عدم انجام آزمایشات دوره‌ای در بچینگ با وزن معیار ۰/۱۲۸ بودند.

در بحث زیر معیار عامل حوادث طبیعی و غیر طبیعی به ترتیب: ۱ـ نشت و نم زدگی و استفاده غیر اصولی از بنا با وزن معیار ۰/۱۹۸، ۲ـ وجود حشرات مخرب از قبیل موریانه وووو با وزن معیار ۰/۱۹، ۳ـ اغتشاشات، جنگ و بمباران با وزن معیار ۰/۱۷۷، ۴ـ نشست تدیجی قسمتی از ساختمان در اثر عدم تحکیم زیر پی با وزن معیار ۰/۱۶۲، ۵ـ عقب نشینی ساختمان و اجبار به تخریب با وزن معیار ۰/۱۳۸ و ۶ـ رانش، زلزله، آتش سوزی، سیل و یخبندان با وزن معیار ۰/۱۳۳ بودند.

و نهایتا در بحث زیر معیارهای عامل نگهداری و مراقبت از ساختمان به ترتیب: ۱ـ عدم سرویس‌های دوره‌ای تاسیسات ساختمانی مثل آسانسور و. . با وزن معیار ۰/۲۱، ۲ـ طرح و توسعه معماری بنا بعد از بهره برداری کامل با وزن معیار ۰/۲۰، ۳ـ بی توجهی به تخریب‌های پیش رونده در هنگام بهره برداری توسط ساکنین با وزن معیار ۰/۱۷۳، ۴ـ دفع نامناسب مواد خورنده بتن و تخریب پیش رونده با مواد اسیدی با وزن معیار ۰/۱۴۲، ۵ـ عدم تعمیر و مرمت یا مقاوم سازی سازه به موقع به علت بهره برداری نادرست توسط ساکنین با وزن معیار ۰/۱۳۸ و تخریب بتن و یا قطع نمودن ارماتورهای بتن به لحاظ تغییر در معماری با وزن معیار ۰/۱۳۷ بودند.

سالیانه ساختمان‌های فراوانی در کشور تخریب و بجای آن‌ها ساختمان‌های جدید بنا می‌شود که برای ساخت این ساختمان‌ها منابع عظیم مصالح ساختمانی، منابع انرژی و هزینه‌های زیادی صرف می‌شود متاسفانه در حالیکه این ساختمان‌ها باید ساختمان‌های بین نسلی باشند و از نسلی به نسل دیگر منتقل شوند پس از گذشت سالیان کوتاه بدلایل متفاوت تخریب می‌شوند و همه منابع مورد استفاده هدر می‌روند. بنظر می‌رود فارغ از قرار داشتن بخش‌های زیادی از کشور روی گسل‌های زلزله خیز، بر اساس آمارهای موجود عمر عادی ساختمان در ایران ۲۰ تا ۳۰ سال از دیگر کشورها پائین تر بوده و حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد نیز از آسیب پذیری بیشتری

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

برخوردارند. نتیجه این نوع ساخت و ساز در کشور استفاده بیش از حد از منابع و به هدر دادن آن‌ها را در پی خواهد داشت. با توجه به نتایج کسب شده و اینکه پنج عامل ۱ـ عامل فنی، ۲ـ عامل اقتصادی، ۳ـ عامل مدیریتی، ۴ـ حوادث طبیعی و غیر طبیعی و ۵ـ نگهداری و مراقبت از ساختمان به عنوان عوامل موثر بر عمر ساختمان‌های بتنی در شهر مشهد شناسایی شد پیشنهاد می‌شود ترتیبی اتخاذ گردد تا با بکارگیری از ابزارها و سازوکارهای موثر ترتیبی اتخاذ گردد تا توجه بیشتری به بحث کنترل دقیق عملیات ساختمانی اعم از فرایندهای ساخت، انتقال، بتن ریزی، عمل آوری و مراقبت بعد از آن شود تا این پنج عامل را پوشش دهد. همچنین در بحث اولویت بندی مشاهده شد که مدیریت نقش بسیار پر رنگی در عمر ساختمان‌های بتنی به خود اختصاص داده بود که لازمه آن استفاده از ابزارهای قدرتمند مدیریتی در زمینه ایجاد دم سازوکارهای مناسب مدیریتی به منظور افزایش کیفیت بتن، استفاده از سیستم‌های به روز و اتوماسیون به منظور جلوگیری از دستکاری نتایج بتن در اثر تبانی با آزمایشگاه، ارائه راهکارهای مناسب و سفارش بتن از بچینگ‌های با بعد مسافتی نزدیک محل پروژه با برنامه ریزی و یا انجام بتن ریزی در زمان کم ترافیک به منظور تسریع در ارسال بتن از بچینگ به محل پروژه، استفاده از برنامه‌های زمان بندی به روز به منظور ارائه برنامه زمانبندی مناسب عملیات بتن ریزی و در نهایت ایجاد شبکه‌های دسترسی به منظور کنترل و بررسی وضعیت آزمایشات دوره‌ای بچینگ‌های مورد استفاده قبل از خرید بتن و بطور کلی سیستمی کردن ارتباط بچینگ با سازنده‌ها و مهندسین می‌تواند گامی مثبت در بهبود عمر ساختمان‌های بتنی در این مقوله باشد. همچنین در اولویت بندی زیر معیارهای فنی مشخص گردید عدم عمل آوری مناسب بتن قبل و بعد از انجام بتن ریزی به عنوان مهمترین عامل در بحث عمر ساختمان‌های بتنی مطرح شده است که لازمه آن استفاده از ابزارها و سیستم‌های به روز و تغییر از سیستم بتن ریزی سنتی و حرکت به سیستم‌های به روز بتن ریزی و عمل آوری می‌باشد که نیازمند همکاری و همیاری سازمان نظام مهندسی و دستگاه‌های اجرایی در این زمینه می‌باشد. در بحث عامل اقتصادی مشخص شد زیر معیار بکارگیری از کارگران غیرماهر در عملیات بتن سازی به لحاظ کاهش هزینه‌ها به عنوان مقوله مهم شناسایی شد که در این زمینه پیشنهاد می‌شود سازمان نظام مهندسی به همراه اداره کار وارد گود شوند و با ارائه قوانین سخت گیرانه از بکارگیری کارگران فاقد مدارک معتبر کاری اعم از گواهینامه‌های فنی حرفه‌ای ووو در زمینه بتن ریزی ممانعت به عمل آورند و به گونه شود تا با این فرایند به صورت سیستماتیک کارگران غیرماهد و فاقد مدارک معتبر از پروژه‌های ساختمانی حذف گردند و شاهد افزایش عملکرد فرایند بتن ریزی در این پروژه‌ها باشیم. در بحث عامل حوادث طبیعی و غیر طبیعی زیر معیار نشت و نم زدگی و استفاده غیر اصولی از بنا که متاسفانه به صورت یک اپیدمی در تمامی ساختمان‌ها بروز می‌نماید پیشنهاد می‌شود. با استفاده از افزایش بازدیدهای دوره‌ای در بحث و نگهدای ساختمان با ایجاد دفترچه تامین و نگهداری ساختمان و واگذاری این بخش به سازمان مشخصی، همچون شهرداری و یا سازمان نظام مهندسی اقدام به بازدیدهای دوره‌ای و ثبت در دفتر چه مورد نظر قبل از بروز هرگونه نشت و یا استفاده غیر اصولی به مالکین تذکر داده شود تا شاهد افزایش عمر این ساختمان‌ها باشیم و در نهایت در بحث عامل نگهداری و مراقبت از ساختمان زیر معیار عدم سرویس‌های دوره‌ای تاسیسات ساختمانی که پیشنهادمی شود همچون عامل طبیعی و غیر طبیعی عمل شود.

۶- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

۷- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

۸- مراجع

[1] M. Anbarlouie, "Investigation and comparison of the effect of length of glass tubes containing polyurethane adhesive on restoration performance of the self-healing concretes," Journal of engineering and construction management, vol. 5, no. 3, pp. 23-32, 2020.

[2] "Introduction of New Index Named "Remaining Useful Life of Building" to Assess the Seismic Vulnerability of Structures," (in eng), Journal of Structure & Steel, Research vol. 8, no. 15, pp. 57-66, 2014.

[3] M. Ghanoonibagha, M. A. Shayanfar, S. Asgarani, and M. Zabihi Samani, "Service-Life Prediction of Reinforced Concrete Structures in Tidal Zone," (in eng), Journal Of Marine Engineering, Research Paper vol. 12, no. 24, pp. 13-22, 2017.

[4] A. A. Shirzadi Javid and S. Falegari, "BIM-Based LCA and the role of Regional Variables," Journal of Structural and Construction Engineering, vol. 10, no. 3, pp. 87-105, 2023.

[5] S. A. Ekrami Kakhki, A. Kheyroddin, and A. Mortezaei, "Evaluation the effect of middle column removal on the occurrence potential of progressive collapse in reinforced concrete moment frames using sensitivity analysis," Journal of Structural and Construction Engineering, vol. 10, no. 3, pp. 172-203, 2023.

[6] B. Mohammadpour and M. Alireza, "Investigating life-cycle cost for resilient RC frames with enhanced seismic performance objectives," Journal of Structural and Construction Engineering, vol. 9, no. 12, pp. 155-175, 2023.

[7] F. Yousefi and Y. Gholipour, "Life cycle assessment of a real residential building in Tehran," Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning, vol. 23, no. 1, pp. 81-92, 2018.

[8] V. Baca et al., "Enhanced seismic structural reliability on reinforced concrete buildings by using buckling restrained braces," Shock and Vibration, vol. 2021, no. 1, p. 8816552, 2021.

[9] R. Oyguc, C. Toros, and A. E. Abdelnaby, "Seismic behavior of irregular reinforced-concrete structures under multiple earthquake excitations," Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol. 104, pp. 15-32, 2018.

[10] S. A. Allali, M. Abed, and A. Mebarki, "Post-earthquake assessment of buildings damage using fuzzy logic," Engineering Structures, vol. 166, pp. 117-127, 2018.

[11] H. Moniri, "Evaluation of seismic performance of reinforced concrete (RC) buildings under near-field earthquakes," International Journal of Advanced Structural Engineering, vol. 9, pp. 13-25, 2017.

[12] T. L. Saaty, "Making and validating complex decisions with the AHP/ANP," Journal of Systems Science and Systems Engineering, vol. 14, pp. 1-36, 2005.

[13] I. M. Mahdi and K. Alreshaid, "Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP)," International journal of project management, vol. 23, no. 7, pp. 564-572, 2005.

[1] Analytic Heirarehy Process
[2] Criterions
[3] Alternative
[4] Criterions
[5] Alternative

6 Reciprocal condition
7 Homogeneity
8 Dependency
9 Expectations

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

COPYRIGHTS
©2025 by the authors. Published by **Journal of Engineering & Construction Management (JECM)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)