بتول شمس‌الدین
دکترای معماری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان کرمان
Shamsaddin.b@gmail.com

افزایش ضریب ایمنی

با همگرایی تشکل‌ها و نهادهای ساخت و ساز

ارتقاء ایمنی ساختمان‌ها مستلزم یک سیستم همکاری یکپارچه بین سازمان نظام‌مهندسی ساختمان و سایر نهادهای ذی‌ربط است.

۱- چکیده

ارتقاء ایمنی ساختمان‌ها مستلزم یک سیستم همکاری یکپارچه بین سازمان نظام‌مهندسی ساختمان و سایر نهادهای ذی‌ربط است. این پژوهش با رویکرد تحلیلی و کاربردی به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های همکاری نظام‌مهندسی با سازمان‌ها و تشکل‌هایی مانند شهرداری‌ها، سازمان آتش‌نشانی، اداره کل استاندارد، سازمان ثبت اسناد، شرکت‌های توزیع برق، شرکت‌های گاز، پلیس راهور و سازمان مدیریت بحران پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که فقدان سامانه‌های اطلاعاتی مشترک، تداخل وظایف و ضعف آموزش بین‌بخشی از موانع اصلی همکاری اثربخش هستند. برای ارتقاء ایمنی، طراحی سازوکارهای مشخص و الزام‌آور، آموزش‌های بین‌سازمانی و سامانه‌های نظارت یکپارچه ضروری است.

۲- مقدمه

روند پرشتاب شهرنشینی و افزایش تراکم جمعیت در مناطق شهری، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، ریسک‌های مرتبط با ایمنی ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده است .[۱]شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که ایمنی ساختمان‌ها به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری شهری، با کاهش آسیب‌پذیری سازه‌ای، بهبود قابلیت اطمینان عملکردی و ارتقاء کیفیت محیط‌زیست انسانی ارتباط مستقیم دارد.[۲]ارزیابی ریسک در این حوزه، ابعاد مختلفی از جمله سازه‌ای، معماری، تأسیساتی و انطباق با الگوهای توسعه پایدار شهری را دربر می‌گیرد .[۳]در ایران، سازمان نظام‌مهندسی ساختمان به‌عنوان بازوی تخصصی وزارت راه‌وشهرسازی مأموریت دارد با نظارت بر اجرای دقیق مقررات ملی ساختمان و ارتقاء استانداردهای ایمنی، سهم مؤثری در کاهش ریسک و افزایش تاب‌آوری اجتماعی و اقتصادی در برابر مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت ایفا کند.

۳- ضریب ایمنی در ساختمان و اجرا

ایمنی یعنی طراحی، ساخت و بهره‌برداری از ساختمان به‌گونه‌ای که خطرات جانی و مالی برای ساکنان و اطرافیان به حداقل برسد. رعایت ایمنی در طراحی و اجرای ساختمان‌ها، مستلزم در نظر گرفتن ضرایب اطمینان یا ضریب‌های ایمنی است که به‌عنوان حاشیه‌ای برای جبران عدم‌قطعیت‌ها در بارگذاری، کیفیت مصالح، شرایط بهره‌برداری و خطاهای انسانی به کار می‌روند[۴].

«ضریب ایمنی» به‌عنوان یک حاشیه اطمینان اضافی، مفهومی کلیدی در مهندسی است که به‌منظور افزایش قابلیت اطمینان سازه یا سیستم در برابر خطاهای محاسباتی، نارسایی‌های احتمالی مصالح و شرایط غیرقابل پیش‌بینی محیطی در نظر گرفته می‌شود. با این حال، ضریب ایمنی در عمل صرفاً یک عدد ثابت در فرایند طراحی نیست، بلکه مفهومی چندبعدی است که در سطوح مختلف طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری ساختمان معنا و کاربرد پیدا می‌کند. این رویکرد چندلایه به مهندسان امکان می‌دهد تا ریسک‌های ناشی از عدم قطعیت‌ها را در تمامی مراحل عمر سازه به‌طور جامع مدیریت کنند. بنابراین، «ضریب ایمنی» نه‌تنها به‌عنوان یک پارامتر عددی در طراحی بلکه به‌عنوان یک مفهوم مدیریتی و چندبعدی، در تمام مراحل عمر ساختمان کاربرد دارد و ابزاری برای مدیریت عدم قطعیت‌ها و افزایش قابلیت اطمینان سیستم محسوب می‌شود.

۳-۱- ضریب ایمنی سازه‌ای[۱]

ایمنی سازه‌ها همواره یکی از اهداف اصلی مهندسی عمران و معماری بوده است. در این راستا، مفهوم ضریب ایمنی سازه‌ای به‌عنوان یک شاخص کمی برای ارزیابی سطح اطمینان از عملکرد سازه در برابر بارهای وارده به کار می‌رود. این ضریب بیانگر نسبت بین ظرفیت نهایی سازه (ظرفیت شکست) و بار مورد انتظار در شرایط بهره‌برداری است و به‌صورت زیر تعریف می‌شود[۵].

در واقع ضریب ایمنی سازه‌ای نسبت بین ظرفیت نهایی سازه (حداکثر باری که می‌تواند تحمل کند بدون اینکه فرو بریزد) به بار مورد انتظار در شرایط بهره‌برداری واقعی است، به زبان ساده این ضریب یک «حاشیه اطمینان» است که در طراحی سازه‌ها در نظر گرفته می‌شود تا اگر خطا، بار غیرمنتظره یا ضعف اجرا رخ داد، سازه همچنان پایدار بماند و جان انسان‌ها حفظ شود. از دلایل اهمیت این ضریب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بارهای واقعی همیشه دقیق و قابل پیش‌بینی نیستند (زلزله شدیدتر، برف سنگین‌تر، تغییر کاربری و ...)
- مصالح یا اجرا ممکن است کیفیت پایین‌تری از استاندارد داشته باشد.

ضریب ایمنی در عمل صرفاً یک عدد ثابت در فرایند طراحی نیست، بلکه مفهومی چندبعدی است.

- خطای انسانی یا خوردگی و فرسودگی می‌تواند رخ دهد.

بایستی یادآور شد رعایت و تضمین ضریب ایمنی سازه‌ای یک کار تیمی است و مسئولیت آن بر عهده چند گروه کلیدی است. در این بحث مهندس طراح سازه اصلی‌ترین مسئول است و موظف است بر اساس آئین‌نامه‌های ملی و بین‌المللی، بارها را محاسبه کند و سازه را طوری طراحی کند که ضریب ایمنی کافی داشته باشد. درضمن انتخاب مقاطع، اتصالات، نوع مصالح و جزئیات فنی نیز با اوست. اما درکنار مهندس طراح سازه، پیمانکار یا مجری باید طبق نقشه‌های مصوب و مشخصات فنی پروژه را اجرا کند و نباید مصالح نامرغوب یا روش‌های نادرست استفاده کند. در این میان مهندس ناظر نیز نقش مهمی دارد زیرا موظف است نظارت کند که طرح مهندس طراح به‌درستی اجرا می‌شود و کیفیت مصالح، ابعاد مقاطع، آرماتورها، جوشکاری و بتن‌ریزی را کنترل می‌کند. سازمان‌ها و مراجع قانونی مثل سازمان نظام‌مهندسی ساختمان و شهرداری بایستی نقشه‌ها را قبل از ساخت بررسی و تأیید کنند و در حین اجرا، بازرسی‌های دوره‌ای انجام دهند.

درکل می‌توان گفت ضریب ایمنی سازه‌ای، طراحی با حاشیه اطمینان در برابر خطرات و خطاها است که توسط مهندس طراح تعیین و توسط مجری و ناظر در حین اجرا رعایت و کنترل و توسط مراجع قانونی پایش می‌شود.

۳-۲- ضریب ایمنی در برابر آتش‌سوزی[۲]

ضریب ایمنی در برابر آتش‌سوزی به‌عنوان یک حاشیه اطمینان، بیانگر نسبت بین زمان یا مقاومت واقعی سازه در برابر شرایط حریق و زمان یا مقاومت مورد نیاز طبق بارگذاری و کاربری ساختمان است. هدف از تعیین این ضریب، جبران عدم قطعیت‌هایی است که در شدت و مدت آتش، کیفیت اجرا، عملکرد مصالح در دمای بالا و شرایط بهره‌برداری وجود دارد[۶]. ضریب ایمنی در برابر آتش در مراحل زیر کاربرد دارد:

- انتخاب مصالح با رفتار حرارتی مناسب (مثلاً بتن با پوشش کافی روی میلگردها)
- تعیین ضخامت پوشش ضدحریق برای سازه‌های فولادی
- پیش‌بینی زمان تخلیه ایمن افراد و مقایسه آن با زمان مقاومت سازه
- طراحی سیستم‌های غیرفعال مانند دیوارهای ضدحریق و سیستم‌های فعال مانند اسپرینکلر

بایستی نظارت بر رعایت ضریب ایمنی در برابر آتش‌سوزی بر اساس آئین‌نامه‌ها و مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود و راهکارهای مقاوم‌سازی در برابر حریق توسط مهندس طراح سازه و معمار، ناظران، پیمانکار و مجری سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی وسازمان نظام‌مهندسی ساختمان در نظر گرفته شوند.

۳-۳- ضریب ایمنی خدماتی[۳]

علاوه بر توجه به ایمنی سازه‌ای، حفظ عملکرد مطلوب و راحتی کاربران تحت شرایط بهره‌برداری نیز اهمیت فراوانی دارد. این جنبه تحت عنوان ضریب ایمنی خدماتی یا ایمنی عملکردی شناخته می‌شود که به تضمین قابلیت استفاده سازه بدون ایجاد مشکلاتی مانند تغییرشکل‌های بیش از حد، ارتعاشات نامطلوب، ترک‌خوردگی یا مشکلات ظاهری می‌پردازد[۷]. ضریب ایمنی خدماتی به نسبت میزان حداکثر تغییر شکل یا تنش قابل قبول در سازه به میزان واقعی وارد شده گفته می‌شود که باید در محدوده‌ای قرار گیرد تا عملکرد سازه تحت بارهای بهره‌برداری به‌صورت مطلوب حفظ شود[۸]. این ضریب بیشتر با هدف پیشگیری از اختلالات در کاربری ساختمان، افزایش راحتی ساکنان و جلوگیری از آسیب‌های غیرسازه‌ای مثل ترک‌خوردگی پوشش‌ها، کاهش عمر مفید سازه و نارضایتی کاربران مورد توجه قرار می‌گیرد[۹]. مهندس طراح نقش تعیین و محاسبه ضرایب ایمنی را بر عهده دارد و پیمانکار اجرای دقیق طبق آن و مهندس ناظرکنترل انطباق اجرا با طرح و گزارش تخلفات و سازمان‌های قانونی مانند سازمان نظام‌مهندسی ساختمان، شهرداری‌ها، اداره کل راه‌وشهرسازی تأیید و پایش کل فرایند را بر عهده دارند. این نهادها در سطح کلان بر نقشه‌ها، گزارش‌های طراحی، کیفیت مصالح، آزمایش‌ها و تأییدیه‌ها نظارت می‌کنند. بدون تأیید این سازمان‌ها، پایان‌کار یا پروانه بهره‌برداری صادر نمی‌شود[۱۰].

۳-۴- ضریب ایمنی تأسیسات مکانیکی و برقی[۴]

تأسیسات مکانیکی (مانند سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه، لوله‌کشی، اطفای حریق) و تأسیسات برقی (مانند سیستم‌های برق‌رسانی، روشنایی، آسانسور، اعلام حریق) بخش مهمی از کارکرد و ایمنی ساختمان را تشکیل می‌دهند.

همانند سازه و معماری، این سیستم‌ها نیز باید با ضریب ایمنی مناسب

علاوه‌بر توجه به ایمنی سازه‌ای، حفظ عملکرد مطلوب و راحتی کاربران تحت شرایط بهره‌برداری نیز اهمیت فراوانی دارد.

طراحی و اجرا شوند تا علاوه‌بر عملکرد پایدار، ایمنی کاربران و کاهش خطرات جانی و مالی تضمین شود[۱۰]. ضریب ایمنی در تأسیسات مکانیکی و برقی بیانگر نسبت ظرفیت واقعی تجهیزات و سیستم‌ها به بار یا نیاز مورد انتظار در شرایط بهره‌برداری است. این ضریب به‌عنوان حاشیه اطمینان برای جبران عدم‌قطعیت‌ها در بارگذاری، شرایط محیطی، خطاهای انسانی و ضعف تجهیزات در نظر گرفته می‌شود. تجربه و پژوهش‌ها نشان داده‌اند که عدم پیش‌بینی حاشیه ایمنی در طراحی تأسیسات می‌تواند منجر به ازکارافتادن تجهیزات در زمان اوج مصرف، وقوع آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی، افزایش هزینه‌های نگهداری و کاهش عمر تجهیزات و تهدید جان ساکنان شود[۱۱]. در ایران، مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمان (تأسیسات مکانیکی) و مبحث سیزدهم (تأسیسات برقی) الزامات و حداقل ضرایب ایمنی این سیستم‌ها را مشخص کرده‌اند.

۳-۵- ضریب ایمنی کارگاهی و اجرایی[۵]

فعالیت‌های ساختمانی به‌دلیل ماهیت فیزیکی، محیط باز، کار در ارتفاع و استفاده از ماشین‌آلات سنگین، از پرخطرترین صنایع از نظر ایمنی هستند[۱۲]. بنابراین رعایت ضریب ایمنی کارگاهی و اجرایی یک الزام اساسی برای حفظ جان کارگران، کیفیت اجرا و جلوگیری از آسیب به تجهیزات و محیط زیست است. ضریب ایمنی کارگاهی و اجرایی بیانگر حاشیه اطمینانی است که در انتخاب تجهیزات، ابزار، روش‌های کار و نیروی انسانی در محیط کار در نظر گرفته می‌شود تا ریسک حوادث و خرابی‌ها به حداقل برسد[۱۳].

جهت تأمین ضریب ایمنی کارگاهی میتوان به انتخاب طناب‌ها و کابل‌های بالابر با ظرفیت چند برابر بار واقعی، نصب داربست با اتصالات و مهاربندی اضافی، پیش‌بینی نقاط سقوط و نصب سیستم‌های توقف سقوط، فاصله‌گذاری ایمن ماشین‌آلات و نفرات، تعیین تعداد و آموزش نیروی انسانی متناسب با خطرات، پیش‌بینی شرایط اضطراری (مثل آتش‌سوزی یا زلزله) و طراحی مسیرهای فرار اشاره کرد. رعایت این ضریب نرخ آسیب‌دیدگی و مرگ‌ومیر کارگاهی را کاهش می‌دهد و بهره‌وری و اعتماد کارگران را افزایش می‌دهد، از تعطیلی پروژه و هزینه‌های بیمه و جریمه جلوگیری می‌کند و کیفیت و سرعت اجرای پروژه را حفظ می‌کند[۱۴]. در ایران مبحث ۱۲ مقررات ملی ساختمان (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا)، دستورالعمل‌ها و ضریب‌های ایمنی تجهیزات و روش‌های کارگاهی را تعیین می‌کند. آئین‌نامه حفاظت کارگاه‌های ساختمانی (وزارت کار) نیز ضریب‌های ایمنی لازم در تجهیزات کارگاهی را مشخص کرده است.

۳-۶- ضریب ایمنی بهره‌برداری و خروج اضطراری[۶]

ضریب ایمنی بهره‌برداری به حاشیه اطمینان در عملکرد ایمن و پایدار ساختمان و اجزای آن در طول دوره بهره‌برداری گفته می‌شود؛ یعنی سازه و تأسیسات در طول استفاده عادی و تحت شرایط محیطی و بارهای روزمره، بدون ایجاد خطر یا اختلال عمل کنند[۱۵]. ضریب ایمنی خروج اضطراری به حاشیه اطمینانی گفته می‌شود که برای تضمین تخلیه ایمن و سریع ساکنان در شرایط اضطراری (مانند آتش‌سوزی، زلزله، انفجار) در نظر گرفته می‌شود[۱۶]. این ضریب بیانگر نسبت ظرفیت واقعی مسیرهای خروج (تعداد، عرض، ظرفیت) به نیاز تخلیه در سناریوهای حداکثری است. در طراحی راه‌پله‌ها، درب‌ها، خروجی‌ها و مسیرهای فرار باید با ضریب اطمینانی طراحی شوند تا ازدحام، سقوط و مسدود شدن مسیرها رخ ندهد. این ضریب به‌ویژه در ساختمان‌های بلند، مراکز تجمعی (سالن‌ها، مدارس، بیمارستان‌ها) و اماکن عمومی حیاتی است. در مقررات ملی ایران (مبحث سوم) و آئین‌نامه‌های بین‌المللی (NFPA ۱۰۱؛ Life Safety Code, IBC) الزامات مشخصی برای عرض و تعداد خروجی‌ها بر اساس جمعیت، کاربری و زمان تخلیه ایمن تعیین شده است [۱۷].

۴- ارتباط نهادها و افراد با ضریب ایمنی

رعایت ضریب ایمنی در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از ساختمان‌ها از اساسی‌ترین اصول مهندسی به‌شمار می‌آید، زیرا با در نظر گرفتن حاشیه‌ای برای جبران خطاهای انسانی، عدم‌قطعیت‌های محیطی، نقص‌های مصالح و شرایط غیرعادی، از بروز خطرات جانی و مالی جلوگیری می‌شود. ضریب ایمنی، چه در سازه، چه در تأسیسات، چه در مسیرهای خروج اضطراری، تضمین می‌کند که ساختمان حتی در شرایط بحرانی نیز عملکرد قابل قبولی داشته باشد و ایمنی و آسایش کاربران حفظ شود. این موضوع یک کار چندبخشی است و به همکاری چند نهاد و متخصص نیاز دارد. مهم‌ترین نهادها و افراد عبارت‌اند از:

در مقررات ملی ایران (مبحث سوم) و آئین‌نامه‌های بین‌المللی الزامات مشخصی برای عرض و تعداد خروجی‌ها بر اساس جمعیت، کاربری و زمان تخلیه ایمن تعیین شده است.

جدول۱- جدول انواع ضرایب ایمنی ساختمان و نقش نهادها و تخصص‌های مرتبط در تضمین آن

ردیف	افراد و تخصص‌های مرتبط	نهادهای مسئول / ناظر	شرح و مصادیق	نوع ضریب ایمنی
۱	مهندس عمران، ناظر سازه، آزمایشگاه خاک	نظام‌مهندسی، شهرداری، پژوهشگاه زلزله، مرکز تحقیقات ساختمان	تحمل بارهای زلزله، باد، نشست، بار زنده/ مرده	سازه‌ای
۲	مهندس معمار، مهندس مکانیک، آتش‌نشانی	آتش‌نشانی، شهرداری، نظام‌مهندسی	مقاومت در برابر حریق، مسیرهای فرار، مصالح کندسوز	آتش‌سوزی
۳	مهندس عمران، ناظر سازه	نظام‌مهندسی، مرکز تحقیقات، آزمایشگاه‌ها	عملکرد بدون اشکال (نشست، لرزش، ترک‌خوردگی)	خدماتی
۴	مهندس مکانیک، مهندس برق، ناظر تأسیسات	اداره استاندارد، شرکت برق، شرکت گاز، نظام‌مهندسی	ایمنی لوله‌کشی، تهویه، برق، ارتینگ، تابلوها	تأسیسات مکانیکی و برقی
۵	مدیر HSE، سرپرست کارگاه، ناظر مقیم	اداره کار، نظام‌مهندسی، پیمانکار	ایمنی کارگران، داربست‌ها، بالابر، تجهیزات	بهره‌برداری و خروج اضطراری
۶	معمار، آتش‌نشان، مهندس شهرسازی	شهرداری، آتش‌نشانی، مدیریت بحران	مسیرهای فرار، دسترسی‌ها، فضای باز ایمن	ترافیک و محوطه

- سازمان نظام‌مهندسی ساختمان: طراحی، نظارت و تأیید نقشه‌ها و محاسبات ایمنی.
- شهرداری‌ها: کنترل نقشه‌ها، مجوز ساخت و رعایت مقررات ملی.
- سازمان آتش‌نشانی: تأیید سیستم‌های ایمنی حریق و خروج اضطراری.
- اداره کل استاندارد: کنترل کیفیت مصالح، تجهیزات مکانیکی و برقی.
- پژوهشگاه زلزله و مرکز تحقیقات ساختمان: تعیین آئین‌نامه‌ها و ضرایب لرزه‌ای.
- شرکت برق و گاز: بررسی انشعابات ایمن.
- پلیس راهور: ایمنی ترافیک اطراف کارگاه و ساختمان.
- اداره کار (HSE): ایمنی کارگاه و حفاظت از کارگران.
- مهندس محاسب (عمران): محاسبه ضرایب ایمنی سازه‌ای
- مهندس معمار: طراحی فضاها با رعایت ایمنی.
- مهندس مکانیک: سیستم‌های تهویه، لوله‌کشی و تجهیزات ایمن.
- مهندس برق: سیستم‌های الکتریکی ایمن.
- ناظر مقیم کارگاه: کنترل رعایت ضوابط ایمنی در اجرا.
- مدیر ایمنی کارگاه (HSE Officer): ایمنی پرسنل و تجهیزات.
- کارشناسان آزمایشگاه مصالح: بررسی کیفیت مصالح با حاشیه ایمنی لازم.

جدول(۱)

۵- جمع‌بندی، ضرورت ایجاد سامانه جامع اطلاعاتی ایمنی ساختمان

تحلیل وضعیت موجود ایمنی ساختمان‌ها در کشور نشان می‌دهد که پراکندگی اطلاعات، موازی‌کاری بین نهادها، نبود شفافیت، و ضعف در هماهنگی‌های بین‌سازمانی، باعث کاهش کارایی نظارت و در نتیجه افزایش خطرات ایمنی شده است. هر نهاد فقط بخشی از فرایند را مدیریت می‌کند و داده‌های مهم در میان سازمان‌ها گم یا تکراری می‌شوند. بنابراین، ایجاد یک سامانه جامع اطلاعاتی ایمنی ساختمان به عنوان یک بستر یکپارچه، شفاف و دیجیتال، یک ضرورت حیاتی است. این سامانه می‌تواند اطلاعات پروژه‌ها را از مرحله طراحی تا بهره‌برداری تجمیع کند و همه نهادهای ذی‌ربط (شهرداری، نظام‌مهندسی، آتش‌نشانی، استاندارد، اداره کار، برق، گاز، مدیریت بحران و...) را در یک فرایند هماهنگ کند، امکان نظارت دقیق، گزارش‌گیری لحظه‌ای و تصمیم‌گیری آگاهانه را فراهم سازد و با شفافیت و مستندسازی، از بروز تخلفات و دوباره‌کاری‌ها جلوگیری کند. اما برای آنکه این سامانه کارآمد و مؤثر باشد، باید با دقت طراحی شده و از ویژگی‌های کلیدی زیر برخوردار باشد:

- یکپارچه و مبتنی بر وب و GIS: اطلاعات پروژه، نقشه‌ها، تأییدیه‌ها و گزارش‌ها باید به‌صورت متمرکز و با موقعیت جغرافیایی دقیق ذخیره و مدیریت شود.
- چندسطحی و نقش‌محور: دسترسی‌ها بر اساس نقش هر نهاد (شهرداری، نظام‌مهندسی، آتش‌نشانی، استاندارد، آزمایشگاه‌ها و ...) تعریف شود تا

آئین‌نامه حفاظت کارگاه‌های ساختمانی (وزارت کار) ضریب‌های ایمنی لازم در تجهیزات کارگاهی را مشخص کرده است.

امنیت اطلاعات و وضوح مسئولیت‌ها حفظ شود.

- تعامل‌پذیر (Interoperable): توانایی اتصال به سامانه‌های موجود مانند ثبت اسناد، بیمه، مالیات و خدمات شهری را داشته باشد.
- ثبت سوابق و غیرقابل‌حذف بودن اطلاعات: همه اقدامات، تأییدیه‌ها، بازدیدها و گزارش‌ها باید با مهر زمانی ذخیره و قابل پیگیری باشد.
- داشبورد مدیریتی و گزارش‌گیری: امکان نظارت کلان و لحظه‌ای بر وضعیت ایمنی پروژه‌ها در مقیاس شهر، استان و کشور فراهم شود.
- کاربرپسند و آموزشی: استفاده از سامانه باید برای کاربران ساده باشد و آموزش‌های لازم به تمام ذی‌نفعان ارائه شود.
- پشتیبانی و به‌روزرسانی مستمر: سامانه باید با تغییر آئین‌نامه‌ها و فناوری‌ها قابل به‌روزرسانی شود و پشتیبانی فنی داشته باشد.

بدون چنین سامانه‌ای، تحقق ایمنی واقعی در ساختمان‌ها دشوار و پرهزینه باقی می‌ماند؛ اما با آن می‌توان ایمنی سازه‌ای، حریق، تأسیساتی و کارگاهی را به‌طور هم‌زمان و مؤثر تضمین کرد. به همین دلیل، طراحی و اجرای این سامانه باید در اولویت برنامه‌های ملی ایمنی و توسعه شهری قرار گیرد.

۶- پی‌نوشت

۱. Structural Safety Factor
۲. Fire Safety Factor
۳. Serviceability Safety Factor
۴. Safety Factor in Mechanical and Electrical Systems
۵. Construction Safety
۶. Operational

۷- مراجع

[۱] N-Habitat. (2020). World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme.

[۲] Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning, 147, 38-49.

[۳] Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: creating resilient cities. Natural Hazards Review, 4(3), 136-143.

[۴] FEMA. (2000). Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings. FEMA 350.

[۵] Ellingwood, B., & Galambos, T. V. (1982). Structural safety and load combinations for buildings. Journal of the Structural Division, 108(5), 978-997.

[۶] Buchanan, A. H. (2001). Structural Design for Fire Safety. Wiley.

[۷] Pilkey, W. D., & Pilkey, D. F. (2007). Safety Factors and Reliability: Friends or Foes? Journal of Engineering Mechanics, 133(9), 118-125.

[۸] Zhou, J., & Huang, H. (2018). Serviceability performance and control in structural design. Structural Engineering International, 28(2), 229-237.

[۹] Tajari, F., Khodabakhshi, A., & Rahimi, M. (2020). Effect of serviceability criteria on concrete structure performance: A review. Construction and Building Materials, 247, 118580.

[۱۰] ASHRAE. (2021). ASHRAE Handbook—HVAC Applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

[۱۱] NFPA. (2023). NFPA 70: National Electrical Code. National Fire Protection Association.

[۱۲] Hinze, J. (2011). Construction Safety. 2nd Ed., Prentice Hall.

[۱۳] Fang, D., & Wu, H. (2013). Development of a safety culture interaction (SCI) model for construction projects. Safety Science, 57, 138-149.

[۱۴] Choudhry, R. M., Fang, D., & Mohamed, S. (2008). The nature of safety culture: A survey of the state-of-the-art. Safety Science, 47(7), 992-1003.

[۱۵] ISO 2394. (2015). General Principles on Reliability for Structures. International Organization for Standardization.

[۱۶] NFPA. (2021). NFPA 101: Life Safety Code. National Fire Protection Association.

[۱۷] NFPA. (2021). NFPA 5000: Building Construction and Safety Code. National Fire Protection Association.

[۱۸] وزارت راه و شهرسازی. (۱۳۹۹). مبحث ۱۳ و ۱۴ مقررات ملی ساختمان. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.

[۱۹] وزارت راه و شهرسازی. (۱۳۹۹). مبحث سوم مقررات ملی ساختمان: حفاظت ساختمان‌ها در برابر حریق. تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.

[۲۰] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. (۱۳۹۹). گزارش ایمنی ساختمان‌ها در برابر حریق.

[۲۱] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. (۱۳۹۹). گزارش ملی وضعیت ایمنی ساختمان‌ها در ایران. تهران: وزارت راه و شهرسازی.